

Exercice 01: « Extraction du gaz de schiste par électro-fracturation » -10 points

PARTIE A : Charge du condensateur équivalent

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

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

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

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

$\Leftrightarrow \frac{du_{C,eq}}{dt} + \frac{1}{R_1 \times C_{eq}} \times u_{C,eq} = \frac{E}{R_1 \times C_{eq}}$ (équation différentielle du 1^{er} ordre). **1,5 p**

A.3. Méthode 1 : résolution de l'équation différentielle

On écrit l'équation différentielle sous la forme $y' = a.y + b$ qui admet des solutions de la

forme $y = K.e^{a.x} - \frac{b}{a}$: $\frac{du_{C,eq}}{dt} = -\frac{1}{R_1 \times C_{eq}} \times u_{C,eq} + \frac{E}{R_1 \times C_{eq}}$

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

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 : $u_{C,eq}(t) = E \times \left(1 - e^{-\frac{t}{R_1 \times C_{eq}}} \right)$. **1 p**

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 : On part de la solution proposée et on la remplace dans l'équation différentielle

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

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

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

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

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

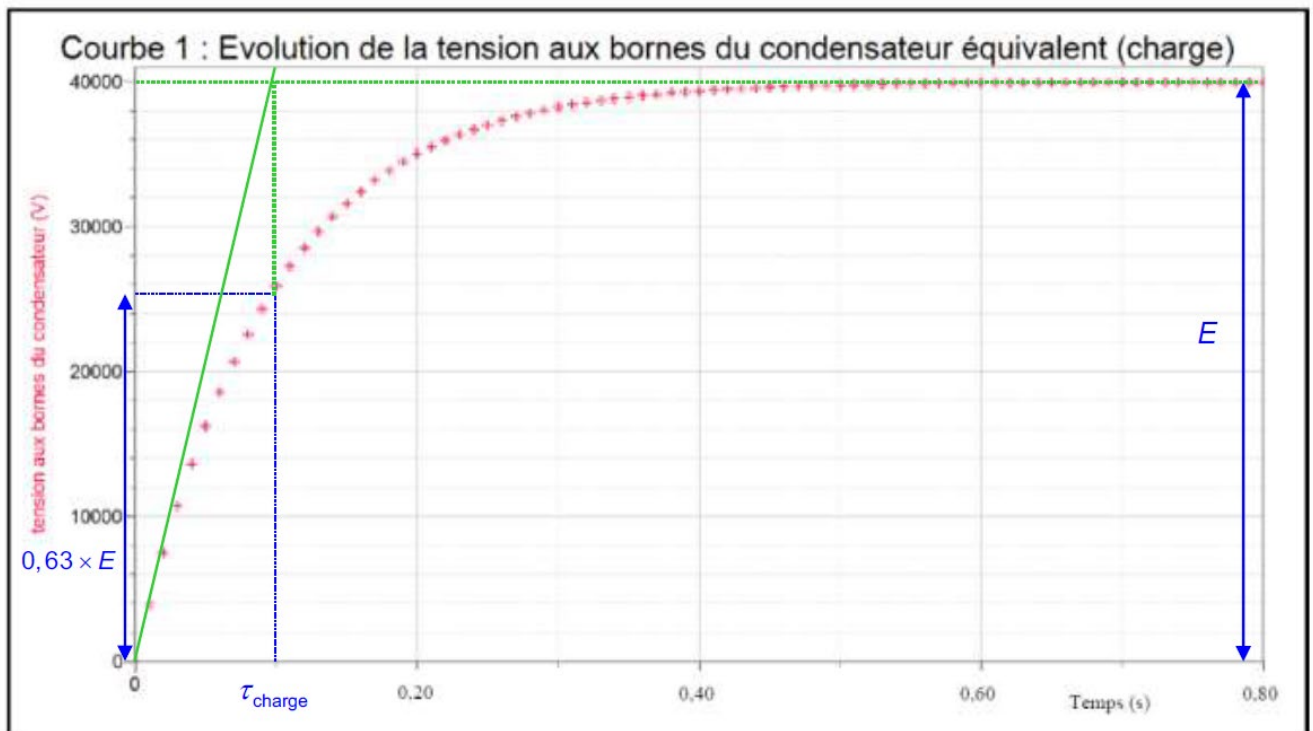
$$\tau_{\text{charge}} = R_1 \times C_{eq}$$

