

**DEVOIR COMMUN 1SPÉ****CALCULATRICE AUTORISÉE****Le sujet complet est à rendre avec la copie****Exercice 1: ENCRE ET EFFACEUR (5 points)**

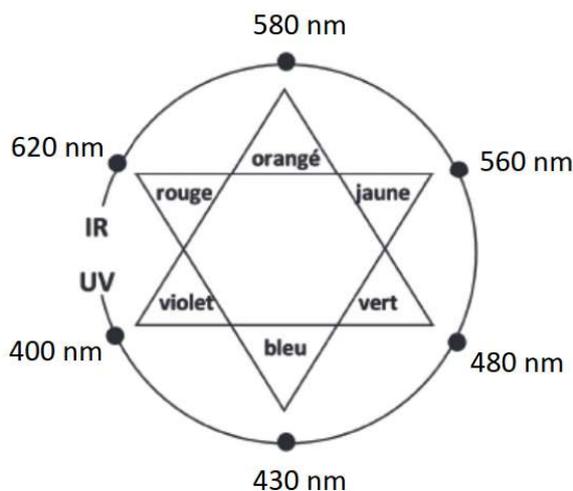
Les effaceurs d'encre sont apparus en Allemagne dans les années 1970. Ils permettent de faire disparaître les traits de couleur bleue des stylos plume. Le colorant principal de l'encre bleue est le bleu d'aniline, solide ionique de formule  $C_{32}H_{25}N_3O_9S_3Na_2$ . L'encre ne contient que 3 à 5 % en masse de ce colorant, le reste étant de l'eau, de l'alcool et d'autres additifs.

D'après le site : <https://tice.ac-montpellier.fr/ABCDORGA/Famille/ENCRES.htm>

Le but de cet exercice est d'étudier la composition d'une encre de stylos plume avant de déterminer le nombre de cartouches qui peuvent être effacées avec un effaceur.

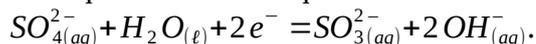
**Données :**

- volume d'encre contenu dans une cartouche :  $V_{\text{cartouche}} = 0,60 \text{ mL}$  ;
- masse volumique de l'encre  $\rho_{\text{encre}} = 1,1 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$  ;
- masse molaire du bleu d'aniline :  $M_{\text{bleu}} = 737,7 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  ;
- expression de l'absorbance  $A$  d'une solution de concentration  $C$  (loi de Beer-Lambert) :  $A = \varepsilon \cdot \ell \cdot C$
- avec  $\varepsilon$  le coefficient d'absorption molaire du bleu d'aniline à  $\lambda = 580 \text{ nm}$  et  $\ell$  l'épaisseur de la solution traversée ; coefficient d'absorption molaire du bleu d'aniline à  $\lambda = 580 \text{ nm}$  :  $\varepsilon = 5,00 \times 10^4 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}$  ;
- largeur de la cuve (épaisseur de la solution traversée) du spectrophotomètre utilisé :  $\ell = 1,0 \text{ cm}$  ;
- Le pourcentage massique  $w$  se calcule par  $w = \frac{m_{\text{bleu}}}{m_{\text{totale}}} \times 100$
- cercle chromatique :



- couples oxydant / réducteur :
  - ion sulfate / ion sulfite :  $SO_4^{2-}(\text{aq}) / SO_3^{2-}(\text{aq})$  ;
  - diiode / ion iodure :  $I_2(\text{aq}) / I^{-}(\text{aq})$  ;

demi-équation électronique en milieu basique du couple  $SO_4^{2-}(\text{aq})/SO_3^{2-}(\text{aq})$  :

**Partie 1 . Encre des stylos plume**

Afin de déterminer la quantité de bleu d'aniline présente dans une cartouche, on souhaite réaliser un dosage spectrophotométrique. Pour rester dans le domaine de validité de la loi de Beer-Lambert, l'encre d'une cartouche est diluée.

