

EXI. Cinétique chimique.

A. Cinétique de la dégradation de l’ozone

On étudie la dégradation de l’ozone O_3 en solution aqueuse selon l’équation $O_{3(aq)} = \frac{3}{2} O_{2(aq)}$

On suppose que la réaction admet un ordre α par rapport à l’ozone On note k la constante de vitesse.

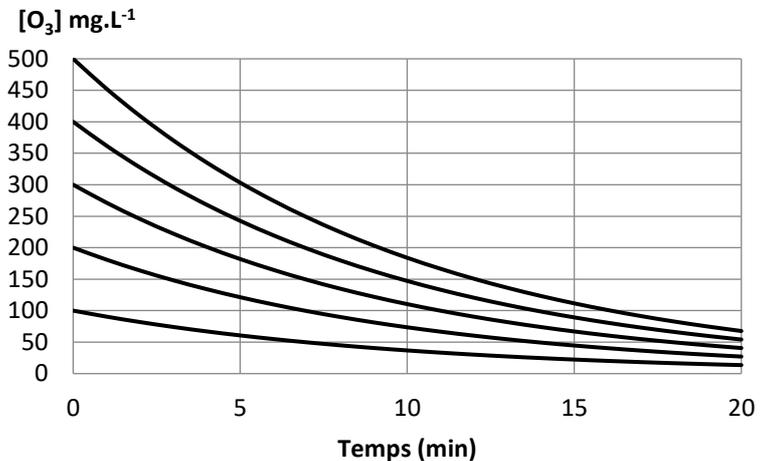
- 1) Ecrire et résoudre l’équation différentielle régissant l’évolution de la concentration d’ozone dans l’hypothèse où $\alpha = 1$. En déduire l’expression du temps de demi-réaction.
- 2) Mêmes questions pour $\alpha = 2$.

Les résultats suivants sont obtenus (à $T_1 = 20^\circ C$ et à pH 7,0) pour diverses concentrations initiales en ozone dissous en présence de charbon actif :

- 3) A partir des temps de demi-réaction, indiquer la valeur probable de α .
En déduire la valeur de la constante de vitesse $k(T_1)$ ($\ln(2) \approx 0,69$).
A $T_1 = 20^\circ C$ et pH 7,0, en l’absence de charbon actif, le temps de demi-réaction vaut 13,1 min.

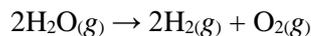
4) Indiquer le rôle du charbon actif. Justifier.

5) A $T_2 = 30^\circ C$ et pH 7,0, en présence de charbon actif, la constante de vitesse vaut $k(T_2) = 0,18 \text{ min}^{-1}$. Quel est le rôle de la température sur la réaction ? Quelle est la loi qui explique ce résultat ? (Donner son expression).



B. Décomposition de la vapeur d’eau

La vapeur d’eau se décompose, en phase gazeuse, suivant certaines conditions en dihydrogène et en dioxygène :



On étudie cette réaction à une température T dans un récipient de volume constant. On introduit à l’instant $t = 0$ une quantité de matière n_0 de vapeur d’eau et on suit l’évolution de la pression totale P au cours du temps, ce qui est traduit dans le tableau ci-dessous :

$t (s)$	0	2	4	10	20	30
$P (bar)$	20,00	20,71	21,19	22,70	24,68	26,15

Constante des gaz parfaits : $R = 8,314 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$.

- 1) Exprimer la vitesse de réaction en fonction de $[H_2O]$, qui correspond ici à un nombre de moles gazeuses de H_2O par unité de volume .
- 2) Montrer que, si la réaction est d’ordre 1, la pression totale P obéit à la relation :

$$\ln \left(3 - 2 \frac{P}{P_0} \right) = -2kt$$

où k est la constante de vitesse et P_0 la pression initiale à la date origine.

3) Une régression linéaire donne : $\ln(3-2\frac{P}{P_0}) = -3,163 \cdot 10^{-2} s^{-1} \cdot t + b$ avec $b = 2,182 \cdot 10^{-3} \approx 0$ (avec un coefficient de régression linéaire $R^2 = 0,9998$). Que peut-on en déduire ? Donner la constante k de la réaction à la température T .

4) Etablir l'expression du temps de demi-réaction et calculer sa valeur à la température T .

