Bac 2023 Réunion Jour 1 EXERCICE I - L'EAU DE BOISSON DES POULES (9 points)
Correction © https://labolycee.org

PARTIE A : Le traitement de l'eau de boisson d'un élevage industriel de poules

A. Décontamination de l'eau en fin de chaine des abreuvoirs

A.1 Faire la liste du matériel nécessaire pour réaliser le titrage.

Burette
Support pour la burette
Agitateur magnétique
Becher
Turbulent

A.2 Écrire les demi-équations électroniques mises en jeu lors du titrage permettant de retrouver l'équation de la réaction d'oxydo-réduction support du titrage.

Voir la méthode avec ce diaporama http://acver.fr/oxred

Couple MnO_4^- / Mn^{2+} Réduction $MnO_4^- + 8H^+ + 5\ e^- = Mn^{2+} + 4\ H_2O$)X2
Couple O_2/H_2O_2 Oxydation $H_2O_2 = O_2 + 2\ e^- + 2H^+$)X5

A.3 Définir l'équivalence du titrage et indiquer comment la repérer expérimentalement.

À l'équivalence de ce titrage, le peroxyde d'hydrogène H_2O_2 présent dans la solution titrée est totalement consommé.
On repère le dépassement de l'équivalence par la coloration violette qui apparaît dans la solution titrée. En effet les ions MnO_4^- sont alors versés en excès et ne réagissant pas, ils colorent la solution titrée.

A.4 Déterminer la valeur de la concentration c_1 et de son incertitude type associée $u(c_1)$.

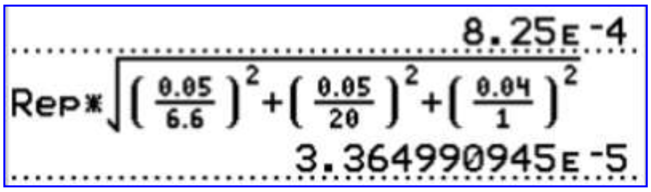
À l'équivalence et d'après l'équation de la réaction support du titrage $\dfrac{n_{MnO_4^-}}{2} versée = \dfrac{n_{H_2O_2}}{5} initiale$.

$$\frac{c_0.V_{eq}}{2} = \frac{c_1.V_1}{5}$$

$$c_1 = \frac{5c_0.V_{eq}}{2V_1}$$

$$c_1 = \frac{5\times 1{,}00\times 10^{-3}\times 6{,}60}{2\times 20{,}00} = 8{,}25\times 10^{-4}\ \text{mol.L}^{-1}$$

$$u(c_1) = c_1.\sqrt{\left(\frac{u(V_{eq})}{V_{eq}}\right)^2 + \left(\frac{u(V_1)}{V_1}\right)^2 + \left(\frac{u(c_0)}{c_0}\right)^2}$$



$$u(c_1) = 8{,}25\times 10^{-4}\times\sqrt{\left(\frac{0{,}05}{6{,}60}\right)^2 + \left(\frac{0{,}05}{20{,}00}\right)^2 + \left(\frac{0{,}04}{1{,}00}\right)^2} = 0{,}4\times 10^{-4}\ \text{mol.L}^{-1}$$

On arrondit par excès à un seul chiffre significatif.
L'incertitude conduit à arrondir $c_1 = (8{,}3 \pm 0{,}4)\times 10^{-4}$ mol.L^{-1}.

A.5 Indiquer quelle norme, 1 ou 2, l'éleveur a suivi.
La concentration en masse en peroxyde d'hydrogène est de c_m = 248 g.L^{-1}.
On calcule la concentration en masse de l'eau de boisson :
$c_m = c.M$
$c_m = 8{,}25\times10^{-4} \times 34{,}0 = 2{,}8\times10^{-2}$ g.L^{-1}

Norme 1 : 100 à 200 mL dans 1000 L d'eau.
Dilution

Solution mère	Solution fille
c_m = 248 g.L^{-1}	c_f = ?
V_m = 200 mL = 0,200 L	V_f = 1000 L

$c_m.V_m = c_f.V_f$

$$c_f = \frac{c_m.V_m}{V_f}$$

$$c_f = \frac{248\times0{,}200}{1000} = 4{,}96\times10^{-2}\ \text{g.L}^{-1}$$ ou en prenant V_m = 0,100 L alors $c_f = 2{,}48\times10^{-2}$ g.L^{-1}

Norme 2 : 2,00 L dans 100 L d'eau.