**Protocole suivi :**

- Aspirer la totalité de l'encre de la cartouche à l'aide d'une seringue équipée d'une aiguille ;
- Introduire l'encre récupérée dans une fiole jaugée de volume  $V_1 = 100 \text{ mL}$  et compléter avec de l'eau distillée : on note  $S_1$  la solution ainsi préparée ;
- Préparer un volume  $V_2 = 100 \text{ mL}$  d'une solution  $S_2$  en diluant 20 fois la solution  $S_1$  ;
- Mesurer l'absorbance de la solution  $S_2$  pour différentes valeurs de longueur d'onde. Les résultats des mesures sont reportés sur la figure 1.

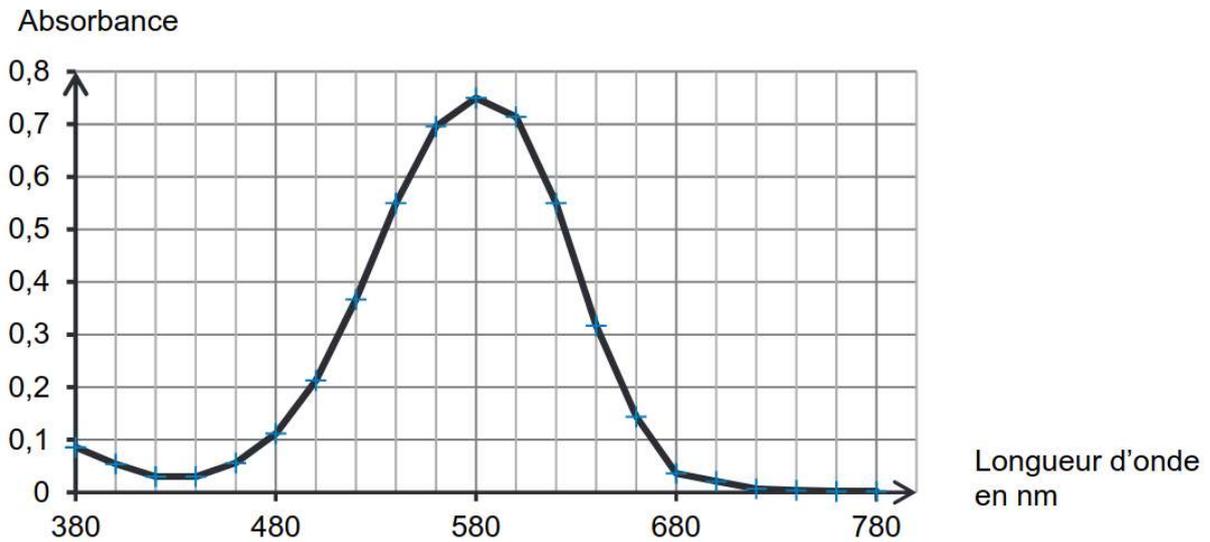


Figure 1. Spectre d'absorption de la solution  $S_2$  de bleu d'aniline obtenue par dilution de l'encre contenue dans une cartouche

- 1.1 Montrer que le spectre d'absorption obtenu et le cercle chromatique sont en accord avec la couleur de l'encre.
- 1.2 Nommer la verrerie nécessaire à la préparation par dilution de la solution  $S_2$ , en précisant et justifiant les volumes.
- 1.3 Déterminer, en utilisant la loi de Beer-Lambert et la figure 1, la concentration  $C_2$  en quantité de matière en bleu d'aniline de la solution  $S_2$ .
- 1.4 Montrer que la quantité de matière de bleu d'aniline présente dans une cartouche d'encre est environ égale à  $3,0 \times 10^{-5}$  mol.
- 1.5 Calculer le pourcentage massique  $w$  en bleu d'aniline de l'encre contenue dans la cartouche. Conclure.

## Partie 2 . Effaceur d'encre

Le côté blanc d'un effaceur est constitué d'une mine reliée à un réservoir contenant une solution d'ions sulfite  $SO_3^{2-}$  qui sont responsables de l'effacement de l'encre. On cherche dans cette partie à déterminer la quantité de matière d'ions sulfite présente dans l'effaceur à l'aide d'un titrage par une solution de diiode de concentration

$$C_{I_2} = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} .$$

### Protocole du titrage de la solution contenue dans l'effaceur :

- Casser l'effaceur en son milieu pour récupérer le réservoir et la mine blanche contenant la solution d'ions sulfite ;
- les placer dans un bécher avec un volume  $V=1$  mL d'eau ;
- mélanger, attendre quelques minutes puis retirer le réservoir et la mine en veillant à bien les essorer : la solution obtenue est notée S. On supposera que le volume de la solution reste inchangé.
- Placer le bécher sous une burette graduée contenant la solution de diiode puis réaliser le titrage de la solution.

