Bac Général Physique-Chimie + SVT (Physique-chimie et Sciences de la vie et de la Terre)

SUJET D'EXAMEN (SESSION OFFICIELLE)

Physique-chimie - Session 2023

Sujet de l'examen national tel que publié pour la session indiquée. Source : sujets nationaux publiés par le ministère chargé de l'examen et les services académiques. Document mis à disposition par FormaV pour la révision.

Toutes les annales et leurs corrigés : https://bac-physique-svt.fr/annales-sujets-et-corriges

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2023

PHYSIQUE-CHIMIE

JOUR 1

Durée de l'épreuve : 3h30

L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.
L'usage de la calculatrice sans mémoire « type collège » est autorisé.

Dès que le sujet est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Ce sujet comporte 10 pages numérotées de 1/10 à 10/10 avec 3 exercices indépendants.

L'« ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE » (page 10/10) est à rendre impérativement avec la copie, même non complétée.

Le candidat traite les 3 exercices.

Il est rappelé aux candidats que la qualité de la rédaction, la clarté et la précision des explications entreront dans l'appréciation des copies.

EXERCICE I - L'EAU DE BOISSON DES POULES (9 points)

Dans un élevage, l'eau de boisson des poules doit être constamment traitée. Elle doit être désinfectée tout au long de la chaîne de distribution, par exemple avec du peroxyde d'hydrogène H_2O_2, aussi appelé eau oxygénée.

Afin d'éviter le développement d'une flore intestinale pathogène et de servir de vermifuge, le pH de l'eau doit être constamment maintenu entre $5{,}5$ et $6{,}5$.

Données :

- Masse molaire du peroxyde d'hydrogène : $M(H_2O_2) = 34{,}0\ g \cdot mol^{-1}$
- Couples d'oxydoréduction mis en jeu :
  - $H_2O_2(aq)$ / $H_2O(l)$
  - $O_2(g)$ / $H_2O_2(aq)$
  - $MnO_4^-(aq)$ / $Mn^{2+}(aq)$
- Réaction de dismutation du peroxyde d'hydrogène :

  $$2\ H_2O_2(aq) \rightleftarrows 2\ H_2O(l) + O_2(g)$$

  C'est une réaction spontanée mais lente à température ambiante, voire très lente à la température d'un réfrigérateur.

  Le récipient contenant le peroxyde d'hydrogène doit être conservé à l'abri de la lumière afin de ne pas accélérer la réaction de dismutation.
- Valeurs de pK_A à $25\ °C$ du couple acide-base associé :
  - au peroxyde d'hydrogène : $H_2O_2(aq)$ / $HO_2^-(aq)$ $\quad pK_A = 11{,}7$;
  - à l'acide acétique : $C_2H_4O_2(aq)$ / $C_2H_3O_2^-(aq)$ $\quad pK_A = 4{,}8$.
- Valeur de la concentration standard $C^o = 1{,}0\ mol \cdot L^{-1}$

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

L'oxydosane est un décontaminant et acidifiant des eaux de boisson pour animaux. Il est notamment utilisé dans les élevages de poules pondeuses.

C'est une solution composée notamment de peroxyde d'hydrogène. La concentration en masse en peroxyde d'hydrogène dans celle-ci est de $248\ \mathrm{g \cdot L^{-1}}$.

Mode d'emploi (d'après le fabricant GEOSANE) :

Norme 1 : Pour la désinfection et l'acidification (présence de poules dans l'élevage)

- Incorporer OXYDOSANE à raison de $100\ \mathrm{mL}$ à $200\ \mathrm{mL}$ pour un total de $1000\ \mathrm{L}$ d'eau.
- Dose à adapter en fonction du pH souhaité et de la désinfection nécessaire.

Norme 2 : Durant le vide sanitaire (absence de poules dans l'élevage)

- Incorporer OXYDOSANE à raison de $2{,}00\ \mathrm{L}$ pour un total de $100\ \mathrm{L}$ d'eau.
- Temps de contact : au minimum $1\ \mathrm{h}$.
- Faire suivre d'un long rinçage.

