Nouvelle Calédonie 2022 Sujet 1 CORRECTION Yohan Atlan © https://www.vecteurbac.fr/	
CLASSE : Terminale **VOIE :** ☒ Générale **DURÉE DE L'EXERCICE :** 1h45	**EXERCICE 1** : commun à tous les candidats (10 points) **ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ:** PHYSIQUE-CHIMIE **CALCULATRICE AUTORISÉE :** ☒Oui « type collège »

EXERCICE 1 commun à tous les candidats
Ingenuity, le premier hélicoptère à voler sur Mars (10 points)

Partie A : L'atmosphère de Mars

A.1.

$$\rho_{Terre} = \frac{m}{V}$$

Or $n = \frac{m}{M}$

$$m = n \times M$$

D'ou

$$\rho_{Terre} = \frac{n \times M}{V}$$

Or $PV = nRT$

$$n = \frac{PV}{RT}$$

D'ou

$$\rho_{Terre} = \frac{\frac{PV}{RT} \times M}{V}$$

$$\rho_{Terre} = \frac{PV \times M}{RTV}$$

$$\rho_{Terre} = \frac{PM}{RT}$$

A.2.

$$\rho_{Terre} = \frac{PM}{RT}$$

$$\rho_{Terre} = \frac{1{,}013.10^5 \times 29{,}0.10^{-3}}{8{,}314 \times (15 + 273{,}15)}$$

$$\rho_{Terre} = 1{,}22\ Kg.m^{-3}$$

A.3.

D'après l'énoncé : la masse volumique de l'atmosphère de Mars est égale à 1% de celle de l'air sur Terre.

$$\rho_{Mars} = 1\%\ \rho_{Terre}$$

$$\rho_{Mars} = \frac{1}{100} \times 1{,}22$$

$$\rho_{Mars} = 1{,}22.10^{-2}\ Kg.m^{-3}$$

A.4.

Sachant que la portance est proportionnelle à la masse volumique de l'atmosphère dans laquelle se trouve l'engin, la portance sur Mars doit être 100 fois plus grande que celle nécessaire pour faire voler l'engin sur Terre.
Ainsi c'est un défi technologique de faire voler un hélicoptère sur Mars.

Partie B : La phase de décollage

B.1.

D'après l'énoncé : pour pouvoir décoller, la portance doit au moins compenser le poids de l'hélicoptère.

Calculons le poids de l'hélicoptère :

$P_{Terre} = m \times g_{Terre}$
$P_{Terre} = 1{,}8 \times 9{,}8$
$P_{Terre} = 18\ N$

La portance est égale au poids donc
$Portance = P_{Terre} = 18\ N$

Pour une portance de 18 N, la valeur de rotation minimale des pâles de Ingenuity sur Terre est de 400 tpm

Ingenuity
Hélicoptère d'exploration de Mars

Ingenuity sur le sol martien

Caractéristiques techniques

Rayon d'action	600 mètres
Masse	1,8 kg (dont 273 g de batteries)
Dimensions	Fuselage : 13,6 × 19,5 cm Diam. rotors : 1,21 m
Propulsion	Rotors
Source d'énergie	Cellules solaires
Accumulateurs	Batteries lithium-ion

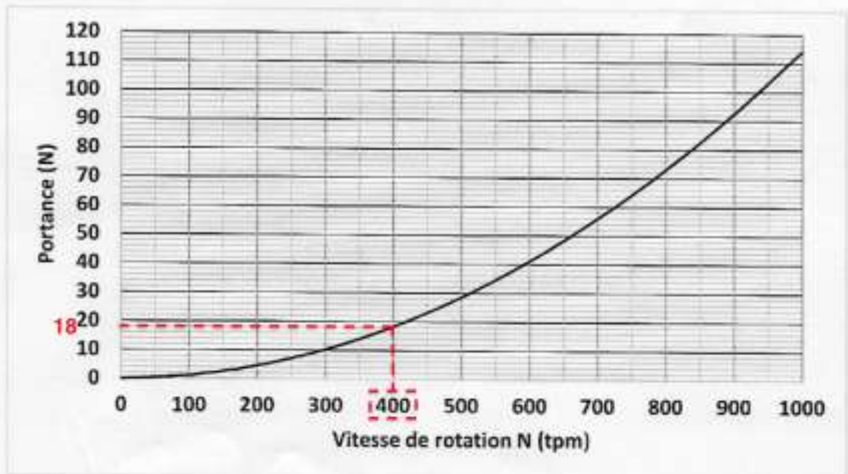


Figure 2 : Portance sur Terre en fonction de la vitesse de rotation des pâles

$P_{Mars} = m \times g_{Mars}$
$P_{Mars} = 1{,}8 \times 3{,}7$
$P_{Mars} = 6{,}7\ N$

La portance est égale au poids donc
$Portance = P_{Mars} = 6{,}7\ N$

Pour une portance de 6,7 N, la valeur de rotation minimale des pâles de Ingenuity sur Mars est de 2540 tpm.