5) On donne le temps de demi-réaction $\tau_1 = 1841 s$ à $T_1 = 1000 K$ et $\tau_2 = 0,256 s$ à $T_2 = 1500 K$. Déterminer l'expression de l'énergie d'activation E_a de la réaction, du facteur préexponentiel A (facteur de fréquence) et de la température T de travail.

Calculer de manière approchée E_a

On donne : $\ln(0,12) \approx -2,1$; $\ln 10 \approx 2,3$

EXII. Physique quantique

Données :

Masse de l'électron : $m_e = 9 \cdot 10^{-31} kg$

Charge élémentaire : $e = 1,6 \cdot 10^{-19} C$

Vitesse de la lumière : $c = 3 \cdot 10^8 m \cdot s^{-1}$

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

Constante de Boltzmann $k_B = 1,4 \cdot 10^{-23} J/K$

$2,2 \times 1,6 \approx 3,5$; $\frac{6,6}{5,46} \approx 1,2$; $\sqrt{2} = 1,4$; $\frac{6,6}{\sqrt{130}} \approx 0,57$

1) Seuil photoélectrique du potassium :

On éclaire la cathode d'une cellule photoélectrique avec une lumière monochromatique, de longueur d'onde $\lambda = 46 nm$ (raie verte du mercure). La photocathode est en potassium et son travail de sortie est $W_s = 2,24 eV$. Calculer la longueur d'onde du seuil photoélectrique, en déduire si l'effet photoélectrique a lieu ; dans ce cas évaluer l'énergie cinétique maximale des électrons que peut extraire un tel rayonnement de la cathode. En déduire leur vitesse maximale de sortie.

2) Longueur d'onde broglieenne λ_{DB} des neutrons :

Calculer la longueur d'onde λ_{DB} de neutrons à $T = 300 K$, sachant qu'ils sont non relativistes et que la relation entre leur énergie cinétique E_c et la température est $E_c = \frac{3}{2} k_B T$.

Cette source de neutrons est-elle adaptée pour l'étude de la diffraction des neutrons par des cristaux, sachant que la dimension d'une maille cristalline vaut typiquement $0,3 nm$? Justifier par un calcul.

3) Electron de l'atome d'hydrogène :

L'électron de l'atome d'hydrogène est modélisé très simplement par une particule de masse m astreinte à se déplacer librement sur un axe Ox dans un puits d'énergie potentielle infiniment profond, unidimensionnel, de largeur L .

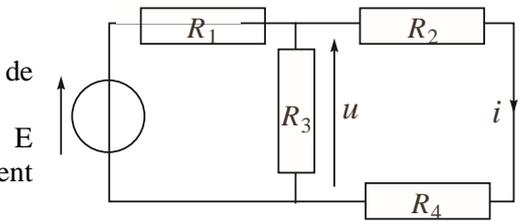
a) Déduire des conditions aux limites que l'état associé à la particule est une superposition d'ondes stationnaires ; quelle analogie est-il possible d'invoquer ?

b) Déterminer l'énergie E_n du mode propre (niveau) n en fonction de h , L , m et n .

EXIII. Déterminer, pour le circuit ci-contre, l'intensité i qui traverse la résistance R_2 et la tension u aux bornes de la résistance R_3 en fonction des données E , R_1 , R_2 , R_3 et R_4 .

1. En utilisant les lois de Kirchhoff. (3 équations, 3 inconnues dont i).

2. En faisant des associations de résistances et en appliquant le diviseur de tension .
3. En faisant des associations de résistances et en appliquant le diviseur de courant.
4. En faisant une transformation Thévenin \rightarrow Norton (puis éventuellement Norton \rightarrow Thévenin).
5. Faire l'A.N. pour $E = 6 \text{ V}$, $R_1 = 100 \Omega$, $R_2 = R_3 = R_4 = 50 \Omega$



EXIV.

Intérêt d'une « batterie tampon »

Il s'agit d'illustrer l'intérêt, dans un réseau électrocinétique, d'une batterie tampon (ou de secours).

1. Une pile notée **(1)**, de résistance interne r_1 constante, alimente, à partir d'un instant pris comme instant initial $t = 0$ (date de fermeture de l'interrupteur **K**), un résistor **AB**, de résistance R (figure C.1). Cette pile présente une force électromotrice (f.é.m.) $e_1(t)$ qui, lorsqu'elle débite, décroît linéairement au cours du temps selon la loi $e_1(t) = e_o - k t$, avec e_o et k constantes positives.

