

Voici un extrait du livre d'André Brahic « Lumières d'étoiles » :

La lumière blanche mélange toutes les couleurs de l'arc-en-ciel. Comme on passe continûment d'une couleur à une autre en changeant graduellement de nuance, on dit que la lumière blanche possède un spectre continu. C'est le cas de la lumière émise par un corps chaud qui contient toutes les couleurs à des doses différentes. Plus la température est forte, plus la couleur dominante se déplace du micro-ondes vers les X.

Mais les astronomes ont remarqué dès le XVIII^e siècle la présence de fines bandes noires dans la lumière solaire. Il manque des couleurs très précises et spécifiques, comme si elles ne nous étaient pas parvenues. Après quelques tâtonnements, ils ont compris que ces raies sombres trahissaient la présence d'éléments chimiques sur le trajet des rayons lumineux. Joseph von Fraunhofer fut le premier, en 1814, à observer ces disparitions de lumière et à les attribuer à un phénomène d'absorption par un gaz situé entre la source d'émission et l'observateur. [...]

Pour résoudre ce problème, il faut faire appel à la nature ondulatoire de l'électron et ranger l'onde de chaque électron autour du noyau comme des livres sur les étagères d'une bibliothèque. Chaque étage correspond à une énergie spécifique pour laquelle l'électron est stable. Un livre ne peut pas être entre deux étagères, sinon il tombe, de même les électrons peuvent avoir certaines énergies bien définies, mais ils ne peuvent pas se trouver dans un état intermédiaire. Pour passer d'un niveau à un autre plus élevé, un électron absorbe un photon lumineux qui lui apporte l'énergie supplémentaire dont il a besoin pour «grimper» sur une autre étagère. Inversement, quand il «redescend», il rend cette énergie sous forme d'un photon. Dans cette bibliothèque particulièrement riche, chaque atome est unique et caractéristique. On peut donc à distance reconnaître la présence d'un atome aux couleurs des photons qu'il émet ou absorbe lorsque ses électrons changent d'«étagère».

Données :

Célérité de la lumière dans le vide : $c = 2,997 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

Constante de Planck : $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$

1 eV = $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

1. D'après le texte : « Plus la température est forte, plus la couleur dominante se déplace du micro-ondes vers les X ».

1.1. Donner les valeurs limites des longueurs d'onde dans le vide du spectre visible en précisant les couleurs concernées.

1.2. Quelle est la relation entre la longueur d'onde dans le vide d'une radiation monochromatique et sa fréquence ? On précisera les unités.

1.3. On donne les fréquences des micro-ondes et des rayons X :

$$\nu_{\text{micro-ondes}} = 3,0 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

$$\nu_{\text{X}} = 3,0 \cdot 10^{18} \text{ Hz}$$

Calculer alors l'ordre de grandeur des longueurs d'onde correspondantes dans le vide.

1.4. Indiquer en justifiant laquelle de ces deux radiations est la plus énergétique.

2. D'après le texte: « Joseph von Fraunhofer fut le premier, en 1814, à observer ces disparitions de lumière ».

Voici un extrait du spectre qu'il a observé, où l'on peut observer des raies noires sur un fond coloré continu, nommées A, B, C, D, E, F₁, F₂, G, H et I.

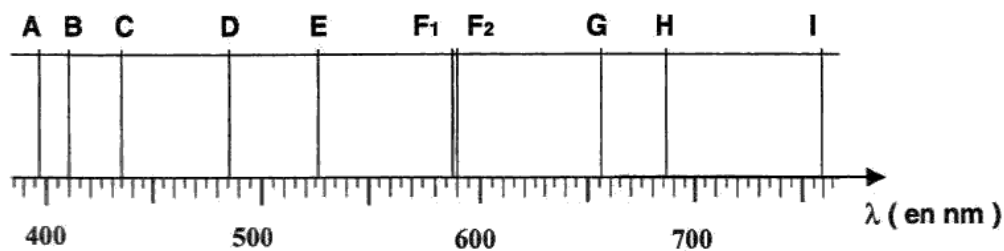


figure 1

- 2.1. Les raies observées ci-dessus sont-elles des raies d'émission ou d'absorption ?

- 2.2. On donne des longueurs d'onde d'émission de quelques éléments.

Élément chimique	Longueur d'onde λ en nm de certaines raies caractéristiques					
Hydrogène H	410,1	434,0	486,1	656,3		
Hélium He	447,2	471,3	492,2	501,6	587,6	667,8
Sodium Na	589,0	589,6				

Quels sont les éléments que l'on peut retrouver dans les couches superficielles du Soleil ? Justifier la réponse.

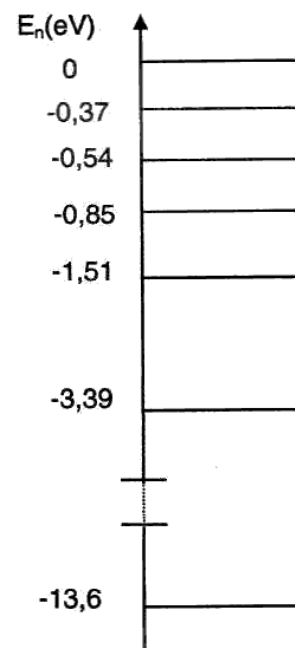
3. D'après le texte: « Chaque étage correspond à une énergie spécifique pour laquelle l'électron est stable. Un livre ne peut pas être entre deux étagères, sinon il tombe, de même les électrons peuvent avoir certaines énergies bien définies, mais ils ne peuvent pas se trouver dans un état intermédiaire. »

Quelle propriété de l'énergie d'un atome est évoquée dans cette partie du texte ?

4. On donne le diagramme de niveaux d'énergie de l'hydrogène en **ANNEXE à rendre avec la copie**. On rappelle que l'état fondamental d'un atome correspond à l'état dans lequel il possède le moins d'énergie.

- 4.1. Quel est le niveau d'énergie de l'état fondamental de l'atome d'hydrogène ?
- 4.2. Calculer la variation d'énergie lorsque l'atome d'hydrogène passe de $E_1 = -0,37$ eV à $E_2 = -3,39$ eV.
- 4.3. Convertir en Joule la variation d'énergie calculée dans la question 4.2.
- 4.4. Sur le diagramme de l'**ANNEXE à rendre avec la copie**, représenter cette transition par une flèche
- 4.5. Calculer la fréquence du photon correspondant à cette variation d'énergie.
- 4.6. Ce photon est-il libéré ou absorbé par l'atome d'hydrogène ?
- 4.7. Donner le nom de la radiation du spectre de la figure n°1 correspondant à cette transition.

ANNEXE DE L'EXERCICE III : AUTOUR D'UN TEXTE DE BRAHIC



Amérique du Nord 2009
<http://labolycee.org>

EXERCICE I : LE HOCKEY SUR GAZON (5 POINTS)

Pratiqué depuis l'Antiquité sous le nom de « jeu de crosses », le hockey sur gazon est un sport olympique depuis 1908. Il se pratique sur une pelouse naturelle ou synthétique, de dimensions quasi identiques à celles d'un terrain de football. Chaque joueur propulse la balle avec une crosse ; l'objectif étant de mettre la balle dans le but.

Dans cet exercice, on étudie le mouvement de la balle de centre d'inertie G et de masse m , dans le référentiel terrestre supposé galiléen.

Cette étude peut être décomposée en deux phases.

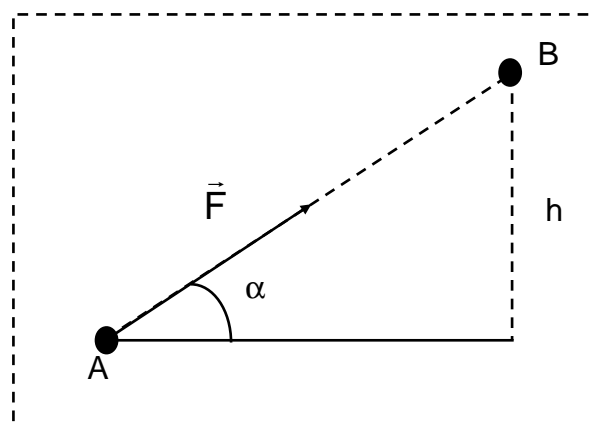
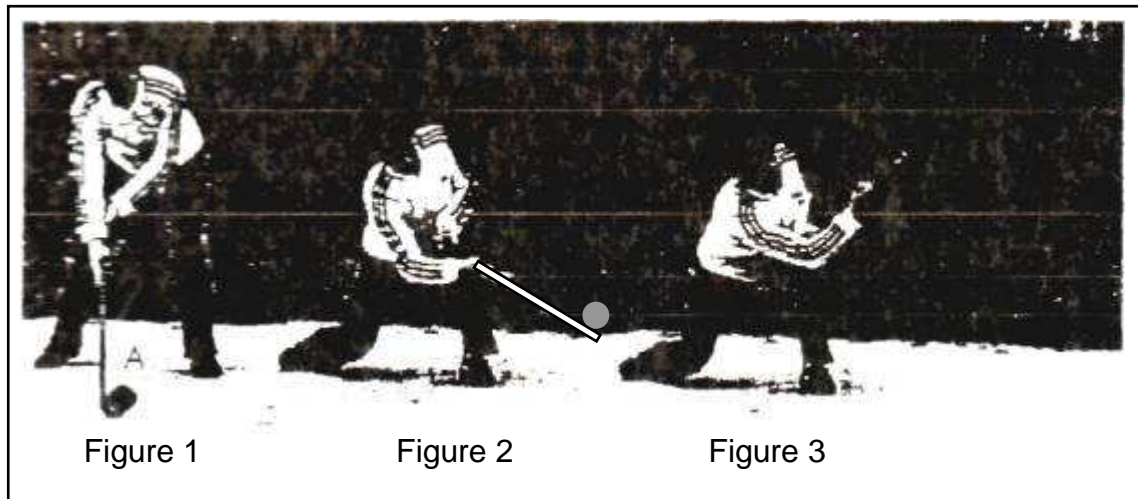


Figure 4

Les parties A, B et C sont indépendantes.

