

Exercice 1 : L'âge de la Terre (21 pts)

La détermination précise de l'âge de la Terre peut être obtenue par la datation à l'uranium-plomb.

Le noyau d'uranium 238, naturellement radioactif, se transforme, selon la famille radioactive, en un noyau de plomb 206, stable, par une série de désintégrations successives : ${}^{238}_{92}\text{U} \longrightarrow {}^A_Z\text{Th} \longrightarrow \text{Pa} \longrightarrow \dots \longrightarrow {}^{206}_{82}\text{Pb}$

Symbole	${}^{238}_{92}\text{U}$	${}^4_2\text{He}$	${}^A_Z\text{Th}$	proton	neutron
Masse (en u)	238,0003	4,0015	233,9942	1,0073	1,0087

$c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$; $1 \text{ u} = 1,66 \times 10^{-27} \text{ kg} = 931,5 \text{ MeV}/c^2$; $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$; $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$.

Demi-vie de l'uranium 238 : $t_{1/2}({}^{238}_{92}\text{U}) = 4,5 \times 10^9 \text{ ans}$.

A- Désintégration du noyau d'uranium 238

Un noyau d'uranium ${}^{238}_{92}\text{U}$ subit une radioactivité α . Le noyau fils est du thorium ${}^A_Z\text{Th}$.

1. On ne tiendra pas compte de l'émission γ .

1.1. Écrire la réaction de cette désintégration en précisant la valeur de Z et celle de A.

1.2. Déterminer la perte en masse Δm par cette désintégration.

1.3. En déduire que l'énergie libérée par cette désintégration est 4,2849 MeV.

1.4. On suppose que le noyau d'uranium était au repos.

1.4.1. Déterminer la relation entre l'énergie cinétique $E_C(\text{Th})$ du noyau fils et $E_C(\alpha)$ celle de la particule α .

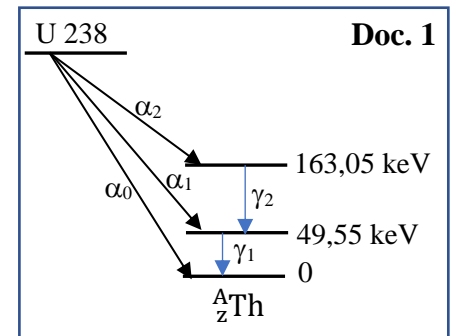
1.4.2. En déduire la valeur de $E_C(\text{Th})$ et celle de $E_C(\alpha)$ sachant que $E_C(\text{Th}) = 0,0171 \times E_C(\alpha)$.

2. On tiendra compte de l'émission γ .

Lors de la désintégration de noyaux d'uranium 238, le noyau de thorium, le noyau fils, peut se trouver dans l'état fondamental d'énergie $E_0 = 0$ ou dans l'un des deux états excités d'énergie $E_1 = 0,04955 \text{ MeV}$ ou $E_2 = 0,16305 \text{ MeV}$ (Doc. 1). On aura alors l'émission de particules α formant trois groupes monocinétiques α_0 , α_1 et α_2 . On suppose que $E_C(\text{Th})$ garde la même valeur calculée précédemment.

2.1. Sachant que : ${}^{238}_{92}\text{U} \longrightarrow {}^A_Z\text{Th}^* + \alpha$, le thorium étant dans un état excité, déterminer les énergies cinétiques des différentes particules α émises.

2.2. Déterminer les longueurs d'onde des deux rayonnements γ_1 et γ_2 .



3. Stabilité de noyaux

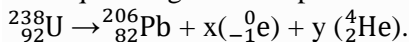
3.1. Déterminer l'énergie de liaison du noyau ${}^{238}_{92}\text{U}$.

3.2. L'énergie de liaison du noyau ${}^A_Z\text{Th}$ est $E_l = 1784,3814 \text{ MeV}$. En déduire le noyau qui est plus stable que l'autre.

B- Géochronologie

Le noyau d'uranium 238, naturellement radioactif, se transforme, selon la famille radioactive, en un noyau de plomb 206, stable, par une série de désintégrations successives. : ${}^{238}_{92}\text{U} \xrightarrow{\alpha} {}^A_Z\text{Th} \xrightarrow{\beta} \text{Pa} \longrightarrow \dots \longrightarrow {}^{206}_{82}\text{Pb}$.

1. L'équation globale du processus de transformation d'un noyau d'uranium 238 en un noyau de plomb 206 est :



Déterminer x et y en utilisant les lois spécifiques.

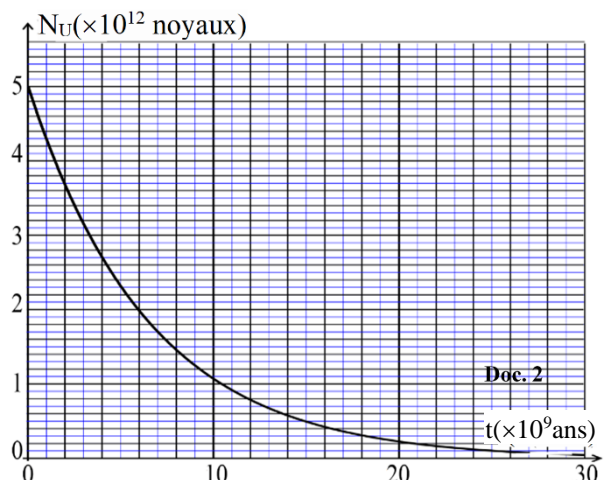
2. On considère un échantillon de roche ancienne formée à la date $t_0 = 0$, date de formation de la Terre, qui ne contient que de l'uranium 238, de constante radioactive λ et dont le nombre de noyaux est $N_U(0)$. À une date t, on trouve que cette roche contient de l'uranium 238 et du plomb 206. La courbe de (Doc. 2) montre la décroissance radioactive du nombre $N_U(t)$ de noyaux d'uranium 238, dans cette roche, dont l'âge, noté t_{terre} , correspond à celui de la Terre.