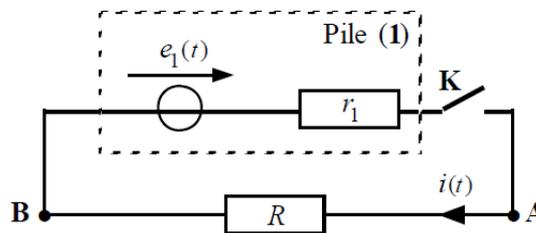


Figure C.1

Exprimer, en fonction de certaines des données de l'énoncé (e_o , k , r_1 et R), les grandeurs suivantes :

- a) le courant $i(t)$ qui circule, au temps t , dans le résistor **AB** de résistance R ;
 - b) la variation $\eta = di(t)/dt$ de ce courant $i(t)$ avec le temps.
2. L'expérience précédente est recommencée, mais avec un montage modifié. Dans le but de stabiliser le courant dans le résistor de résistance R , une batterie d'accumulateurs, notée **(2)**, de résistance interne r_2 et de f.é.m. e_2 (caractéristiques constantes pour la durée de l'expérience), est branchée aux bornes du dipôle **AB**. A partir d'un instant pris comme instant initial $t = 0$, l'interrupteur **K** est fermé. La f.é.m. de la pile **(1)** vaut : $e_1(t = 0) = e_o$ à la fermeture de **K**, puis $e_1(t) = e_o - kt$ pour $t > 0$ (figure C.2, page 5).

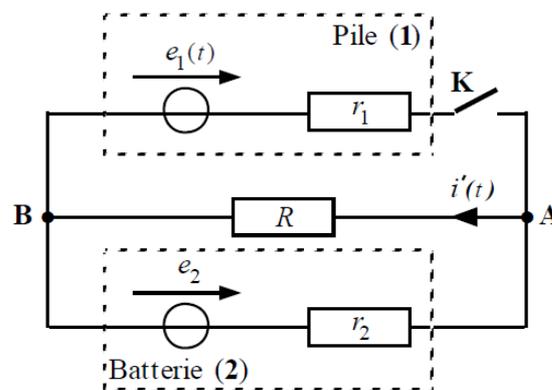


Figure C.2

Exprimer, en fonction de certaines des données de l'énoncé (e_o , k , e_2 , r_1 , r_2 et R), les grandeurs suivantes :

- a) le courant $i'(t)$ qui circule, au temps $t > 0$, dans le résistor **AB** de résistance R ;
 - b) la variation $\eta' = di'(t)/dt$ de ce courant $i'(t)$ avec le temps.
3. Applications numériques : $e_o = 6,0 \text{ V}$; $k = 5,0 \times 10^{-4} \text{ V s}^{-1}$; $e_2 = 4,0 \text{ V}$;
 $r_1 = 5,0 \text{ } \Omega$; $r_2 = 1,0 \times 10^{-1} \text{ } \Omega$; $R = 10 \text{ } \Omega$.
 - a) Calculer $i(t=0)$ et $i'(t=0)$, courants à l'instant initial (date de fermeture de l'interrupteur **K**) dans le résistor de résistance R .
 - b) Comparer les valeurs numériques de η et η' .
 - c) La présence de la batterie **(2)** dans le montage se justifie-t-elle ?

.....

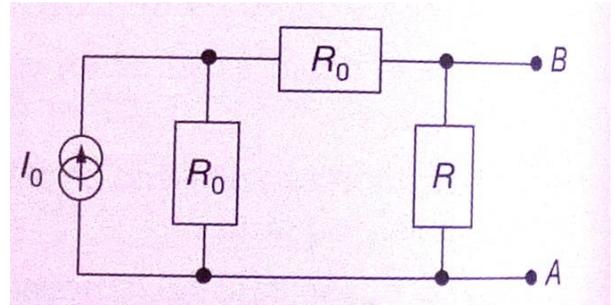
EXV Convertisseur numérique -analogique (CAN).

Un CAN permet de produire une grandeur analogique (tension électrique) , image d'une grandeur numérique , issue d'un système numérique tel qu'un ordinateur.