L'équation support du titrage en milieu basique entre les ions sulfite  $SO_3^{2-}$  et le diiode  $I_2$  s'écrit :

$SO_3^{2-}(aq) + 2OH^-(aq) + I_2(aq) \rightarrow SO_4^{2-}(aq) + H_2O(l) + 2I^-(aq)$ . Le volume de solution de diiode versé à l'équivalence du titrage est égal à  $V_E = 8,2$  mL.

- 2.1 Écrire la demi-équation redox de la transformation du diiode  $I_2(aq)$  en ion iodure  $I^-(aq)$ .
- 2.2 Donner la relation à l'équivalence entre la concentration  $C(SO_3^{2-})$  en ions sulfite contenu dans l'effaceur et les autres grandeurs du titrage. Calculer la concentration  $C(SO_3^{2-})$  en ions sulfite
- 2.3 Montrer que la quantité de matière d'ion sulfite  $n(SO_3^{2-})$  contenue dans un effaceur est voisine de  $8 \times 10^{-5}$  mol .
- 2.4 En déduire le nombre de cartouches d'encre que l'on peut effacer avec un seul effaceur en supposant que la réaction d'oxydoréduction entre le bleu d'aniline et les ions sulfite met en jeu une mole de bleu d'aniline pour une mole d'ions sulfite.

## Exercice 2: Le germanium.

Le germanium  $\text{Ge}_{(s)}$  utilisé dans la fabrication de composants électroniques, tels que les transistors, est préparé à partir de dioxyde de germanium  $\text{GeO}_{2(s)}$  qui réagit avec du dihydrogène gazeux  $\text{H}_{2(g)}$  pour former du germanium  $\text{Ge}_{(s)}$  et de l'eau  $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$ .

On traite  $1,0 \times 10^6$  g de dioxyde de germanium avec suffisamment de dihydrogène pour que la totalité du dioxyde de germanium réagisse.

**Données :** Volume molaire des gaz dans les conditions de l'expérience  $V_m = 24,0 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}$ . Masses molaires en  $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$  :  $M(\text{Ge}) = 72,6$  ;  $M(\text{O}) = 16,0$ . Couples rédox :  $\text{H}^+/\text{H}_2$  et  $\text{GeO}_2/\text{Ge}$

**Remarque :** Écrire vos résultats de quantité de matière, de masse et de volume en notation scientifique avec 2 chiffres significatifs.

1. Montrer que l'équation de la réaction d'oxydo-reduction est  $\text{GeO}_{2(s)} + 2\text{H}_{2(g)} \rightarrow \text{Ge}_{(s)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(l)}$ .
2. Calculer la masse molaire du dioxyde de germanium  $\text{GeO}_2$  et en déduire sa quantité de matière.
3. On note  $n_1$  la quantité de matière de dioxyde de germanium et  $n_2$  la quantité de matière de dihydrogène apportée. Remplir le **tableau d'avancement** présent en ANNEXE.
4. En supposant que le dioxyde de germanium est totalement consommé, déduire la valeur de  $x_{\text{max}}$ .
5. Déterminer les quantités de matière de germanium et d'eau formées ainsi que la quantité de matière minimale de dihydrogène apportée.
6. En déduire le volume minimal  $V_{\text{min}}$  de dihydrogène en litre puis en  $\text{m}^3$  qu'il a fallu utiliser ainsi que la masse en gramme puis tonne de germanium formée.

## Exercice 3: Dioxyde de soufre et pollution (4 points)

Le dioxyde de soufre est un gaz dont la présence dans l'atmosphère terrestre est due aux éruptions volcaniques et aux rejets de certaines industries. Dangereux pour l'environnement et pour la santé humaine, il est l'une des causes de la pollution de l'air.