2.1. Le nombre de noyaux d'uranium 238, à une date t, s'exprime par $N_U(t) = B \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$. Déterminer les expressions littérales des constantes B et τ en fonction des données.

2.2. Déterminer, en se référant au graphe (Doc 2), la valeur de la constante radioactive λ de l'uranium 238.

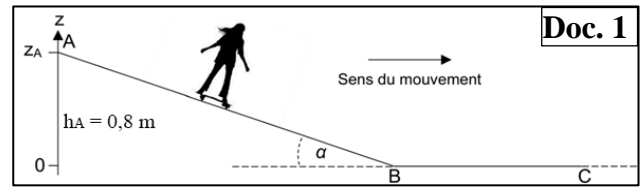
2.3. Le nombre de noyaux de plomb 206 présents dans la roche, à la date t_{Terre} , noté $N_{\text{pb}}(t_{\text{Terre}})$, est égal à $2,5 \cdot 10^{12}$. Déduire, en le justifiant, le nombre de noyaux d'uranium $N_U(t_{\text{terre}})$ à cette même date.

2.4. Déterminer, alors, l'âge t_{Terre} de la Terre.



Exercice 2 : Une pratique olympique (14 pts)

On étudie quelques phases de mouvement simple réalisées par un skateur. L'ensemble {Planche+ skateur}, noté (S) de masse $m = 76 \text{ kg}$, est modélisé par un point matériel situé en son centre de masse G (Doc.1). Prendre $g = 9,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, et le plan horizontal contenant B et C comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur.



A- Glissement sur le plan incliné

(S), partant du repos du point A, $z_A = 0,80 \text{ m}$, d'un plan incliné de longueur $AB = 2 \text{ m}$ faisant un angle α avec le plan horizontal, atteint le point B où le système [(S), Terre] possède une énergie mécanique $E_m(B) = 548,72 \text{ J}$. Durant cette phase, on considère que les forces de frottement sont modélisées par une force constante notée \vec{F} opposée au mouvement.

1. L'énergie potentielle de pesanteur du système [(S), Terre] au point A est :

- a) $E_{PP} = 568,32 \text{ J}$; b) $E_{PP} = 595,84 \text{ J}$; c) $E_{PP} = 602,5 \text{ J}$

2. La variation ΔE_m de l'énergie mécanique entre A et B est :

- a) $\Delta E_m = - 52,5 \text{ J}$; b) $\Delta E_m = + 46,76 \text{ J}$; c) $\Delta E_m = - 47,12 \text{ J}$.

3. L'angle α a pour valeur :

- a) $23,6^\circ$; b) $21,2^\circ$; c) $22,1^\circ$.

4. L'intensité F de la force de frottement est :

- a) $21,25 \text{ N}$; b) $23,56 \text{ N}$; c) $25,72 \text{ N}$.

B- Mouvement horizontal

Durant la phase de mouvement entre les points B et C, (S) quitte B avec une vitesse $v_B = 3,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ et glisse jusqu'à s'arrêter au point C. Ainsi, (S) est notamment soumis à une force de frottement \vec{f} de valeur constante $f = 30 \text{ N}$.

1. La distance entre les points B et C est alors :

- a) $BC = \frac{v_B}{2f}$; b) $BC = \frac{v_B^2}{2f}$; c) $BC = \frac{mv_B^2}{2f}$

2. La valeur de la distance BC d'arrêt est :

- a) $BC = 18,3 \text{ m}$; b) $BC = 16,5 \text{ m}$; c) $BC = 14,7 \text{ m}$.

C- Mouvement sur un demi-cylindre

(S) peut se déplacer maintenant dans un demi-cylindre d'axe horizontal (Doc.2). (S) part du repos du point A, à la date $t_0 = 0$, en position accroupie au bord du demi-cylindre. Lors de la descente, (S) glisse sans frottement, de sorte que G se déplace le long d'un arc de cercle de rayon $R_1 = 6,30 \text{ m}$. (S) passe, à la date t_{B-} , en bas, juste avant le point B. Prendre le plan horizontal passant par B comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur.

1. La vitesse de (G) en bas de la trajectoire, juste avant le point B est :

- a) $V_{B-} = 10,2 \text{ m/s}$ b) $V_{B-} = 11,11 \text{ m/s}$ c) $V_{B-} = 12,7 \text{ m/s}$.

2. Juste après avoir dépassé le point B, à la date t_{B+} , il se lève et lève les bras, élevant ainsi son centre de masse G de $0,45 \text{ m}$ au-dessus du point B et G se déplace le long d'un arc de cercle de rayon $R_2 = 5,85 \text{ m}$.

