NOTA!

QCM (4pts) : Indiquer pour chaque $n°$ de question la ou les réponse(s) exacte(s) :

$N°$ de la question	Le libellé de la question	Réponse A	Réponse B	Réponse C
1	L'expression de la constante d'acidité Ka associée a l'équation : $NH_4^+ + H_2O \rightleftarrows NH_3 + H_3O^+$ est	$Ka = \frac{[H_3O^+][NH_4^+]}{[NH_3][H_2O]}$	$Ka = \frac{[H_3O^+]NH_4^+]}{[NH_3]}$	$Ka = \frac{[H_3O^+][NH_3]}{[NH_4^+]}$
2	Le réactif de Tollens donne un test positif avec	Les cétones	Les aldéhydes	Les alcools
3	On dit qu'il y a effet photoélectrique si	Un électron est émis	Un photon est émis	Un photon et un électron sont absorbés
4	L'expression de l'interfrange i est	$i = \frac{ax}{D}$	$i = \frac{aD}{\lambda}$	$i = \frac{\lambda D}{a}$

Correction **1.** La réponse correcte est **la réponse C**. La constante d'acidité Ka est définie comme le rapport entre les concentrations des produits et des réactifs à l'équilibre, en excluant l'eau qui est considérée comme constante. Donc : $\mathbf{Ka} = \frac{[H_3O^+][NH_3]}{[NH_4^+]}$

2. La réponse correcte est **la réponse B**. Le réactif de Tollens est un agent oxydant **qui réagit avec les aldéhydes pour former un précipité argenté**. Les cétones et les alcools ne réagissent pas avec le réactif de Tollens.

3. La réponse correcte est **la réponse A**. L'effet photoélectrique se produit lorsque la lumière de fréquence suffisante frappe une surface métallique **et éjecte des électrons**. Les photons sont les particules de lumière qui transfèrent leur énergie aux électrons.

4. La réponse correcte est **la réponse C**. L'interfrange i est **la distance entre deux franges d'interférence consécutives de même nature (claire ou sombre)** produites par la diffraction de la lumière par une fente fine. On peut démontrer que $i = \frac{\lambda D}{a}$, où λ est la longueur d'onde de la lumière, D est la distance entre la fente et l'écran, et a est la largeur de la fente.

Exercice 1 ★☆☆☆

1. Les ions peroxodisulfate $S_2O_8^{2-}$ oxydent lentement les ions iodures I^-. Établir l'équation bilan de cette réaction.

On donne les couples : $S_2O_8^{2-}/SO_4^{2-}$ et I_2/I^-

Correction L'équation chimique équilibrée pour la réaction entre les ions peroxodisulfate $S_2O_8^{2-}$ et les ions iodure $\mathbf{I^-}$ est :

$$S_2O_8^{2-} + 2I^- \longrightarrow I_2 + 2SO_4^{2-}$$

2. A la date $t = 0$, et à une température constante, on réalise un mélange de volume total $V = 40\ mL$ en versant dans un erlenmeyer un volume V_1 d'une solution aqueuse de peroxodisulfate d'ammonium $NH_2S_2O_8$ de concentration molaire C_1, un volume $V_2 = V_1$ d'une solution aqueuse d'iodure de potassium **KI** de concentration molaire $C_2 = 3C_1$ et quelques gouttes d'une solution d'empois d'amidon. (On rappelle que l'empois d'amidon colore en bleu une solution contenant du diiode I_2 même en faible quantité).

   (a) Exprimer les concentrations molaires initiales $[S_2O_8^{2-}]_0$ des ions peroxodisulfates et $[I^-]_0$ des ions iodures en fonction de C_1 dans le mélange réactionnel. Préciser le réactif limitant.