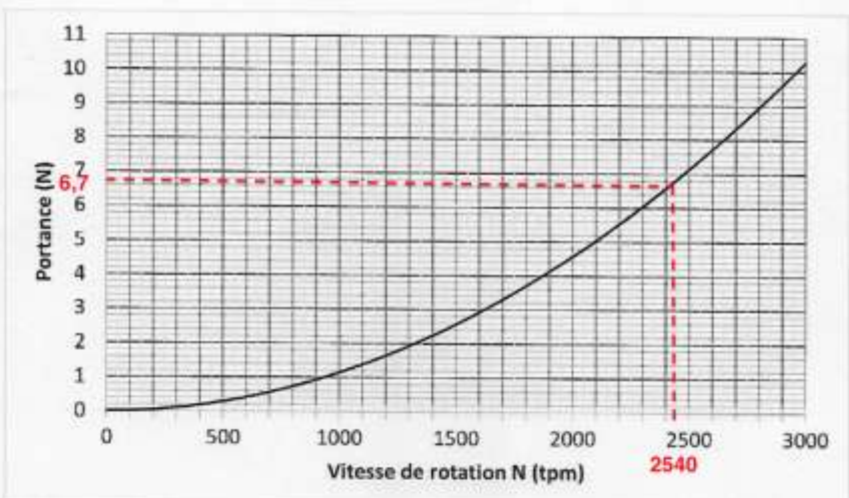


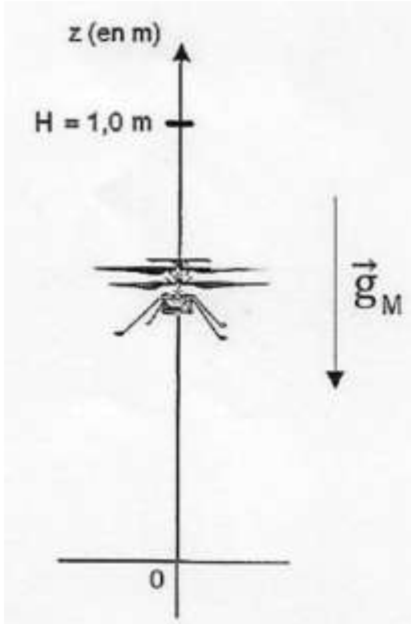
Figure 3 : Portance sur Mars en fonction de la vitesse de rotation des pâles

Partie C : une phase d'atterrissage délicate

C.1.

Système {hélicoptère}

Référentiel surface de Mars supposé galiléen



D'après la deuxième loi de newton :

$\Sigma\overrightarrow{F_{ext}} = m\vec{a}$

$\vec{P} = m\vec{a}$

$m\vec{g} = m\vec{a}$

$\vec{g} = \vec{a}$

Or

$g_z = -g_M$

Le vecteur accélération du centre d'inertie est égal au vecteur champ de pesanteur.

$a_{z(t)} = -g_M$

C.2.

$$a_{z(t)} = \frac{dv_{z(t)}}{dt}$$

On intègre le système d'équation précédent :

$v_{z(t)} = -g_M t + C_1$

D'apres l'énoncé : on suppose dans l'étude qui suite que l'hélicoptere Ingenuity est en col stationnair – c'est à dire à vitesse nulle ...