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

Afin de vérifier que l'eau de boisson de l'élevage est toujours désinfectée en fin de chaine, l'éleveur prélève $V_1 = 20{,}00 \pm 0{,}05\ \mathrm{mL}$ de cette eau et décide de déterminer sa concentration c_1 en quantité de matière de peroxyde d'oxygène $\mathrm{H_2O_2}$.

Pour cela, il procède au titrage du peroxyde d'oxygène présent dans le volume V_1 prélevé, par une solution de permanganate de potassium $(\mathrm{K^+(aq)}, \mathrm{MnO_4^-\ (aq)})$ acidifiée de concentration en quantité de matière d'ions permanganate égale à $[\mathrm{MnO_4^-}]_i = c_0 = (1{,}00 \pm 0{,}04) \times 10^{-3}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$.

L'équation de la réaction support du titrage est la suivante :

$$2\ \mathrm{MnO_4^-\ (aq)} + 6\ \mathrm{H^+(aq)} + 5\ \mathrm{H_2O_2\ (aq)} \rightarrow 2\ \mathrm{Mn^{2+}(aq)} + 8\ \mathrm{H_2O\ (l)} + 5\ \mathrm{O_2\ (g)}$$

Lors de ce titrage colorimétrique, le volume obtenu à l'équivalence est de $V_{eq} = (6{,}60 \pm 0{,}05)\ \mathrm{mL}$.

L'incertitude type $u(c_1)$ sur la concentration c_1 se calcule à l'aide de la formule :

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

Couleur des espèces chimiques en solution :

Ion permanganate $\mathrm{MnO_4^-}$	Ion hydrogène $\mathrm{H^+}$	Peroxyde d'oxygène $\mathrm{H_2O_2}$	Ion manganèse $\mathrm{Mn^{2+}}$
violette	incolore	incolore	incolore

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

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.

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

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

A.5 Indiquer quelle norme, 1 ou 2, l'éleveur a suivi.

Le fabricant préconise de placer le bidon d'OXYDOSANE, une fois ouvert, dans un endroit sombre et frais. Il peut ainsi être conservé pendant un mois. Passé ce délai, la désinfection n'est plus garantie.

A.6 Justifier le mode de conservation.

PARTIE B : Le traitement de l'eau de boisson des poules d'un particulier

Un particulier possédant des poules doit aussi acidifier l'eau de boisson pour le bien-être et la bonne santé de ses poules. Le pH de cette eau doit être de 6 environ. Pour cela, il dilue du vinaigre dans de l'eau et obtient ainsi une solution aqueuse d'acide acétique de concentration en quantité de matière $c_3 = 1{,}60 \times 10^{-3}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

B.1. Étude de la formule de la molécule d'acide acétique

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.

B.1.3 Donner le nom de l'acide acétique dans la nomenclature internationale.

B.2. L'acide acétique en solution

L'équation de la réaction modélisant la transformation chimique entre l'acide acétique et l'eau s'écrit :

$$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2(\text{aq}) \ + \ \text{H}_2\text{O}\,(\text{l}) \ \rightleftarrows \ \text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2^-(\text{aq}) \ + \ \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$$

B.2.1 Représenter le diagramme de prédominance associé au couple $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2(\text{aq})$ / $\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2^-(\text{aq})$.

B.2.2 Exprimer la constante d'acidité K_A du couple $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2(\text{aq})$ / $\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2^-(\text{aq})$.

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

$$pH = pK_\text{A} + \log\left(\frac{[\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2^-(\text{aq})]}{[\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2(\text{aq})]}\right)$$