Correction Les concentrations molaires initiales des ions peroxodisulfates $[S_2O_8^{2-}]_0$ et des ions iodures $[I^-]_0$ dans le mélange réactionnel peuvent être calculées en utilisant les relations suivantes :

$$[S_2O_8^{2-}]_0 = \frac{V_1 \times C_1}{V_1 + V_2} = \frac{C_1}{2} \quad \text{car} \quad V_1 = V_2$$

De même

$$[I^-]_0 = \frac{V_2 \times C_2}{V_1 + V_2} = \frac{3C_1}{2} \quad \text{car} \quad V_1 = V_2 \quad \text{et} \quad C_2 = 3C_1$$

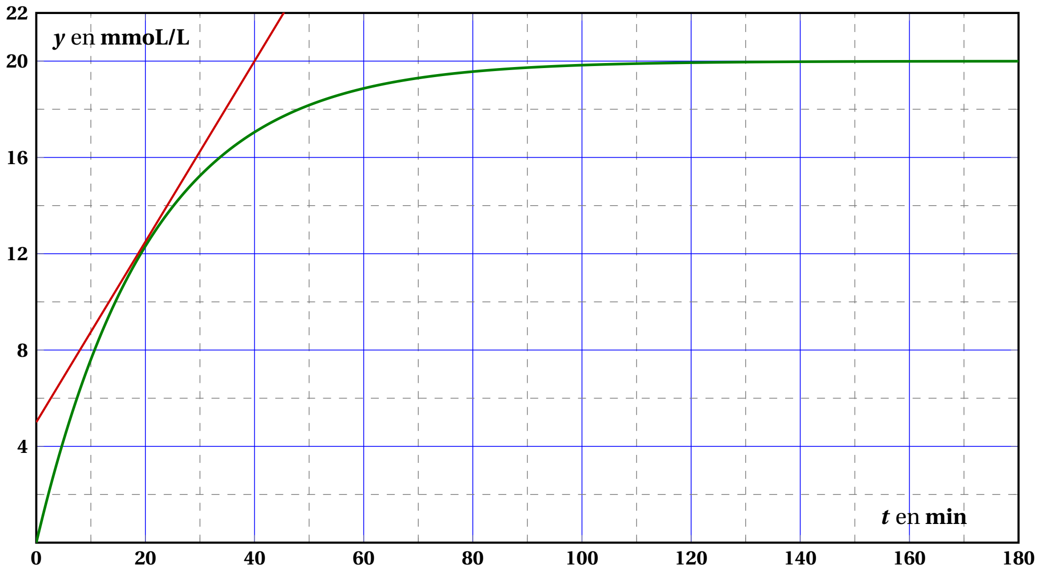
Réactif limitant : On a : $\frac{[S_2O_8^{2-}]_0}{1} = \frac{C_1}{2} < \frac{[I^-]_0}{2} = \frac{3C_1}{4} \Rightarrow S_2O_8^{2-}$ **est le réactif limitant.**

(b) Dresser le tableau d'avancement volumique de la réaction.

Correction

		$S_2O_8^{2-}$ +	$2I^-$ $\longrightarrow$	I_2 +	$2SO_4^{2-}$
État	**Avancement**	**Concentration en mol/L**			
$t = 0$	0	$\frac{C_1}{2}$	$\frac{3C_1}{2}$	0	0
t	y	$\frac{C_1}{2} - y$	$\frac{3C_1}{2} - 2y$	y	$2y$
$t = t_f$	y_f	$\frac{C_1}{2} - y_f$	$\frac{3C_1}{2} - 2y_f$	y_f	$2y_f$

3. A différentes dates t, on prélève, du mélange réactionnel, un volume V_0 auquel on ajoute de l'eau glacée et on dose la quantité de diiode I_2 formée par une solution de thiosulfate de sodium $Na_2S_2O_3$ selon une réaction rapide et totale. Les résultats des dosages ont permis de tracer la courbe d'avancement volumique $y = f(t)$ ci-contre (voir figure).



(a) Préciser comment peut- on reconnaitre expérimentalement le point d'équivalence?

Correction Le point d'équivalence est le moment où la quantité de diiode formée est exactement égale à la quantité de thiosulfate de sodium versée. On peut le reconnaitre expérimentalement en utilisant l'empois d'amidon qui devient bleu foncé en présence de diiode et redevient incolore quand tout le diiode a réagi avec le thiosulfate.

(b) Déterminer, à partir de la courbe, la valeur de la concentration $[S_2O_8^{2-}]_0$ et déduire les valeurs de C_1 et C_2.