Pour trouver les constantes, on utilise v_{0z} :

$v_{0z} = 0$

d'ou

$v_{z(t)} = -g_M t$

C.3.

$$v_{z(t)} = \frac{dz(t)}{dt}$$

On intègre le système d'équation précédent :

$$z(t) = -\frac{1}{2}g_M t^2 + C_2$$

Pour trouver les constantes, on utilise z_0 :

$z_0 = H$

d'ou

$$z(t) = -\frac{1}{2}g_M t^2 + H$$

C.4.

t_{sol} est la durée pour laquelle l'hélicoptere Ingenuity touche le sol soit $z(t_{sol}) = 0$:

$$z(t_{sol}) = -\frac{1}{2}g_M t_{sol}^2 + H$$
$$0 = -\frac{1}{2}g_M t_{sol}^2 + H$$
$$\frac{1}{2}g_M t_{sol}^2 = H$$
$$t_{sol}^2 = \frac{2H}{g_M}$$
$$t_{sol} = \sqrt{\frac{2H}{g_M}}$$
$$t_{sol} = \sqrt{\frac{2 \times 1{,}0}{3{,}7}}$$
$$t_{sol} = 0{,}74 \text{ s}$$

C.5.

v_{sol} est la vitesse pour laquelle l'hélicoptere Ingenuity touche le sol soit à t_{sol} :

$$v_{z(t)} = -g_M t$$
$$v_{sol} = -g_M t_{sol}$$
$$v_{sol} = -3{,}7 \times 0{,}74$$
$$v_{sol} = -2{,}7 \text{ m.s}^{-1}$$

Le signe négatif nous indique le sens de la vitesse sur l'axe z : la vitesse est orienté vers le bas.

$$|v_{sol}| = 2{,}7 \text{ m.s}^{-1}$$

C.6.

$$|v_{sol}| = 2{,}7 \text{ m.s}^{-1}$$
$$|v_{sol}| = 2{,}7 \times 3{,}6$$
$$|v_{sol}| = 9{,}7 \text{ km.h}^{-1}$$

Cette vitesse est inferieure aux vitesses d'impact de 16 km.h^{-1} qui ont été enregistrées. Le train d'atterrissage est assez résistant pour une utilisation sur la planète Mars.

Partie D : Mesure de l'altitude au cours d'un vol

D.1.

D'après la loi d'additivité des tensions ou loi des mailles :

$$U_C(t) + U_R(t) = 0$$

or $U_R(t) = R \times i$

$$U_C(t) + R \times i = 0$$

Or $i(t) = \frac{dq_{(t)}}{dt}$

$$U_C(t) + R \times \frac{dq_{(t)}}{dt} = 0$$

Or $q(t) = C \times U_C(t)$

$$U_C(t) + R \times \frac{dC \times U_C(t)}{dt} = 0$$

$$U_C(t) + RC\frac{dU_C(t)}{dt} = 0$$

$$\frac{U_C(t)}{RC} + \frac{RC}{RC}\frac{dU_C(t)}{dt} = 0$$

$$\frac{U_C(t)}{RC} + \frac{dU_C(t)}{dt} = 0$$
$$\frac{dU_C(t)}{dt} + \frac{U_C(t)}{RC} = 0$$

D.2.
Méthode 1 :
$U_C(t) = Ee^{-\frac{t}{\tau}}$
$\frac{dU_C(t)}{dt} = E \times -\frac{1}{\tau}e^{-\frac{t}{\tau}}$

Equation :
$$\frac{dU_C(t)}{dt} + \frac{U_C(t)}{RC} = 0$$
$$E \times -\frac{1}{\tau}e^{-\frac{t}{\tau}} + \frac{Ee^{-\frac{t}{\tau}}}{RC} = 0$$
$$Ee^{-\frac{t}{\tau}}\left(-\frac{1}{\tau} + \frac{1}{RC}\right) = 0$$
Un produit de facteur est nul si un de ses facteurs et nul :
Or $E \neq 0$
$e^{-\frac{t}{\tau}}$ dépend du temps.
Donc :
$$-\frac{1}{\tau} + \frac{1}{RC} = 0$$
$$-\frac{1}{\tau} = -\frac{1}{RC}$$
$$\tau = RC$$

$U_C(t) = Ee^{-\frac{t}{\tau}}$ est bien solution de l'équation différentielle avec $\tau = RC$.