Solution mère	Solution fille
c_m = 248 g.L^{-1}	c_f = ?
V_m = 2,00 L	V_f = 100 L

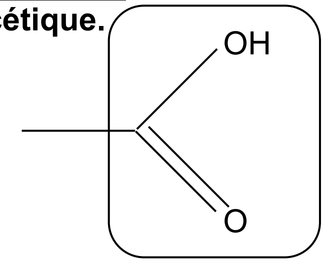
$$c_f = \frac{c_m.V_m}{V_f}$$

$$c_f = \frac{248\times2{,}00}{100} = 4{,}96\ \text{g.L}^{-1}$$

La valeur de la concentration obtenue par le titrage est de $2{,}8\times10^{-2}$ g.L^{-1}, elle est assez proche de la norme 1 (avec 100 mL) mais très éloignée de la norme 2.
L'éleveur a suivi la norme 1.

A.6 Justifier le mode de conservation.
Mode de conservation : Endroit sombre et frais.
L'eau oxygénée peut se dismuter, or cette réaction est plus lente à basse température donc on conserve au frais.
D'autre part la lumière accélère la dismutation, donc il faut conserver dans un endroit sombre.

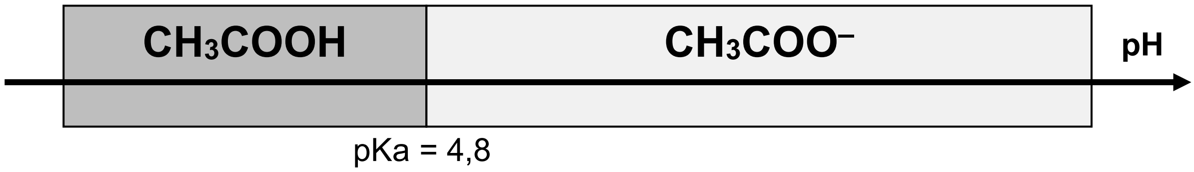
<u>PARTIE B : Le traitement de l'eau de boisson des poules d'un particulier</u>
<u>B.1. Étude de la formule de la molécule d'acide acétique</u>
B.1.1 Écrire la formule topologique de l'acide acétique.



B.1.2 Entourer le groupe fonctionnel et nommer la famille à laquelle il appartient.
Voir encadré ci-dessus. Famille des acides carboxyliques.
B.1.3 Donner le nom de l'acide acétique dans la nomenclature internationale.
Le nom officiel de l'acide acétique est acide éthanoïque.

B.2. L’acide acétique en solution

B.2.1 Représenter le diagramme de prédominance associé au couple $C_2H_4O_2(aq)$ / $C_2H_3O_2^-(aq)$.



B.2.2 Exprimer la constante d’acidité K_A du couple $C_2H_4O_2(aq)$ / $C_2H_3O_2^-(aq)$.

$$K_A = \frac{\left[C_2H_3O_2^-(aq)\right]_{éq} . \left[H_3O^+(aq)\right]_{éq}}{\left[C_2H_4O_2(aq)\right]_{éq}}$$

B.2.3 À partir de l’expression de la constante d’acidité K_A, retrouver la relation :

$$pH = pK_A + \log\left(\frac{\left[C_2H_3O_2^-(aq)\right]}{\left[C_2H_4O_2(aq)\right]}\right).$$

$$-\log(K_A) = -\log\left(\frac{\left[C_2H_3O_2^-(aq)\right] . \left[H_3O^+(aq)\right]}{\left[C_2H_4O_2(aq)\right]}\right)$$