2.1. La grandeur physique, liée au mouvement, qui reste conservée entre les dates t_{B-} et t_{B+} est :

- a) L'énergie mécanique ; b) la quantité de mouvement ; c) le moment cinétique.

2.2. La vitesse de (S) à la date t_{B+} est :

- a) $V_{B+} = V_{B-}$; b) $V_{B+} = \frac{R_2}{R_1} V_{B-}$; c) $V_{B+} = \frac{R_1}{R_2} V_{B-}$.

2.3. La valeur de la vitesse est :

- a) $V_{B+} = 11,96 \text{ m/s}$; b) $V_{B+} = 11,62 \text{ m/s}$; c) $V_{B+} = 10,97 \text{ m/s}$

2.4. Le gain en énergie cinétique est :

- a) $\Delta E_C = 735 \text{ J}$; b) $\Delta E_C = 703 \text{ J}$; c) $\Delta E_C = 745 \text{ J}$.

2.5. Lorsqu'il s'est levé au point B, la forme d'énergie qui a été convertie en énergie cinétique est :

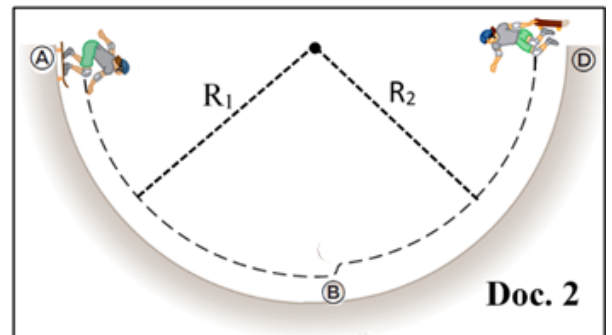
- a) l'énergie potentielle de pesanteur ; b) l'énergie chimique des muscles ; c) l'énergie thermique.

3. Ensuite, (S) glisse vers le haut, parcourant l'autre quart de cercle, son centre de masse G se déplaçant le long d'un arc de cercle de rayon $R_2 = 5,85 \text{ m}$. En passant par le point D, le bord le plus éloigné du demi-cylindre, (S) devient horizontal et se déplace à la vitesse de valeur V_D :

- a) $V_D = 5,33 \text{ m/s}$; b) $V_D = 5,74 \text{ m/s}$; c) $V_D = 5,14 \text{ m/s}$.

4. La hauteur h à laquelle G s'élève au-dessus du point D est :

- a) $h = 1,21 \text{ m}$; b) $h = 1,45 \text{ m}$; c) $h = 1,67 \text{ m}$.



Exercice 3 : Solide en rotation (7 pts)

Trois particules (A), (B) et (C), chacune de masse $m = 200 \text{ g}$, sont fixées sur une tige rigide, de masse négligeable, (Doc 1), formant ainsi un solide $(S) = [\text{tige}, (A), (B), (C)]$. (S) peut tourner dans un plan vertical autour d'un axe (Δ) horizontal, perpendiculaire à la tige et passant par le point O. (S) part du repos, à la date $t_0 = 0$, de la position horizontale. Au cours de sa rotation, à une date t , (S) est soumis à un couple de forces de frottement de moment constant $M_f = -0,10 \text{ m}\cdot\text{N}$.

Prendre $g = 10 \text{ m/s}^2$ et le plan horizontal passant par O comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur.

1. Soient G le centre de masse de (S) et I le moment d'inertie de (S) , par rapport à (Δ) . Alors :

- a) G coïncide avec B et $I = 0,126 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$; b) G coïncide avec B et $I = 0,042 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$;
 c) G coïncide avec D et $I = 0,126 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$.

2. À une date t , l'élongation angulaire de (S) est θ et sa vitesse angulaire est $\dot{\theta} = \frac{d\theta}{dt}$.

2.1. L'expression de l'énergie mécanique du système $[(S), \text{Terre}]$ à la date t est :

- a) $E_m = \frac{1}{2} I \dot{\theta}^2 + 3mg \text{ OG} \cos \theta$; b) $E_m = I \dot{\theta}^2 - 3mg \text{ OG} \sin \theta$;
 c) $E_m = \frac{1}{2} I \dot{\theta}^2 - 3mg \text{ OG} \sin \theta$.

2.2. La variation ΔE_m de l'énergie mécanique du système $[(S), \text{Terre}]$ entre les dates 0 et t est, dans le SI :

- a) $\Delta E_m = 0,70 \times \theta$; b) $\Delta E_m = -0,60 \times \theta$; c) $\Delta E_m = -0,10 \times \theta$.

2.3. La vitesse angulaire $\dot{\theta}$ vérifie alors, dans le SI, la relation :

- a) $\frac{1}{2} I \dot{\theta}^2 + 3mg \text{ OG} \cos \theta = 0,70 \times \theta$; b) $\frac{1}{2} I \dot{\theta}^2 - 3mg \text{ OG} \sin \theta = -0,10 \times \theta$;
 c) $I \dot{\theta}^2 - 3mg \text{ OG} \sin \theta = -0,60 \times \theta$.