A - Première phase

Durant cette phase, on néglige toutes les actions liées à l'air ainsi que le poids de la balle.

1. La première phase est illustrée par les figures 1 et 2 représentées sur la photographie ci-dessus et schématisée par la figure 4.
Au point A, la balle est immobile. Entre les points A et B, elle reste en contact avec la crosse. La force \vec{F} exercée par la crosse sur la balle, supposée constante, est représentée sur la figure 4. Le segment AB représentant la trajectoire de la balle est incliné d'un angle $\alpha = 30^\circ$ avec l'horizontale.

Données :
- masse de la balle : $m = 160 \text{ g}$
- intensité du champ de pesanteur : $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$.

- 1.1. Énoncer la deuxième loi de Newton et l'appliquer à la balle lors de son trajet entre A et B.
 - 1.2. Que peut-on dire de la nature du mouvement de la balle entre A et B ?
2. La force \vec{F} s'exerce pendant une durée $\Delta t = 0,11 \text{ s}$. La balle part du point A sans vitesse initiale et arrive en B avec une vitesse \vec{v}_B telle que $v_B = 14 \text{ m.s}^{-1}$.
 - 2.1. Donner l'expression du vecteur accélération en fonction du vecteur vitesse.
 - 2.2. Calculer la valeur de l'accélération du centre d'inertie de la balle entre les points A et B.
 3. En utilisant les résultats obtenus en 1.1.2, calculer l'intensité de la force exercée sur la balle par la crosse. L'hypothèse concernant le poids de la balle est-elle justifiée ?

B - Deuxième phase

Au point B, la balle quitte la crosse à la date $t = 0$ avec le vecteur vitesse \vec{v}_B contenu dans le plan (xOz) ; c'est la deuxième phase du mouvement correspondant à la figure 3 de la photographie.

On néglige toutes les actions liées à l'air.

On étudie le mouvement du centre d'inertie G de la balle dans le champ de pesanteur supposé uniforme.

Le système d'axes utilisé est représenté sur le schéma ci-dessous : l'axe Ox est horizontal dirigé vers la droite et Oz est vertical et dirigé vers le haut. L'origine des axes est située à la verticale du point B telle que $OB = h = 0,40 \text{ m}$.



1. Trajectoire de la balle.

1.1. Donner l'expression des coordonnées v_{Bx} et v_{Bz} du vecteur vitesse \vec{v}_B de la balle à l'instant $t = 0$ s, en fonction de v_B et de α .

1.2 Donner l'expression des coordonnées x_B et z_B du vecteur \vec{OB} de la balle au point B.

1.3. En appliquant la deuxième loi de Newton, on obtient les équations horaires suivantes :

$$\vec{a}_G \begin{cases} a_x = 0 \\ a_z = -g \end{cases} \quad \vec{v} \begin{cases} v_x = v_B \cdot \cos \alpha \\ v_z = v_B \cdot \sin \alpha - gt \end{cases}$$

Montrer que la valeur v_S de la vitesse de la balle au sommet S de la trajectoire est $v_S = 12 \text{ m.s}^{-1}$.

1.4. Montrer que les coordonnées du vecteur position \vec{OG} du centre d'inertie de la balle sont les suivantes :

$$\vec{OG} \begin{cases} x = (v_B \cdot \cos \alpha) t \\ z = h + (v_B \cdot \sin \alpha) t - \frac{1}{2} g \cdot t^2 \end{cases}$$

1.5. En déduire l'équation de la trajectoire de la balle.

2. La ligne de but est située à une distance $d = 15$ m du point O. La hauteur du but est $L = 2,14$ m. On néglige le diamètre de la balle devant la hauteur du but.

2.1. Quelles conditions doivent satisfaire x et z pour que le but soit marqué ?

2.2. Vérifier que ces conditions sont bien réalisées.

C - Étude énergétique

Le même tir est réalisé du milieu du terrain à une distance du but supérieure à 15 m.

On rappelle les valeurs suivantes ; $OB = h = 0,40 \text{ m}$; $v_B = 14 \text{ m.s}^{-1}$; vitesse au sommet S de la trajectoire : $v_S = 12 \text{ m.s}^{-1}$.

L'énergie potentielle de pesanteur $E_p(0)$ est choisie nulle à l'altitude $z = 0$.

1. Donner l'expression littérale de l'énergie potentielle de pesanteur E_p puis celle de l'énergie mécanique E_M de la balle en fonction de g , m , v et z .
2. Calculer l'énergie mécanique $E_M(B)$ de la balle au point B.
3. Toutes les actions de l'air sont négligées.
 - 3.1. Que peut-on dire de la valeur de l'énergie mécanique E_M de la balle au cours de son mouvement ?
 - 3.2. Exprimer l'altitude maximale z_{\max} que pourrait atteindre la balle au point S dans ces conditions, en fonction de E_M , v_S , m et g .
Calculer la valeur de z_{\max} .

Antilles 09/2008 EXERCICE III. ACIDE CARBOXYLIQUE INCONNU (4 points)
<http://labolycee.org>

On dispose au laboratoire d'un flacon contenant une solution aqueuse d'acide carboxylique, de nature et de concentration inconnues. L'acide carboxylique est noté R-COOH avec R représentant un atome d'hydrogène ou un groupe d'atomes. On se propose de déterminer la concentration de l'acide par titrage puis de l'identifier (c'est-à-dire de déterminer la nature de R).

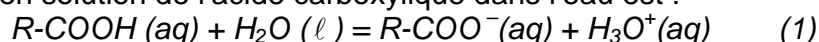
1. Titrage de l'acide carboxylique

On titre un volume $V_a = 50,0 \text{ mL}$ d'acide carboxylique R-COOH de concentration molaire C_a par une solution aqueuse S_b d'hydroxyde de sodium (notée $\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{HO}^-(\text{aq})$) de concentration molaire $C_b = 2,5 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. On note V_b le volume de solution aqueuse d'hydroxyde de sodium versé. Le suivi pH-métrique du titrage permet d'obtenir la courbe donnée en **ANNEXE 2 document 1**.

- 1.1. Faire un schéma légendé du dispositif expérimental utilisé pour effectuer ce titrage.
- 1.2. Écrire l'équation de la réaction du titrage.
- 1.3. Compléter le tableau d'avancement fourni en **ANNEXE 2 document 2**, en utilisant les grandeurs C_a , C_b , V_a , et V_b .
- 1.4. Définir l'équivalence du titrage.
- 1.5. Déterminer graphiquement le volume V_{bE} de solution aqueuse d'hydroxyde de sodium versé à l'équivalence. (Les traits de constructions devront figurer en **ANNEXE 2 document 1**).
- 1.6. Écrire la relation existant entre C_a , V_a , C_b et V_{bE} à l'équivalence. En déduire la valeur de la concentration molaire C_a , de l'acide carboxylique titré.

2. Identification de l'acide carboxylique R-COOH

L'équation de mise en solution de l'acide carboxylique dans l'eau est :



- 2.1. Donner l'expression de la constante d'acidité K_A du couple R-COOH (aq) / R-COO⁻ (aq).
- 2.2. Montrer qu'à partir de l'expression de la constante d'acidité K_A , on peut écrire

$$\text{pH} = \text{p}K_A + \log \frac{[\text{RCOO}^-(\text{aq})]_{\text{éq}}}{[\text{RCOOH}(\text{aq})]_{\text{éq}}}$$

2.3.

2.3.1. Quel est le réactif limitant lorsqu'on a versé un volume de solution S_b égal à $V_b = \frac{V_{bE}}{2}$?

2.3.2. En utilisant la dernière ligne du tableau d'avancement fourni en **ANNEXE 2 document 2**, montrer que pour un volume de solution S_b égal à $V_b = \frac{V_{bE}}{2}$ on a : $x_f = \frac{C_b \cdot V_{bE}}{2}$.

2.3.3. À l'aide de la réponse obtenue à la question 1.6. et de la réponse précédente, montrer que $[\text{RCOOH}(\text{aq})]_{\text{éq}} = [\text{RCOO}^-(\text{aq})]_{\text{éq}}$, lorsque $V_b = \frac{V_{bE}}{2}$.

2.4. À l'aide de la relation établie à la question 2.2. et de l'égalité $[\text{RCOOH}(\text{aq})]_{\text{éq}} = [\text{RCOO}^-(\text{aq})]_{\text{éq}}$, déduire l'expression du pH pour $V_b = \frac{V_{bE}}{2}$.

