

## Centres étrangers 2009 EXERCICE III : AUTOUR D'UN TEXTE DE BRAHIC (4 points)

Correction © <http://labolycee.org>

1.1. Les longueurs d'onde dans le vide du spectre visible sont comprises entre **400 nm (violet)** et **800 nm (rouge)**.

1.2.  $\lambda = \frac{c}{\nu}$   $\lambda$  : longueur d'onde en m,  $\nu$  : fréquence en Hz, c : célérité de la lumière dans le vide.

1.3.  $\lambda_{\text{micro-ondes}} = \frac{c}{\nu_{\text{micro-ondes}}}$   $\lambda_{\text{micro-ondes}} = \frac{2,997 \times 10^8}{3,0 \times 10^{14}} = 1,0 \times 10^{-6} \text{ m}$

L'ordre de grandeur de la longueur d'onde des micro-ondes est le **micromètre**.

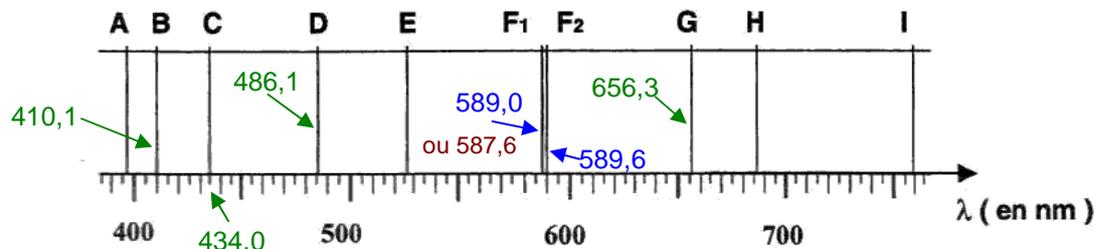
$$\lambda_X = \frac{c}{\nu_X} \quad \lambda_X = \frac{2,997 \times 10^8}{3,0 \times 10^{18}} = 0,10 \times 10^{-9} \text{ m}$$

L'ordre de grandeur de la longueur d'onde des rayons X est le **dixième de nanomètre**.

1.4.  $E = h \cdot \nu$  : L'énergie correspondant à une radiation est proportionnelle à sa fréquence ou inversement proportionnelle à sa longueur d'onde, or  $1 \mu\text{m} > 0,1 \text{ nm}$  ; l'énergie transportée par une radiation X est plus importante que celle transportée par des micro-ondes.

2.1. Les raies observées sont noires sur un fond coloré, il s'agit de **raies d'absorption**.

2.2. Pour un élément chimique, les raies d'émission ont même longueur d'onde que les raies d'absorption.



Dans les couches superficielles du Soleil, on trouve toutes les raies de **l'hydrogène** et toutes les raies du **sodium**. L'hélium semble absent (présence éventuelle d'une raie à 587,6 nm).

3. L'énergie d'un atome est **quantifiée**, c'est-à-dire qu'elle ne peut prendre que quelques valeurs à l'exclusion des autres.

4.1. Le niveau d'énergie de l'état fondamental de l'atome d'hydrogène  $E_0$  est le niveau d'énergie la plus faible :  $E_0 = -13,6 \text{ eV}$  (voir figure).

$$4.2. \Delta E = E_2 - E_1$$

$$\Delta E = -3,39 + 0,37 = -3,02 \text{ eV} \quad (\Delta E < 0, \text{ l'atome cède de l'énergie})$$

$$4.3. 1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$\Delta E = -3,02 \times 1,6 \times 10^{-19} = -4,8 \times 10^{-19} \text{ J}$$

4.4. Voir **flèche** sur le schéma ci-contre.

$$4.5. |\Delta E| = h \cdot \nu, \text{ soit } \nu = \frac{|\Delta E|}{h}$$

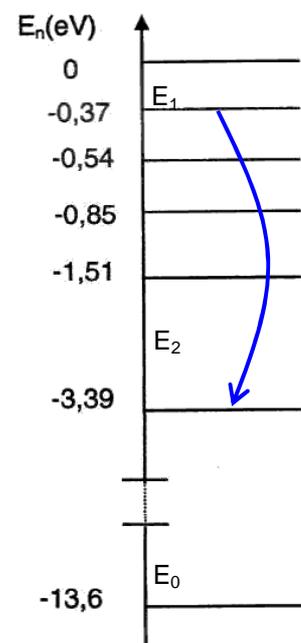
$$\nu = \frac{4,8 \times 10^{-19}}{6,62 \times 10^{-34}} = 7,3 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

4.6. L'atome d'hydrogène passe d'un niveau d'énergie  $E_1$  à un niveau d'énergie  $E_2$  inférieure, il cède de l'énergie en **émettant** un photon. Le photon est **libéré** par l'atome d'hydrogène.

$$4.7. \lambda = \frac{c}{\nu}$$

$$\lambda = \frac{2,997 \times 10^8}{7,3 \times 10^{14}} = 4,1 \times 10^{-7} \text{ m, soit } 410 \text{ nm.}$$

Ceci correspond à la **raie B** du spectre de la figure 1.



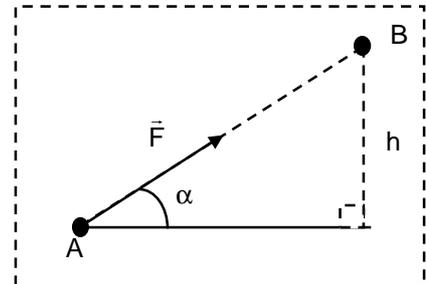
Amérique du Nord 2009

Exercice I : LE HOCKEY SUR GAZON (5 points)  
Correction © <http://labolycee.org>**A – Première phase**

1.1. Deuxième loi de Newton : Dans un référentiel galiléen, la somme des forces extérieures  $\Sigma \vec{F}_{\text{Ext}}$  exercée sur un système de masse  $m$  est égale au produit de la masse  $m$  par le vecteur accélération  $\vec{a}$  :  $\Sigma \vec{F}_{\text{Ext}} = m \cdot \vec{a}$

On étudie le mouvement du système {balle} dans le référentiel terrestre supposé galiléen.

En négligeant les actions liées à l'air et le poids de la balle (énoncé) devant la force  $\vec{F}$  exercée par la crosse, la deuxième loi de Newton appliquée à la balle sur son trajet entre A et B s'écrit :  $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$ .



1.2. La trajectoire de la balle entre A et B, est une droite : le mouvement est **rectiligne**.

La force  $\vec{F}$  est supposée constante (énoncé) donc le vecteur accélération  $\vec{a}$  est aussi constant ( $m = \text{Cte}$ ). Ainsi, sur le trajet entre A et B, la balle est animée d'un **mouvement rectiligne uniformément accéléré**.

2.1. Par définition du vecteur accélération :  $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$ .

Pour  $\Delta t$  suffisamment « petit » :  $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} \approx \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_B - \vec{v}_A}{\Delta t}$ .

Or la balle part du point A sans vitesse initiale (énoncé) donc il vient :  $\vec{a} = \frac{\vec{v}_B}{\Delta t}$

2.2.  $a = \frac{v_B}{\Delta t} = \frac{14}{0,11} = 127,27 = 1,3 \times 10^2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$  valeur non arrondie stockée en mémoire pour la suite

3. De la relation vectorielle  $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$  il vient :  $F = m \cdot a$  donc  $F = 0,160 \times 127,27 = 20 \text{ N}$ .

Le poids  $\vec{P}$  de l'objet a pour valeur :  $P = m \cdot g = 0,160 \times 9,8 = 1,6 \text{ N}$ .

$\frac{F}{P} = \frac{20}{1,6} \approx 13$  donc la valeur de la force  $F$  est environ 13 fois plus grande que celle du poids de la balle. L'hypothèse qui néglige le poids devant la force exercée par la crosse sur la balle n'est pas justifiée, il faudrait  $\frac{F}{P} \geq 100$ .

**B – Deuxième phase****1. Trajectoire de la balle.**

1.1. Le mouvement de la balle est maintenant étudié dans le référentiel terrestre associé au repère (O,x,z).

Coordonnées du vecteur  $\vec{v}_B$   $\begin{cases} v_{Bx} = v_B \cdot \cos \alpha \\ v_{Bz} = v_B \cdot \sin \alpha \end{cases}$

1.2. Coordonnées du vecteur position  $\overline{OB}$   $\begin{cases} x_B = 0 \\ z_B = h \end{cases}$

1.3. Quel que soit le point G de la trajectoire, les coordonnées du vecteur vitesse au point G

sont :  $\vec{v} \begin{cases} v_x = v_B \cdot \cos \alpha \\ v_z = v_B \cdot \sin \alpha - gt \end{cases}$

La composante horizontale du vecteur vitesse,  $v_x = v_B \cdot \cos \alpha$ , est une constante qui ne dépend pas de la position du point G choisi.

Au sommet S de la trajectoire, **le vecteur vitesse de la balle est horizontal**, donc  $v_{Sz} = 0$ .

La norme du vecteur vitesse au point S est alors :  $v_S = \sqrt{v_{Sx}^2 + v_{Sz}^2} = v_{Sx} = v_B \cdot \cos \alpha$

Ainsi :  $v_S = v_B \cdot \cos \alpha = 14 \times \cos(30) = 12 \text{ m.s}^{-1}$ .