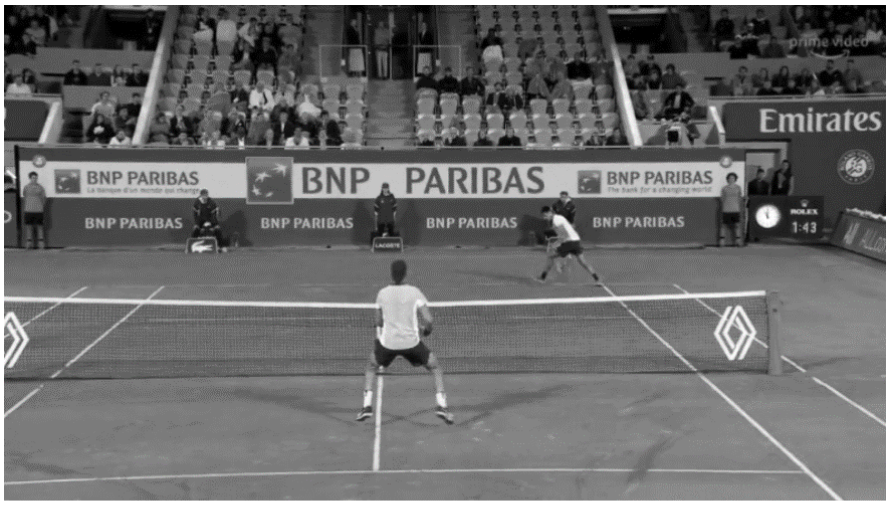
B.2.4 Calculer le pH réel de cette solution et vérifier si le particulier respecte la norme d'acidification pour l'eau de boisson de ses poules.

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.

EXERCICE II - LE « TWEENER-LOB » OU LE COUP ENTRE LES JAMBES (5 points)

Lors des huitièmes de finale de Roland Garros en 2022, Carlos Alcaraz a réalisé un « tweener-lob » contre Karen Khachanov. Pour que le « tweener-lob » soit réussi, la balle doit passer au-dessus de l'adversaire et retomber avant la ligne de fond de court.

On s'intéresse dans cet exercice à ce geste tennistique. L'étude sera menée dans le référentiel terrestre supposé galiléen et le système $\{\text{balle}\}$ sera considéré comme un point matériel noté G. On négligera tout type de frottement.



Le tweener lobé de Carlos Alcaraz contre Khachanov en huitièmes de finale de Roland-Garros 2022.

Source : www.tennislegend.fr

Carlos Alcaraz est situé sur la ligne de fond de court lorsqu'il joue son « tweener-lob ». Il frappe la balle à une hauteur $y_0 = 30{,}0\ \text{cm}$ et lui communique une vitesse $\overrightarrow{v_0}$ contenue dans un plan vertical, de valeur $v_0 = 55{,}1\ \text{km} \cdot \text{h}^{-1}$, et formant un angle $\alpha = 48{,}0°$ avec l'horizontale.