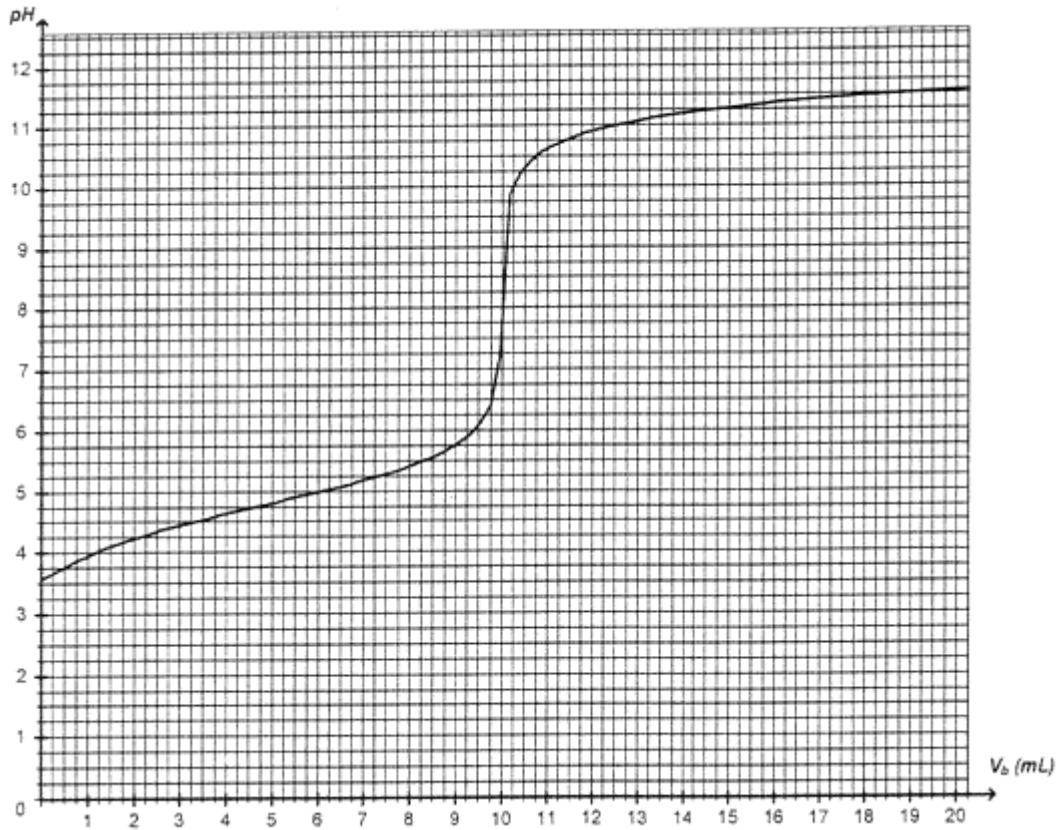
2.5. En utilisant la courbe donnée en **ANNEXE 2 document 1** et les données de $\text{p}K_A$ ci-dessous, identifier, la nature de l'acide carboxylique R-COOH.

Couple acide / base	$\text{p}K_A$
$\text{HCl}_2\text{C-COOH} / \text{HCl}_2\text{C-COO}^-$	1,3
$\text{H}_2\text{CIC-COOH} / \text{H}_2\text{CIC-COO}^-$	2,9
$\text{H-COOH} / \text{H-COO}^-$	3,8
$\text{H}_3\text{C-COOH} / \text{H}_3\text{C-COO}^-$	4,8

ANNEXE 2 À RENDRE AVEC LA COPIE

Document 1 :

Courbe de titrage de la solution d'acide carboxylique $R\text{-COOH}$ par la solution S_b d'hydroxyde de sodium



Document 2 :

équation de la réaction du titrage		+	=	+	
état du système	avancement en mol	quantités de matière en mol			
initial	$x = 0$				
intermédiaire	x				
final	x_f				

Amérique du nord 2007

<http://labolycee.org>

Exercice 3 : Détermination de la concentration en dioxyde de soufre de l'air dans une grande agglomération (4 points)

On se propose d'étudier dans cet exercice une des méthodes permettant de déterminer la concentration en dioxyde de soufre dans l'air : la fluorescence ultraviolette (UV).

Principe de la méthode

Dans l'air ambiant, les molécules de dioxyde de soufre SO_2 sont dans un état d'énergie « fondamental » stable E_0 . L'air ambiant est aspiré par un analyseur, filtré pour éliminer les éléments « parasites » pour la mesure, puis envoyé dans une chambre de réaction dans laquelle il est soumis à un rayonnement ultraviolet dont la longueur d'onde est $\lambda_1 = 214 \text{ nm}$ et provenant d'une lampe à vapeur de zinc (figure 1). Les molécules de dioxyde de soufre de l'air sont ainsi portées dans un état d'énergie E_1 . Cet état étant instable, le dioxyde de soufre de l'air se désexcite alors très rapidement et arrive dans un état d'énergie E_2 différent de E_0 en émettant un rayonnement UV de longueur d'onde λ_2 supérieure à celle du rayonnement d'excitation. Le rayonnement UV est reçu par un photomultiplicateur qui donne alors une tension de sortie U_s proportionnelle à la concentration en dioxyde de soufre présent dans la chambre de réaction.

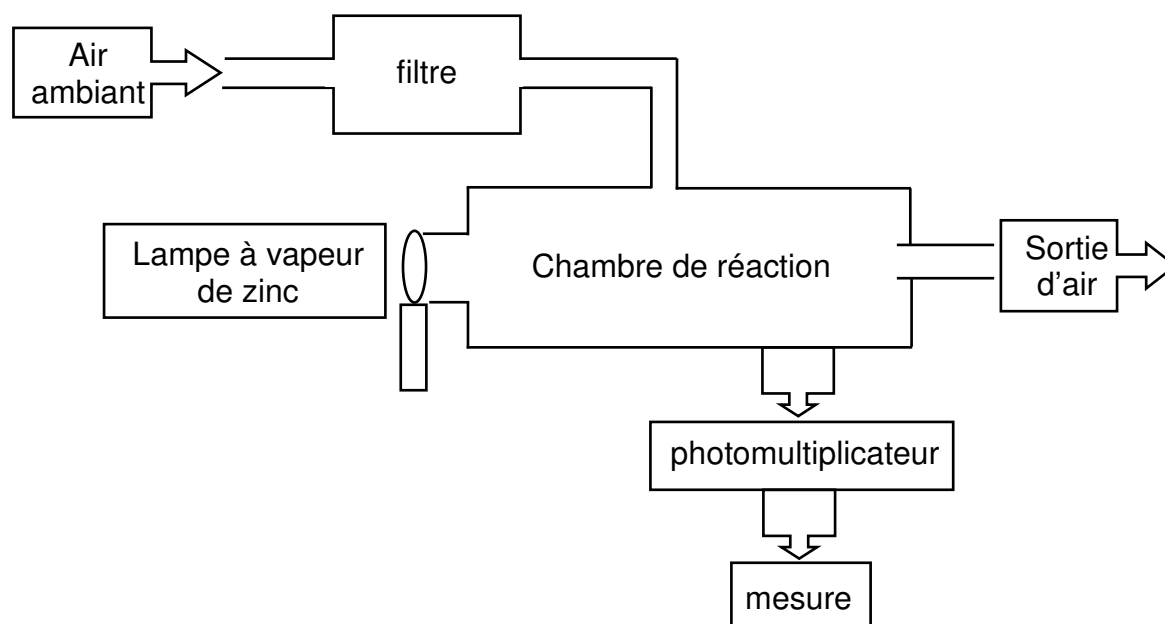


Figure 1 : schéma simplifié d'un analyseur de fluorescence ultraviolette

Données :

- $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$
- $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
- $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$
- $1 \text{ ppbv (partie par milliard en volume)} = 2,66 \mu\text{g.m}^{-3}$ pour le dioxyde de soufre

1. Étude du diagramme simplifié des niveaux d'énergie.

1.1 Comment appelle-t-on l'état d'énergie E_1 de la molécule de dioxyde de soufre ?

1.2 En vous aidant du texte, placer sur le diagramme **en annexe, à rendre avec la copie**, les états d'énergie E_0 , E_1 et E_2 , en justifiant la démarche.

2. Étude de la transition entre les états d'énergie E_0 et E_1 .

2.1 Cette transition correspond-elle à une émission ou une absorption de lumière ? Justifier la réponse.

2.2 Représenter sur le diagramme cette transition par une flèche notée 1.

2.3 Donner l'expression littérale de l'énergie ΔE_1 correspondant à la transition en fonction des données. La calculer en eV.

3. Étude de la transition entre les états d'énergie E_1 et E_2 .

Au cours de cette transition les molécules échangent avec l'extérieur une quantité d'énergie $\Delta E_2 = 3,65$ eV.

3.1 Représenter sur le diagramme cette transition par une flèche notée 2.

3.2 Déterminer, en nm, la longueur d'onde de la radiation émise λ_2 . Cette radiation est-elle bien dans le domaine de l'ultraviolet ? Justifier la réponse.

4. Détermination de la concentration en dioxyde de soufre dans l'air de la grande agglomération.

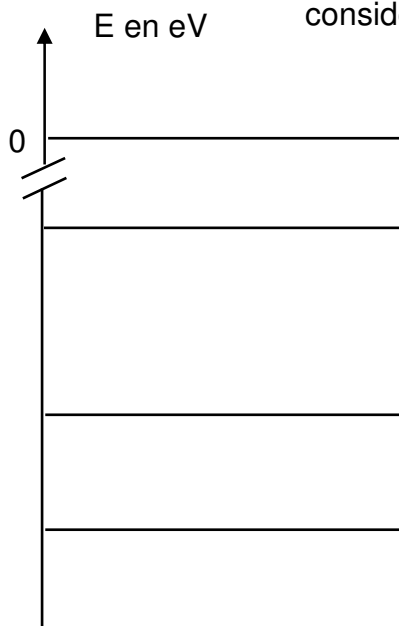
4.1 L'appareil est étalonné à l'aide d'un échantillon de concentration en dioxyde de soufre de 100 ppbv (partie par milliard en volume). La tension à la sortie du photomultiplicateur est $U_0 = 0,50$ V. On effectue une mesure pour l'air d'une grande agglomération, on trouve $U_1 = 0,15$ V.