Méthode 2 :
L'équation différentielle de la forme : $y' = ay + b$ admet des solutions de la forme $y = Ke^{at} - \frac{b}{a}$
$$\frac{dU_C(t)}{dt} + \frac{U_C(t)}{RC} = 0$$
$$\frac{dU_C(t)}{dt} = -\frac{U_C(t)}{RC}$$
$$\frac{dU_C(t)}{dt} = -\frac{1}{RC}U_C(t)$$
Par identification avec l'équation différentielle de la forme $y' = ay + b$

$y' = \frac{dU_C(t)}{dt}$
$y = U_C(t)$
$a = -\frac{1}{RC}$
$b = 0$
La solution est de la forme :
$y = Ke^{at} - \frac{b}{a}$
$U_C(t) = Ke^{-\frac{1}{RC}t} - \frac{0}{-\frac{1}{RC}}$
$U_C(t) = Ke^{-\frac{1}{RC}t}$

Pour trouver K, utilisons les conditions initiales :
$U_C(t = 0) = Ke^{-\frac{1}{RC}\times 0} = K$
Or $U_C(t = 0) = E$
D'ou $K = E$
$U_C(t) = Ee^{-\frac{1}{RC}t}$

ON obtient donc une solution de la forme $U_C(t) = Ee^{-\frac{t}{\tau}}$
Avec, par identification $\tau = RC$

D.3.
D.3.1.
$U_C(t = 0) = E$
Par lecture graphique :
$E = 6{,}0V$

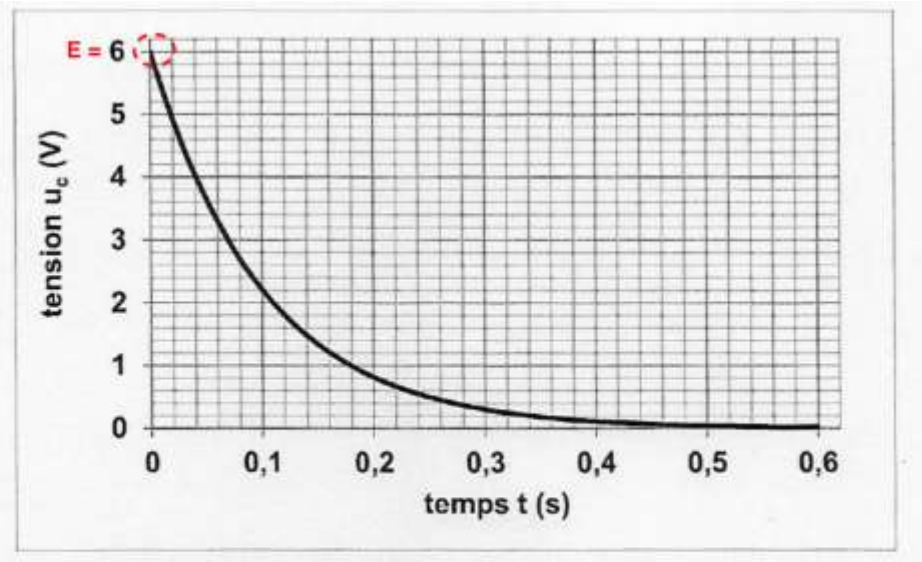


Figure 6 : Décharge du condensateur *au niveau du sol*

D.3.2.

La constante de temps $\tau = RC$, peut être déterminée graphiquement :

- On trace la tangente à la courbe à t=0
- On regarde l'abscisse du point d'intersection entre cette tangente et $U_C = 0$ pour la décharge.