1.4. Par définition du vecteur vitesse :  $\vec{v} = \frac{d\overline{OG}}{dt}$  ainsi :  $\vec{v} \begin{cases} v_x = \frac{dx}{dt} = v_B \cdot \cos \alpha \\ v_z = \frac{dz}{dt} = v_B \cdot \sin \alpha - g \cdot t \end{cases}$

Par intégration, et en tenant compte des conditions initiales  $x(0) = x_B = 0$  et  $z(0) = z_B = h$

$$\overline{OG} \begin{cases} x = (v_B \cdot \cos \alpha)t + x_B \\ z = (v_B \cdot \sin \alpha)t - \frac{1}{2}g \cdot t^2 + z_B \end{cases} \quad \text{finalement : } \overline{OG} \begin{cases} x = (v_B \cdot \cos \alpha)t \\ z = h + (v_B \cdot \sin \alpha)t - \frac{1}{2}g \cdot t^2 \end{cases}$$

1.5. Équation de la trajectoire : on isole le temps « t » de la première équation que l'on reporte dans l'expression de z :

$$t = \frac{x}{v_B \cdot \cos \alpha} \quad \text{donc } z(x) = h + (v_B \cdot \sin \alpha) \cdot \frac{x}{v_B \cdot \cos \alpha} - \frac{1}{2}g \left( \frac{x}{v_B \cdot \cos \alpha} \right)^2$$

$$\text{finalement : } \boxed{z(x) = h + \tan \alpha \cdot x - \frac{1}{2}g \left( \frac{x}{v_B \cdot \cos \alpha} \right)^2}$$

équation d'une parabole de la forme  $z(x) = a \cdot x^2 + bx + c$  de concavité tournée vers le bas car  $a < 0$ .

2.1. Pour que le but soit marqué il faut pour  $x = d$ , que  $0 \leq z(d) \leq L$ .

$$2.2. \text{ Pour } x = d = 15 \text{ m}, \quad z(d) = h + \tan \alpha \cdot d - \frac{1}{2}g \left( \frac{d}{v_B \cdot \cos \alpha} \right)^2$$

$$z(d) = 0,40 + \tan(30^\circ) \times 15 - \frac{1}{2} \times 9,8 \times \left( \frac{15}{14 \times \cos 30} \right)^2 = 1,6 \text{ m.}$$

On a donc bien :  $0 \leq z(d) \leq L = 2,14 \text{ m}$ .

### C – Étude énergétique

1. Énergie potentielle de pesanteur :  $E_P(z) = m \cdot g \cdot z$

Énergie mécanique :  $E_M = E_C + E_P = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 + m \cdot g \cdot z$

2. Au point B :  $E_M(B) = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_B^2 + m \cdot g \cdot h = 0,5 \times 0,160 \times (14^2) + 0,160 \times 9,8 \times 0,40 = 16 \text{ J}$ .

3.1. En négligeant les actions de l'air, l'énergie mécanique **est constante** au cours du mouvement de la balle.

3.2. Ainsi :  $E_M(B) = E_M(S) = E_M$

$$E_M = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_S^2 + m \cdot g \cdot z_{\max} \Leftrightarrow E_M - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_S^2 = m \cdot g \cdot z_{\max} \Leftrightarrow \frac{E_M}{m} - \frac{v_S^2}{2} = g \cdot z_{\max}$$

$$\Leftrightarrow \boxed{z_{\max} = \frac{1}{g} \cdot \left( \frac{E_M}{m} - \frac{v_S^2}{2} \right)}$$

$$z_{\max} = \frac{1}{9,8} \left( \frac{16,3}{0,160} - \frac{12^2}{2} \right) = 3,1 \text{ m.} \quad \text{Calcul effectué avec la valeur non arrondie de } E_M \text{ du 2.}$$

## Antilles – Guyane 09/2008 EXERCICE III. ACIDE CARBOXYLIQUE INCONNU (4 points)

Correction © <http://labolycee.org>

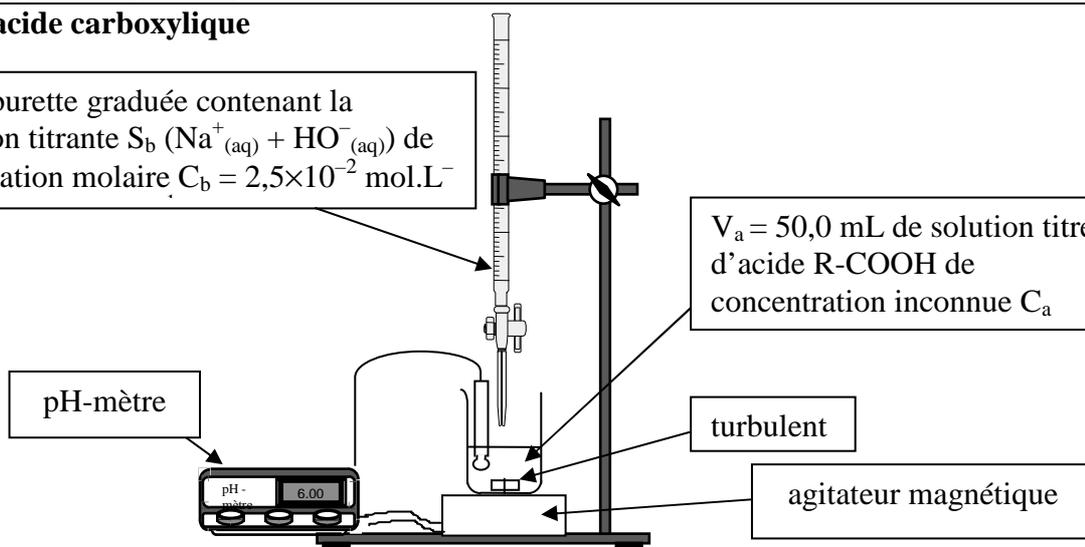
## 1. Titrage de l'acide carboxylique

## 1.1.

burette graduée contenant la solution titrante  $S_b$  ( $\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{HO}^-_{(\text{aq})}$ ) de concentration molaire  $C_b = 2,5 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$

$V_a = 50,0 \text{ mL}$  de solution titrée d'acide  $\text{R-COOH}$  de concentration inconnue  $C_a$

(0,5 pt)



1.2. (0,125 pt) Équation de la réaction support du titrage :  $\text{R-COOH}_{(\text{aq})} + \text{HO}^-_{(\text{aq})} = \text{R-COO}^-_{(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$

## 1.3. (0,5 pt)

équation de la réaction du titrage		$\text{R-COOH}_{(\text{aq})}$	$+$	$\text{HO}^-_{(\text{aq})}$	$=$	$\text{R-COO}^-_{(\text{aq})}$	$+$	$\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$
état du système	avancement en mol	quantités de matière en mol						
initial	$x = 0$	$C_a \cdot V_a$		$C_b \cdot V_b$		0		beaucoup
intermédiaire	$x$	$C_a \cdot V_a - x$		$C_b \cdot V_b - x$		$x$		beaucoup
final	$x_f$	$C_a \cdot V_a - x_f = 0$		$C_b \cdot V_b - x_f = 0$		$x_f$		beaucoup

On considère un état initial fictif où les réactifs auraient été introduits directement dans les proportions stœchiométriques.

1.4. (0,25 pt) À l'équivalence les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques, ils sont alors totalement consommés. Il y a changement de réactif limitant.

1.5. (0,125 construction + 0,125 résultat) On utilise la méthode des tangentes.

## 1.6.

D'après le tableau d'avancement :

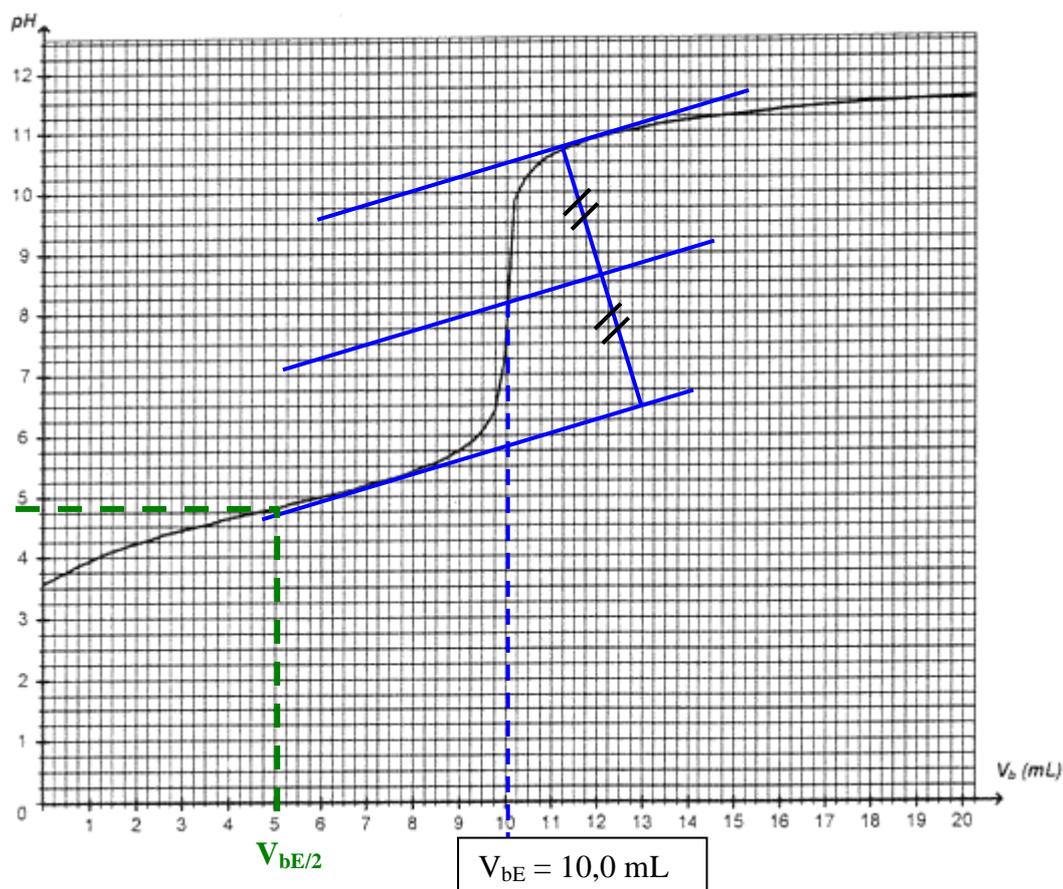
$$C_a \cdot V_a = C_b \cdot V_{bE}$$

$$\text{soit } C_a = \frac{C_b \cdot V_{bE}}{V_a}$$

$$C_a = \frac{2,5 \times 10^{-2} \times 10,0}{50,0}$$

$$C_a = 5,0 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$2.5. \text{ pH} = \text{pK}_A = 4,8$$