Déterminer la concentration $[\text{SO}_2]_1$ en dioxyde de soufre pour l'air de la grande agglomération en ppbv.

4.2. La limite admise pour une personne étant de $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ de gaz, l'air de la grande agglomération est-il respirable sans danger ?

Exercice III : Annexe à rendre avec la copie

Diagramme simplifié des niveaux d'énergie de la molécule de dioxyde de soufre sans considération d'échelle



Le jeu schématisé ci-dessous consiste à placer un boulet sur un plan incliné de telle façon qu'il atteigne la cible.

Le boulet est tout d'abord lâché en A sans vitesse initiale.

Le système étudié est le boulet que l'on assimile à un point.

Toute l'étude est dans un référentiel galiléen.

On néglige les frottements dans tout l'exercice.

Données :

$$\alpha = 30^\circ$$

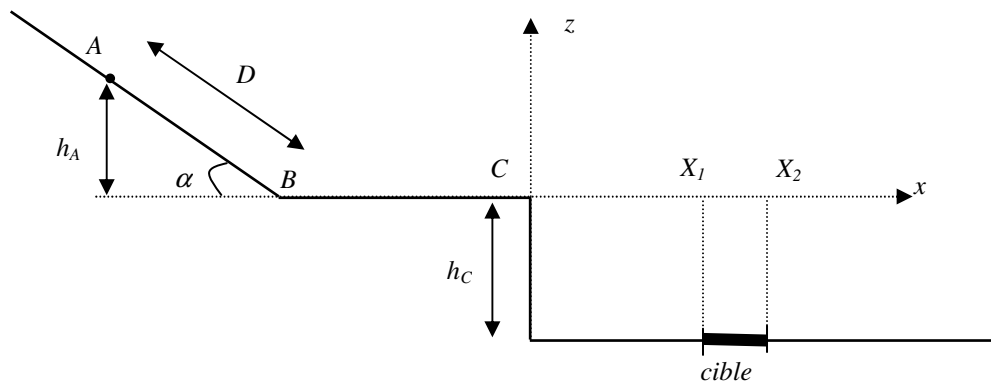
$$D = AB = 0,50 \text{ m}$$

$$L = BC = 0,20 \text{ m}$$

$$h_C = 0,40 \text{ m}$$

$$m = 10 \text{ g}$$

$$g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$$



1. ÉTUDE DU MOUVEMENT DU BOULET ENTRE A ET B.

1.1. Le système étudié est le boulet une fois lâché en A .

Faire l'inventaire des forces extérieures agissant sur le boulet. Représenter ces forces sur un schéma sans considération d'échelle.

1.2. On choisit l'altitude du point C comme référence pour l'énergie potentielle de pesanteur : $E_{PP} = 0$ pour $z_C = 0$.

1.2.1. Donner l'expression de l'énergie potentielle de pesanteur au point A et vérifier qu'elle vaut $E_{PP}(A) = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ J}$.

1.2.2. En déduire l'expression puis la valeur de l'énergie mécanique du système au point A .

1.2.3. En déduire la valeur de l'énergie mécanique du système au point B . Justifier la réponse.

1.3. Montrer que l'expression de la vitesse au point B est : $v_B = \sqrt{2g \cdot D \cdot \sin \alpha}$

2. ÉTUDE DE LA CHUTE DU BOULET APRÈS LE POINT C.

On étudie le mouvement du centre d'inertie G du boulet après le point C .

L'origine des temps est prise lorsque le boulet est en C .

Le mouvement étant rectiligne et uniforme entre B et C , la vitesse en C est la même qu'en B :

$$v_C = v_B = 2,2 \text{ m.s}^{-1}$$

2.1. On précise que l'action de l'air est négligée.

2.1.1. Énoncer la deuxième loi de Newton.

2.1.2. Appliquer cette loi au boulet une fois qu'il a quitté le point C .

2.1.3. Déterminer l'expression des composantes du vecteur accélération en projetant la deuxième loi de Newton dans le repère Cxz (voir figure).

2.2. On rappelle que la valeur de la vitesse au point C est $v_C = 2,2 \text{ m.s}^{-1}$ et on précise que le vecteur vitesse au point C a une direction horizontale.

2.2.1. Déterminer l'expression des composantes du vecteur vitesse dans le repère Cxz .

L'expression des composantes du vecteur position dans le repère Cxz est :

$$\overrightarrow{CG} \begin{cases} x = (\sqrt{2g \cdot D \cdot \sin \alpha}) \cdot t \\ z = -\frac{1}{2} g \cdot t^2 \end{cases}$$

2.2.2. En déduire l'équation de la trajectoire donnant l'expression de z en fonction de x .

2.3. On veut déterminer si le boulet atteint la cible E dont l'abscisse est comprise entre $X_1 = 0,55 \text{ m}$ et $X_2 = 0,60 \text{ m}$.

2.3.1. Calculer le temps nécessaire pour que le boulet atteigne le sol.

2.3.2. En déduire l'abscisse X_f du boulet quand il touche le sol. La cible est-elle atteinte ?

2.4. Quelle distance D faudrait-il choisir pour atteindre la cible à l'abscisse $X_f = 0,57 \text{ m}$? (la durée de chute étant la même).

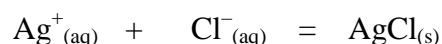
Les parties 1. et 2. de cet exercice sont indépendantes et peuvent être traitées séparément.

On se propose de déterminer les masses en ions chlorure et en acide lactique présents dans un lait.

1. DOSAGE PAR CONDUCTIMÉTRIE.

- 1.1. On prélève un volume $V_0 = 20,0$ mL de lait (solution S_0) et on les introduit dans une fiole jaugée de volume $V_S = 100,0$ mL.
On complète avec de l'eau distillée et on homogénéise pour obtenir une solution S, de concentration C_S . Quel rapport existe entre la concentration C_0 de la solution S_0 et la concentration C_S de la solution S ?
- 1.2. On verse un volume $V_1 = 10,0$ mL de la solution S dans un bécher et on y ajoute environ 250 mL d'eau distillée. Indiquer précisément le protocole à suivre pour prélever 10,0 mL de solution S (matériel utilisé, manipulations à effectuer).
- 1.3. On plonge ensuite dans le bécher une cellule conductimétrique.
Initialement et après chaque ajout, mL par mL, d'une solution aqueuse de nitrate d'argent ($\text{Ag}^+_{(\text{aq})} + \text{NO}_3^-_{(\text{aq})}$) de concentration $C_2 = 5,00 \times 10^{-3}$ mol.L⁻¹ on détermine la conductivité du milieu réactionnel.
Indiquer, sur un schéma annoté, le dispositif expérimental à mettre en place.

Le suivi conductimétrique du dosage permet d'obtenir la courbe d'évolution de la conductivité σ du milieu réactionnel en fonction du volume V_2 de la solution de nitrate d'argent versé (**document N°1 donné en ANNEXE N°2, à rendre avec la copie**). La transformation chimique, rapide, met uniquement en jeu les ions chlorure et les ions argent selon l'équation de réaction :



Rappel : *Le chlorure d'argent AgCl est un solide blanc, pratiquement insoluble dans l'eau, qui noircit à la lumière.*

- 1.4. Quelle est l'origine de la conductivité initiale de la solution ?
- 1.5. En utilisant les valeurs des conductivités molaires ioniques données ci-dessous, interpréter la variation de la valeur de la conductivité σ du milieu réactionnel au cours du dosage.
À 25°C : $\lambda(\text{Cl}^-_{(\text{aq})}) = 76,3 \times 10^{-4}$ m².S.mol⁻¹
 $\lambda(\text{NO}_3^-_{(\text{aq})}) = 71,4 \times 10^{-4}$ m².S.mol⁻¹
 $\lambda(\text{Ag}^+_{(\text{aq})}) = 61,9 \times 10^{-4}$ m².S.mol⁻¹
- 1.6. Quel événement correspond au point particulier apparaissant sur la courbe $\sigma = f(V_2)$?

- 1.7. Déterminer, en utilisant cette courbe, le volume V_{2E} de solution de nitrate d'argent versé à l'équivalence.
- 1.8. Quelle est à l'équivalence la relation entre la quantité de matière en ions argent introduits et la quantité de matière en ions chlorure initialement présents ?
- 1.9. En déduire la concentration molaire C_S en ions chlorure initialement présents dans la solution S, puis celle C_0 dans le lait.
- 1.10. La masse d'ions chlorure présents dans un litre de lait doit être comprise entre 1,0 g et 2,0 g. Calculer la masse d'ions chlorure présents dans le lait étudié et conclure.

Donnée : masse molaire des ions chlorure : $M(\text{Cl}^-) = 35,5 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

2. DOSAGE DE L'ACIDE LACTIQUE

Un lait frais ne contient pas d'acide lactique. En vieillissant, le lactose présent dans le lait se transforme en acide lactique, noté par la suite HA.

On dose l'acide lactique, considéré comme le seul acide présent dans le lait étudié, par une solution d'hydroxyde de sodium : $\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{HO}^-_{(\text{aq})}$ (soude) de concentration $C_B = 5,00 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

On prélève un volume $V_A = 20,0 \text{ mL}$ de lait que l'on place dans un bécher et on suit l'évolution du pH en fonction du volume V_B de soude versé.

- 2.1. Écrire l'équation de la réaction qui se produit lors du mélange. Quelles caractéristiques doit présenter cette réaction pour être adaptée à un dosage ?
- 2.2. Exprimer puis calculer la constante de réaction K correspondante. Conclure.