Correction On a déjà montrer que $S_2O_8^{2-}$ est le réactif limitant alors : $\frac{[S_2O_8^{2-}]_0}{1} = y_f = 20 \times 10^{-3}\ mol/L$

Déduction de C_1 et C_2 :

On a : $[S_2O_8^{2-}]_0 = \frac{C_1}{2} = 20 \times 10^{-3} \Rightarrow C_1 = 40 \times 10^{-3}\ mol/L$. De plus : $C_2 = 3C_1 = 120 \times 10^{-3}\ mol/L$

(c) Définir la vitesse volumique d'une réaction chimique. Déterminer graphiquement sa valeur à la date $t = 20$ **min**. Déduire à cette date la vitesse instantanée de la réaction et celle de la disparition de I^-

Correction La vitesse volumique d'une réaction chimique est la dérivé par rapport au temps de l'avancement volumique.

$$v_v(t) = \frac{dy}{dt}$$

Graphiquement elle correspond au coefficient directeur de la tangente à la courbe $y = f(t)$ au point d'abscisse t.

Pour $t = 20$ **min** la tangente est déjà tracer il suffit de calculer son coefficient directeur :

$$\boxed{v_v(t=20) = \frac{(5-20)\times 10^{-3}}{0-40} = 3{,}75 \times 10^{-4}\ \text{mol/L/min}}$$

La vitesse de la réaction à $t = 20$ est :

$$\boxed{v(t=20) = v_v(t=20) \times V = 3{,}75.10^{-4} \times 40.10^{-3} = 1{,}5 \times 10^{-5}\ \text{moL/min}}$$

La vitesse de disparition de I^- à $t = 20$ est tel que :

$$\boxed{\frac{v(I^-)}{2} = 1{,}5 \times 10^{-5} \Rightarrow v(I^-) = 3 \times 10^{-5}\ \text{moL/min}}$$

Exercice 2 ★☆☆☆

1. Dans un ballon, on mélange, à la température ordinaire, une mole d'acide éthanoique, une mole de propan-2-ol en présence d'acide sulfurique pur.

(a) Écrire l'équation bilan de la réaction entre l'acide éthanoique et le propan-2-ol et donner le nom du produit organique obtenu.

Correction L'équation bilan de la réaction entre l'acide éthanoique et le propan-2-ol s'écrit :

$$CH_3-COOH + CH_3-\underset{}{\overset{OH}{\overset{|}{C}H}}-CH_3 \rightleftharpoons CH_3-COO-\overset{CH_3}{\overset{|}{C}H}-CH_3 + H_2O$$

Éthanoate de méthyl éthyle

(b) Donner le nom de cette réaction et préciser ses caractéristiques.

Correction Le nom de cette réaction c'est l'estérification. et ses caractéristiques sont : Lente , limitée et athermique.

(c) L'acide éthanoïque réagit avec le chlorure de thionyle $SOCl_2$ pour donner un compose organique B en déduire la formule semi-développée (f.s.d) et le nom du composé B.

Correction L'acide éthanoïque a pour f.s.d $CH_3 - COOH$ et le chlorure de thionyle a pour f.s.d $SOCl_2$.

La réaction entre ces deux composés est une réaction de substitution, où le groupe hydroxyle de l'acide éthanoïque est remplacé par un atome de chlore.

Le composé B obtenu a donc pour f.s.d $CH_3 - COCl$ et son nom est **le chlorure d'éthanoyle**.

(d) On prépare un amide monosubstitué E de formule C_4H_9ON en faisant réagir le composé B avec une amine D.

i. Quelle est la classe de l'amine ***D***.

Correction L'amine **D** est de classe primaire, car elle doit avoir deux atomes d'hydrogène liés à l'atome d'azote pour pouvoir réagir avec le chlorure d'éthanoyle et former un amide monosubstitué.

ii. Donner les noms et les f.s.d des composés ***D*** et ***E***.

Correction ■ L'amine **D** est primaire et contenant deux atomes de carbones alors sa f.s.d est : $CH_3 - CH_2 - NH_2$, son nom est donc : **l'éthanamine**.

■ ***E*** est un amide monosubstitué obtenu par la réaction entre $CH_3 - CH_2 - NH_2$ et $CH_3 - COCl$ sa f.s.d est donc : $CH_3 - CO - NH - CH_2 - CH_3$ et son nom est : **N-éthyl ethanamide**.

2. On dispose d'une solution d'acide éthanoique de concentration molaire **0,1 mol/L**. Le pH de la solution est **2,9** .