## 2. Identification de l'acide carboxylique R-COOH

$$2.1. (0,25 \text{ pt}) K_A = \frac{[R-COO^-]_{\text{éq}} \cdot [H_3O^+]_{\text{éq}}}{[R-COOH]_{\text{éq}}}$$

$$2.2. (0,375 \text{ pt}) -\log K_A = -\log \left( \frac{[R-COO^-]_{\text{éq}} \cdot [H_3O^+]_{\text{éq}}}{[R-COOH]_{\text{éq}}} \right)$$

$$pK_A = -\log \frac{[R-COO^-]_{\text{éq}}}{[R-COOH]_{\text{éq}}} - \log [H_3O^+]_{\text{éq}}$$

$$\log a.b = \log a + \log b$$

$$pK_A = -\log \frac{[R-COO^-]_{\text{éq}}}{[R-COOH]_{\text{éq}}} + \text{pH}$$

$$\text{pH} = pK_A + \log \frac{[R-COO^-]_{\text{éq}}}{[R-COOH]_{\text{éq}}}$$

2.3.1. (0,125 pt) Pour  $V_b = \frac{V_{\text{bE}}}{2}$  (demi-équivalence), il reste de l'acide R-COOH non consommé, les ions hydroxyde versés sont totalement consommés. **HO<sup>-</sup> est le réactif limitant.**

$$2.3.2. (0,125 \text{ pt}) C_b \cdot \frac{V_{\text{bE}}}{2} - x_f = 0 \text{ donc } x_f = C_b \cdot \frac{V_{\text{bE}}}{2}$$

$$2.3.3. [R-COO^-]_{\text{éq}} = \frac{x_f}{V_a + \frac{V_{\text{bE}}}{2}} = \frac{C_b \cdot \frac{V_{\text{bE}}}{2}}{V_a + \frac{V_{\text{bE}}}{2}} \quad (0,125 \text{ pt})$$

$$[R-COOH]_{\text{éq}} = \frac{C_a \cdot V_a - x_f}{V_a + \frac{V_{\text{bE}}}{2}}, \text{ comme } C_a \cdot V_a = C_b \cdot V_{\text{bE}} \text{ et } x_f = C_b \cdot \frac{V_{\text{bE}}}{2},$$

$$\text{alors } [R-COOH]_{\text{éq}} = \frac{C_b \cdot V_{\text{bE}} - C_b \cdot \frac{V_{\text{bE}}}{2}}{V_a + \frac{V_{\text{bE}}}{2}} = \frac{C_b \cdot \frac{V_{\text{bE}}}{2}}{V_a + \frac{V_{\text{bE}}}{2}}, \quad (0,25 \text{ pt})$$

on vérifie bien que  $[R-COO^-]_{\text{éq}} = [R-COOH]_{\text{éq}}$  (0,125 pt)

$$2.4. (0,25 \text{ pt}) \text{ pH} = pK_A + \log \frac{[R-COO^-]_{\text{éq}}}{[R-COOH]_{\text{éq}}}$$

$$\text{pH} = pK_A + \log 1$$

$$\text{pH} = pK_A \quad \text{pour } V_b = \frac{V_{\text{bE}}}{2}$$

2.5. (0,25 pt) Graphiquement (voir page précédente) pour  $V_b = \frac{V_{\text{bE}}}{2} = 5,0 \text{ mL}$ , on lit  $\text{pH} = 4,8$ .

Donc **pK<sub>A</sub> = 4,8**.

Parmi les acides proposés, l'acide éthanoïque **H<sub>3</sub>C-COOH** est celui qui correspond à l'acide inconnu puisqu'il possède un tel pK<sub>A</sub>.

**Amérique du nord 2007 Exercice 3 : Détermination de la concentration en dioxyde de soufre de l'air dans une grande agglomération (4 points) CORRECTION <http://labolycee.org> ©**

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

**1.1** La molécule de dioxyde de soufre passe d'un état stable de plus basse énergie  $E_0$  à un état d'énergie  $E_1$  appelé **état excité** pour lequel  $E_1 > E_0$ .

**1.2** L'état fondamental correspond à l'état de plus basse énergie. (on place  $E_0$  « en bas »).  
La molécule de  $\text{SO}_2$  étant dans l'état d'énergie  $E_1$  se désexcite et passe à l'état d'énergie  $E_2$ . Cela signifie que la molécule perd de l'énergie lorsqu'elle passe de l'état  $E_1$  à l'état  $E_2$ . Donc  $E_1 > E_2$ .

On a donc l'ordre suivant pour les niveaux d'énergie :

$$E_0 < E_2 < E_1$$

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

**2.1** Cette transition correspond à **une absorption d'énergie** car  $E_1 > E_0$ .

**2.2** Voir diagramme ci-dessus.

**2.3** L'énergie correspondant à la transition est :  $\Delta E_1 = E_1 - E_0 = h \cdot \nu_1 = h \cdot \frac{c}{\lambda_1}$

$$\text{Application numérique : } \Delta E_1 = 6,63 \times 10^{-34} \times \frac{3,00 \times 10^8}{214 \times 10^{-9}} = 9,29 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$\text{Or } 1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J} \quad \text{donc} \quad \Delta E_1 = 6,63 \times 10^{-34} \times \frac{3,00 \times 10^8}{214 \times 10^{-9} \times 1,60 \times 10^{-19}} = 5,81 \text{ eV}$$

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

**3.1** Voir diagramme ci-dessus.

$$\text{3.2 On a } \Delta E_2 = h \cdot \frac{c}{\lambda_2} \Leftrightarrow \lambda_2 = h \cdot \frac{c}{\Delta E_2}$$

$$\text{En convertissant } \Delta E_2 \text{ en joules, il vient : } \lambda_2 = 6,63 \times 10^{-34} \times \frac{3,00 \times 10^8}{3,65 \times 1,60 \times 10^{-19}} = 3,41 \times 10^{-7} \text{ m} = 341 \text{ nm}$$

Cette radiation est bien dans le domaine de l'ultraviolet car  $\lambda_2 < 400 \text{ nm}$ .

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

**4.1.** La tension de sortie est proportionnelle à la concentration en dioxyde de soufre :

$$U_0 = k \cdot [\text{SO}_2]_0 \quad \text{et} \quad U_1 = k \cdot [\text{SO}_2]_1 \quad \text{avec } k \text{ coefficient de proportionnalité.}$$

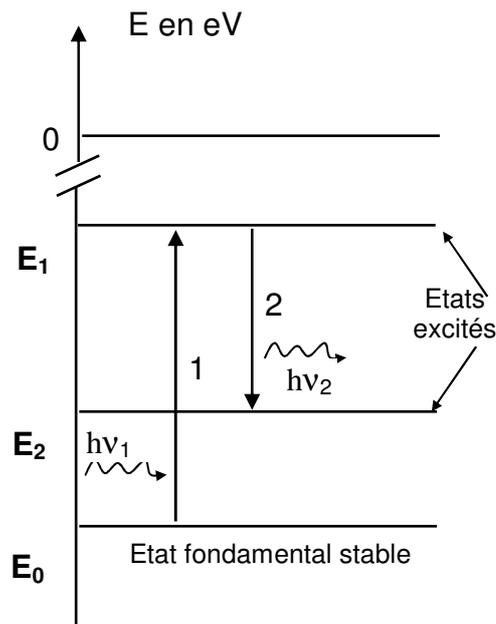
$$\text{On a } \frac{U_1}{U_0} = \frac{[\text{SO}_2]_1}{[\text{SO}_2]_0} \quad \text{soit} \quad [\text{SO}_2]_1 = \frac{U_1}{U_0} \cdot [\text{SO}_2]_0$$

$$[\text{SO}_2]_1 = \frac{0,15}{0,50} \times 100 = 30 \text{ ppbv}$$

**4.2.** 1 ppbv (partie par milliard en volume) =  $2,66 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$  pour le dioxyde de soufre

$$\text{Donc : } [\text{SO}_2]_1 = 30 \text{ ppbv} = 30 \times 2,66 = 80 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$$

Comme  $[\text{SO}_2]_1 > 50 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$  l'air de la grande agglomération n'est pas respirable sans danger.