On considère le dispositif suivant, comportant une source idéale de courant et des conducteurs ohmiques.

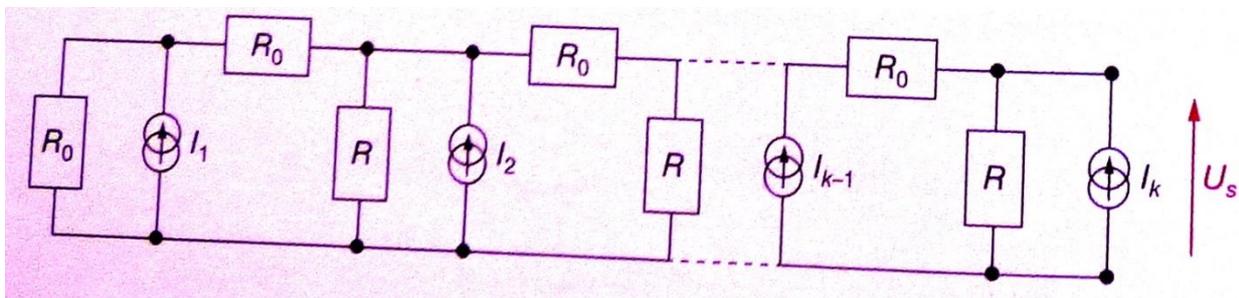
1.Déterminer la relation entre R et R_0 pour que la tension à vide du générateur de Thévenin équivalent au dipôle AB soit égale à $\frac{R_0 I_0}{2}$.

On retiendra désormais cette valeur pour R durant toute la suite.



2. Que vaut l'intensité de court-circuit du dipôle ? Que vaut la résistance interne du générateur de Thévenin équivalent au dipôle AB ? Donner le schéma équivalent de Norton .

3. Dans le dispositif suivant ,composé de k cellules, exprimer U_s en fonction de R_0 et des I_i ($i=1$ à k)



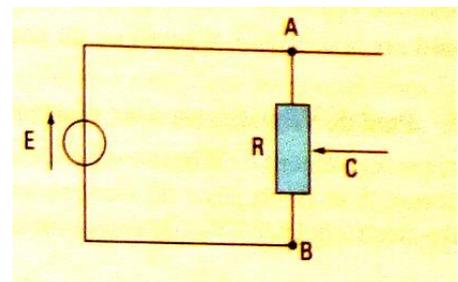
4. En réalité ,chaque source de courant délivre une intensité égale à 0 ou I_0 .On définit ainsi une variable binaire $a_i = 0$ ou 1 telle que $I_i = a_i \cdot I_0$.Exprimer U_s en fonction des a_i ,de R_0 et I_0 .

5. Soit un entier N écrit sous la forme binaire $N = \sum_{i \geq 0} b_i 2^i$. Par exemple 5 s'écrit en binaire 101 car $5 = 1 \cdot 2^0 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^2$.Comment choisir les coefficients a_i ,dans le dispositif précédent , pour que U_s soit proportionnelle à N ?

Pour une structure à $k = 8$ cellules (octet) , quelle plage de valeurs de N peut -on convertir ?

EXVI. Montage potentiométrique.

Une source idéale de tension E est branchée sur un rhéostat AB (ou potentiomètre) de résistance totale R . On utilise ce rhéostat entre A et C ; soit r la résistance de la partie AC . Montrer que le montage , vu de A et C , est équivalent à un générateur dont on déterminera les caractéristiques .



CORR DS3

EX1 :

A)

1) Notons $c = [O_3]$. Pour un ordre 1, on a $dc/dt = -kc$ soit après intégration, $\ln(c/c_0) = -kt$.

Au temps de demi-réaction $t_{1/2}$, $c = c_0/2$ donc $t_{1/2} = (\ln 2)/k$. On constate que $t_{1/2}$ ne dépend pas de la concentration initiale c_0 .

2) Pour un ordre 2, on a $dc/dt = -kc^2$ soit après intégration, $1/c - 1/c_0 = kt$. Au temps de demi-réaction $t_{1/2}$, $c = c_0/2$ donc $t_{1/2} = 1/(c_0 k)$. On constate que $t_{1/2}$ dépend de la concentration initiale c_0 .