(a) Montrer que cet acide est un acide faible et écrire l'équation de sa réaction avec l'eau.

Correction On a : $pH = 2{,}9$ et $-\log(C) = -\log(0,1) = 1 \quad \Rightarrow \quad pH \neq -\log(C)$ d'où l'acide éthanoïque est un acide faible.

Équation de la réaction avec l'eau :

$$CH_3-COOH + H_2O \rightleftharpoons CH_3-COO^- + H_3O^+$$

(b) Calculer le coefficient d'ionisation α de l'acide éthanoïque.

Correction Le coefficient d'ionisation α de l'acide éthanoïque est donné par la formule suivante :

$$\alpha = \frac{[CH_3COO^-]}{C_a} \quad \text{Or on peut montrer facilement que :} \quad [CH_3COO^-] = [H_3O^+] = 10^{-pH}$$

Alors :

$$\boxed{\alpha = \frac{10^{-pH}}{C_a} = \frac{10^{-2,9}}{0,1} = 0{,}0126 = 1{,}26\%}$$

(c) Déterminer la valeur du pKa du couple acide éthanoïque-ion éthanoate.

Correction Par définition le pKa du couple acide éthanoïque-ion éthanoate est donné par la relation :

$$pKa = -\log\left(\frac{[H_3O^+]\,[CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]}\right) = pH - \log\left(\frac{[CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]}\right)$$

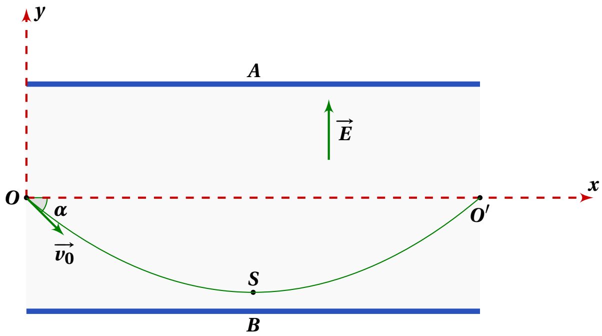
En remplaçant $[CH_3COO^-]$ par $\alpha.C_a$ et $[CH_3COOH]$ par $C_a - \alpha.C_a$ On obtient la relation suivante :

$$\boxed{pKa = pH - \log\left(\frac{\alpha}{1-\alpha}\right) = 2{,}9 - \log\left(\frac{0{,}0126}{1-0{,}0126}\right) = 4{,}8}$$

Exercice 3 ★☆☆☆

Les deux questions 1 et 2 de l'exercice sont indépendantes

1. Une particule X de charge $q = 3{,}2 \times 10^{-19}$ C et de masse $m = 6{,}68 \times 10^{-27}$ **kg** pénètre entre les armatures d'un condensateur constitué de deux plaques parallèles métalliques rectangulaires horizontales A et B de longueur $\ell = 10$ **cm**, séparées par une distance $d = 6$ **cm** comme le montre la figure.



Le point O est équidistant des deux plaques. La particule entre au point O avec une vitesse $\vec{v_0}$ formant un angle α avec l'axe horizontal.

(a) Préciser les signes des armatures et de la tension U_{BA}.

Correction On sait que le vecteur champ électrique est toujours dirigé de la plaque chargée positivement vers la plaque chargée négativement. Or d'après le schéma de l'énoncé le vecteur champ électrique $\vec{E}$ est dirigé de la plaque B vers la plaque A par conséquence B est chargée positivement et A est chargée négativement. La tension $U_{BA} = V_B - V_A$ **elle est donc positive**.

(b) Établir l'équation cartésienne de la trajectoire de la particule.