3.1. Le moment résultant ΣM_Δ des forces extérieures appliquées à (S) , à une date t , a pour valeur, dans le SI :

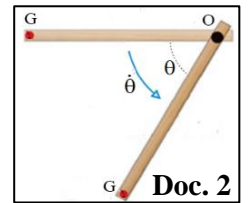
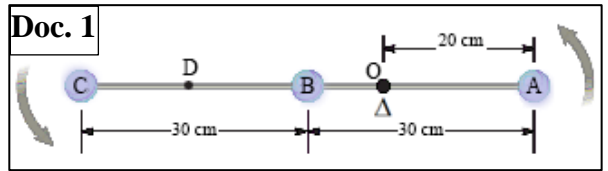
- a) $\Sigma M_\Delta = 3m g \text{ OG} \sin \theta - 0,10$; b) $\Sigma M_\Delta = 3mg \text{ OG} \cos \theta - 0,10$; c) $\Sigma M_\Delta = 3mg \text{ OG} \cos \theta + 0,10$.

3.2. La valeur de θ pour laquelle $\Sigma M_\Delta = 0$ est :

- a) $\theta = 80,4^\circ$; b) $\theta = 85,6^\circ$; c) $\theta = 90,0^\circ$.

3.3. La valeur maximale $\dot{\theta}_{\max}$ de $\dot{\theta}$ s'écrit :

- a) $\dot{\theta}_{\max} = 4,59 \text{ rad/s}$; b) $\dot{\theta}_{\max} = 4,64 \text{ rad/s}$; c) $\dot{\theta}_{\max} = 5,35 \text{ rad/s}$.



Exercice 4 : Principe de l'allumage du moteur d'une voiture (10 pts)

L'inflammation du mélange air-essence dans le moteur d'une voiture est provoquée par une étincelle qui jaillit entre les bornes d'une bougie d'allumage. Cette étincelle apparaît lorsque la valeur absolue de la tension aux bornes de la bougie est supérieure à 10 000 V.

La formation de cette étincelle est liée à la fermeture, puis à l'ouverture d'un circuit comprenant la batterie idéale, de f.é.m. $E = 12 \text{ V}$, une bobine (1), d'inductance L et de résistance interne r et un interrupteur K (Doc 1).

A- L'interrupteur est fermé

À la date $t_0 = 0$, on ferme l'interrupteur K. On enregistre, à différentes dates, les différentes valeurs de l'intensité i_1 du courant. On obtient le graphe de (Doc 2).

1. La valeur de la résistance interne r est :

- a) $r = 30 \Omega$; b) $r = 3 \Omega$; c) $r = 0,3 \Omega$.

2.1. L'équation différentielle régissant l'évolution temporelle de i_1 est :

- a) $\frac{di_1}{dt} + \frac{r}{L} i_1 = E$; b) $\frac{di_1}{dt} + \frac{r}{L} i_1 = 0$; c) $\frac{di_1}{dt} + \frac{r}{L} i_1 = \frac{E}{L}$.

2.2. Soit I_0 l'intensité du courant en régime permanent et $\tau = \frac{L}{r}$. La solution de l'équation différentielle peut s'écrire :

- a) $i_1 = I_0 (1 - e^{-t/\tau})$; b) $i_1 = I_0 e^{-t/\tau}$; c) $i_1 = I_0 (1 + e^{-t/\tau})$.

2.3. La constante de temps τ a pour valeur :

- a) $\tau = 5 \mu\text{s}$; b) $20 \mu\text{s}$; c) $10 \mu\text{s}$.

2.4. La valeur de l'inductance L de la bobine (1) est :

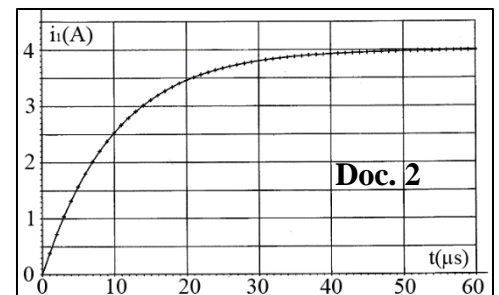
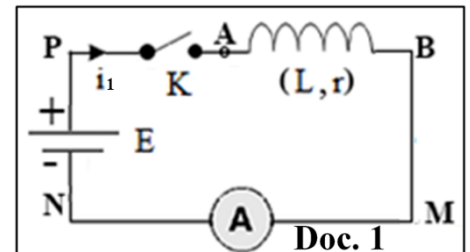
- a) $L = 3 \times 10^{-5} \text{ H}$; b) $L = 3 \times 10^{-4} \text{ H}$; c) $L = 3 \times 10^{-6} \text{ H}$.

3. L'énergie maximale W_m emmagasinée par la bobine (1) est :

- a) $W_m = 2,4 \times 10^{-5} \text{ J}$; b) $W_m = 2,4 \times 10^{-4} \text{ J}$; c) $W_m = 2,4 \times 10^{-3} \text{ J}$.