Données : couples acide/base :

$\text{H}_2\text{O}/\text{HO}^-_{(\text{aq})}$: $\text{p}K_{A1} = 14,0$
$\text{H}_3\text{O}^+/\text{H}_2\text{O}$: $\text{p}K_{A2} = 0,0$
$\text{HA}_{(\text{aq})}/\text{A}^-_{(\text{aq})}$: $\text{p}K_{A3} = 3,9$

On obtient les valeurs données dans le tableau suivant :

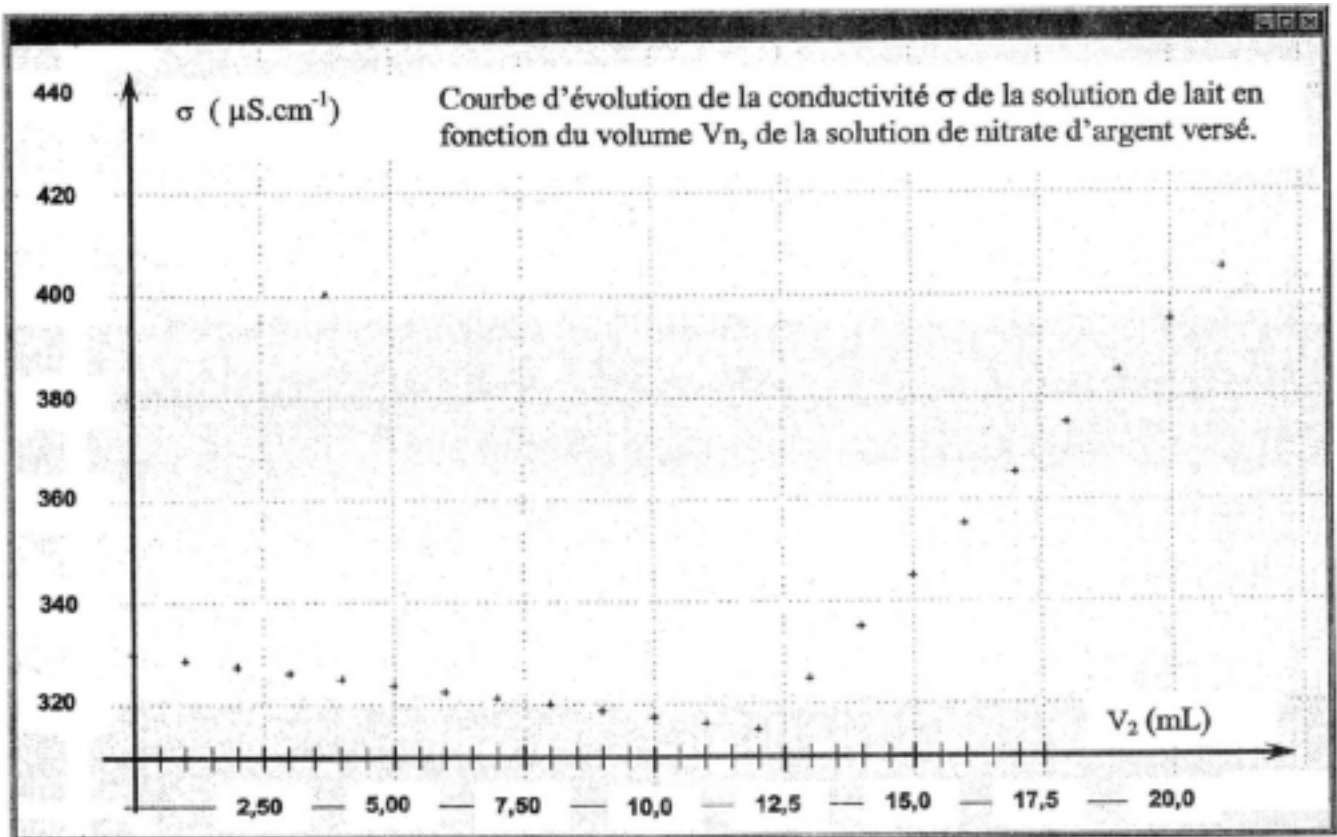
V_B (mL)	0	2,0	4,0	6,0	8,0	10	11	11,5	12	12,5	13	14	16
pH	2,9	3,2	3,6	3,9	4,2	4,6	4,9	6,3	8,0	10,7	11,0	11,3	11,5

- 2.3. En utilisant un diagramme de prédominance, déterminer quelle est, entre $\text{HA}_{(\text{aq})}$ et $\text{A}^-_{(\text{aq})}$ l'espèce chimique prédominante au début du dosage.
- 2.4. Pour quel volume de soude versé, $\text{HA}_{(\text{aq})}$ et $\text{A}^-_{(\text{aq})}$ sont-elles présentes en quantités égales ?
- 2.5. Le tracé du graphe représentant l'évolution du pH en fonction du volume de soude versé montre que l'équivalence acide base est atteinte pour un volume de soude $V_B = 12,0 \text{ mL}$. En déduire la quantité de matière d'acide lactique présente dans le volume V_A de lait.
- 2.6. On considère qu'un lait frais a une concentration en acide lactique inférieure à $1,8 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$. Quelle est la masse d'acide lactique présente dans un litre de lait ? Conclure ?

Donnée : masse molaire moléculaire de l'acide lactique : $M(\text{HA}) = 90 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

ANNEXE (A RENDRE AVEC LA COPIE)

DOCUMENT N°1



1. Les indicateurs colorés en cuisine

1.1. Un indicateur coloré a la propriété de changer de couleur en fonction du pH.

1.2. Le vinaigre est acide, car le chou rouge devient violet en sa présence (pH : 4 à 6)

Le détergent est basique car l'eau de rinçage devient verte (pH : 9 à 12)

2. Les indicateurs colorés pour les titrages

2.1. Dilution du vinaigre

Une dilution s'effectue avec de la verrerie jaugée.

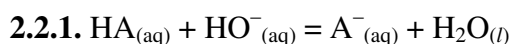
Solution mère : c_0 ; V_0 Solution fille : $c = c_0 / 10$; V

Au cours d'une dilution la quantité de matière de soluté se conserve : $c \times V = c_0 \times V_0 = (c_0/10) \times V$

Soit $V_0 = V/10$.

On prélève V_0 à l'aide d'une **pipette jaugée de 20,0 mL** et on effectue la dilution dans une **fiolle jaugée de 200,0 mL**.

2.2. Réaction de dosage



2.2.2. Pour un volume de soude versé $V_B = 6,0$ mL, le réactif limitant est la soude, en effet d'après la courbe pH-métrique, le volume équivalent vaut $V_{BE} = 10$ mL. Si $V_B < V_{BE}$ alors le réactif titrant est en défaut.

2.2.3. Equation		$\text{HA}_{(aq)}$	+	$\text{HO}^-_{(aq)}$	=	$\text{A}^-_{(aq)}$	+	$\text{H}_2\text{O}_{(l)}$
Etat initial	$x = 0$ mol	$c_A \times V_A$		$c_B \times V_B$		0		beaucoup
En cours de transformation	x	$c_A \times V_A - x$		$c_B \times V_B - x$		x		bcp + x
Etat final si transformation limitée	x_f	$c_A \times V_A - x_f$		$n(\text{HO}^-)_f = c_B \times V_B - x_f$		x_f		bcp + x_f
Etat final si transformation totale	x_{\max}	$c_A \times V_A - x_{\max}$		0		x_{\max}		bcp + x_{\max}

$x_{\max} = c_B \times V_B$ soit $x_{\max} = 1,0 \times 10^{-1} \times 6,0 \times 10^{-3} = 6,0 \times 10^{-4}$ mol

2.2.4. Pour $V_B = 6,0$ mL, le pH du mélange vaut **pH = 5**

Le produit ionique de l'eau nous donne : $K_e = [\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}]_f \times [\text{HO}^-_{(aq)}]_f = 10^{-\text{pH}} \times [\text{HO}^-_{(aq)}]_f$

Soit $[\text{HO}^-_{(aq)}]_f = K_e \times 10^{\text{pH}}$

Or $[\text{HO}^-_{(aq)}]_f = \frac{(n_{\text{HO}^-})_f}{V_A + V_{\text{eau}} + V_B}$

Soit $(n_{\text{HO}^-})_f = K_e \times 10^{\text{pH}} \times (V_A + V_{\text{eau}} + V_B)$

$(n_{\text{HO}^-})_f = 10^{-14} \times 10^5 \times (10,0 + 60 + 6,0) \times 10^{-3} = 76 \times 10^{-12}$ mol

2.2.5. $(n_{\text{HO}^-})_f = c_B \times V_B - x_f$

$x_f = c_B \times V_B - (n_{\text{HO}^-})_f$

$\tau = \frac{x_f}{x_{\max}} = \frac{x_{\max} - (n_{\text{HO}^-})_f}{x_{\max}}$

$\tau = \frac{6,0 \times 10^{-4} - 76 \times 10^{-12}}{6,0 \times 10^{-4}} = \frac{6,0 \times 10^{-4}}{6,0 \times 10^{-4}} = 1$ La transformation est donc **totale**.