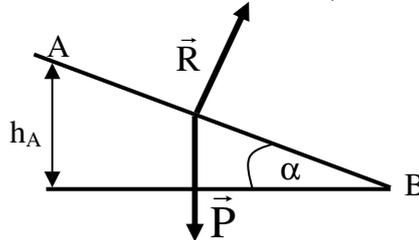
**Antilles – Guyane 2007 EXERCICE III. JEU DU BOULET (4 points)**  
**Correction © <http://labolycee.org>**

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

1.1. On étudie le système **boulet** dans un référentiel **terrestre**, supposé **galiléen**.

Le boulet est soumis : à son **pooids**  $\vec{P}$  (de direction verticale, sens vers le bas, de valeur  $P = m.g$ )

à la **réaction**  $\vec{R}$  du plan incliné (de direction perpendiculaire au plan car les frottements sont négligés, sens vers le haut, de valeur  $R$ ).



1.2.1.  $E_{pp}(A) = m.g.h_A$  et  $h_A = D.\sin\alpha$  d'après la figure fournie

$$E_{pp}(A) = m.g.D.\sin\alpha$$

$$E_{pp}(A) = 0,010 \times 9,8 \times 0,50 \times \sin 30 = 2,5 \times 10^{-2} \text{ J.}$$

1.2.2.  $E_m(A) = E_{pp}(A) + E_C(A)$  et la vitesse au point A est nulle donc  $E_C(A) = 0 \text{ J}$

$$E_m(A) = E_{pp}(A) \quad E_m(A) = 2,5 \times 10^{-2} \text{ J.}$$

1.2.3. Les frottements étant négligés au cours du mouvement l'énergie mécanique se conserve.

$$E_m(B) = E_m(A) \quad E_m(B) = 2,5 \times 10^{-2} \text{ J.}$$

1.3.  $E_m(B) = E_m(A)$

$$\frac{1}{2} m.v_B^2 + m.g.z_B = \frac{1}{2} m.v_A^2 + m.g.z_A$$

avec  $z_B = 0 \text{ m}$ ,  $v_A = 0 \text{ m.s}^{-1}$  et  $z_A = h_A$

$$\text{on obtient } \frac{1}{2} m.v_B^2 = m.g.h_A = m.g.D.\sin\alpha$$

$$\text{soit } \frac{1}{2} .v_B^2 = g.D.\sin\alpha$$

$$v_B^2 = 2g.D.\sin\alpha$$

$$\text{D'où } v_B = \sqrt{2g.D.\sin\alpha}$$

**2. ÉTUDE DE LA CHUTE DU BOULET APRES 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. L'action de l'air est négligée.

2.1.1. Deuxième loi de Newton: Dans un référentiel galiléen, la somme vectorielle des forces extérieures appliquées à un système est égale au produit de la masse du système par son accélération :  $\sum \vec{F}_{ext.} = m.\vec{a}$

2.1.2. L'action de l'air étant négligée (ainsi que la poussée d'Archimède) seul le poids est appliqué au boulet

$$\sum \vec{F}_{ext.} = \vec{P} = m.\vec{g} \quad \text{donc } m.\vec{g} = m.\vec{a} \quad \Leftrightarrow \quad \vec{a} = \vec{g}$$

2.1.3. Compte tenu du repère Cxz choisi on a :  $\vec{a} \begin{cases} a_x = g_x = 0 \\ a_z = g_z = -g \end{cases}$

2.2.1. À chaque instant :  $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$  donc  $a_x = \frac{dv_x(t)}{dt}$  et  $a_z = \frac{dv_z(t)}{dt}$  donc en intégrant :

$$\vec{v} \begin{cases} v_x(t) = Cte_1 \\ v_z(t) = -g.t + Cte_2 \end{cases}$$

Coordonnées du vecteur vitesse initiale  $\vec{v}(0) = \vec{v}_C$  :  $\vec{v}_C \begin{cases} v_{Cx} = v_C = v_B \\ v_{Cz} = 0 \end{cases}$  alors  $\begin{cases} Cte_1 = v_B \\ Cte_2 = 0 \end{cases}$

Finalement  $\vec{v} \begin{cases} v_x(t) = v_B \\ v_z(t) = -g.t \end{cases}$

2.2.2 On donne:  $\overline{CG} \begin{cases} x = (\sqrt{2g.D.\sin\alpha}).t \\ z = -\frac{1}{2}g.t^2 \end{cases}$

on isole t de l'expression de x :  $t = \frac{x}{\sqrt{2.g.D.\sin\alpha}}$

on reporte dans z :  $z(x) = -\frac{1}{2}.g.\frac{x^2}{2.g.D.\sin\alpha}$

$z(x) = -\frac{x^2}{4.D.\sin\alpha}$  équation de la trajectoire.

2.3.1. Lorsque le boulet atteint le sol :  $z = -h_c$  donc de l'expression  $z = -\frac{1}{2}.g.t^2$  il vient  $h_c = \frac{1}{2}.g.t^2$

alors  $t = \sqrt{\frac{2.h_c}{g}}$

$t = \sqrt{\frac{2 \times 0,40}{9,8}} = 0,29 \text{ s}$

2.3.2. Quand le boulet touche le sol :  $x = X_f$  et  $z = -h_c$ .

Utilisons l'équation de la trajectoire  $z(x) = -\frac{x^2}{4.D.\sin\alpha}$  pour obtenir  $X_f$ .

$$h_c = \frac{X_f^2}{4.D.\sin\alpha}$$

$$X_f^2 = 4.D.h_c.\sin\alpha$$

$$X_f = 2.\sqrt{D.h_c.\sin\alpha} \quad (\text{on ne retient pas la solution } X_f = -2.\sqrt{D.h_c.\sin\alpha})$$

$$X_f = 2 \times \sqrt{0,50 \times 0,40 \times \sin 30} = 0,63 \text{ m}$$

$X_f$  n'est pas compris entre  $X_1 = 0,55 \text{ m}$  et  $X_2 = 0,60 \text{ m}$  donc le boulet n'atteint pas la cible.

2.4. On repart de l'expression  $h_c = \frac{X_f^2}{4.D.\sin\alpha}$  et on isole D.

$$D = \frac{X_f^2}{4.h_c.\sin\alpha}$$

$$D = \frac{0,57^2}{4 \times 0,40 \times \sin 30} = 0,41 \text{ m}$$

La valeur de D obtenue est inférieure à la valeur initiale 0,50 m ce qui est cohérent pour que le boulet atteigne la cible.

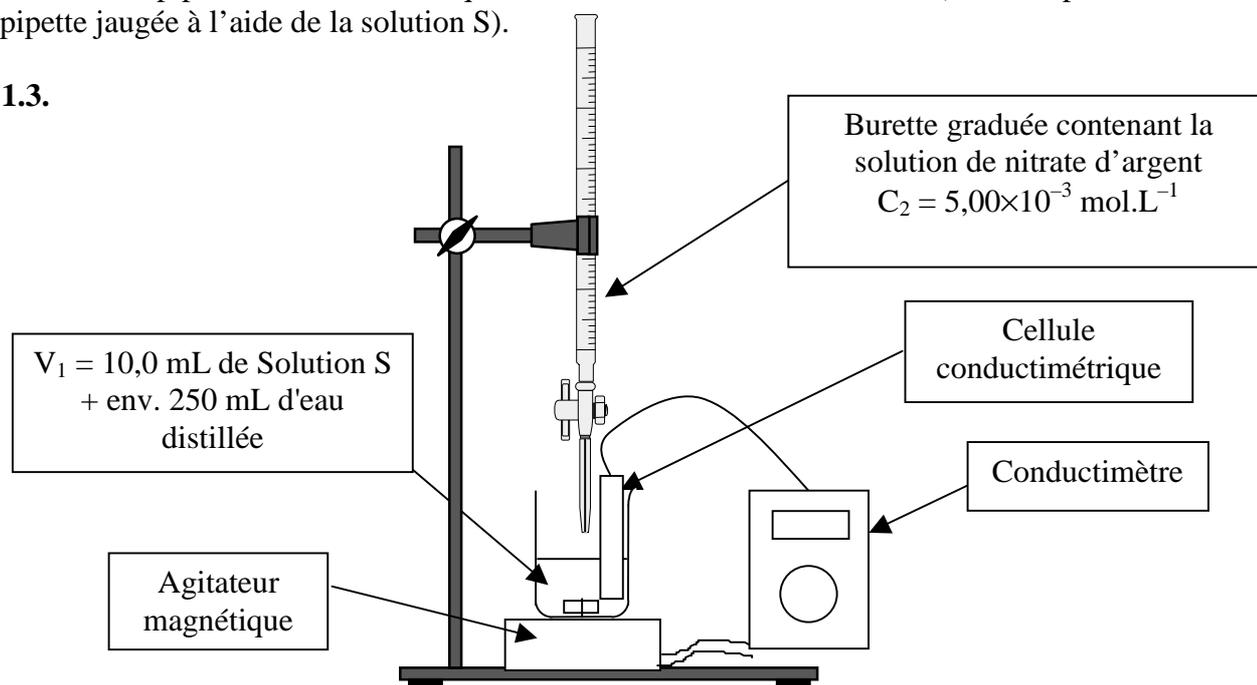
Antilles 2006

Exercice n°2 : ANALYSE D'UN LAIT (6,5 points)