Maths : log (a.b) = log a + log b

avec $a = \frac{\left[C_2H_3O_2^-(aq)\right]}{\left[C_2H_4O_2(aq)\right]}$ et $b = \left[H_3O^+(aq)\right]$

$$pK_A = -\log\left[H_3O^+(aq)\right] - \log\left(\frac{\left[C_2H_3O_2^-(aq)\right]}{\left[C_2H_4O_2(aq)\right]}\right)$$

$$pK_A = pH - \log\left(\frac{\left[C_2H_3O_2^-(aq)\right]}{\left[C_2H_4O_2(aq)\right]}\right)$$

$$pH = pK_A + \log\left(\frac{\left[C_2H_3O_2^-(aq)\right]_{éq}}{\left[C_2H_4O_2(aq)\right]_{éq}}\right)$$

B.2.4 Calculer le pH réel de cette solution et vérifier si le particulier respecte la norme d'acidification pour l'eau de boisson de ses poules.
Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie, même si elle n'est pas aboutie. La démarche est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.

$$K_A = \frac{\left[C_2H_3O_2^-(aq)\right]_{éq}.\left[H_3O^+(aq)\right]_{éq}}{\left[C_2H_4O_2(aq)\right]_{éq}}$$

$[C_2H_4O_2(aq)]_{éq} = [C_2H_4O_2(aq)]_{initiale} – [C_2H_3O_2^-(aq)]_{éq}$
$[C_2H_4O_2(aq)]_{initiale} = c_3 = 1,60 \times 10^{-3}$ mol.L^{-1} et $[C_2H_3O_2^-(aq)]_{éq} = [H_3O^+(aq)]_{éq}$
donc $[C_2H_4O_2(aq)]_{éq} = c_3 – [H_3O^+(aq)]_{éq}$

$$K_A = \frac{\left[H_3O^+(aq)\right]_{éq}^2}{c_3 - \left[H_3O^+(aq)\right]_{éq}}$$

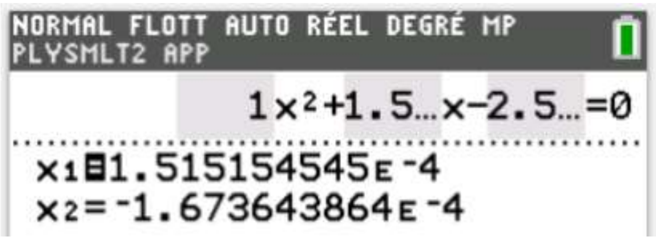
$$\left[H_3O^+(aq)\right]_{éq}^2 - K_A.\left(c_3 - \left[H_3O^+(aq)\right]_{éq}\right) = 0$$

$$\left[H_3O^+(aq)\right]_{éq}^2 + K_A.\left[H_3O^+(aq)\right]_{éq} - K_A.c_3 = 0$$

$$\left[H_3O^+(aq)\right]_{éq}^2 + 10^{-pK_A}.\left[H_3O^+(aq)\right]_{éq} - 10^{-pK_A}.c_3 = 0$$

$$\left[H_3O^+(aq)\right]_{éq}^2 + 10^{-4,8} \times \left[H_3O^+(aq)\right]_{éq} - 10^{-4,8} \times 1,60 \times 10^{-3} = 0$$

On résout cette équation du second degré à l'aide de la calculatrice.
http://acver.fr/ti2nddeg



On ne retient que la solution positive.

$\left[H_3O^+(aq)\right]_{éq} = 1,5 \times 10^{-4}$ mol.L^{-1}

$pH = – -\log\left(\left[H_3O^+(aq)\right]_{éq}\right)$

$pH = – -\log\left(1,515154545 \times 10^{-4}\right) = 3,8$

Le pH doit être d'environ 6, il est donc trop acide et ne respecte pas la norme d'acidification.

PARTIE A : Étude du mouvement de la balle lors du « tweener-lob »

A.1. En appliquant la **2ème loi de Newton** ($\sum \vec{F_{ext}} = m \times \vec{a}$) au système {balle} dans le référentiel terrestre considéré galiléen, sachant que la balle est considérée en chute libre puisque tous les frottements sont négligés : $\vec{P} = m \times \vec{g} = m \times \vec{a}$ donc $\vec{a} = \vec{g}$.