Pour déterminer la concentration en dioxyde de soufre de l'air ambiant, on le soumet à un rayonnement ultraviolet de longueur d'onde  $\lambda' = 214 \text{ nm}$ . Les molécules de dioxyde de soufre, initialement dans leur état fondamental stable d'énergie  $E_0$ , sont alors portées vers un état d'énergie  $E'$ . Cet état étant instable, le dioxyde de soufre se désexcite très rapidement vers un état d'énergie  $E''$  (différent de  $E_0$ ) en émettant un rayonnement de longueur d'onde  $\lambda''$ .

La mesure de l'intensité de ce rayonnement permet de déterminer la concentration en dioxyde de soufre de l'air analysé.

1. Indiquer comment on qualifie les états d'énergie  $E'$  et  $E''$  de la molécule de dioxyde de soufre.
2. À l'aide des informations du texte, placer sur un diagramme les états d'énergie  $E_0$ ,  $E'$  et  $E''$ , en justifiant la démarche.
  - 3.1. Indiquer si le passage de la molécule de l'état d'énergie  $E_0$  à celui d'énergie  $E'$  correspond à une émission ou à une absorption de lumière.
  - 3.2. Représenter cette transition sur le diagramme, par une flèche notée 1.
  - 3.3. Calculer, en joule puis en eV, la variation d'énergie  $\Delta E_1$  correspondant à la transition entre les niveaux d'énergie  $E_0$  et  $E'$ .
4. Au cours du passage de la molécule de l'état d'énergie  $E'$  à celui d'énergie  $E''$ , elle échange avec l'extérieur une quantité d'énergie  $\Delta E_2 = 3,65 \text{ eV}$ .
  - 4.1. Représenter sur le diagramme cette transition par une flèche notée 2.
  - 4.2. Déterminer, en nm, la longueur d'onde  $\lambda''$  de la radiation émise.
  - 4.3. Préciser dans quel domaine du spectre des ondes électromagnétiques cette radiation se situe.

### **Données :**

- Constante de Planck :  $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$
- Célérité de la lumière dans le vide ou l'air :  $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
- $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$ .

#### Exercice 4: Détermination de la masse de la Lune (7pts)

Au XVII<sup>e</sup> siècle, Galilée a établi que la vitesse d'un objet en chute libre (où la seule force appliquée est le poids de ce corps) est indépendante de la masse de cet objet : lâchés avec des conditions initiales identiques, deux objets quelconques ont le même mouvement de chute libre.

Une vérification expérimentale spectaculaire a été réalisée sur la Lune par l'astronaute David Scott en 1971. Scott a utilisé un marteau et une plume qu'il a lâchés simultanément d'une même hauteur avec une vitesse initiale nulle. Les deux objets ont touché le sol lunaire au même instant.

Outre cette vérification de la loi de la chute des corps, cette expérience permet également d'estimer la masse de la Lune en utilisant les lois de la mécanique de Newton.

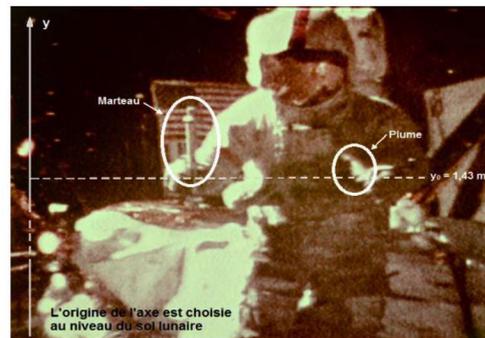
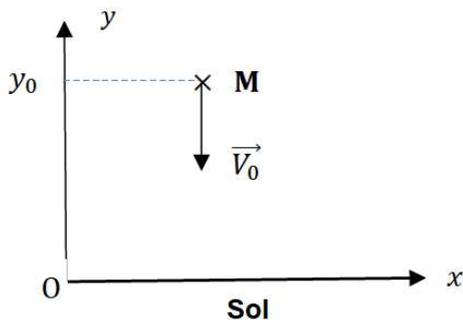
L'objet de cet exercice est de retrouver la masse de la Lune en analysant le mouvement de l'un des deux corps lâchés par Scott. On s'intéresse au mouvement du système {marteau}.