3) $t_{1/2} = 7$ min quelle que soit la concentration initiale donc, d'après ce qui a été dit plus haut, la valeur probable de l'ordre vaut $\alpha = 1$.

AN : $k(T_1) = \ln(2)/t_{1/2} = 0,69/7 \text{mn} = \underline{0,1 \text{ min}^{-1}} = \underline{1,6 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}}$.

4) Le charbon actif **accélère** la réaction à température fixée : c'est un **catalyseur**.

5) $0,18 \text{ min}^{-1} > 0,1 \text{ min}^{-1}$ donc la réaction est plus rapide. La loi d'Arrhenius donne l'expression de la constante de vitesse en fonction de la température : $k(T) = A e^{-E_a/RT}$ ou $d \ln k / dT = E_a / RT^2$

B)

1) $v = -\frac{1}{2} \frac{d[H_2O]}{dt}$

2)(Tableau en mol)

$H_2O (g)$	$= 2H_2(g)$	$+O_2 (g)$	
n_0	0	0	
$n_0 - 2 \xi$	2ξ	ξ	$n_T = n_0 + \xi$

Réaction d'ordre 1 : $v = k[H_2O]$ soit $-\frac{1}{2} \frac{d[H_2O]}{dt} = k[H_2O]$ soit(intégration à variables séparées) :

$[H_2O] = [H_2O]_0 \cdot \exp(-2kt)$ ou $\ln\left(\frac{[H_2O]}{[H_2O]_0}\right) = -2kt$ (1) ; on a aussi $[H_2O]_0 = \frac{n_0}{V}$, V étant le volume total du réacteur, $[H_2O] = \frac{n_0 - 2\xi}{V}$

La loi des GP pour un gaz pur et pour un mélange idéal gazeux donne : $p_{H_2O} = [H_2O]RT$, la pression partielle en H_2O dans le mélange idéal, $P_0 = [H_2O]_0 RT = \frac{n_0}{V} RT$ la pression totale initiale ainsi que $P = \frac{n_T}{V} RT$ la pression totale, $\frac{[H_2O]}{[H_2O]_0}$ devient $\frac{p_{H_2O}}{P_0} = \frac{n_0 - 2\xi}{n_T} P \cdot \frac{1}{P_0} = \frac{n_0 - 2\xi}{n_0}$

Or $\xi = n_T - n_0$ donc $n_0 - 2\xi = n_0 - 2(n_T - n_0) = 3n_0 - 2n_T$ et $\frac{P}{P_0} = \frac{n_T}{n_0}$ et donc

$\frac{[H_2O]}{[H_2O]_0} = \frac{3n_0 - 2n_T}{n_0} P \cdot \frac{1}{P_0} = 3 - 2\frac{P}{P_0}$ d'où (1) qui devient : $\ln\left(3 - 2\frac{P}{P_0}\right) = -2kt$

3) On en déduit que la réaction est bien d'ordre 1 et que $-2k = -3,163 \cdot 10^{-2} \text{s}^{-1}$ soit $k = 1,58 \cdot 10^{-2} \text{s}^{-1}$

4) Cours ici $\tau_{1/2} = \frac{\ln 2}{2k} \approx \frac{1}{3 \cdot 10^{-2} \text{s}^{-1}} \approx \underline{30 \text{ s}}$ en prenant $\ln 2 \approx 1$

5) La loi d'Arrhenius relie k à chaque valeur de la température T, par le biais de A et E_a :

$k=A \exp(-E_a/RT)$ avec $R =8,31$ SI mais A est inconnue ; il faut donc exploiter les valeurs de k_1 et k_2 correspondant à respectivement T_1 et T_2 .

on a $\ln k_1 = \ln A - \frac{E_a}{RT_1}$ et $\ln k_2 = \ln A - \frac{E_a}{RT_2}$ qui combinées entre elles donnent :

$$\ln\left(\frac{k(T_1)}{k(T_2)}\right) = \ln\left(\frac{Ae^{-E_a/RT_1}}{Ae^{-E_a/RT_2}}\right) = \frac{E_a}{R}\left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right) \text{ d'où } \boxed{E_a = \frac{R \ln\left(\frac{k(T_1)}{k(T_2)}\right)}{\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}}}$$