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

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



1 p

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 $C_{eq} = 600 \text{ nF}$,

$$\tau_{\text{charge}} = R_1 \times C_{eq} = 160 \times 10^3 \times 600 \times 10^{-9} = 0,096 \text{ s} \approx 0,10 \text{ s}$$

1 p

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

Ainsi, $W_{\text{max}} = \frac{1}{2} \times 600 \times 10^{-9} \times (40 \times 10^3)^2 = 480 \text{ J}$ (en prenant la valeur « réelle » de C_{eq})

1 p

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 $u_{C,eq}(t = \Delta t) = E \times e^{-\frac{\Delta t}{R_2 \times C_{eq}}}$

1,5 p

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

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

1 p

Soit $W_{arc} = \frac{1}{2} \times 600 \times 10^{-9} \times (3,3 \times 10^4)^2 = 322 \text{ J}$ (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.

1 p

Exercice 02: « L'avion solaire « *Solar Impulse* » : un challenge énergétique à relever » -10 points

> 1. Étude du vol de jour

La puissance solaire reçue par les 269,5 m² de cellules solaires de l'avion est :

$$P_{\text{sol cellules}} = 269,5 \times 1\,000 = 269,5 \text{ kW}$$

1 p

2. En tenant compte du rendement de 23 % des cellules solaires :

$$P_{\text{élec cellules}} = P_{\text{sol cellules}} \times 0,23$$

$$= 269,5 \times 0,23 = 62,0 \text{ kW}$$

1 p

3. $P_{\text{méca moteurs}} = 4 \times 17,5 \times 735,5 = 51,5 \text{ kW}$

Le rendement étant de 94 % :

$$P_{\text{élec moteurs}} = \frac{P_{\text{méca moteurs}}}{0,94} = 54,8 \text{ kW}$$

1 p

Donc $P_{\text{élec cellules}} > P_{\text{élec moteurs}}$.

La puissance électrique fournie par les cellules est donc suffisante pour alimenter les quatre moteurs.

4. L'énergie stockée dans les batteries est :

$$E_{\text{stockée bat}} = 663 \times 260 = 165 \text{ kWh}$$

25 % de la puissance électrique produite par les cellules solaires est en moyenne utilisée pour la recharge des batteries, donc :

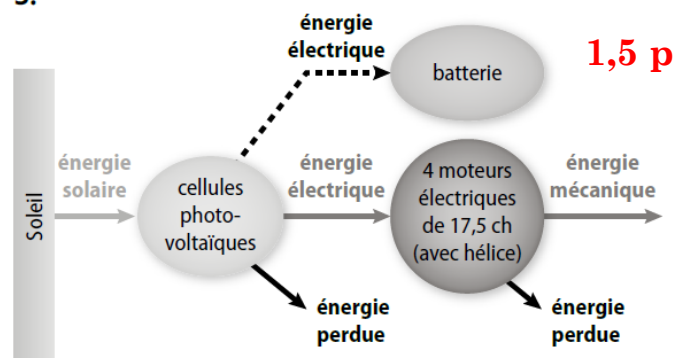
$$P_{\text{stockée bat}} = 0,25 \times P_{\text{élec cellules}} = 0,25 \times 62,0 = 15,5 \text{ kW}$$

On en déduit la durée d'exposition solaire nécessaire :

$$\Delta t = \frac{E_{\text{stockée bat}}}{P_{\text{stockée bat}}} = \frac{165}{15,5} = 10,6 \text{ h}$$

1,5 p

5.



1,5 p

> 2. Cellule photovoltaïque et effet photoélectrique

1. Les concepteurs de l'avion *Solar Impulse* ont retenu les cellules en silicium monocristallin en raison de leur durabilité et de leur rendement supérieur aux autres.

1 p

2. Le rendement de 23 % des cellules photovoltaïques de *Solar Impulse* ne peut pas être qualifié de bon rendement d'énergie. Dans la partie 1, par exemple, on parle de moteurs qui ont un rendement de 94 %.

1 p

$$3. E_g = h \cdot \nu = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

$$\text{donc } \lambda = \frac{h \cdot c}{E_g} = \frac{6,62 \times 10^{-34} \times 3,0 \times 10^8}{1,12 \times 1,6 \times 10^{-19}} = 1,10 \times 10^{-6} \text{ m} = 1\,100 \text{ nm}$$

1 p

4. Il faut que $E_{\text{photon}} > E_g$, donc que $\lambda < 1\,100 \text{ nm}$, ce qui correspond aux zones B et C du document 2.

1 p