2.3. Détermination par titrage de la concentration molaire en acide éthanóïque apporté du vinaigre

2.3.1. A l'équivalence la courbe $\frac{dpH}{dV_B}$ passe par un maximum ce qui correspond à $V_{BE} = 10 \text{ mL}$

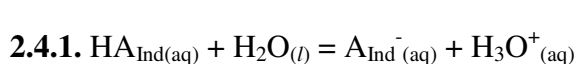
2.3.2. A l'équivalence la quantité de soude versée est égale à la quantité d'acide présente, soit :

$$c_B \times V_{BE} = c_A \times V_A$$

$$c_A = \frac{c_B \times V_{BE}}{V_A}$$

$$c_A = \frac{1,0 \times 10^{-1} \times 10}{10,0} = \mathbf{1,0 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}}$$

La solution de vinaigre a été diluée 10 fois soit $c_0 = 10 \times c_A = \mathbf{1,0 \text{ mol.L}^{-1}}$

2.4. Retour historique

$$K_i = \frac{[\text{A}_{\text{Ind}^{-}(\text{aq})}^{\text{ég}}] \times [\text{H}_3\text{O}^{+}_{(\text{aq})}^{\text{ég}}]}{[\text{HA}_{\text{Ind}(\text{aq})}^{\text{ég}}]}$$

$$\frac{K_i}{[\text{H}_3\text{O}^{+}_{(\text{aq})}^{\text{ég}}]} = \frac{[\text{A}_{\text{Ind}^{-}(\text{aq})}^{\text{ég}}]}{[\text{HA}_{\text{Ind}(\text{aq})}^{\text{ég}}]}$$

$$\frac{10^{-pK_i}}{10^{-pH}} = 10^{pH - pK_i} = \frac{[\text{A}_{\text{Ind}^{-}(\text{aq})}^{\text{ég}}]}{[\text{HA}_{\text{Ind}(\text{aq})}^{\text{ég}}]}$$

2.4.2. Artichaut :

Pour $V_B = 9,8 \text{ mL}$ $\frac{[\text{A}_{\text{Ind}^{-}(\text{aq})}^{\text{ég}}]}{[\text{HA}_{\text{Ind}(\text{aq})}^{\text{ég}}]} = 10^{6,5-7,5} = 10^{-1,0}$ HA prédomine

Pour $V_B = 10,1 \text{ mL}$ $\frac{[\text{A}_{\text{Ind}^{-}(\text{aq})}^{\text{ég}}]}{[\text{HA}_{\text{Ind}(\text{aq})}^{\text{ég}}]} = 10^{10,5-7,5} = 10^{3,0}$ A^{-} prédomine

Betterave rouge :

Pour $V_B = 9,8 \text{ mL}$ $\frac{[\text{A}_{\text{Ind}^{-}(\text{aq})}^{\text{ég}}]}{[\text{HA}_{\text{Ind}(\text{aq})}^{\text{ég}}]} = 10^{6,5-11,5} = 10^{-5,0}$ HA prédomine

$V_B = 10,1 \text{ mL}$ $\frac{[\text{A}_{\text{Ind}^{-}(\text{aq})}^{\text{ég}}]}{[\text{HA}_{\text{Ind}(\text{aq})}^{\text{ég}}]} = 10^{10,5-11,5} = 10^{-1,0}$ HA prédomine

2.4.3.

	Artichaut		Betterave rouge	
	$V_B = 9,8 \text{ mL}$	$V_B = 10,1 \text{ mL}$	$V_B = 9,8 \text{ mL}$	$V_B = 10,1 \text{ mL}$
$\frac{[\text{A}_{\text{Ind}^{-}(\text{aq})}^{\text{ég}}]}{[\text{HA}_{\text{Ind}(\text{aq})}^{\text{ég}}]}$	$10^{-1,0}$	$10^{3,0}$	$10^{-5,0}$	$10^{-1,0}$
Couleur	incolore	Jaune	Rouge	Rouge

2.4.4. La betterave ne convient pas, puisque aucun changement de couleur n'a lieu à l'équivalence.

Avec l'artichaut, le milieu réactionnel passera de l'incolore au jaune. C'est donc l'indicateur coloré le mieux adapté.

2.4.5. Si le vinaigre était coloré, le changement de couleur serait peu visible. La coloration jaune de l'indicateur coloré serait masquée par la couleur du vinaigre.

National 09/2004 Exercice 2 COMMENT FAIRE DES RICOCHETS SUR L'EAU ?
Calculatrice autorisée (5 POINTS) <http://labolycee.org>

Minutius Felix, au 3^{ème} siècle de notre ère écrit : « On choisit sur le rivage une pierre plate et ronde, polie par le mouvement des flots, on la tient horizontalement entre les doigts puis, en s'inclinant le plus près possible du sol, on l'envoie sur la surface de l'eau. La pierre, animée d'une certaine vitesse, glisse et nage à la surface ; lancée avec force, elle saute et bondit en rasant les flots. Le vainqueur est celui dont la pierre est allée le plus loin et a rebondi le plus grand nombre de fois. »

Le record du monde officiel, établi en 1992 par l'américain Jerdine Coleman Mc Ghee, est de 38 ricochets.

Actuellement, des chercheurs tentent de comprendre tous les aspects concernant les lancers de pierre permettant des ricochets.

D'après un article de « La Recherche »

Données :

La valeur du champ de pesanteur est $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$.

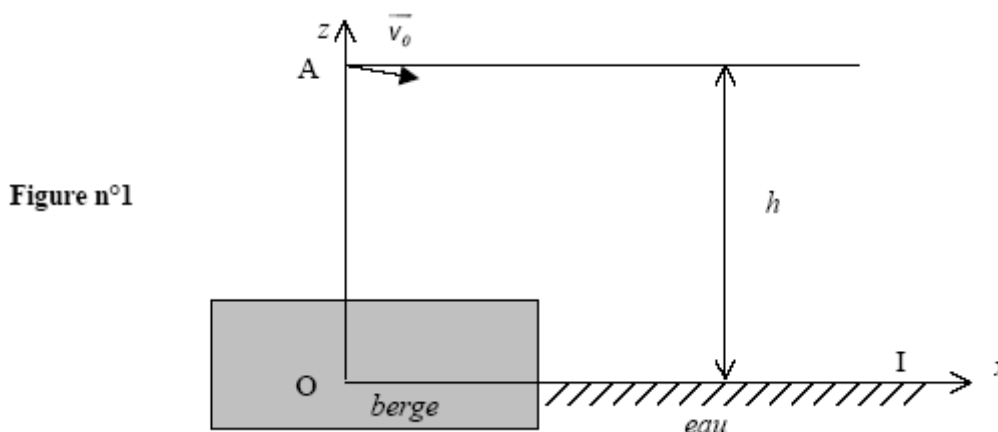
Le référentiel terrestre est considéré comme galiléen.

1. Objectif : record du monde...

La pierre utilisée, de masse $m = 0,10 \text{ kg}$, est lancée d'un point A situé à la hauteur h au-dessus de la surface de l'eau (voir **figure n° 1**). Le mouvement est filmé à l'aide d'un caméscope dont l'axe de visée est horizontal et perpendiculaire au plan de la trajectoire. L'objectif du caméscope est suffisamment éloigné de ce plan pour considérer que sa distance à la pierre est constante. On dispose une règle graduée dans ce plan. Un logiciel de traitement d'images permet de visionner le film image par image et de pointer les positions successives de coordonnées (x, z) du centre d'inertie G de la pierre en fonction du numéro de l'image, donc à différents instants de date t . On obtient les résultats donnés dans le tableau n°1 ci-dessous:

Tableau n°1

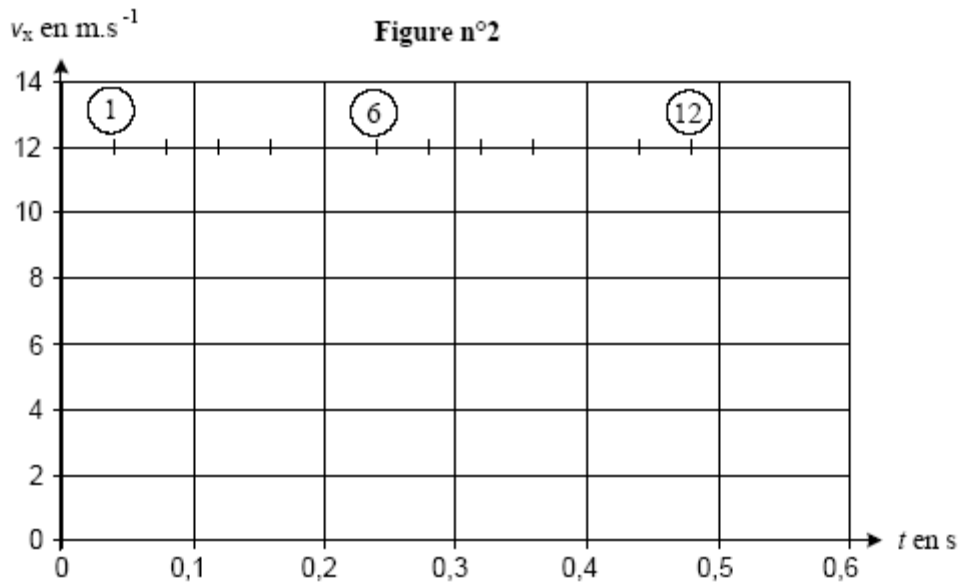
$x(m)$	$z(m)$	$n^\circ \text{ image}$	$t(s)$	$v_x (m.s^{-1})$	$v_z (m.s^{-1})$
0	1,75	0	0		
0,48	1,70	1	0,040	12	-1,4
0,96	1,64	2	0,080		
1,44	1,56	3	0,120	12	-2,2
1,92	1,46	4	0,160	12	-2,6
2,40	1,35	5	0,200	12	-3
2,88	1,22	6	0,240	12	-3,4
3,36	1,08	7	0,280	12	-3,8
...
5,76	0,12	12	0,480	12	-5,8