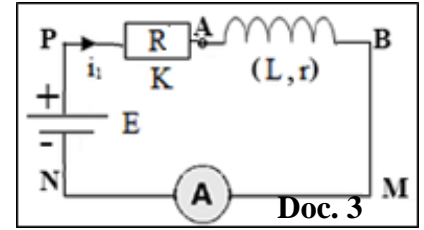
B- Étude de la formation de l'étincelle

Cette bobine (1) est associée à une autre bobine (2) proche d'elle, placée dans un autre circuit comprenant une bougie. D'après le phénomène d'induction électromagnétique, la tension u_2 aux bornes de la bobine (2), donc aux bornes de la



bougie, est liée à l'intensité i_1 traversant le circuit de la bobine (1), par la relation : $u_2 = \alpha \frac{di_1}{dt}$, où α est une constante positive.

Lorsqu'on ouvre l'interrupteur, à une date choisie pour origine des dates, $t_0 = 0$, une étincelle jaillit à ses bornes. L'air devient alors conducteur et se comporte comme un conducteur ohmique (R) de résistance R de plusieurs mégohms. Le circuit de la bobine (1) peut alors être modélisé selon le schéma de (Doc 3).



1. L'équation différentielle en i_1 , à une date t, est :

a) $L \frac{di_1}{dt} + (r + R) i_1 = E$; b) $L \frac{di_1}{dt} + r i_1 = 0$; c) $L \frac{di_1}{dt} + R i_1 = E$.

2. Avec $\tau = \frac{L}{R+r}$, l'expression temporelle de l'intensité i_1 est :

a) $i_1 = \frac{E}{R+r} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$; b) $i_1 = \frac{E}{R+r} + (I_0 - \frac{E}{R+r}) e^{-\frac{t}{\tau}}$; c) $i_1 = I_0 - \frac{E}{R+r} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$.

3. Parmi les trois courbes de (Doc 4), la courbe représentant l'allure possible de l'évolution de i_1 en fonction du temps est :

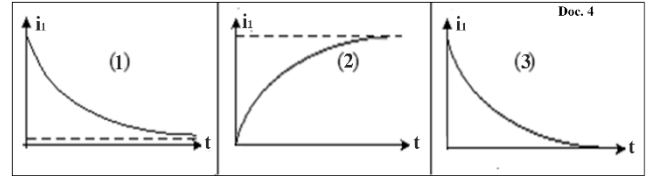
a) (1) ; b) (2) ; c) (3).

4. Expérimentalement, on a trouvé que la valeur absolue de la tension u_2 , définie ci-dessus, est donnée par :

$u_2 = 15000 e^{-500t}$ (u_2 en V et t en s).

La date à partir de laquelle on peut considérer qu'il n'y a plus d'étincelle aux bornes de la bougie est :

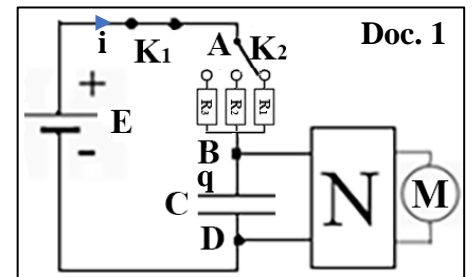
a) $t = 8,11 \times 10^{-4}$ s ; b) $t = 8,11 \times 10^{-5}$ s ; c) $t = 8,19 \times 10^{-4}$ s.



Exercice 5 : Principe de fonctionnement des essuie-glaces intermittents d'une voiture (8 pts)

On étudie le principe de fonctionnement des essuie-glaces à balayage intermittent, en cas de pluie fine, c'est-à-dire l'arrêt automatique du moteur des essuie-glaces après chaque balayage.

Le montage du circuit est constitué d'une batterie de f.é.m. $E = 12$ V, de deux interrupteurs K_1 et K_2 , de trois conducteurs ohmiques (R_1), (R_2) et (R_3) de résistances respectives R_1 , R_2 et R_3 , d'un condensateur (C) de capacité $C = 10$ mF et d'un capteur électronique (N). Les essuie-glaces utilisent une résistance réglable dans un circuit RC pour régler le délai entre deux balayages successifs. Lorsqu'on ferme l'interrupteur, (C), initialement déchargé, commence à se charger et la tension $u_C = u_{BD}$ à ses bornes augmente. Le capteur (N) capte cette tension u_C ; et lorsque u_C atteint la valeur donnée $U_C = 10$ V, le capteur déclenche les essuie-glaces (Doc 1). Un autre composant du circuit, non représenté, décharge (C), à cet instant, permettant ainsi au cycle de recommencer.



À la date $t_0 = 0$, (C) étant déchargé, on ferme l'interrupteur K_1 et l'interrupteur K_2 est fermé sur (R_1). À une date t, l'armature (B) porte une charge q, où $q = C \cdot u_C$, et le circuit est parcouru par un courant d'intensité i.

1. L'équation différentielle donnant les variations de la tension u_C en fonction du temps est de la forme :

a) $R_1 u_C + \frac{C du_C}{dt} = E$; b) $R_1 u_C + \frac{du_C}{C dt} = E$; c) $u_C + R_1 C \frac{du_C}{dt} = E$.

2. La solution de l'équation différentielle précédente est $u_C = A - B \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$ avec :

a) $A = B = E$ et $\tau = R_1 C$; b) $A = -B = E$ et $\tau = R_1 C$; c) $A = B = E$ et $\tau = \frac{1}{R_1 C}$

3. La valeur de u_C en régime permanent est :

a) $u_C = 10$ V ; b) $u_C = 12$ V ; c) $u_C = 0$ V.