Correction <u>**Les conditions initiales sont**</u> : $x_0 = 0$; $y_0 = 0$; $v_{0x} = v_0 \cos\alpha$ et $v_{0y} = -v_0 \sin\alpha$.
La particule est soumise "uniquement" à la force électrique la RFD s'écrit : $\vec{F_e} = m\vec{a}$. En projetant cette relation sur l'axe (O,x) on trouve $0 = ma_x$ comme la masse n'est pas nulle alors $a_x = 0 \Rightarrow$ le mouvement sur (O,x) est rectiligne uniforme alors :

$$x = v_{0x}t + x_0 = v_0\cos(\alpha).t \qquad (1)$$

De même En projetant sur l'axe (O,y) on trouve $F_e = ma_y \Rightarrow qE = ma_y \Rightarrow a_y = \frac{qE}{m} = \text{cte} \neq 0$ alors le mouvement sur (O,y) est rectiligne uniformément varié alors m

$$y = \frac{1}{2}a_y t^2 + v_{0y}t + y_0 = \frac{qE}{2m}t^2 - v_0 \sin\alpha\, t \qquad (2)$$

Pour l'équation de la trajectoire on tire t de l'expression de x on trouve $t = \frac{x}{v_0\cos\alpha}$ et on remplace dans l'expression de y on obtient finalement l'équation de la trajectoire :

$$\boxed{y = \frac{qE}{2mv_0^2\cos^2\alpha}x^2 - \tan(\alpha).x}$$

(c) Déterminer la valeur de l'angle α. pour que la particule passe par le point O'.

Correction Pour que la particule passe par le point O' il faut que les coordonnées de O' vérifient l'équation de la trajectoire or $O'(\ell, 0)$ alors :

$$0 = \frac{qE}{2mv_0^2\cos^2\alpha}\ell^2 - \tan(\alpha).\ell \Rightarrow \frac{qE}{mv_0^2}\ell = 2\cos^2(\alpha).\tan\alpha = \sin(2\alpha)$$

<u>**Application numérique :**</u>

$$\sin(2\alpha) = \frac{3,2.10^{-19} \times 8350 \times 0,1}{6,68.10^{-27} \times (2.10^5)^2} = 1 \Rightarrow 2 \Rightarrow \alpha = \frac{\pi}{2}\alpha = \frac{\pi}{4}$$

(d) Déterminer les coordonnées du point le plus bas de la trajectoire.

<u>**Données :**</u> $E = 8350$ V/m ; $v_0 = 2 \times 10^5$ m/s

Correction Le point le plus bas de la trajectoire c'est le sommet S. en ce point on sait que $v_{yS} = 0$. Appliquons la relation indépendante du temps entre O et S on a donc :

$$v_{yS}^2 - v_{0y}^2 = 2a_y\left(y_S - y_O\right) \quad \Rightarrow \quad y_S = \frac{-m.v_0^2 \sin^2\alpha}{2qE} = \frac{-6,68.10^{-27} \times \left(2.10^5\right)^2 \times \sin^2(45)}{2 \times 3,2.10^{-19} \times 8350} = -0,025\ m = -2,5\ \text{cm}$$

On remplace dans l'équation de la trajectoire on trouve $x_S = 5$ **cm**.

! On peut remarque sans calcul que : S est le milieu entre O et O' alors $x_S = \frac{\ell}{2} = 5$ **cm**

2. La désintégration du nucléide $^{232}_{92}\mathrm{U}$ donne la particule X précédente avec le nucléide $^{228}_{90}\mathrm{Th}$.
   (a) Écrire l'équation de la réaction de désintégration, préciser le type de radioactivité et la nature de la particule X.

Correction L'équation de la réaction de désintégration est :

$$^{232}_{92}\mathrm{U} \rightarrow {}^{228}_{90}\mathrm{Th} + X$$

Le type de radioactivité est **la radioactivité alpha** et la particule X est **un noyau d'hélium** $^4_2\mathrm{He}$.

   (b) Calculer, en MeV, l'énergie émise lors de cette désintégration.

Correction L'énergie émise lors de cette désintégration peut être calculée en utilisant la formule suivante :

$$E = (m_U - m_{Th} - m_X)c^2$$

En remplaçant les valeurs données, on obtient :

$$E = (232,0371548 - 228,0287411 - 4,0026) \times 931,5 = 5,42\ \text{MeV}$$

   (c) Calculer la valeur de la constante de désintégration λ de l'uranium **232** si sa période est **69,8** ans.