Correction <http://labolycee.free.fr> ©**1. DOSAGE PAR CONDUCTIMETRIE.****1.1.** Pour fabriquer la solution s on a effectué une dilution :Solution mère  $S_0$ :  $C_0$ ;  $V_0 = 20,0$  mLSolution fille S:  $C_S$ ;  $V_S = 100,0$  mLAu cours de la dilution la quantité de matière de soluté se conserve, donc  $C_0 \cdot V_0 = C_S \cdot V_S$ 

$$\frac{C_0}{C_S} = \frac{V_S}{V_0}$$

$$\frac{C_0}{C_S} = \frac{100,0}{20,0} = 5,00$$

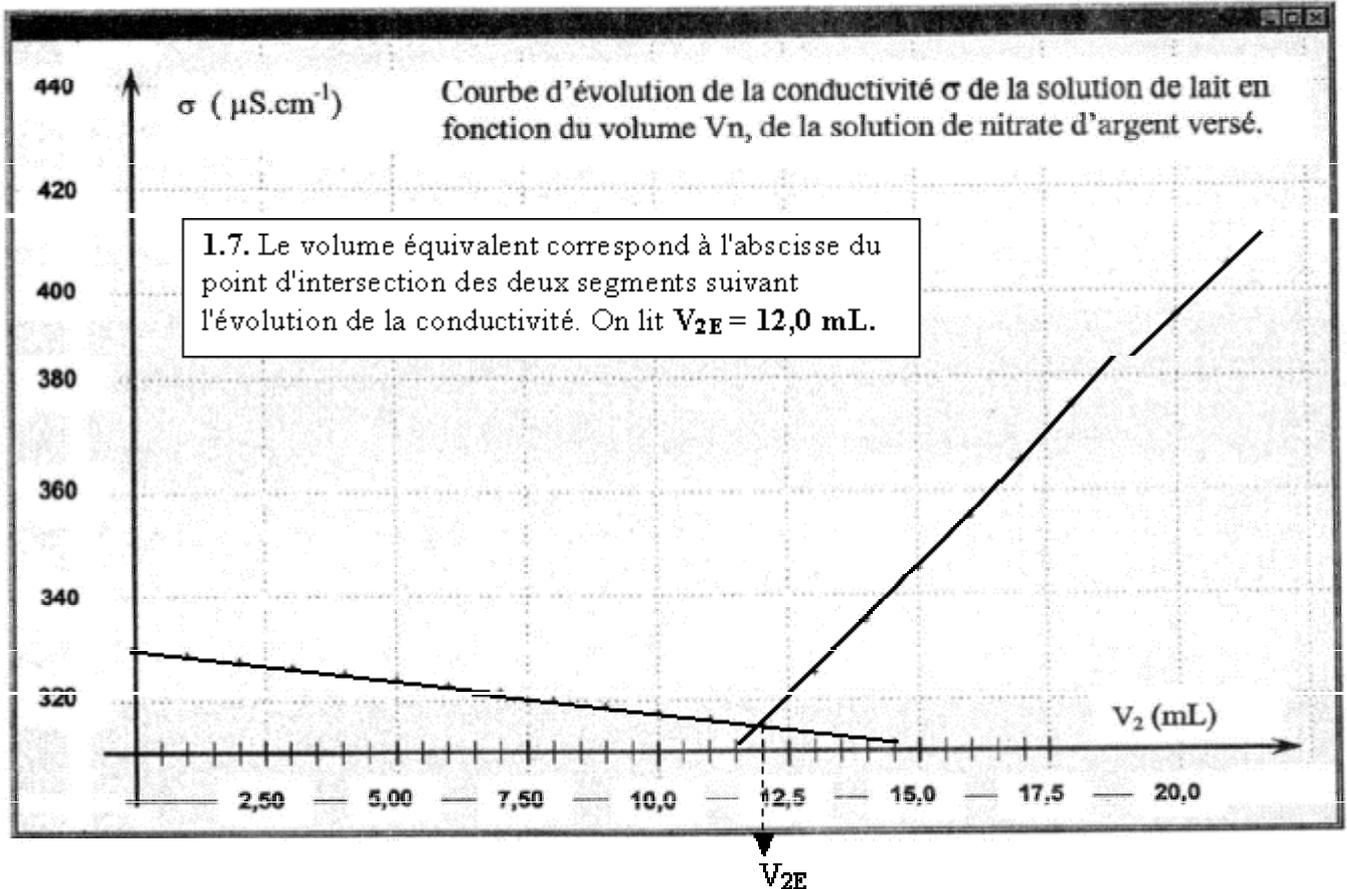
La solution fille S est cinq fois moins concentrée que la solution mère  $S_0$ **1.2.** On verse de la solution S dans un bécher, puis on prélève à l'aide d'une **pipette jaugée de 10,0 mL** munie d'un pipeteur de la solution que l'on verse dans un autre bécher. (On doit, préalablement, rincer la pipette jaugée à l'aide de la solution S).**1.3.****1.4.** La conductivité initiale est due aux ions présents dans la solution S, c'est-à-dire les **ions chlorure** et des cations qui eux ne réagiront pas lors du titrage.**1.5. Première partie, diminution de la conductivité du milieu réactionnel :**

On ajoute des ions  $\text{Ag}^+$  et  $\text{NO}_3^-$  dans le milieu. Les cations argent réagissent avec les anions chlorure. Ils forment un solide qui ne participe pas à la conductivité de la solution. La concentration en ions  $\text{Cl}^-$  diminue au fur et à mesure. La concentration en anions nitrate augmente au fur et à mesure. Tout se passe comme si les anions  $\text{Cl}^-$  étaient remplacés par des anions  $\text{NO}_3^-$ .

Comme  $\lambda(\text{NO}_3^-_{(\text{aq})})$  est légèrement inférieure à  $\lambda(\text{Cl}^-_{(\text{aq})})$ , la conductivité diminue mais faiblement.**Deuxième partie, augmentation de la conductivité :**

Quand tous les ions chlorure sont consommés, les ions  $\text{Ag}^+$  et  $\text{NO}_3^-_{(\text{aq})}$  ne réagissant plus, ils s'accumulent en solution. Leur concentration augmente, la conductivité va augmenter.

**1.6.** La conductivité passe par un minimum, ce qui correspond à l'**équivalence** : tous les ions chlorure ont été consommés.



1.8. A l'équivalence, tous les ions chlorure initialement présents ont été consommés par les ions argent, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques,

$$\text{soit : } n(\text{Ag}^+_{(\text{aq})})_{\text{versé}} = n(\text{Cl}^-_{(\text{aq})})_{\text{initial}}$$

$$1.9. C_2 \cdot V_{2E} = n(\text{Cl}^-_{(\text{aq})})_{\text{initial}}$$

ATTENTION, cette quantité de matière est celle présente dans le volume  $V_1$  de solution S utilisée, donc  $n(\text{Cl}^-_{(\text{aq})})_{\text{initial}} = C_S \cdot V_1$ .

$$\text{Ainsi } C_2 \cdot V_{2E} = C_S \cdot V_1 \text{ donc } C_S = \frac{C_2 \cdot V_{2E}}{V_1}.$$

$$C_S = \frac{5,00 \times 10^{-3} \times 12,0}{10,0} = 6,00 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1} \text{ concentration molaire en Cl}^- \text{ de la solution S initialement}$$

Et d'après la question 1.1. on a  $\frac{C_0}{C_S} = \frac{V_S}{V_0}$  soit  $C_0 = \frac{C_S \cdot V_S}{V_0}$  en remplaçant  $C_S$  par l'expression précédente,

$$\text{il vient } C_0 = \frac{C_2 \cdot V_{2E}}{V_1} \cdot \frac{V_S}{V_0}$$

$$C_0 = \frac{5,00 \times 10^{-3} \times 12,0}{10,0} \times \frac{100,0}{20,0} = 3,00 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1} \text{ concentration molaire en Cl}^- \text{ dans le lait}$$

1.10. Calculons la concentration massique  $t$  en ions chlorure du lait :

$$t = C_0 \cdot M(\text{Cl}^-)$$

$$t = 1,07 \text{ g.L}^{-1}$$

La masse obtenue est bien comprise entre 1,0 g et 2,0 g par litre de lait.

**2. Dosage de l'acide lactique**

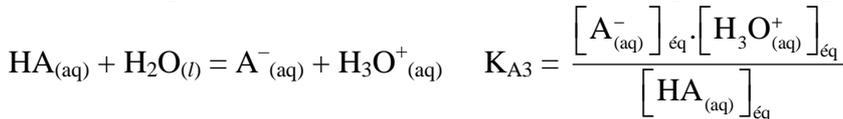
2.1.  $\text{HA}_{(\text{aq})} + \text{HO}^-_{(\text{aq})} = \text{A}^-_{(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$  Cette réaction doit être **rapide et totale**.

$$2.2. K = \frac{[\text{A}^-_{(\text{aq})}]_{\text{éq}}}{[\text{HA}_{(\text{aq})}]_{\text{éq}} \cdot [\text{HO}^-_{(\text{aq})}]_{\text{éq}}}$$

Écrivons l'équation de la réaction d'autoprotolyse de l'eau qui correspond au couple  $\text{H}_2\text{O}/\text{HO}^-_{(\text{aq})}$



Écrivons l'équation de la réaction entre l'acide lactique et l'eau qui correspond au couple  $\text{HA}_{(\text{aq})}/\text{A}^-_{(\text{aq})}$



Reprenons l'expression de K en la multipliant par  $\frac{[\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}]_{\text{éq}}}{[\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}]_{\text{éq}}}$

$$K = \frac{[\text{A}^-_{(\text{aq})}]_{\text{éq}} \cdot [\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}]_{\text{éq}}}{[\text{HA}_{(\text{aq})}]_{\text{éq}} \cdot [\text{HO}^-_{(\text{aq})}]_{\text{éq}} \cdot [\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}]_{\text{éq}}}$$

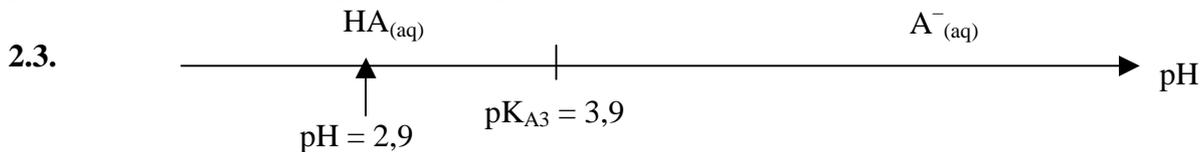
$\swarrow$   $K_{A3}$ 
 $\swarrow$   $K_{A1}$

$$K = \frac{K_{A3}}{K_{A1}} = \frac{10^{-pK_{A3}}}{10^{-pK_{A1}}} = 10^{pK_{A1} - pK_{A3}}$$

$$K = 10^{14 - 3,9} = 10^{10,1} = 1,3 \times 10^{10}$$

Dans l'état d'équilibre  $[\text{HA}_{(\text{aq})}]$  est très très faible. Comme cette concentration est au dénominateur, K est très élevée. Donc la réaction est bien **totale** :  $\text{HA}_{(\text{aq})}$  est quasiment totalement consommé.