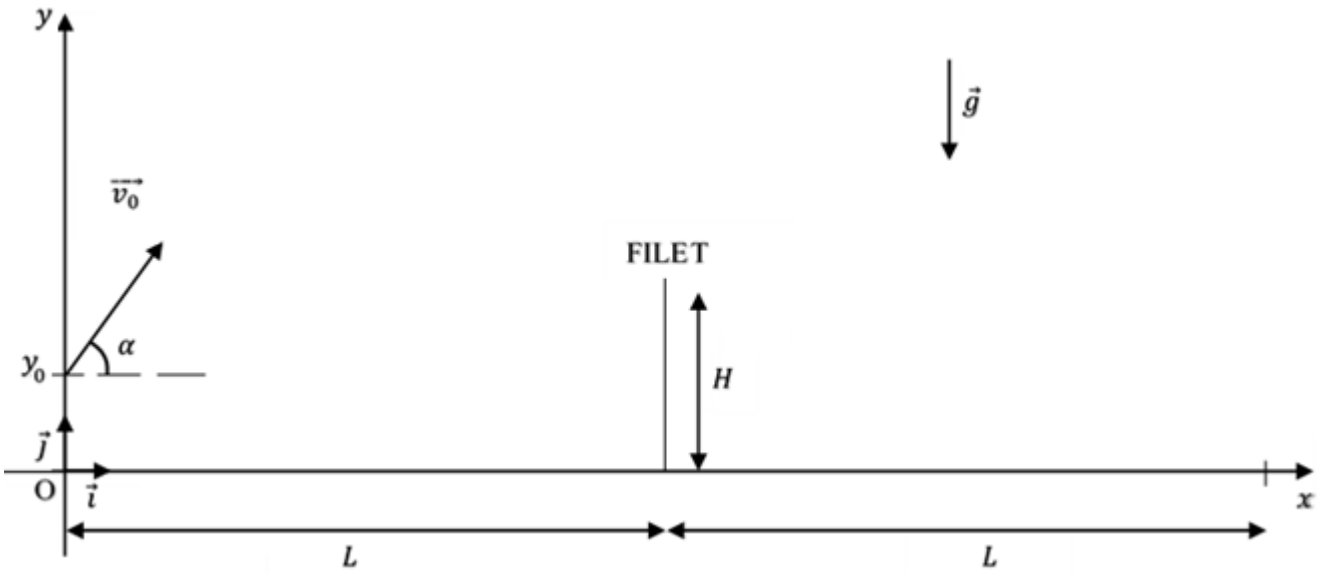


Figure 1 : Représentation schématique de la situation

Données :

- accélération de pesanteur : $g = 9{,}81\ \mathrm{m.s^{-2}}$;
- masse de la balle : $m = 58{,}5\ \mathrm{g}$;
- longueur entre la ligne de fond de court et le filet : $L = 12{,}0\ \mathrm{m}$;
- hauteur du filet : $H = 0{,}914\ \mathrm{m}$.

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

A.1. En appliquant la deuxième loi de Newton, déterminer les coordonnées du vecteur accélération lors du mouvement de la balle dans le repère $(O;\vec{\imath}\,;\vec{\jmath})$.

La balle est frappée à la date $t = 0\ \mathrm{s}$.

A.2. Déterminer, en détaillant chaque étape de votre raisonnement, les équations horaires $x(t)$ et $y(t)$ du point G dans le repère $(O;\vec{\imath};\vec{\jmath})$.

A.3. En déduire que l'équation de la trajectoire de la balle est, dans les unités du système international :

$$y = -0{,}047\ x^2 + 1{,}1\ x + 0{,}30$$

A.4. L'adversaire Karen Khachanov se situe à $3{,}0\ \mathrm{m}$ du filet et le tamis de sa raquette est alors à une hauteur de $4{,}0\ \mathrm{m}$ lorsque Carlos Alcaraz tente de le lober. Déterminer si la balle jouée par C. Alcaraz passe au-dessus de la raquette de son adversaire.

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.

PARTIE B : Étude énergétique du mouvement de la balle

On choisira un axe vertical ascendant et une énergie potentielle de pesanteur nulle à l'origine du repère $(O;\vec{\imath};\vec{\jmath})$.

À $t = 0\ \mathrm{s}$, la balle est située au point $(x_0 = 0\ ;\ y_0 = 0{,}30\ \mathrm{m})$ avec une vitesse $v_0 = 55{,}1\ \mathrm{km \cdot h^{-1}}$.

B.1. Rappeler la définition de l'énergie mécanique E_m de la balle.

B.2. Exprimer l'énergie mécanique $E_\mathrm{m}(0)$ de la balle à $t = 0\ \mathrm{s}$, en fonction de m, g, v_0 et y_0. Calculer sa valeur.

B.3. Indiquer sous quelle condition s'applique la conservation de l'énergie mécanique.

B.4. Calculer la valeur de la vitesse de la balle v_f quand elle retombe au sol. Indiquer si la valeur réellement mesurée par le radar du terrain sera supérieure ou inférieure à celle calculée. Justifier.

EXERCICE III - EXTRACTION DU GAZ DE SCHISTE PAR ÉLECTRO-FRACTURATION (6 points)

L'électro-fracturation est une méthode actuellement à l'étude pour remplacer la fracturation hydraulique et extraire le gaz de schiste.

Deux électrodes sont introduites dans une cavité de la roche, remplie d'eau. Une forte tension électrique, fournie par des condensateurs, est appliquée aux bornes des deux électrodes, ce qui provoque un arc électrique, accompagnée d'une « onde de pression » qui fracture la roche en s'y propageant.