   __On donne__ : $m_u = 232.0371548u$; $m_{\mathrm{Th}} = 228,0287411u$; $m_X = 4,0026u$; $1u = 931,5\ \mathrm{MeV/c^2}$.

Correction La constante de désintégration λ peut être calculée en utilisant la formule suivante :

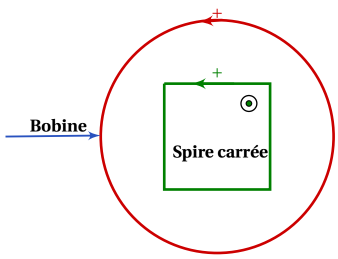
$$\lambda = \frac{\ln(2)}{T} \quad \text{où} \quad T: \text{ est la période de désintégration}$$

En remplaçant les valeurs données, on obtient :

$$\lambda = \frac{\ln(2)}{69,8 \times 365,25 \times 24 \times 3600} = 3,15 \times 10^{-10}\ s^{-1}$$

Exercice 4 ★☆☆☆

__**Les deux questions 1 et 2 de l'exercice sont indépendantes**__



1. On place à l'intérieure d'une bobine longue une spire carré de coté $a = 10$ cm voir figure précédente.
   (a) La bobine est traversée par un courant d'intensité constante qui crée un champ magnétique $B = 2$ T. Exprimer le flux magnétique Φ à travers la spire en fonction de B et de a et calculer sa valeur.

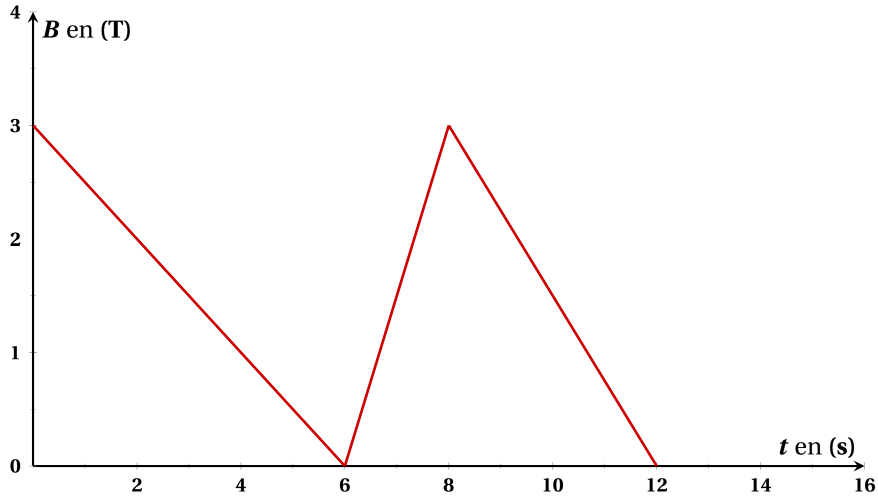
Correction On sait que le flux à travers une surface S est :

$$\phi = B.S.\cos\left(\vec{B},\vec{n}\right)$$

Or d'après le sens positif choisi la normal $\vec{n}$ est sortant (il suffit d'appliquer la règle de la main droite) or $\vec{B}$ est sortant (il suffit aussi d'appliquer la RMD) alors

$$\left(\vec{B},\vec{n}\right) = 0 \quad \Rightarrow \quad \phi = BS = B.a^2 = 2 \times 0,1^2 = 0,02\ Wb$$

   (b) La bobine est maintenant traversée par un courant dont l'intensité crée un champ magnétique B variant comme l'indique la courbe suivante :



      i. Quel phénomène apparaît dans la spire ? Justifier la réponse.

Correction Un champ magnétique variable implique un flux variable d'où $e = -\frac{d\phi}{dt} \neq 0 \Rightarrow$ une force électromotrice non nulle et par conséquence un courant induit. Le phénomène observé est don l'induction électromagnétique.

      ii. Exprimer les valeurs de B puis de la force électromotrice induite qui apparaît dans la spire dans les différents intervalles de temps.