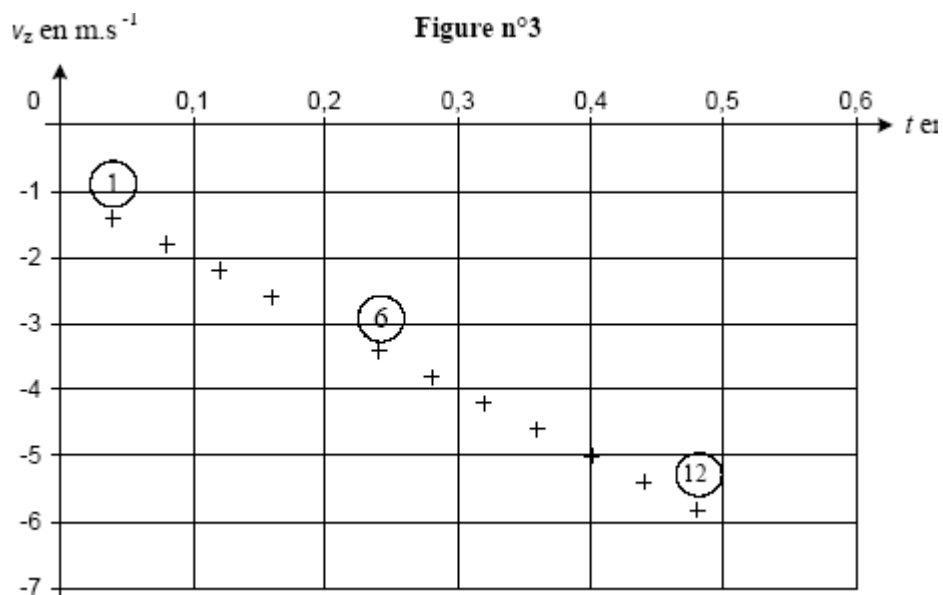
1.1. Sur ce film, une image montre la pierre quittant le point A de coordonnées : $x_0 = 0 \text{ m}$ et $z_0 = h = 1,75 \text{ m}$. L'origine des dates est prise à cet instant. Le numéro de cette image est 0.

À partir des valeurs du tableau, calculer les coordonnées v_x et v_z du vecteur vitesse à l'instant de date $t_2 = 0,080 \text{ s}$.

1.2. On donne, sur la figure n°2, la représentation graphique de la coordonnée v_x en fonction de la date t . En déduire la valeur de v_{0x} , coordonnée du vecteur vitesse du point G sur l'axe horizontal à l'instant de date $t_0 = 0 \text{ s}$.



1.3. La figure n°3 montre la représentation graphique de la coordonnée v_z en fonction de la date t . Déterminer graphiquement la valeur de v_{0z} à l'instant de date $t_0 = 0 \text{ s}$.



1.4. Calculer la valeur v_0 de la vitesse initiale à l'instant de date $t_0 = 0 \text{ s}$.

1.5. Étude énergétique

1.5.1. L'énergie cinétique de la pierre a pour expression $\frac{1}{2} m v^2$. La pierre touche l'eau à un instant intermédiaire entre ceux des prises de vue n° 12 et n° 13. On admet que la vitesse v' de la pierre, juste avant qu'elle ne touche l'eau est pratiquement égale à celle qu'elle avait à la date t_{12} . À partir des figures n° 2 et n° 3, on trouve $v' = 13 \text{ m.s}^{-1}$

Par une démarche identique, on peut déterminer la vitesse v'' de la pierre juste après le premier rebond. Cette vitesse est égale à $v'' = 11 \text{ m.s}^{-1}$

Calculer la variation d'énergie mécanique ΔE de la pierre au cours de ce premier rebond en considérant que la pierre est au niveau de l'eau juste avant et juste après le rebond.

1.5.2. On choisit l'origine de l'énergie potentielle de pesanteur au niveau de l'eau.

Donner l'expression de l'énergie mécanique $E(A)$ de la pierre à l'instant de date $t_0 = 0 \text{ s}$ dans le champ de pesanteur.

À partir des valeurs consignées dans le tableau n° 1, d'autres données de l'exercice et du résultat de la question 1.4., calculer l'énergie mécanique initiale $E(A)$.

1.5.3. On cherche à déterminer le nombre maximal N de rebonds que l'on peut espérer obtenir.

Pour cela on admet que :

- l'énergie perdue par la pierre au cours de chaque choc avec l'eau sera toujours égale à la valeur absolue $|\Delta E|$ de ΔE ;
- si l'énergie de la pierre après le $N^{\text{ième}}$ rebond est inférieure à $|\Delta E|$, la pierre ne rebondit plus lors de son prochain choc avec l'eau.

L'énergie initiale de la pierre étant égale à $E(A)$, calculer N .

Remarque : La valeur trouvée pour N est très inférieure à celle du record du monde. Pour bien réussir un ricochet, il faut non seulement lancer la pierre avec une vitesse suffisamment élevée mais aussi la faire tourner le plus vite possible sur elle-même.

2. Du lancer au premier rebond

2.1. Nommer les 3 forces qui agissent sur la pierre au cours de son mouvement dans l'air après le lancement.

2.2. Le poids, force prépondérante.

2.2.1. En utilisant les figures n° 2 et n° 3, déterminer les coordonnées a_x et a_z du vecteur accélération du centre d'inertie G de la pierre avant le premier rebond.

2.2.2. Vérifier que le vecteur accélération du point G est égal au vecteur champ de pesanteur \vec{g} aux incertitudes de lecture près.

2.2.3. En utilisant la deuxième loi de Newton, montrer que la valeur du poids est prépondérante devant celles des deux autres forces.

2.3. Dans ces conditions l'énergie mécanique de la pierre est constante entre le point A et le point I , point d'impact du caillou sur l'eau. On choisit à nouveau l'origine de l'énergie potentielle de pesanteur au niveau de l'eau.

En déduire la valeur de la vitesse de la pierre au point d'impact I et vérifier qu'elle est voisine de v' soit 13 m.s^{-1} .

3. Les ronds dans l'eau

Quelques secondes après l'impact du caillou, une onde mécanique à la surface de l'eau se propage. On observe ainsi des rides circulaires, centrées au point d'impact, dont le rayon augmente au cours du temps. Entre les images n° 60 et 80, le rayon d'une ride augmente de 0,24 m. La durée séparant deux images consécutives est $\Delta t = 40 \text{ ms}$.

3.1. Cette onde progressive est-elle longitudinale ou transversale ? Justifier.

3.2. Calculer la célérité de l'onde.

La littérature donne les constantes d'acidité à 25°C. Cet exercice propose une méthode conductimétrique pour déterminer la constante d'acidité de l'acide benzoïque à 20°C, température usuelle dans les laboratoires.

Cette méthode ne nécessite pas de disposer des valeurs numériques des conductivités molaires ioniques à 20°C, non données dans la littérature.

L'acide étudié est l'acide benzoïque $C_6H_5CO_2H$.

On exploite les résultats des mesures de la conductivité σ de solutions d'acide benzoïque de différentes concentrations préparées par dilution d'une solution S_0 de concentration molaire apportée c_0 .

L'acide benzoïque étant difficilement soluble dans l'eau, la concentration molaire apportée c_0 de cette solution n'est pas connue de façon sûre à partir de sa préparation. Il faut donc préalablement doser cette solution. On réalise un titrage conductimétrique.

Les deux parties à traiter sont indépendantes.

1. Détermination préalable de la concentration molaire apportée de la solution S_0 d'acide benzoïque par titrage.

Mode opératoire

- Dans un becher, on introduit un volume $V = 100,0$ mL de la solution aqueuse S_0 d'acide benzoïque.
- On plonge la cellule de conductimétrie dans cette solution.
- On verse à l'aide d'une burette graduée une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ou soude $Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}$ de concentration molaire apportée $c_b = 1,0 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$, en notant à chaque ajout la conductivité σ de la solution.

La figure 1 ci-dessous, représente les valeurs de la conductivité σ pour les différents volumes V_b de soude versés.

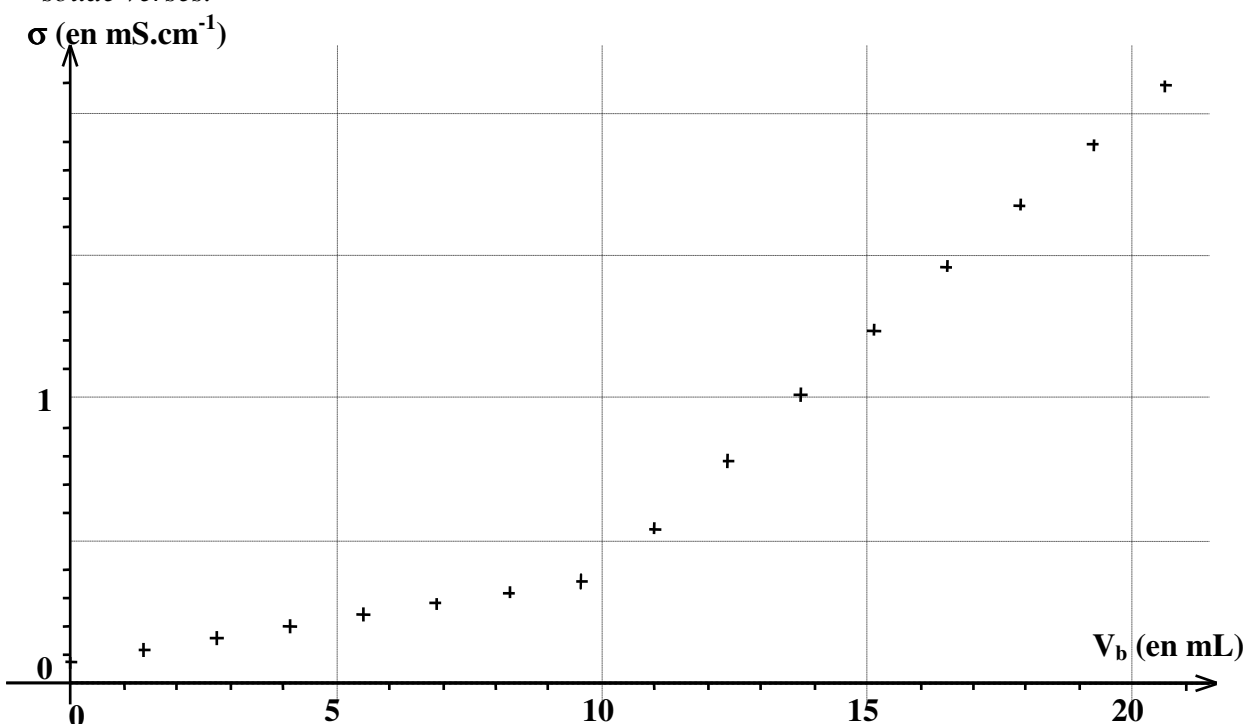


Figure 1

Questions

- 1.1. Écrire l'équation de la réaction modélisant la transformation, considérée comme totale, qui se produit au cours de ce dosage.
- 1.2. En utilisant les résultats expérimentaux et en donnant la définition de l'équivalence, déterminer la concentration molaire c_0 de la solution S_0 en acide benzoïque apporté.