4. La représentation graphique de la fonction u_C est donnée dans (Doc 2).

4.1. Les essuie-glaces seront déclenchés après un délai de temps Δt valant :

a) $\Delta t \approx 85$ s ; b) $\Delta t \approx 60$ s ; c) $\Delta t \approx 70$ s.

4.2. La valeur de τ est :

a) $\tau = 40$ s ; b) $\tau = 30$ s ; c) $\tau = 20$ s ;

4.3. La valeur de R_1 est :

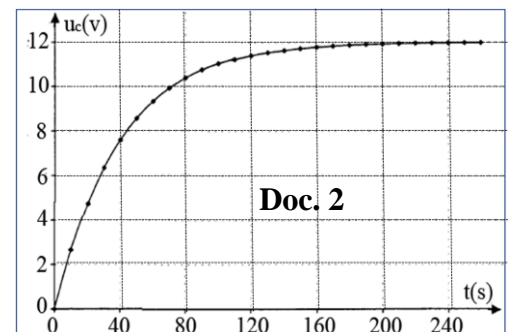
a) $R_1 = 3$ k Ω ; b) $R_1 = 4$ k Ω . c) $R_1 \approx 5$ k Ω .

5. On positionne l'interrupteur (K_2) sur (R_2), la valeur de R_2 pour laquelle les essuie-glaces se déclencheront à chaque délai de 30 s est :

a) $R_2 \approx 1,67$ k Ω ; b) $R_2 \approx 1,95$ k Ω ; c) $R_2 \approx 2,14$ k Ω .

6. On positionne l'interrupteur (K_2) sur (R_3) de valeur $R_3 = 560 \Omega$, les essuie-glaces se déclencheront à chaque délai Δt de valeur :

a) $\Delta t \approx 60$ s ; b) $\Delta t \approx 40$ s ; c) $\Delta t \approx 10$ s.





Mettre un X ou ✓ dans la case correspondante

Exercice 1 : L'âge de la Terre (20 pts)

Exercice 2 : Une pratique olympique (14 pts)

Question	a)	b)	c)
A-1		X	
A-2			X
A-3	X		
A-4		X	
B-1			X
B-2	X		
C-1		X	
C-2.1.			X
C-2.2.			X
C-2.3.	X		
C-2.4.			X
C-2.5.		X	
C-3.	X		
C-4.		X	

Exercice 3 : Solide en rotation (7 pts)

Question	a)	b)	c)
1.		X	
2.1.			X
2.2.			X
2.3.		X	
3.1.		X	
3.2.	X		
3.3.		X	

Exercice 4 : Principe de l'allumage du moteur d'une voiture (10 pts)

Question	a)	b)	c)
A-1.		X	
A-2.1.			X
A-2.2.	X		
A-2.3.			X
A-2.4.	X		
A-3.		X	
B-1.	X		
B-2.		X	
B-3.	X		
B-4.	X		

Exercice 5 : Principe de fonctionnement des essuie-glaces intermittents d'une voiture (8 pts)

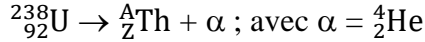
Question	a)	b)	c)
1.			X
2.	X		
3.		X	
4.1.			X
4.2.	X		
4.3.		X	
5.	X		
6.			X

Exercice 1 : L'âge de la Terre (21 pts)

A- Désintégration du noyau d'uranium 238 (6½)

1. On ne tiendra pas compte de l'émission γ .

1.1. La réaction de cette désintégration.



Conservation du nombre de masse: $238 = A + 4 \Rightarrow A = 234$.

Conservation du nombre de charge: $92 = Z + 2 \Rightarrow Z = 90$.



1.2. La perte en masse Δm est donnée par : $\Delta m = m({}_{92}^{238}\text{U}) - (m({}_{90}^{234}\text{Th}) + m({}_2^4\text{He}))$

$$\Delta m = 238.0003 - (233.9942 + 4.0015) \Rightarrow \Delta m = 4,6 \times 10^{-3} \text{ u} . (1)$$

1.3. L'énergie libérée par cette désintégration est :

$$E = \Delta m \times c^2 = 4,6 \times 10^{-3} \times 931,5 = 4,2849 \text{ MeV} . (1)$$

1.4.1. Conservation de l'énergie totale :

$$m(\text{U}) \times c^2 = m(\text{Th}) \times c^2 + E_C(\text{Th}) + m(\alpha) \times c^2 + E_C(\alpha)$$

$$\Leftrightarrow E = \Delta m \times c^2 = E_C(\text{Th}) + E_C(\alpha) = 4,2849 \text{ MeV} . (1)$$

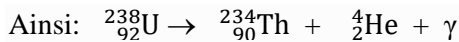
1.4.2. On a $E_C(\text{Th}) + E_C(\alpha) = 4,2849 \text{ MeV} \Leftrightarrow (0,0171 + 1) E_C(\alpha) = 4,2849 \Rightarrow E_C(\alpha) = \frac{4,2849}{1,0171} = 4,2129 \text{ MeV}$

L'énergie cinétique de la particule α émise $E_C(\alpha) = 4,2129 \text{ MeV}$

L'énergie cinétique du noyau fils est : $E_C(\text{Th}) = 4,2849 - 4,2129 = 0,0720 \text{ MeV} . (2)$

2. On tiendra compte de l'émission γ (4½)

2.1. La réaction de désexcitation du noyau thorium excité :



$$E = \Delta m \times c^2 = E_C(\text{Th}) + E_C(\alpha) + E_{\text{exc}} \Rightarrow$$

$$E_C(\text{Th}) + E_C(\alpha) + E_{\text{exc}} = 4,2849 \text{ MeV} .$$

L'énergie cinétique de la particule α_0 est lorsque le noyau fils est dans l'état fondamental $E_0 = 0 = E_{\text{fond}}$.