Correction ■ Pour les expressions de B il suffit de déterminer les équations des droites sur chaque intervalle :

— Pour $t \in [0;6] \quad \Rightarrow \quad B = -0,5t + 3$

— Pour $t \in [6;8] \quad \Rightarrow \quad B = 1,5t - 9$

— Pour $t \in [8;12] \quad \Rightarrow \quad B = -0,75t + 9$

■ Pour la force électromotrice $e = -\frac{d\phi}{dt} = -a^2\frac{dB}{dt}$ alors :

— Pour $t \in [0;6] \quad \Rightarrow \quad e = -0,01 \times -0,5 = 5 \times 10^{-3}$ V

— Pour $t \in [6;8] \quad \Rightarrow \quad e = -0,01 \times 1,5 = -1,5 \times 10^{-2}$ V

— Pour $t \in [8;12] \quad \Rightarrow \quad e = -0,01 \times -0,75 = 7,5 \times 10^{-3}$ V

2. Un vibreur est formé d'une lame vibrante attirée par en élecro-aimant alimenté par un courant sinusoïdal. La lame vibre avec une fréquence $N = 100\ Hz$

On fixe à la lame du vibreur l'extrémité supérieure O d'une corde élastique placée verticalement. L'extrémité inférieure de la corde porte un solide immergé dans l'eau pour empêcher la réflexion des ondes. Le vibreur impose au point O un mouvement sinusoïdal d'amplitude $a = 2\ mm$. La célérité des ondes le long de la corde est $C = 40\ m/s$.

(a) Écrire l'équation horaire du mouvement du point O en supposant qu'il passe par sa position d'équilibre dans le sens des élongations positives à l'instant $t = 0$.

Correction L'équation horaire du mouvement de O est de la forme : $y_O = a\cos(\omega t + \varphi_O)$ Avec : $a = 2\times 10^{-3}\ m$ $\omega = 2\pi N = 2\pi \times 100 = 200\pi$ rad/s la phase φ_O est tel que : $\tan\varphi_O = \frac{-v_0}{\omega y_0}$ or $y_0 = 0$ et $v_0 > 0$ ce qui implique que : $\varphi_O = -\frac{\pi}{2}$.

Finalement :

$$\boxed{y_O = 2\times 10^{-3}\cos\left(200\pi t - \frac{\pi}{2}\right)}$$

(b) Écrire l'équation du mouvement d'un point M situé à $x = 30$ cm de O et calculer sa vitesse maximale.

Correction L'équation horaire d'un point M situé à une distance x de la source est :

$$y_M = a\cos\left(\omega t + \varphi_O - \frac{2\pi x}{\lambda}\right)$$

Application numérique pour $x = 30$ cm :

$$\lambda = \frac{C}{N} = \frac{40}{100} = 0,4 \quad \Rightarrow \quad y_M = 2\times 10^{-3}\cos\left(200\pi t - \frac{\pi}{2} - \frac{2\pi \times 0,3}{0,4}\right) = 2\times 10^{-3}\cos(200\pi t - 2\pi) = 2\times 10^{-3}\cos(200\pi t)$$

La vitesse maximale :

$$V_{\max} = \omega . a = 200\pi \times 2\times 10^{-3} = 1,26\ m/s$$

(c) Comparer les mouvements du point M et d'un point N situé à 50 cm de O.

Correction L'équation horaire d'un point N situé à une distance x de la source est :

$$y_N = a\cos\left(\omega t + \varphi_O - \frac{2\pi x}{\lambda}\right)$$

Application numérique pour $x = 50$ cm :

$$\lambda = \frac{C}{N} = \frac{40}{100} = 0,4 \quad \Rightarrow \quad y_M = 2\times 10^{-3}\cos\left(200\pi t - \frac{\pi}{2} - \frac{2\pi \times 0,5}{0,4}\right) = 2\times 10^{-3}\cos(200\pi t - 3\pi) = 2\times 10^{-3}\cos(200\pi t + \pi)$$

Alors la déphasage entre M et N est :

$$\Delta\varphi = \varphi_N - \varphi_M = \pi - 0 = \pi \quad \Rightarrow \quad \text{Les deux points donc vibrent en opposition de phase}$$

(d) La corde est éclairée par un stroboscope. Qu'observe-t-on si la fréquence Ne du stroboscope prend les valeurs : $Ne = 200\ Hz$, $Ne = 99\ Hz$ et $Ne = 50\ Hz$.

Correction
- $Ne = 200 \Rightarrow Ne = 2N$ on observe donc deux cordes immobiles.
- $Ne = 99 \Rightarrow Ne$ est **légèrement inférieur** à N **la corde parait en mouvement ralenti dans le sens réel** du mouvement.
- $Ne = 50 \Rightarrow N = 2Ne$ la corde **parait unique et immobile**

! Il peut y avoir des erreurs de frappe ou de calcul dans le présent corrigé.