$= -R \ln\left(\frac{\tau_2}{\tau_1}\right) \cdot \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)^{-1}$ puisque ,comme $\tau_{1/2} = \frac{\ln 2}{2k}$ pour cette cinétique d'ordre 1 , on a donc $\frac{k_1}{k_2} = \frac{\tau_2}{\tau_1}$, rapport des temps de 1/2 réactions aux températures T_2 et T_1 .

$$\underline{E_a} \approx -8. \ln(0,25/2000) \cdot (1/1000 - 1/1500)^{-1} \approx 8.(-2,1 -3.2,3) \cdot 3.10^{-4} \approx \underline{2,5 \cdot 10^5 \text{ J/mol}}$$

Pour trouver A , on utilise soit le couple (τ_1, T_1) soit le couple (τ_2, T_2) ($k_1 = 1,8 \cdot 10^{-4} \text{ s}$ et $k_2 = 1,35 \text{ s}$) par ex $A = k_1 \cdot \exp(\underline{E_a}/RT_1)$ (cela donne $A \approx 7.10^8 \text{ s}^{-1}$ et la même chose avec (k_2, T_2))
Pour trouver la temp. de travail de l'exercice, on peut utiliser, connaissant A et $\underline{E_a}$:

$T = -\frac{E_a}{R} \left(\ln \frac{k}{A}\right)^{-1} = \frac{E_a}{R} \left(\ln \frac{A}{k}\right)^{-1}$ avec la valeur de $k = 1,58 \cdot 10^{-2} \text{ s}^{-1}$ (cela donne $T \approx 1200 \text{ K}$ qui est bien compris entre T_2 et T_1 , puisque $\tau \approx 30 \text{ s}$ est bien compris entre τ_2 et τ_1)

EXII.1) $h\nu = W_S + E_c$ où E_c est l'énergie cinétique max des e^- . Le seuil correspond à $E_c=0$ donc

$$W_S = h\nu_S = \frac{hc}{\lambda_S} \text{ d'où } \underline{\lambda_S} = \frac{hc}{W_S} = (6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8) / (2,2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}) \approx \underline{6 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 600 \text{ nm}}$$

$$\underline{E_c} = h\nu - W_S = \frac{hc}{\lambda} - W_S = (6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8) / (46 \cdot 10^{-9}) - 2,24 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \approx 4,5 \cdot 10^{-18} - 3,5 \cdot 10^{-19}$$

$$\approx (40) \cdot 10^{-19} = \underline{4 \cdot 10^{-18} \text{ J}} \quad \text{dc } \underline{v} = \sqrt{\frac{2E_c}{m}} \approx \sqrt{\frac{4 \cdot 10^{-18}}{10^{-30}}} \approx \underline{3 \cdot 10^6 \text{ m/s}}$$

2) $\lambda = \frac{h}{p}$ avec $p = \sqrt{3mk_B T} \approx 1,2 \cdot 10^{-25} \text{ SI}$, m étant la masse du neutron et k_B la constante de Boltzmann.

$\lambda = \frac{6,6 \cdot 10^{-34}}{12 \cdot 10^{-26}} \approx 5 \cdot 10^{-9} \text{ m}$ qui est plus de 10 fois supérieure à la maille cristalline ($3 \cdot 10^{-10} \text{ m}$), donc les neutrons ont un comportement quantique mais leur longueur d'onde de DB est trop grande dc inadaptée.

3)a) analogie avec les ondes stationnaires prenant naissance dans une corde vibrant entre 2 extrémités fixes : $\lambda = \frac{h}{p} = \lambda = \frac{2L}{n}$ n étant le nombre entier repérant le mode propre de vibration ($n=1$ pour le mode fondamental)

b) On obtient dc $p = \frac{nh}{2L}$ et $E = E_C + 0$ puisque $E_p = 0$ dans l'intervalle $[0, L]$

$$\underline{E} = \frac{p^2}{2m} = \frac{n^2 h^2}{8mL^2} \text{ donc l'énergie est quantifiée (on a } E = n^2 \cdot E_1 \text{ avec } E_1 = \frac{h^2}{8mL^2} \text{)}$$