Source : d'après www.senat.fr/rap/r12-640/r12-64020.html

L'objectif de cet exercice est d'étudier la charge et la décharge des condensateurs en se basant sur les données d'une expérimentation menée à l'université de Pau et des Pays de l'Adour.

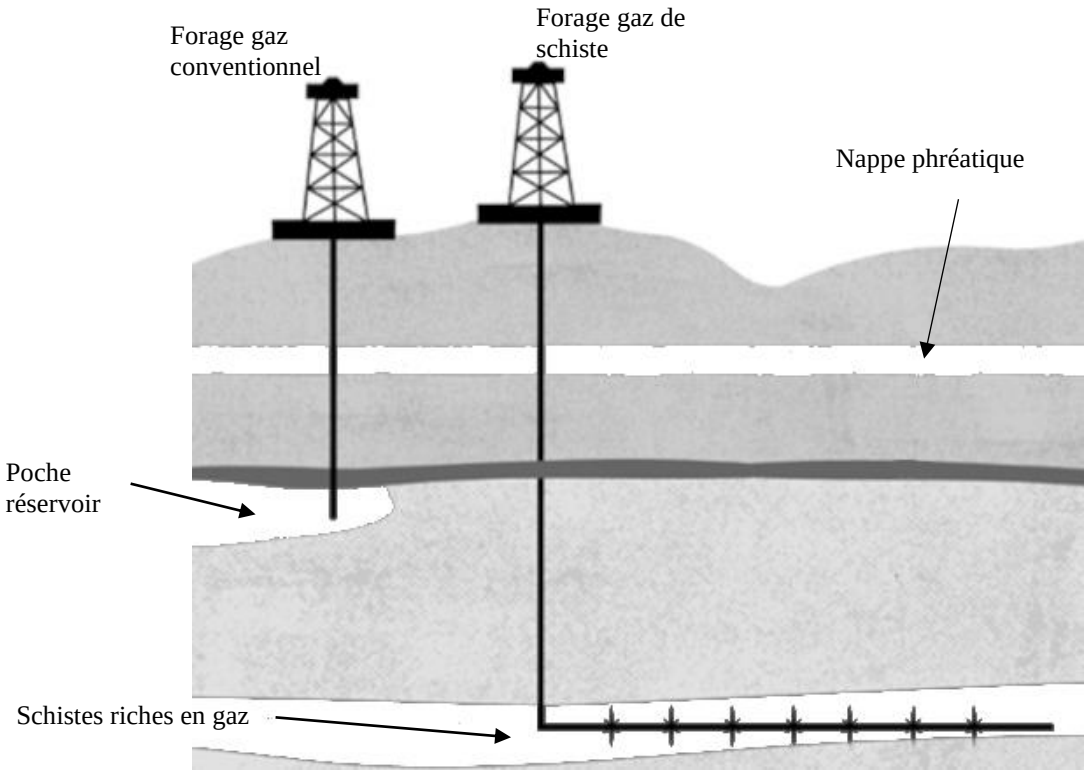


Figure 1 : Exploitation du gaz de schiste et du gaz conventionnel (source : choisir.com)

Données :

- L'énergie stockée par un condensateur peut être calculée avec la relation $W = \frac{1}{2} \times C \times u_C^2$
  avec W : énergie stockée par le condensateur en joules (J) ;
  C : capacité du condensateur en farads (F) ;
  u_C : tension aux bornes du condensateur en volts (V).
- Le rendement énergétique η, en %, peut être calculé avec la relation $\eta = \frac{E_{\text{utile}}}{E_{\text{consommée}}}$.

L'installation électrique permettant d'alimenter les électrodes peut être modélisée de façon simplifiée par un schéma électrique contenant (**figure 2**) :

- un interrupteur deux positions K ;
- une alimentation électrique de tension $E = 40\ \text{kV}$;
- une installation permettant d'intégrer de 1 à 6 condensateurs placés en parallèle, chacun de capacité $C = 200\ \text{nF}$, représentée par un condensateur équivalent de capacité C_{eq} ;
- un conducteur ohmique de résistance $R_1 = 160\ \text{k}\Omega$;
- le système {électrodes + eau} qui peut être modélisé par un conducteur ohmique de résistance $R_2 = 100\ \Omega$.