Donc $\vec{a}\begin{cases} a_x = g_x = 0 \\ a_y = g_y = -g \end{cases}$

A.2. Par définition, $\vec{a} = \dfrac{d\vec{v}}{dt}$, on primitive les coordonnées de $\vec{a}$ pour obtenir les coordonnées de $\vec{v}$ en tenant compte des conditions initiales (C.I.) :

$$\vec{a}\begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -g \end{cases} \xrightarrow[\text{C.I. : } \vec{v_0}\begin{cases} v_{0x} = (v_0 \times \cos\alpha) \\ v_{0y} = (v_0 \times \sin\alpha) \end{cases}]{\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} \text{ : on primitive}} \boxed{\vec{v}\begin{cases} v_x = (v_0 \times \cos\alpha) \\ v_y = -g \times t + (v_0 \times \sin\alpha) \end{cases}}$$

Par définition, $\vec{v} = \dfrac{d\overrightarrow{OG}}{dt}$, on primitive les coordonnées de $\vec{v}$ pour obtenir les coordonnées de $\overrightarrow{OG}$ en tenant compte des conditions initiales (C.I.) :

$$\vec{v}\begin{cases} v_x = (v_0 \times \cos\alpha) \\ v_y = -g \times t + (v_0 \times \sin\alpha) \end{cases} \xrightarrow[\text{C.I. : } \overrightarrow{OG_0}\begin{cases} x_0 = 0 \\ y_0 = y_0 \end{cases}]{\vec{v} = \frac{d\overrightarrow{OG}}{dt} \text{ : on primitive}} \overrightarrow{OG}\begin{cases} x = (v_0 \times \cos\alpha) \times t + 0 \\ y = -\dfrac{1}{2} g \times t^2 + (v_0 \times \sin\alpha) \times t + y_0 \end{cases}$$

A3. $$\begin{cases} x(t) = (v_0 \times \cos\alpha) \times t \\ y(t) = -\dfrac{1}{2} g \times t^2 + (v_0 \times \sin\alpha) \times t + y_0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} t = \dfrac{x}{(v_0 \times \cos\alpha)} \\ y = -\dfrac{1}{2} g \times \dfrac{x^2}{(v_0 \times \cos\alpha)^2} + (v_0 \times \sin\alpha) \times \dfrac{x}{(v_0 \times \cos\alpha)} + y_0 \end{cases}$$

L'équation de la trajectoire est celle d'une parabole : $\boxed{y(x) = -\dfrac{1}{2} g \times \dfrac{x^2}{(v_0 \times \cos\alpha)^2} + (\tan\alpha) \times x + y_0}$

Calculons chaque terme de l'équation du second degré :

- $-\dfrac{1}{2} g \times \dfrac{1}{(v_0 \times \cos\alpha)^2} = -\dfrac{1}{2} \times 9{,}81 \times \dfrac{1}{\left(\left(\dfrac{55{,}1}{3{,}6}\right) \times \cos(48{,}0°)\right)^2} = -0{,}047 \text{ m}^{-1}$
- $\tan\alpha = \tan(48{,}0°) = 1{,}1$
- $y_0 = 30 \text{ cm} = 0{,}30 \text{ m}$

Donc $y(x) = -0{,}047 \times x^2 + 1{,}1 \times x + 0{,}30$.

A.4. L'adversaire se situe à 3,0 du filet soit à une distance à l'origine $x_A = L + 3{,}0$.
Déterminons l'altitude y_A de la balle à cette distance :
$y(x_A) = -0{,}047 \times (12{,}0 + 3{,}0)^2 + 1{,}1 \times (12{,}0 + 3{,}0) + 0{,}30 = 6{,}2 \text{ m}$
Cette altitude est largement supérieure à la hauteur du tamis de la raquette (4,0m) : la balle passe au-dessus de la raquette.

PARTIE B : Étude énergétique du mouvement de la balle

B.1. L'énergie mécanique de la balle est la somme de son énergie cinétique et de son énergie potentielle de pesanteur : $E_m = E_C + E_{pp}$.