EXIII

1) Soit j le courant descendant dans la branche centrale, et I celui sortant du générateur

$$\text{on a : } E - R_1 I - R_3 j = 0 \quad (1)$$

$$-R_3 j + (R_2 + R_4) i = 0 \quad (2)$$

$$I = i + j \quad (3)$$

(1) : $E - R_1(i+j) - R_3j = 0 = E - R_1i - j(R_1 + R_3)$ soit , en utilisant j provenant de (2) :

$$E - R_1i - (R_1 + R_3)(R_2 + R_4) \cdot \frac{1}{R_3}i = 0$$

$$\text{D'où } i = \frac{ER_3}{R_1R_3 + (R_1 + R_3)(R_2 + R_4)} \text{ puis on fait } u = (R_2 + R_4)i = \frac{E(R_2 + R_4)R_3}{R_1R_3 + (R_1 + R_3)(R_2 + R_4)}$$

2. On associe les résistances ainsi : pour avoir une seule maille avec générateur E en série avec R_1 , en série avec $R_3 // (R_2 + R_4)$. u est la tension aux bornes de cette résistance équivalente $R_3 // (R_2 + R_4)$. On a donc un pont diviseur de tension par rapport à E :

$$u = \frac{R_3(R_2 + R_4)}{R_3 + (R_2 + R_4)} \cdot \frac{1}{R_1 + \frac{R_3(R_2 + R_4)}{R_3 + (R_2 + R_4)}} \cdot E = \frac{E(R_2 + R_4)R_3}{R_1R_3 + (R_1 + R_3)(R_2 + R_4)} \text{ puis on trouve } i \text{ par } i = \frac{u}{R_2 + R_4}$$

3. Début identique à 2. : une seule maille avec générateur E en série avec R_1 , en série avec $R_3 // (R_2 + R_4)$ puis formule du diviseur de courant , I étant le courant sortant du générateur :

$$i = \frac{\frac{1}{R_2 + R_4}}{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_2 + R_4}} \cdot I = \frac{R_3}{R_2 + R_3 + R_4} \cdot I \text{ mais } I \text{ inconnu, pour cela il faut connaître la } R_{eq} \text{ de l'ensemble aux}$$

bornes de E soit $R_{eq} = R_1 + \frac{R_3(R_2 + R_4)}{R_3 + (R_2 + R_4)}$ puis $I = \frac{E}{R_{eq}} = \frac{E(R_2 + R_3 + R_4)}{R_1R_3 + (R_1 + R_3)(R_2 + R_4)}$ dc, en remplaçant l'expression de I dans i :

$$i = \frac{R_3}{R_2 + R_3 + R_4} \cdot \frac{E(R_2 + R_3 + R_4)}{R_1R_3 + (R_1 + R_3)(R_2 + R_4)} = \frac{ER_3}{R_1R_3 + (R_1 + R_3)(R_2 + R_4)}$$

4. La maille de gauche équivaut à un générateur de Norton avec $\eta = \frac{E}{R_1}$ et une résistance interne en // valant R_1 qu'on regroupe ensuite avec R_3 faisant ainsi $R_1 // R_3$ soit $\frac{R_3R_1}{R_3 + R_1}$ (*), qu'on transforme ensuite en générateur de Thévenin avec $e = \frac{E}{R_1} \cdot \frac{R_3R_1}{R_3 + R_1} = \frac{R_3E}{R_3 + R_1}$ en série avec $\frac{R_3R_1}{R_3 + R_1}$ sur lequel est connectée la branche de droite $(R_2 + R_4)$ du circuit soit finalement un courant i (Loi de Pouillet)

$$i = \frac{\frac{R_3E}{R_3 + R_1}}{\frac{R_3R_1}{R_3 + R_1} + R_2 + R_4} = \frac{E(R_2 + R_4)R_3}{R_1R_3 + (R_1 + R_3)(R_2 + R_4)} \text{ puis } u = (R_2 + R_4)i$$

(*) R_q : A ce stade , on peut aussi utiliser la formule du diviseur de courant :

$$i = \frac{E}{R_1} \cdot \frac{\frac{1}{R_2 + R_4}}{\frac{R_3 + R_1}{R_3 R_1} + \frac{1}{R_2 + R_4}} = \dots = \frac{E(R_2 + R_4)R_3}{R_1R_3 + (R_1 + R_3)(R_2 + R_4)}$$

5. Avec $R_2 = R_3 = R_4 = R$; alors $R_{eq} = 2R$; $i = E/8R = 15\text{mA}$ et $u = 2Ri = 1,5\text{V}$