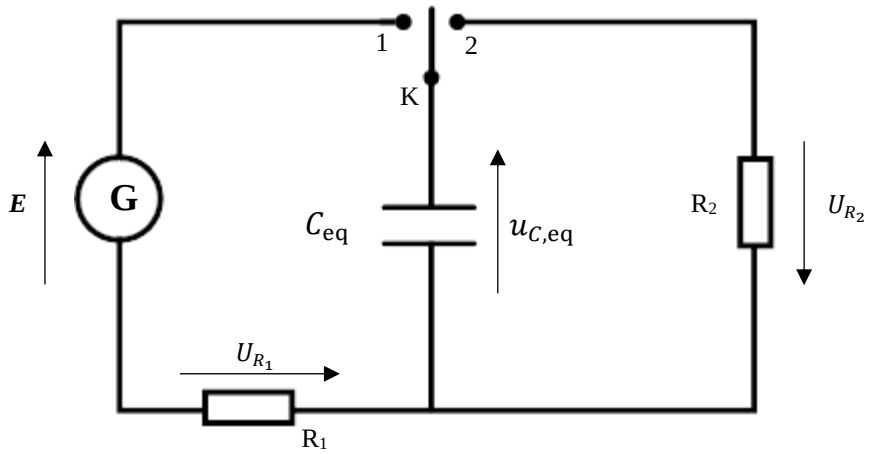


Figure 2 : schéma électrique simplifié de l'installation d'électro-fracturation

PARTIE A : Charge du condensateur équivalent

Dans cette partie, nous allons étudier la charge du condensateur équivalent de capacité C_{eq} pour déterminer l'énergie maximale stockée W_{max}. Le condensateur équivalent est initialement déchargé et l'on ferme l'interrupteur K en position 1 à l'instant $t = 0\ \text{s}$.

A.1. Établir l'expression liant la tension aux bornes du condensateur équivalent $u_{C,\text{eq}}$, celle aux bornes du conducteur ohmique u_{R_1}, et la tension aux bornes de l'alimentation E.

A.2. Établir l'équation différentielle qui régit l'évolution de la tension $u_{C,\text{eq}}$, aux bornes du condensateur équivalent lors de la charge.

A.3. Vérifier que la solution de cette équation différentielle s'écrit : $u_{C,\text{eq}}(t) = E \times (1 - e^{-\frac{t}{\tau_{\text{charge}}}})$ et exprimer τ_{charge} en fonction de R_1 et C_{eq}.

A.4. Déterminer la capacité C_{eq} du condensateur équivalent. On détaillera le raisonnement et fera apparaître clairement une partie de la démarche sur la courbe 1 de **l'annexe à rendre avec la copie (page 10/10)**.

A.5. En déduire le nombre de condensateurs de capacité $C = 200\ \text{nF}$ utilisés lors de l'expérimentation.

A.6. Déterminer l'énergie maximale W_{max} stockée dans le condensateur équivalent chargé.

PARTIE B : Décharge du condensateur équivalent

Avant l'apparition d'un arc électrique entre les deux électrodes, le condensateur équivalent est initialement chargé avec une tension $E = 40\ \mathrm{kV}$, puis il subit une pré-décharge pendant une durée $\Delta t = 12\ \mu s$. On considérera pour la suite de l'exercice que $C_{\mathrm{eq}} = 600\ \mathrm{nF}$.

Durant cette pré-décharge, la tension aux bornes du condensateur équivalent évolue selon l'expression $u_{C,\mathrm{eq}}(t) = E \times e^{-\frac{t}{R_2 C_{\mathrm{eq}}}}$.

À $t = 0\ \mathrm{s}$, on ferme l'interrupteur K en position 2.