2. Constante d'acidité de l'acide benzoïque**Mode opératoire**

- À l'aide de la solution S_0 de concentration molaire apportée c_0 , on prépare des solutions diluées de concentrations décroissantes :
- $5,0 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$; $2,5 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$; $2,0 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$;
 $1,0 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$; $6,7 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$; $5,0 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$.
- On mesure la conductivité σ de la solution S_0 et des solutions diluées en plongeant dans chaque solution la même cellule de conductimétrie.
- Le tableau ci-dessous donne les résultats des mesures :

c (en mol.L^{-1})	$1,0 \times 10^{-2}$	$5,0 \times 10^{-3}$	$2,5 \times 10^{-3}$	$2,0 \times 10^{-3}$	$1,0 \times 10^{-3}$	$6,7 \times 10^{-4}$	$5,0 \times 10^{-4}$
σ (en $\mu\text{S.cm}^{-1}$)	273,4	189,0	132,0	115,0	81,3	61,7	52,1

On négligera l'autoprotolyse de l'eau.

Questions

- 2.1. Écrire l'équation de la réaction entre l'acide benzoïque et l'eau.
- 2.2. On considère un volume V de la solution d'acide benzoïque de concentration molaire apportée c . Recopier et compléter le tableau descriptif de l'évolution du système.

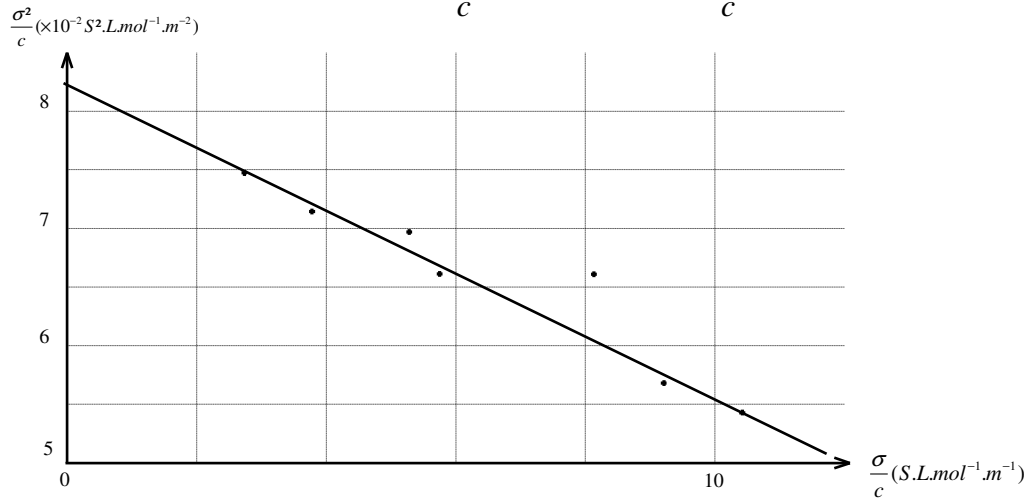
Équation chimique		$\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2\text{H}$	+	=	+
État du système	Avancement (en mol)	Quantités de matière (en mol)						
État initial	0	$n_0 =$						
État intermédiaire	x	$n =$						
État final ou équilibre	$x_f = x_{eq}$	$n_f =$						

- 2.3. Donner, en fonction de l'avancement, de la concentration c et du volume V , l'expression littérale du quotient de réaction Q_r et celle de la constante d'acidité K_a de l'acide benzoïque.
- 2.4. Définir le taux d'avancement final τ de la transformation.
- 2.5. Montrer que l'avancement final ou avancement à l'équilibre est : $x_f = x_{eq} = \tau \cdot c \cdot V$.
- 2.6. Exprimer la constante d'acidité K_a en fonction du taux d'avancement final τ et de la concentration c de la solution.
- 2.7. Donner la relation entre la conductivité σ de la solution et les conductivités molaires ioniques des ions présents $\lambda_{\text{H}_3\text{O}^+}$ et $\lambda_{\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2^-}$.
- Établir la relation entre la conductivité σ , le taux d'avancement final τ , la concentration c de la solution et un coefficient $a = \lambda_{\text{H}_3\text{O}^+} + \lambda_{\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2^-}$.

2.8. En utilisant l'expression de la constante d'acidité K_a et celle du taux d'avancement final τ obtenues dans les questions précédentes, on obtient la relation 1 suivante :

$$\frac{\sigma^2}{c} = -K_a \cdot a \cdot \frac{\sigma}{c} + K_a \cdot a^2 \quad \text{relation 1}$$

La figure 2 ci-après représente les variations de $\frac{\sigma^2}{c}$ en fonction de $\frac{\sigma}{c}$ pour les différentes mesures effectuées.



L'équation de la droite obtenue (qui n'est pas à établir) est :

$$\frac{\sigma^2}{c} = -2,63 \times 10^{-3} \cdot \frac{\sigma}{c} + 8,15 \times 10^{-2} \quad \text{relation 2}$$

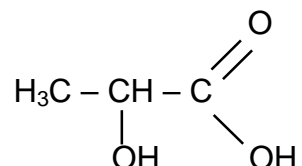
À partir de la relation 1, donner les expressions littérales du coefficient directeur et de l'ordonnée à l'origine de la droite représentée.

Déduire de ces résultats et de la relation 2 la valeur de la constante d'acidité de l'acide benzoïque à la température de l'expérience.

EXERCICE I. INJECTIONS ALCALINISANTES (4 pts)

Des solutions d'hydrogénocarbonate de sodium ou de lactate de sodium sont utilisées en injection par les médecins pour leurs propriétés alcalinisantes (traitement de l'excès d'acidité)

L'ion lactate est la base conjuguée de l'acide lactique (ou acide 2-hydroxypropanoïque) de formule :



1. Recopier la formule de l'acide lactique. Entourer et nommer les groupes caractéristiques (ou fonctionnels) présents dans la molécule d'acide lactique.

L'acide lactique sera noté AH dans la suite du problème.

2. Écrire la formule semi-développée de l'ion lactate. L'ion lactate sera noté A⁻ dans la suite du problème.

3. Pour vérifier la concentration d'une solution commerciale, on procède à un titrage pH-métrique des ions lactate contenus dans cette solution.

On prélève un volume $V_1 = 20,0 \text{ mL}$ de solution S de lactate de sodium et l'on y verse une solution d'acide chlorhydrique $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} + \text{Cl}^-_{(aq)}$ de concentration molaire en soluté apporté $C_2 = 1,0 \text{ mol.L}^{-1}$. On mesure le pH au fur et à mesure de l'addition d'acide. On obtient la courbe en annexe.

3.1. Écrire l'équation de la réaction du titrage, la transformation associée étant considérée comme totale.

3.2. Déterminer graphiquement le volume d'acide versé à l'équivalence V_{2E} , en indiquant la méthode choisie.

3.3. En déduire la concentration molaire en soluté apporté C_1 de la solution de lactate de sodium. On pourra s'aider d'un tableau d'avancement.

3.4. Pour vérifier que la réaction support du dosage est bien totale, on se place dans un cas particulier avant l'équivalence lorsque l'on a versé $9,0 \text{ mL}$ d'acide.

3.4.1 Calculer la quantité d'ions oxonium H_3O^+ introduite dans ces conditions.

3.4.2 Le pH de la solution est alors égal à 4,0. Calculer la quantité d'ions oxonium H_3O^+ alors présente dans la solution.

3.4.3 En déduire que la transformation pouvait être considérée comme totale.

4. Dans le foie les ions lactate se décomposent en quelques heures en libérant des ions hydrogénocarbonate HCO_3^- .

4.1. Écrire l'équation de la réaction des ions hydrogénocarbonate HCO_3^- avec les ions oxonium H_3O^+ contenus dans une solution acide. (Se référer aux couples indiqués dans les données). La transformation associée sera considérée comme totale.

4.2. Quelle est la conséquence d'une injection de lactate ou d'hydrogénocarbonate de sodium sur le pH des liquides physiologiques contenus dans le corps en cas d'excès d'acidité ?

Données : Couples AH/A^- ; $\text{H}_3\text{O}^+/\text{H}_2\text{O}$; $\text{H}_2\text{O}/\text{HO}^-$; $\text{HCO}_3^-/\text{CO}_3^{2-}$; $(\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O})/\text{HCO}_3^-$.