B.2. $E_m(0) = \frac{1}{2} \times m \times v_0^2 + m \times g \times y_0$

soit $E_m(0) = \frac{1}{2} \times 58{,}5 \times 10^{-3} \times \left(\frac{55{,}1}{3{,}6}\right)^2 + 58{,}5 \times 10^{-3} \times 9{,}81 \times 0{,}30 = 7{,}0\ \text{J}$.

B.3. L'énergie mécanique se conserve si le système n'est soumis qu'à des forces conservatives et/ou des forces dont le travail est nul.

B.4. Dans l'hypothèse où on néglige les frottements (force non conservative), la balle n'est soumise qu'à son poids (force conservative) donc l'énergie mécanique se conserve : $E_m(0) = E_m(f)$ où la balle touche le sol (donc son énergie potentielle de pesanteur est nulle).

$E_m(f) = \frac{1}{2} \times m \times v_f^2 = E_m(0) \Leftrightarrow v_f = \sqrt{\frac{2 \times E_m(0)}{m}}$

soit $v_f = \sqrt{\frac{2 \times 7{,}0}{58{,}5 \times 10^{-3}}} = 15{,}5\ \text{m.s}^{-1}$ (soit $55{,}7\ \text{km.h}^{-1}$).

Il ne semble pas raisonnable de négliger les forces de frottements à une telle vitesse alors l'énergie mécanique diminue donc la vitesse réelle doit être inférieure à la valeur calculée ici.

PARTIE A : Charge du condensateur équivalent

A.1. D'après la loi d'additivité des tensions (ou loi des mailles) : $E = u_{R_1} + u_{C,eq}$.

A.2. D'après la loi d'Ohm : $u_{R_1} = R_1 \times i$

De plus, $\left\{\begin{array}{l} i = \dfrac{dq}{dt} \\ q = C_{eq} \times u_{C,eq} \end{array}\right\} \Rightarrow i = \dfrac{d(C_{eq} \times u_{C,eq})}{dt} = C_{eq} \times \dfrac{du_{C,eq}}{dt}$ car C_{eq} constante.

Donc $E = R_1 \times C_{eq} \times \dfrac{du_{C,eq}}{dt} + u_{C,eq}$

$\Leftrightarrow \boxed{\dfrac{du_{C,eq}}{dt} + \dfrac{1}{R_1 \times C_{eq}} \times u_{C,eq} = \dfrac{E}{R_1 \times C_{eq}}}$ (équation différentielle du 1er ordre).

A.3. Méthode 1 : <u>résolution de l'équation différentielle</u>

On écrit l'équation différentielle sous la forme $y' = a.y + b$ qui admet des solutions de la forme $y = K.e^{a.x} - \dfrac{b}{a}$: $\dfrac{du_{C,eq}}{dt} = -\dfrac{1}{R_1 \times C_{eq}} \times u_{C,eq} + \dfrac{E}{R_1 \times C_{eq}}$

Par analogie, $a = -\dfrac{1}{R_1 \times C_{eq}}$ et $b = \dfrac{E}{R_1 \times C_{eq}}$ donc $-\dfrac{b}{a} = -\left(\dfrac{\dfrac{E}{R_1 \times C_{eq}}}{-\dfrac{1}{R_1 \times C_{eq}}}\right) = E$

ainsi les solutions sont de la forme $u_{C,eq}(t) = K.e^{-\frac{t}{R_1 \times C_{eq}}} + E$

En tenant compte des conditions initiales : $u_{C,eq}(0) = 0 = K.e^0 + E$ donc $K = -E$

Finalement on trouve la solution : $u_{C,eq}(t) = E \times \left(1 - e^{-\frac{t}{R_1 \times C_{eq}}}\right)$.

Par analogie avec $u_{C,eq}(t) = E \times \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau_{charge}}}\right)$, on en déduit que $\tau_{charge} = R_1 \times C_{eq}$.