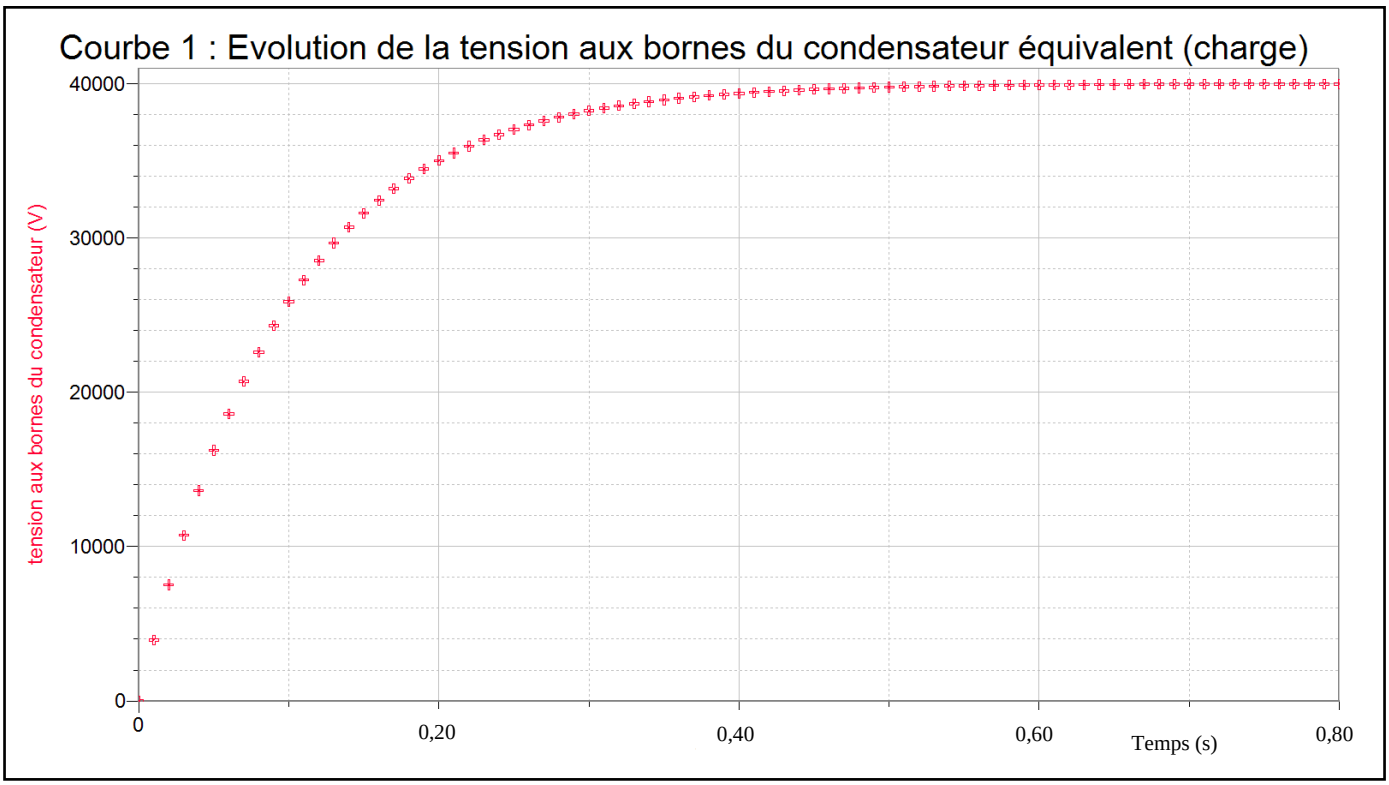
B.1. Déterminer la valeur de la tension $u_{C,\mathrm{eq}}(t = \Delta t)$ aux bornes du condensateur équivalent à la fin de la pré-décharge.

B.2. En déduire la valeur de l'énergie restante W_{arc} dans le condensateur équivalent et disponible pour la création de l'arc électrique.

B.3. Calculer le rendement énergétique η de l'installation étudiée permettant la création de l'arc électrique. Commenter.

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE (même non complétée)

EXERCICE III : Charge du condensateur équivalent



Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2