Ainsi : $E_C(\alpha_0) + E_C(\text{Th}) = 4,2849 \text{ MeV}$; $E_C(\alpha_0) = 4,2129 \text{ MeV}$.

L'énergie cinétique de la particule α_1 est lorsque le noyau fils est dans l'état excité E_1 .

$$E_C(\alpha_1) + E_C(\text{Th}) + E_1 = 4,2849 \text{ MeV}$$

$$\text{Donc, } E_C(\alpha_1) = 4,2849 - 0,04955 - 0,0720 = 4,16335 \text{ MeV} .$$

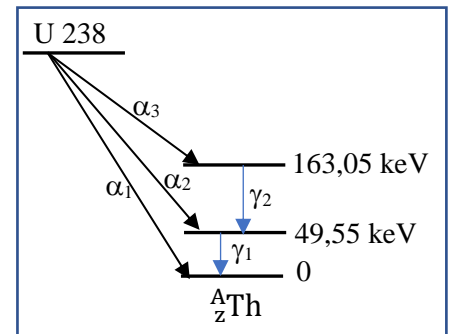
L'énergie cinétique de la particule α_2 est lorsque le noyau fils est dans l'état excité E_2 .

$$E_C(\alpha_2) + E_C(\text{Th}) + E_2 = 4,2849 \text{ MeV}$$

$$E_C(\alpha_2) = 4,2849 - 0,16305 - 0,0720 = 4,04985 \text{ MeV} . (2½)$$

2.2. $E_1(\gamma_1) = 49,55 - 0 = 49,55 \text{ keV}$ et $E_1 = \frac{hc}{\lambda_1} \Rightarrow \lambda_1 = \frac{hc}{E_1} = \frac{6,63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{49,55 \times 10^3 \times 1,6 \times 10^{-19}} = 2,51 \times 10^{-11} \text{ m} .$

$E_2(\gamma_2) = 163,05 - 49,55 = 113,5 \text{ keV}$ et $E_2 = \frac{hc}{\lambda_2} \Rightarrow \lambda_2 = \frac{hc}{E_2} = \frac{6,63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{113,5 \times 10^3 \times 1,6 \times 10^{-19}} = 1,10 \times 10^{-11} \text{ m} . (2)$



3. Stabilité des noyaux. (4)

3.1. Défaut de masse du noyau d'uranium 238 est :

$$\Delta m = Z \times m_p - (A - Z) \times m_n - m({}_{92}^{238}\text{U}) = 92 \times 1,0073 + 146 \times 1,0087 - 238.0003 = 1,9415 \text{ u}$$

L'énergie de liaison du noyau d'uranium est : $E_l = \Delta m \times c^2 = 1,9415 \times 931,5 = 1808,50725 \text{ MeV} . (2)$

3.2. L'énergie de liaison par nucléon du noyau d'uranium 238 est : $E_l/A = \frac{1808,50725}{238} \approx 7,60 \text{ MeV/nucléon} .$

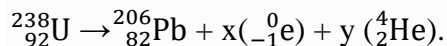
L'énergie de liaison par nucléon du noyau de thorium 234 est : $E_l/A = \frac{1784,38}{234} \approx 7,63 \text{ MeV/nucléon} .$

Donc le noyau de thorium est plus stable que le noyau d'uranium car

$$E_l/A(\text{Th}) = 7,63 \text{ MeV/nucléon} > E_l/A(\text{U}) = 7,60 \text{ MeV/nucléon} . (2)$$

B- Géochronologie :

1. Étude de la famille radioactive uranium 238 — plomb 206 (6)



D'après la conservation du nombre de masse : $238 = 206 + 4y \Rightarrow y = 8$ désintégration α

D'après la conservation du nombre de charges : $92 = 82 - x + 2y \Rightarrow x = 6$ désintégration β^- . (1)

2.1. On a $N_U(t) = B \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$. À la date $t_0 = 0$, $N_U(0) = B \cdot e^0 \Rightarrow B = N_U(0)$.

L'activité de l'échantillon s'écrit : $A = -\frac{dN_U}{dt} = \frac{B}{\tau} \times e^{-\frac{t}{\tau}} = \lambda \cdot N_U$.