*Remarque: pour que K soit élevée, il existe mathématiquement la possibilité que  $[\text{A}^-_{(\text{aq})}]_{\text{éq}}$  soit très grande, mais c'est "chimiquement" impossible.*



Au début du dosage, le pH est de 2,9; l'espèce prédominante est alors  $\text{HA}_{(\text{aq})}$ .

2.4. On a  $\text{pH} = \text{pK}_{A3} + \log \frac{[\text{A}^-_{(\text{aq})}]_{\text{éq}}}{[\text{HA}_{(\text{aq})}]_{\text{éq}}}$

Si les espèces  $\text{HA}_{(\text{aq})}$  et  $\text{A}^-_{(\text{aq})}$  sont présentes en quantités égales alors  $\frac{[\text{A}^-_{(\text{aq})}]_{\text{éq}}}{[\text{HA}_{(\text{aq})}]_{\text{éq}}} = 1$  donc  **$\text{pH} = \text{pK}_{A3}$**

D'après le tableau pour un  $\text{pH} = 3,9$ , on a  **$V_B = 6,0 \text{ mL}$** .

2.5. A l'équivalence les réactifs sont introduits dans les proportions stoechiométriques, on a versé autant d'ions  $\text{HO}^-$  qu'il y avait initialement de molécules de HA.

$$n_{\text{HA}} = n_{\text{HO}^-}$$

$$n_{\text{HA}} = C_B \cdot V_{BE}$$

$$n_{\text{HA}} = 5,00 \times 10^{-2} \times 12,0 \times 10^{-3} = 6,00 \times 10^{-4} \text{ mol d'acide lactique dans un volume } V_A = 20,0 \text{ mL de lait.}$$

2.6. Calculons la concentration massique en acide lactique du lait :  $t_{\text{HA}} = \frac{m_{\text{HA}}}{V_A} = \frac{n_{\text{HA}} \cdot M(\text{HA})}{V_A}$

$$t_{\text{HA}} = \frac{6,00 \times 10^{-4} \times 90}{20,0 \times 10^{-3}} = 2,7 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} > 1,8 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} \text{ donc le lait n'est pas frais.}$$

## 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.

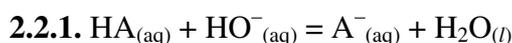
Solution mère :  $c_0$  ;  $V_0$                       Solution fille :  $c = c_0 / 10$  ;  $V$

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  $V_{BE} = 10$  mL

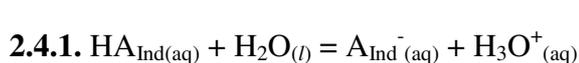
**2.3.2.** A l'équivalence la quantité de soude versée est égale à la quantité d'acide présente, soit :

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

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

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

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  $V_B = 9,8$  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  $V_B = 10,1$  mL  $\frac{[\text{A}_{\text{Ind}^{-}(\text{aq})}^{\text{ég}}]}{[\text{HA}_{\text{Ind}(\text{aq})}^{\text{ég}}]} = 10^{10,5-7,5} = 10^{3,0}$   $\text{A}^{-}$  prédomine

**Betterave rouge :**

Pour  $V_B = 9,8$  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

$V_B = 10,1$  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	
	$V_B = 9,8$ mL	$V_B = 10,1$ mL	$V_B = 9,8$ mL	$V_B = 10,1$ 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 ?****Correction(5 POINTS)**<http://labolycee.org> ©**1. Objectif : record du monde...**

$$1.1.(0,5) V_x(t_i) = \frac{x_{i+1} - x_{i-1}}{t_{i+1} - t_{i-1}}$$

$$V_x(t_2) = \frac{x_3 - x_1}{t_3 - t_1} = \frac{1,44 - 0,48}{0,120 - 0,040} = 12 \text{ m.s}^{-1}$$

$$V_z(t_i) = \frac{z_{i+1} - z_{i-1}}{t_{i+1} - t_{i-1}}$$

$$V_z(t_2) = \frac{z_3 - z_1}{t_3 - t_1} = \frac{1,56 - 1,70}{0,120 - 0,040} = -1,75 \text{ m.s}^{-1}$$

1.2.(0,25) La courbe représentative de  $V_x(t)$  est une droite horizontale, on lit sur le graphique  $V_{0x} = 12 \text{ m.s}^{-1}$

1.3.(0,25) La courbe représentative de  $V_z(t)$  est une droite dont l'ordonnée à l'origine nous indique

$$V_{0z} = -1 \text{ m.s}^{-1}$$

$$1.4.(0,25) V_0 = \sqrt{V_{0x}^2 + V_{0z}^2}$$

$$V_0 = \sqrt{12^2 + (-1)^2} = 12 \text{ m.s}^{-1}$$

**1.5. Étude énergétique**

1.5.1.(0,5) Système: pierre

Référentiel: la rive référentiel terrestre considéré galiléen

$$E = E_c + E_{pp}$$

$$\Delta E = \Delta E_c + \Delta E_{pp}$$

L'altitude de la pierre est considérée comme constante au cours de ce premier rebond.

Son énergie potentielle de pesanteur ne varie pas.  $\Delta E_{pp} = 0$

$$\Delta E = \Delta E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v''^2 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v'^2$$

$$\Delta E = 0,5 \times 0,10 \times 11^2 - 0,5 \times 0,10 \times 13^2$$

$$\Delta E = -2,4 \text{ J}$$

La pierre a perdu de l'énergie mécanique au cours de ce rebond.

1.5.2.  $E(A) = E_c(A) + E_{pp}(A)$

$$(0,25) E(A) = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_0^2 + m \cdot g \cdot z_0$$

$$E(A) = 0,5 \times 0,10 \times 12^2 + 0,10 \times 10 \times 1,75$$

$$(0,25) E(A) = 8,95 \text{ J} = 9,0 \text{ J} \quad \text{énergie mécanique initiale}$$

1.5.3.(0,25)  $E(A) = 8,95 \text{ J}$  et  $|\Delta E| = 2,4 \text{ J}$

après le 1<sup>er</sup> rebond:

$$E(1) = E(A) - |\Delta E| = 9,0 - 2,4 = 6,6 \text{ J}$$

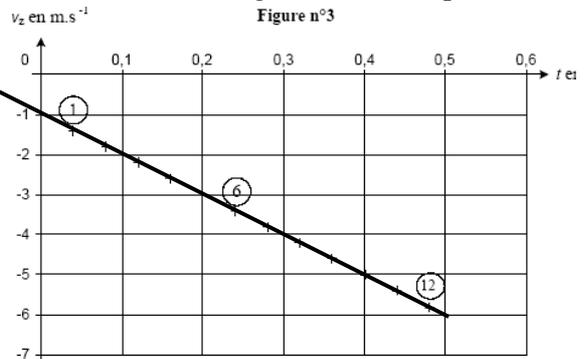
après le 2<sup>ème</sup> rebond:

$$E(2) = E(1) - |\Delta E| = 6,6 - 2,4 = 4,2 \text{ J}$$

après le 3<sup>ème</sup> rebond:

$$E(3) = E(2) - |\Delta E| = 4,2 - 2,4 = 1,8 \text{ J} \quad E(3) < |\Delta E|$$

La pierre n'a alors plus assez d'énergie pour continuer à rebondir. Elle effectue donc **3 rebonds**.



**2. Du lancer au premier rebond**

2.1.(0,25) La pierre subit: son poids  $\vec{P}$ , la force de frottement de l'air  $\vec{F}$ , la poussée d'Archimède  $\vec{\Pi}$ .

$$2.2.1.(0,25) a_x = \frac{dV_x}{dt} \quad V_x(t) = 12 \text{ m.s}^{-1} \quad \text{donc } a_x = 0 \text{ m.s}^{-2}$$

$$a_z = \frac{dV_z}{dt} \text{ égale au coefficient directeur de la droite qui modélise } v_z(t)$$

Pour déterminer le coefficient directeur de cette droite, on prend deux points A(t = 0 s ;  $V_z = -1,0 \text{ m.s}^{-1}$ ) et B (t = 0,40 s ;  $V_z = -5,0 \text{ m.s}^{-1}$ )

$$(0,25) a_z = \frac{-5,0 - (-1,0)}{0,40 - 0} = -10 \text{ m.s}^{-2}$$

$$2.2.2.(0,25) \vec{g} \text{ ( } g_x = 0 \text{ m.s}^{-2} ; g_z = -g = -10 \text{ m.s}^{-2} \text{)} \quad \text{et } \vec{a} \text{ ( } a_x = 0 \text{ m.s}^{-2} ; a_z = -10 \text{ m.s}^{-2} \text{)}$$

On vérifie que  $\vec{a} = \vec{g}$ .