#### Données :

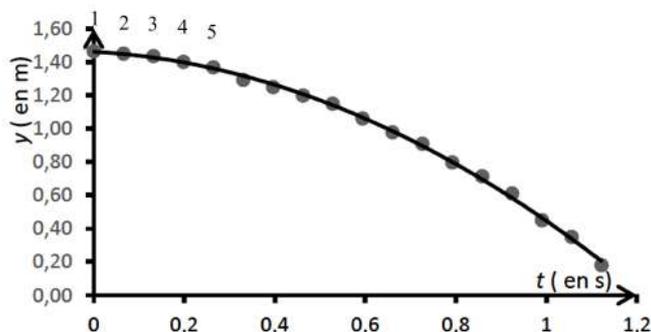
- Constante de gravitation universelle :  $G=6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$ .
- Rayon de la Lune :  $R_L=1,74 \times 10^6 \text{ m}$ .
- Masse de la Lune :  $M_L=7,34 \times 10^{22} \text{ kg}$

Le mouvement du centre de masse du marteau est étudié dans un référentiel lunaire supposé galiléen. L'origine du repère est choisie au niveau du sol lunaire.

Le pointage des positions du marteau débute à un instant choisi comme origine des dates lorsque le marteau se trouve à 1,43 m du sol. Il a alors une vitesse  $\vec{v}_0$  verticale, dirigée vers le bas.



Le pointage des positions successives occupées par le marteau a permis de réaliser un graphique représentant ces positions, repérées par des points numérotés, en fonction du temps.



Le tableur utilisé permet de modéliser la courbe  $y=f(t)$  représentant l'évolution temporelle des positions par une parabole d'équation :  $y=At^2+Bt+C$  avec :

$A=-0,865 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ ,  $B=-0,15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,  $C=1,43 \text{ m}$ ,  $y$  en mètre,  $t$  en seconde.

1. Montrer que la durée entre deux pointages successifs, donnée avec deux chiffres significatifs, vaut :  $\tau = 67 \text{ ms}$ .
2. On a réalisé, au moyen d'un tableur, la détermination des valeurs des vitesses du système au cours du temps.

Pointage	t(s)	y(m)	v(m/s)
1	0,000	1,430	
2	0,067	1,416	0,26
3	0,133	1,395	0,38
4	0,200	1,365	0,49
5	0,267	1,328	0,61
6	0,333	1,284	0,72
7	0,400	1,232	

- a. Retrouver, avec  $y=f(t)$ , la position  $y$  du système à la position de pointage numéro 3.
  - b. Retrouver, après avoir explicité votre calcul, la valeur de la vitesse du système à ce même instant.
3. Rappeler la loi de la mécanique de Newton qui lie la variation du vecteur vitesse  $\Delta \vec{v}$  d'un système modélisé par un point matériel entre deux instants voisins et la somme vectorielle  $\vec{F}$  des forces appliquées sur celui-ci. Préciser les unités.
  4. Rappeler l'expression du poids  $\vec{P}_L$  d'un corps sur la Lune où règne le champ de pesanteur  $\vec{g}_{0L}$ .
  5. En utilisant les deux questions précédentes, montrer que  $\frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \vec{g}_{0L}$  et expliquer pourquoi la chute libre d'un corps dans le vide ou sur la Lune (absence d'atmosphère) est indépendante de la masse du corps.
  6. En déduire la valeur du champ de pesanteur lunaire en utilisant les données du tableur autour du point 4. Préciser son unité.
  7. La valeur du champ de pesanteur lunaire (en considérant l'astre sphérique et en négligeant la rotation autour de son axe) est donnée par la valeur du champ gravitationnel à sa surface :  $g_{0L} = G \cdot \frac{M_L}{R_L^2}$   
Déterminer la masse de la Lune à partir des mesures expérimentales effectuées sur celle-ci, puis calculer le pourcentage d'erreur relative donné par  $\frac{|M_{L\text{exp}} - M_{L\text{théo}}|}{M_{L\text{théo}}} \times 100$ .

Nom :

Prénom :

Classe :

**ANNEXE**  
(À rendre avec la copie)

Équation de la réaction		
État du système	Avancement	
État initial		
Au cours de la réaction		
État final		