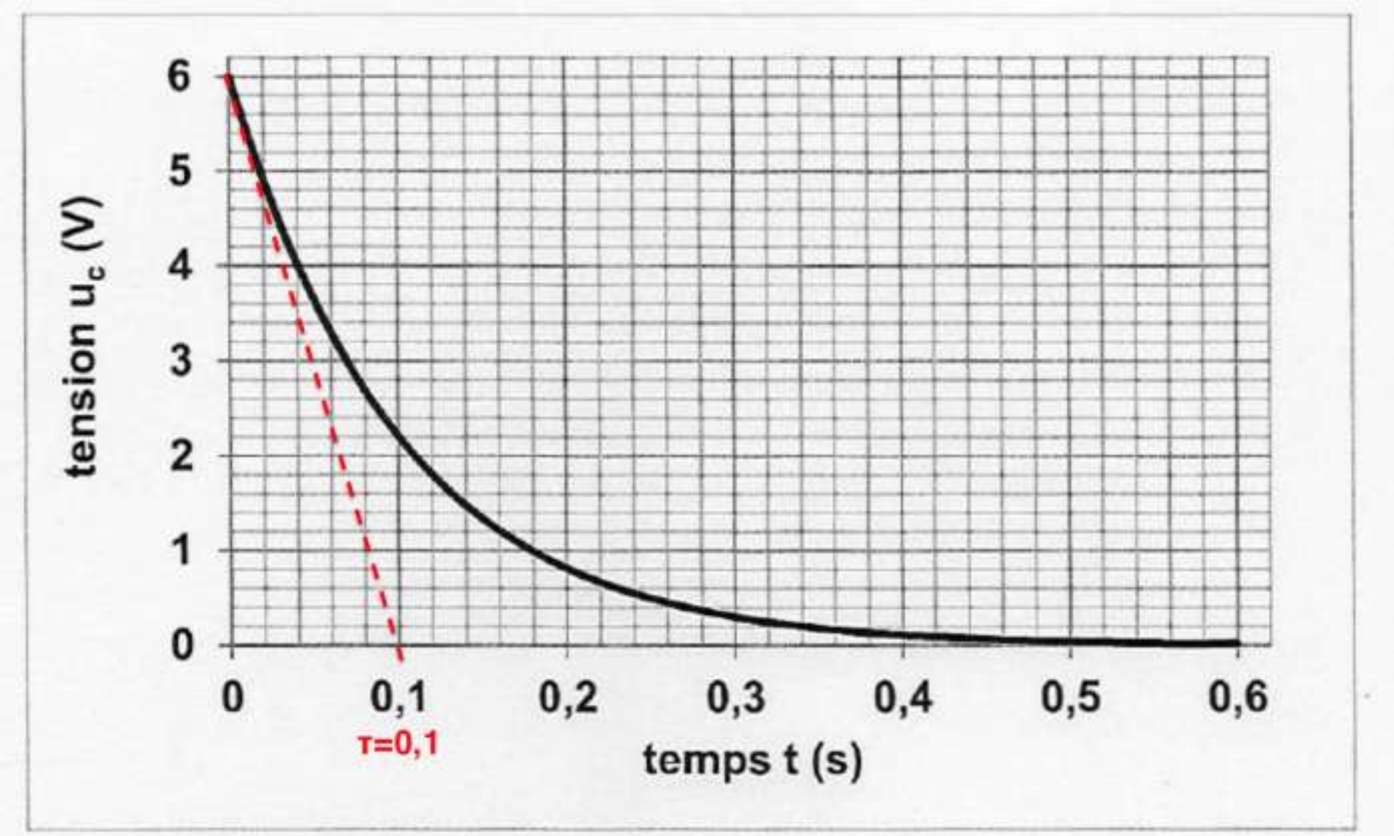


Figure 6 : Décharge du condensateur *au niveau du sol*

$\tau = 0{,}1\ \text{s}$

D.4.

$\tau = RC$

$RC = \tau$

$C = \frac{\tau}{R}$

Au niveau du sol :

$C_0 = \frac{0{,}1}{1{,}0.10^3}$

$C_0 = 1{,}0.10^{-4}\text{F}$

$C_0 = 100\ \mu\text{F}$

D.5.

$C = \frac{\varepsilon \times S}{e}$

D'après l'énoncé : lorsque le drone s'éloigne du sol, la pression atmosphérique diminue et provoque une augmentation de l'épaisseur e entre les armatures.

C est inversement proportionnel à e.

Ainsi, lorsque le drone s'éloigne du sol e augmente et C diminue.

D.6.

$$\frac{C}{C_0} = \frac{\frac{\varepsilon \times S}{e}}{\frac{\varepsilon \times S}{e_0}}$$

$$\frac{C}{C_0} = \frac{\varepsilon \times S}{e} \times \frac{e_0}{\varepsilon \times S}$$

$$\frac{C}{C_0} = \frac{e_0}{e}$$

$$C = \frac{e_0}{e} \times C_0$$

D'après l'énoncé : la variation de pression par rapport au sol provoque une augmentation de l'épaisseur de 10%.

Soit

$$e = e_0 + \frac{10}{100} e_0$$

$$e = e_0 \left(1 + \frac{10}{100}\right)$$

D'ou

$$C = \frac{e_0}{e} \times C_0$$

$$C = \frac{e_0}{e_0 \left(1 + \frac{10}{100}\right)} \times C_0$$

$$C = \frac{1}{\left(1 + \frac{10}{100}\right)} \times C_0$$

$$C = \frac{1}{\left(1 + \frac{10}{100}\right)} \times 100$$

$$C = \frac{1}{\left(1 + \frac{10}{100}\right)} \times 100$$

$$C = 90{,}9 \text{ µF}$$