2.2.3.(0,5) La deuxième loi de Newton appliquée au système pierre dans le référentiel "rive" nous indique que  $\vec{P} + \vec{F} + \vec{\Pi} = m \cdot \vec{a}$

$\vec{P} = m \cdot \vec{g}$  Donc pour retrouver  $\vec{a} = \vec{g}$ , il faut que  $\vec{F}$  et  $\vec{\Pi}$  soient négligeables face au poids.

2.3.(0,5) L'énergie mécanique de la pierre est constante donc entre A et I on a  $\Delta E_C + \Delta E_P = 0$

$$E_{CI} - E_{CA} + E_{PI} - E_{PA} = 0$$

$$E_{CI} = E_{CA} - E_{PI} + E_{PA}$$

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v_I^2 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_0^2 - m \cdot g \cdot z_I + m \cdot g \cdot z_0$$

$$\frac{1}{2} v_I^2 = \frac{1}{2} \cdot v_0^2 - g \cdot z_I + g \cdot z_0$$

$$v_I^2 = v_0^2 + 2g(z_0 - z_I)$$

$$v_I = \sqrt{v_0^2 + 2g(z_0 - z_I)}$$

$$v_I = \sqrt{12^2 + 2 \times 10 \times (1,75 - 0)}$$

$$v_I = 13 \text{ m.s}^{-1} \text{ on trouve une valeur voisine de } v'$$

**3. Les ronds dans l'eau**

3.1.(0,25) Il s'agit d'une onde **transversale**, la direction de propagation de l'onde est horizontale tandis que la direction de la perturbation créée par la pierre est verticale.

3.2.(0,25) L'onde parcourt 0,24 m pendant une durée de  $20\Delta t$

$$\text{sa célérité vaut } v = \frac{0,24}{20 \times 40 \cdot 10^{-3}} = 0,30 \text{ m.s}^{-1}$$

Nouvelle Calédonie Mars 2004 session de rattrapage bac 2003 Correction © <http://labolycee.org>  
 Exercice I. Constante d'acidité de l'acide benzoïque (4 points)

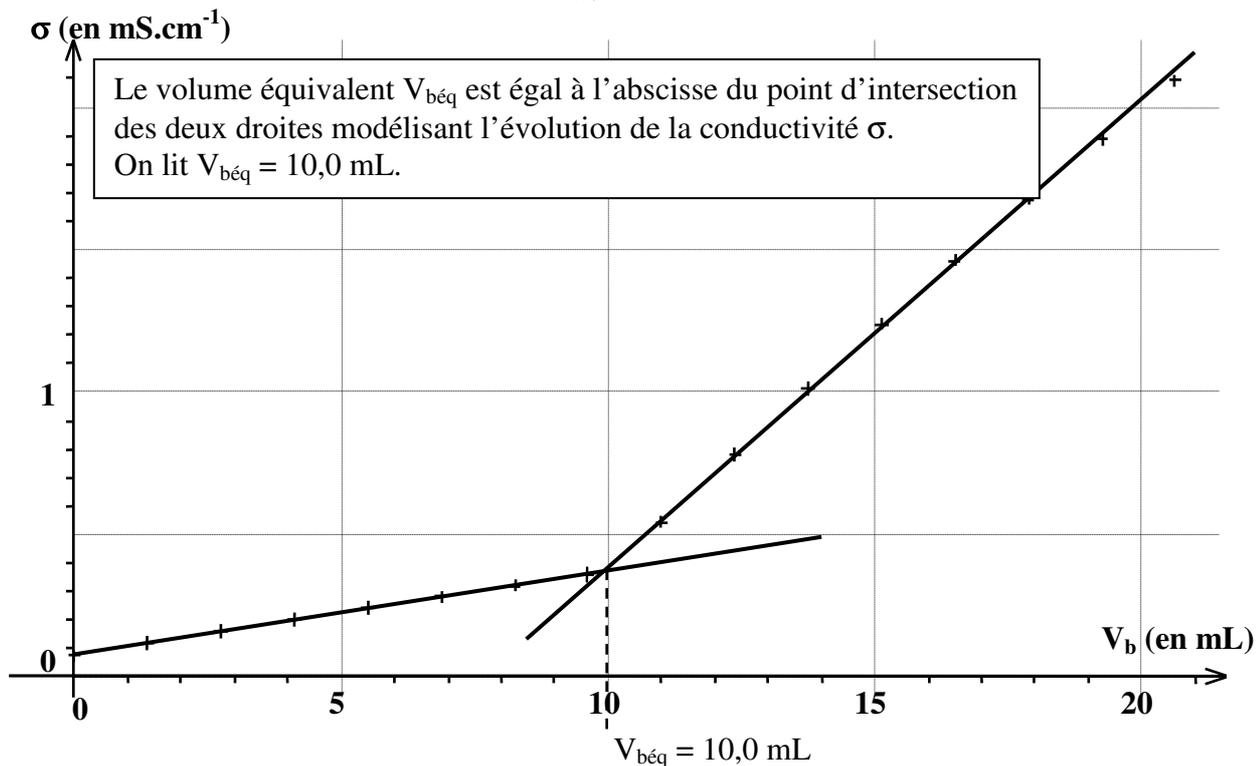
**1. Détermination préalable de la concentration molaire apportée de la solution  $S_0$  d'acide benzoïque par titrage.**

**1.1.** Équation de la réaction support du titrage :  $C_6H_5CO_2H_{(aq)} + HO^-_{(aq)} = C_6H_5CO_2^-_{(aq)} + H_2O_{(l)}$

**1.2.** Pour  $V_b < V_{b\acute{e}q}$ , l'apparition dans la solution des anions benzoate  $C_6H_5CO_2^-_{(aq)}$  est responsable de l'augmentation de la conductivité  $\sigma$ . Les anions hydroxyde versés sont immédiatement consommés.

À l'équivalence, il y a changement de réactif limitant. L'acide benzoïque est alors totalement consommé.

Au delà de l'équivalence, les anions hydroxyde versés ne sont plus consommés, alors la conductivité  $\sigma$  croît plus rapidement en fonction de  $V_b$  (car  $\lambda_{HO^-} > \lambda_{benzoate}$ ).



À l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques,

soit  $n_{C_6H_5CO_2H \text{ initiale}} = n_{HO^- \text{ versée}}$

$$c_0 \cdot V = c_b \cdot V_{b\acute{e}q}$$

$$c_0 = \frac{c_b \cdot V_{b\acute{e}q}}{V}$$

$$c_0 = \frac{1,0 \times 10^{-1} \times 10,0}{100,0} = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1} \text{ concentration molaire de la solution } S_0 \text{ en acide benzoïque}$$

apporté

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

Le tableau de valeurs permet de vérifier la valeur de  $c_0$ .

**2.1.**  $C_6H_5CO_2H_{(aq)} + H_2O_{(l)} = C_6H_5CO_2^-_{(aq)} + H_3O^+$

2.2. Équation chimique		$C_6H_5CO_2H$	+	$H_2O$	=	$C_6H_5CO_2^-$	+	$H_3O^+$
État du système	Avancement (en mol)	Quantités de matière (en mol)						
État initial	0	$n_0 = c \cdot V$		excès		0		0
État intermédiaire	$x$	$n = c \cdot V - x$		excès		$x$		$x$
État final ou équilibre	$x_f = x_{\acute{e}q}$	$n_f = c \cdot V - x_{\acute{e}q}$		excès		$x_{\acute{e}q}$		$x_{\acute{e}q}$

$$2.3. Q_r = \frac{[C_6H_5CO_2^-(aq)] \cdot [H_3O^+]}{[C_6H_5CO_2H(aq)]} = \frac{\frac{x}{V} \cdot \frac{x}{V}}{\frac{c \cdot V - x}{V}} = \frac{x^2}{V^2} \cdot \frac{V}{c \cdot V - x} = \frac{x^2}{c \cdot V^2 - x \cdot V}$$

$$K_a = Q_{r, \text{éq}} = \frac{[C_6H_5CO_2^-(aq)]_{\text{éq}} \cdot [H_3O^+]_{\text{éq}}}{[C_6H_5CO_2H(aq)]_{\text{éq}}}$$

$$K_a = \frac{x_{\text{éq}}^2}{c \cdot V^2 - x_{\text{éq}} \cdot V}$$

2.4. Taux d'avancement final  $\tau$  de la transformation :  $\tau = \frac{x_{\text{éq}}}{x_{\text{max}}}$  où  $x_{\text{éq}}$  représente l'avancement dans l'état

final d'équilibre et  $x_{\text{max}}$  l'avancement si la transformation était totale.