Méthode 2 : <u>On part de la solution proposée et on la remplace dans l'équation différentielle</u>

$\dfrac{du_{C,eq}}{dt} + \dfrac{1}{R_1 \times C_{eq}} \times u_{C,eq} = \dfrac{E}{R_1 \times C_{eq}}$ avec $u_{C,eq}(t) = E \times \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau_{charge}}}\right)$

Donc $\dfrac{d\left(E \times \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau_{charge}}}\right)\right)}{dt} + \dfrac{1}{R_1 \times C_{eq}} \times E \times \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau_{charge}}}\right) = \dfrac{E}{R_1 \times C_{eq}}$

$\Leftrightarrow E \times \left(0 - \left(-\dfrac{1}{\tau_{charge}}\right) \times e^{-\frac{t}{\tau_{charge}}}\right) + \cancel{\dfrac{E}{R_1 \times C_{eq}}} - \dfrac{E}{R_1 \times C_{eq}} \times e^{-\frac{t}{\tau_{charge}}} = \cancel{\dfrac{E}{R_1 \times C_{eq}}}$

$\Leftrightarrow \dfrac{E}{\tau_{charge}} \times e^{-\frac{t}{\tau_{charge}}} - \dfrac{E}{R_1 \times C_{eq}} \times e^{-\frac{t}{\tau_{charge}}} = 0$

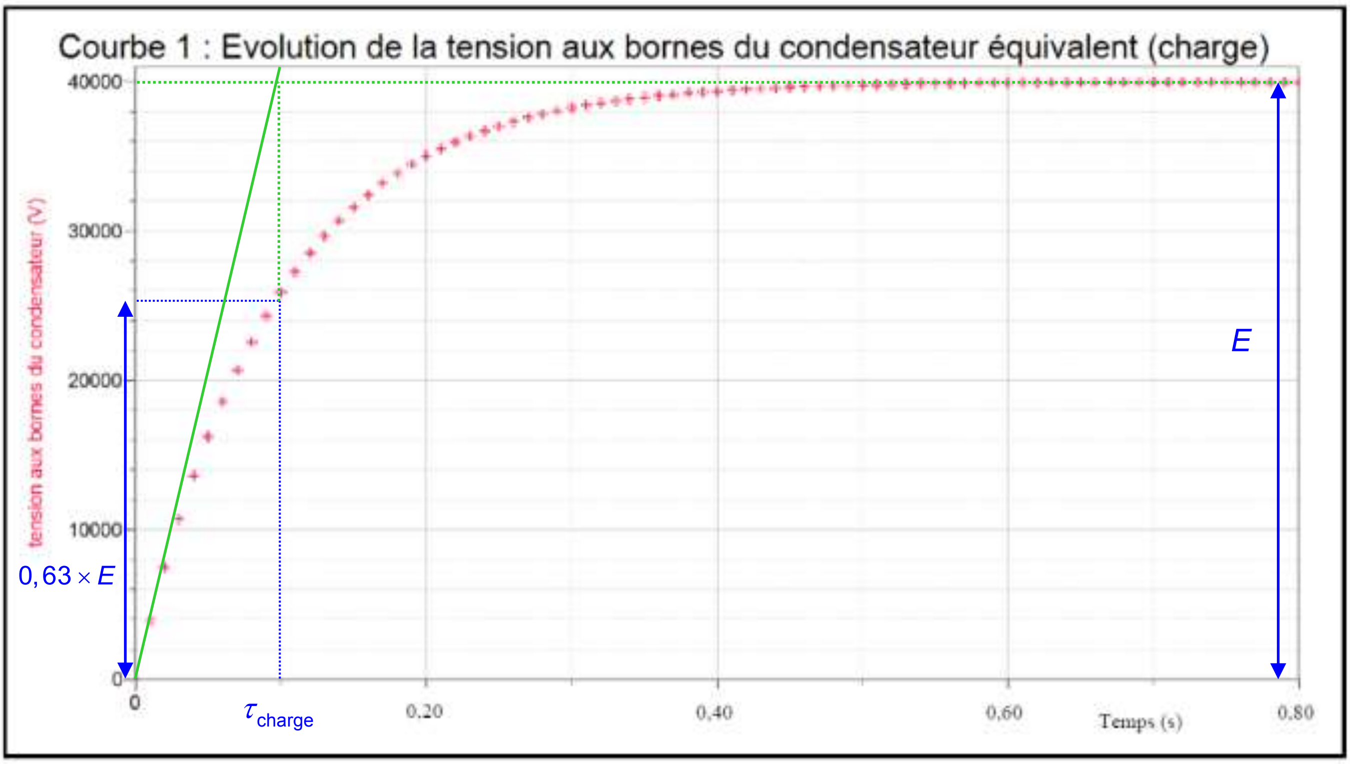
$\Leftrightarrow E\times e^{-\frac{t}{\tau_{\text{charge}}}}\times\left(\frac{1}{\tau_{\text{charge}}}-\frac{1}{R_1\times C_{eq}}\right)=0$ quel que soit t alors $\left(\frac{1}{\tau_{\text{charge}}}-\frac{1}{R_1\times C_{eq}}\right)=0$ donc $\tau_{\text{charge}}=R_1\times C_{eq}$

A.4. **Méthode 1** (en bleu) **:** lors de la charge d'un circuit RC, la tension $u_{C,eq}$ atteint 63% de sa valeur finale pour $t=\tau_{\text{charge}}$.

Méthode 2 (en vert) **:** la tangente à l'origine coupe l'asymptote horizontale pour $t=\tau_{\text{charge}}$.

Graphiquement, on trouve $\tau_{\text{charge}}=0{,}10$ s

Or $\tau_{\text{charge}}=R_1\times C_{eq}\Leftrightarrow C_{eq}=\frac{\tau_{\text{charge}}}{R_1}$ donc $C_{eq}=\frac{0{,}10}{160\times10^3}=6{,}25\times10^{-7}\ \text{F}=625\ \text{nF}$.



A.5. Chaque condensateur ayant une capacité de 200 nF, on en déduit que 3 condensateurs ont été utilisés lors de l'expérimentation.

Remarque : l'écart entre 625 nF et 600 nF s'explique par la précision de la détermination graphique : en effet, pour $C_{eq}=600\ \text{nF}$, $\tau_{\text{charge}}=R_1\times C_{eq}=160\times10^3\times600\times10^{-9}=0{,}096\ \text{s}\approx0{,}10\ \text{s}$

A.6. D'après l'énoncé, $W=\frac{1}{2}\times C_{eq}\times u_{C,eq}^2$

Ainsi, $W_{\max}=\frac{1}{2}\times600\times10^{-9}\times(40\times10^3)^2=480\ \text{J}$ (en prenant la valeur « réelle » de C_{eq})

PARTIE B : Décharge du condensateur équivalent

B.1. D'après l'énoncé : $u_{C,eq}(t) = E \times e^{-\frac{t}{R_2 \times C_{eq}}}$ donc $u_{C,eq}(t = \Delta t) = E \times e^{-\frac{\Delta t}{R_2 \times C_{eq}}}$

Soit $u_{C,eq}(t = \Delta t) = 40 \times 10^3 \times e^{-\frac{12 \times 10^{-6}}{100 \times 600 \times 10^{-9}}} = 3{,}3 \times 10^4$ V = 33 kV.

B.2. D'après l'énoncé, $W = \frac{1}{2} \times C_{eq} \times u_{C,eq}^2$ donc $W_{arc} = \frac{1}{2} \times C_{eq} \times u_{C,eq}^2(t = \Delta t)$

Soit $W_{arc} = \frac{1}{2} \times 600 \times 10^{-9} \times (3{,}3 \times 10^4)^2 = 322$ J (calcul fait avec la valeur non arrondie de $u_{C,eq}$).

B.3. D'après l'énoncé : $\eta = \frac{E_{utile}}{E_{consommée}}$ soit ici $\eta = \frac{W_{arc}}{W_{\max}}$.

Donc $\eta = \frac{322}{480} = 0{,}67 = 67$ % ce qui est relativement correct, bien qu'on puisse regretter que 33% de l'énergie fournie ne soit pas utile.