2.5. Si la transformation est totale, l'acide benzoïque est totalement consommé :  $n_0 - x_{\text{max}} = 0$ .

Soit  $x_{\text{max}} = c \cdot V$ .

$$\tau = \frac{x_{\text{éq}}}{x_{\text{max}}} = \frac{x_{\text{éq}}}{c \cdot V} \quad \text{donc } x_{\text{éq}} = \tau \cdot c \cdot V$$

$$2.6. K_a = \frac{x_{\text{éq}}^2}{c \cdot V^2 - x_{\text{éq}} \cdot V} \quad \text{avec } x_{\text{éq}} = \tau \cdot c \cdot V, \text{ il vient } K_a = \frac{(\tau \cdot c \cdot V)^2}{c \cdot V^2 - \tau \cdot c \cdot V^2} = \frac{\tau^2 \cdot c^2 \cdot V^2}{c \cdot V^2 - \tau \cdot c \cdot V^2} = \frac{\tau^2 \cdot c}{1 - \tau}$$

$$2.7. \sigma = \lambda_{C_6H_5CO_2^-} \cdot [C_6H_5CO_2^-(aq)] + \lambda_{H_3O^+} \cdot [H_3O^+]$$

D'après l'équation chimique,  $[C_6H_5CO_2^-(aq)] = [H_3O^+] = \frac{x_{\text{éq}}}{V}$

$$\sigma = \lambda_{C_6H_5CO_2^-} \cdot \frac{x_{\text{éq}}}{V} + \lambda_{H_3O^+} \cdot \frac{x_{\text{éq}}}{V}$$

$$\sigma = \frac{x_{\text{éq}}}{V} \cdot (\lambda_{C_6H_5CO_2^-} + \lambda_{H_3O^+})$$

avec  $x_{\text{éq}} = \tau \cdot c \cdot V$ , on obtient  $\sigma = \frac{\tau \cdot c \cdot V}{V} \cdot (\lambda_{C_6H_5CO_2^-} + \lambda_{H_3O^+})$  soit  $\sigma = \tau \cdot c \cdot (\lambda_{C_6H_5CO_2^-} + \lambda_{H_3O^+})$

que l'on peut écrire  $\sigma = \tau \cdot c \cdot a$  avec  $a = \lambda_{H_3O^+} + \lambda_{C_6H_5CO_2^-}$ .

$$2.8. \quad \frac{\sigma^2}{c} = \frac{-K_a \cdot a \cdot \sigma}{c} + \frac{K_a \cdot a^2}{c}$$

coefficient directeur  
=  $-K_a \cdot a$

ordonnée à l'origine  
=  $K_a \cdot a^2$

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

$$-K_a \cdot a = -2,63 \times 10^{-3} \quad \text{donc } K_a \cdot a = 2,63 \times 10^{-3} \quad (1)$$

$$\text{et } K_a \cdot a^2 = 8,15 \times 10^{-2} \quad (2)$$

$$(2)/(1) \text{ donne } \frac{K_a \cdot a^2}{K_a \cdot a} = a = \frac{8,15 \times 10^{-2}}{2,63 \times 10^{-3}}$$

D'après (1)  $K_a \cdot \left( \frac{8,15 \times 10^{-2}}{2,63 \times 10^{-3}} \right) = 2,63 \times 10^{-3}$

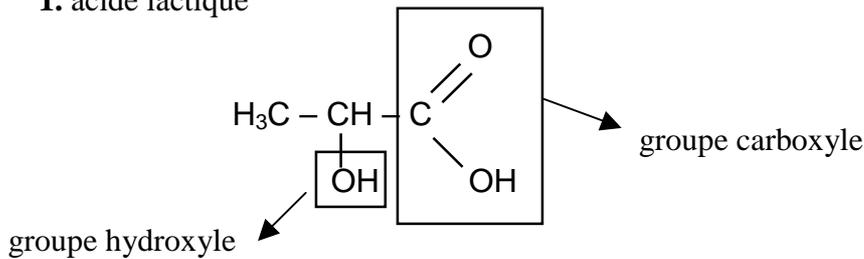
$$K_a = \frac{(2,63 \times 10^{-3})^2}{8,15 \times 10^{-2}} = 8,49 \times 10^{-5} \text{ à la température de l'expérience.}$$

11/2003 Nouvelle Calédonie

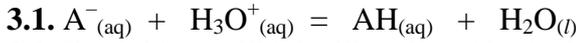
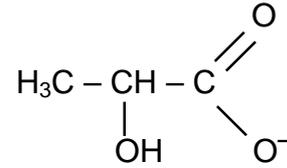
Correction Exercice 1 INJECTIONS ALCALINISANTES (4 pts)

Calculatrice interdite

1. acide lactique



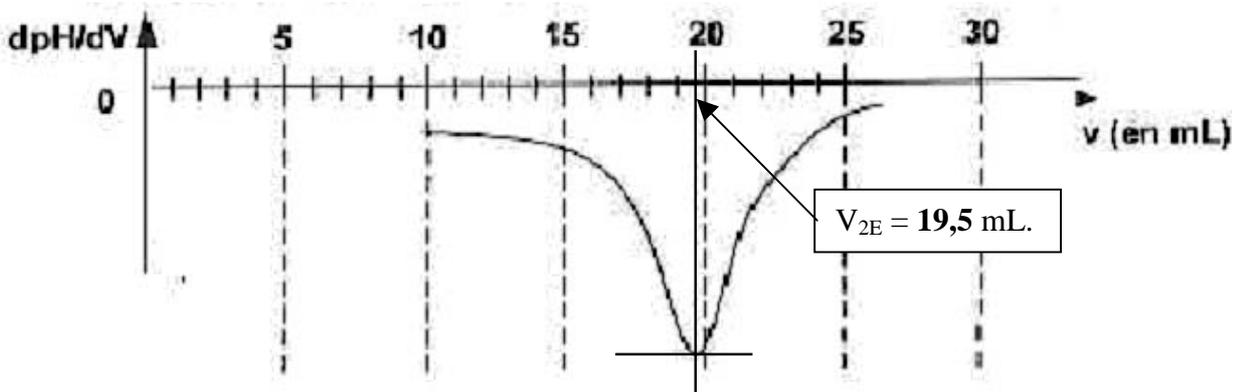
2. Ion lactate



3.2. Il est déconseillé d'utiliser la méthode des tangentes, car ici le saut de pH est peu marqué.

On préférera exploiter la courbe dérivée  $\text{dpH}/\text{dV}$ :

Pour  $V = V_{2E}$ ,  $\text{dpH}/\text{dV}$  est minimale. (Le pH décroît fortement pour un faible ajout d'acide.)



3.3. **Méthode 1:** A l'équivalence, les réactifs sont introduits en proportions stœchiométriques:

$$n_{\text{A}^- \text{ initiale}} = n_{\text{H}_3\text{O}^+ \text{ versée}}$$

soit  $C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_{2E}$

$$C_1 = \frac{C_2 \times V_{2E}}{V_1}$$

$$C_1 = \frac{1,0 \times 19,5}{20,0} = \mathbf{0,98 \text{ mol.L}^{-1}}$$

**Méthode 2 avec un tableau d'avancement** (déconseillée ici, car c'est long à faire)

état initial fictif: on suppose qu'on a mis en contact directement  $n_2 = C_2 \cdot V_{2E}$  mol d'ions oxonium avec  $n_1 = C_1 \cdot V_1$  mol d'ions lactate  $\text{A}^-$  et qu'ils n'ont pas encore réagi.

	Avancement	$\text{A}^-_{(\text{aq})}$	+ $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$	=	$\text{AH}_{(\text{aq})}$	+ $\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$
État initial	$x = 0$	$C_1 V_1$	$C_2 V_{2E}$		0	beaucoup
État final (équivalence)	$x = x_{\text{max}}$	$C_1 V_1 - x_{\text{max}} = 0$	$C_2 V_{2E} - x_{\text{max}} = 0$		$x_{\text{max}}$	beaucoup

$\text{A}^-$  totalement consommé à l'équivalence donc  $x_{\text{max}} = C_1 \cdot V_1$

De même,  $\text{H}_3\text{O}^+$  totalement consommé donc  $x_{\text{max}} = C_2 \cdot V_{2E}$

} on retrouve alors  $C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_{2E}$   
 suite voir au dessus (méthode 1)

$$3.4.1. n(\text{H}_3\text{O}^+)_{\text{introduit}} = C_2 \cdot V$$

$$n(\text{H}_3\text{O}^+)_{\text{introduit}} = 1,0 \times 9,0 \times 10^{-3} = \mathbf{9,0 \times 10^{-3} \text{ mol}}$$

$$3.4.2. [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} = \frac{n_{\text{H}_3\text{O}^+}}{(V + V_1)}$$

$$n_{\text{H}_3\text{O}^+} = (V + V_1) \cdot 10^{-\text{pH}}$$

$$n_{\text{H}_3\text{O}^+} = 10^{-4,0} \times (9,0 + 20,0) \times 10^{-3} = \mathbf{2,9 \times 10^{-6} \text{ mol}}$$

3.4.3. Si tout l'acide versé est consommé, on a  $C_2 \cdot V - x_{\text{max}} = 0$ , soit  $x_{\text{max}} = C_2 \cdot V$ .

$$\text{Alors } x_{\text{max}} = 1,0 \times 9,0 \times 10^{-3} = \mathbf{9,0 \times 10^{-3} \text{ mol}}$$

Si la transformation n'est pas totale, il reste de l'acide.

On a trouvé à la question 3.4.2. qu'il restait  $n_{\text{H}_3\text{O}^+} = 2,9 \times 10^{-6} \text{ mol}$ .

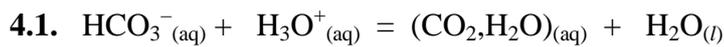
$$\text{On a } C_2 \cdot V - x_f = 2,9 \times 10^{-6} \text{ mol}$$

$$\text{soit } x_f = C_2 \cdot V - 2,9 \times 10^{-6}$$

$$x_f = 9,0 \times 10^{-3} - 2,9 \times 10^{-6}$$

$$x_f = \mathbf{9,0 \times 10^{-3} \text{ mol}}$$

on a  $x_f = x_{\text{max}}$ , la transformation entre  $\text{H}_3\text{O}^+$  et  $\text{A}^-$  est bien totale.



4.2. Les ions hydrogénéocarbonate ou les ions lactate vont réagir avec les ions oxonium. La quantité d'ions oxonium va donc diminuer dans les liquides physiologiques et par conséquent le pH va augmenter.