En remplaçant, on obtient : $-\frac{B}{\tau} \times e^{-\frac{t}{\tau}} + \lambda B \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} = 0 \Rightarrow \forall t, \tau = \frac{1}{\lambda}$. (1/2)

2.2. Pour $t = \tau$, $N_U = 0,37 N_U(0) = 0,37 \times 5 \times 10^{12} = 1,85 \times 10^{12}$ noyaux $\Rightarrow \tau = 6,4 \times 10^9$ ans. $\lambda = \frac{1}{\tau} = \frac{1}{6,4 \times 10^9}$

$\lambda = 1,56 \times 10^{-10} \text{ an}^{-1}$ (1/2)

2.3. À Chaque désintégration d'un noyau U-238 correspond la production d'un noyau de plomb Pb-206 \Rightarrow

$N_U(t_{\text{Terre}}) = N_U(0) - N_{\text{Pb}}(t_{\text{Terre}}) = 5 \times 10^{12} - 2,5 \times 10^{12} = 2,5 \cdot 10^{12}$ noyaux. (1)

2.4. Déterminer l'âge t_{Terre} de la Terre.

On a $N_U(t) = N_U(0) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} \Leftrightarrow 2,5 \times 10^{12} = 5 \times 10^{12} \cdot e^{-\lambda t} \Rightarrow$

$0,5 = e^{-\lambda t} \Leftrightarrow \ln(0,5) = -\lambda t_{\text{Terre}} \Leftrightarrow -0,693 = -\lambda t_{\text{Terre}}$.

L'âge t_{Terre} de la Terre : $t_{\text{Terre}} = \frac{0,693}{1,56 \times 10^{-10}} = 4,44 \times 10^9$ ans. (1)

Exercice 1 : La physique de la plongée (22,5 pts)

La plongée est une activité sportive qui nécessite de prendre des précautions importantes pour prévenir de nombreux risques (noyade, hypothermie...). Elle se pratique à l'aide de bouteilles d'air comprimé que le plongeur porte sur son dos tout au long de sa plongée.

On étudie les conditions pour effectuer une plongée à une profondeur de 35 m.

A- Équilibre dynamique du plongeur et durée de la plongée

Données : Tout corps plongé dans un fluide subit de la part de ce fluide une force \vec{F} appelée poussée d'Archimède ; \vec{F} est une force verticale vers le haut de valeur $F = \rho Vg$. Une pression de 1 bar vaut 1×10^5 Pa ; température de l'eau de mer est supposée constante : $\theta_{\text{eau}} = 10^\circ\text{C}$; la pression initiale de l'air comprimé, modélisé par un gaz parfait, dans une bouteille de 30 litres de volume est : $P_b = 230$ bars ; constante des gaz parfaits : $R = 8,31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$. Prendre $T = \theta + 273$, (T en K et θ en $^\circ\text{C}$).

Une simulation de l'évolution de la pression dans l'eau de mer en fonction de la profondeur est représentée sur (Doc 1).

Dans le référentiel terrestre supposé galiléen, le système {plongeur + équipement}, de centre de masse G et de masse $m = 80$ kg, est en équilibre à une profondeur de 35 m.

1. Le plongeur est en équilibre à la profondeur de 35 m. Faire l'inventaire des forces et en déduire la relation adéquate.

1.2. À cette profondeur, le plongeur inspire de l'air de la bouteille. Reste-t-il en équilibre ? Expliquer.

2. Montrer que le nombre de moles d'air comprimé contenues dans une bouteille de plongée à la pression de 230 bars et à la température de 10°C vaut $n = 293$ mol.

3. Déterminer la valeur de la pression de l'eau à la profondeur de 35 m.

4. Un détendeur permet de diminuer la pression de l'air en sortie de la bouteille. Ainsi, la pression de l'air respiré par le plongeur est égale à la pression de l'eau à la profondeur à laquelle il évolue. Dans ces conditions, le plongeur consomme pour sa respiration 20,0 L d'air par minute.

Le plongeur prévoit d'utiliser la moitié de l'air à sa disposition pour son exploration à la profondeur de 35 m et l'autre moitié pour la descente et la remontée.

4.1. Déterminer le volume d'air inspiré par le plongeur au cours de son exploration à la profondeur de 35 m.

4.2. Estimer la durée pendant laquelle le plongeur pourra effectuer son exploration à la profondeur de 35 m.

B- Intérêt de la combinaison en néoprène

Dans cette partie, on étudie l'évolution temporelle de la température $\theta(t)$ du plongeur.

Données : La température du plongeur qui évolue au cours du temps est notée $\theta(t)$ et sa température avant la plongée est $\theta_i = 37^\circ\text{C}$; la capacité thermique massique du corps humain est : $c_h = 3,5 \times 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$; la puissance thermique fournie au plongeur par son métabolisme pour maintenir sa température au cours de la plongée : $P_{\text{th}} = 200 \text{ W}$. La résistance thermique totale modélisant le transfert thermique entre le corps humain et l'eau est : $R_{\text{th}} = 5,0 \times 10^{-2} \text{ K} \cdot \text{W}^{-1}$. À la date $t_0 = 0$, au début de la plongée, $\theta_i = \theta(0) = 37^\circ\text{C}$.

Un homme est en hypothermie légère lorsque la température intérieure de son corps est inférieure à 35°C . L'hypothermie est un phénomène au cours duquel une baisse anormale de la température d'un être vivant à sang chaud ne permet plus d'assurer correctement ses fonctions vitales.

1. Entre les instants t et $t + \Delta t$ avec Δt faible, le plongeur subit le transfert thermique Q , où Q est donné par :

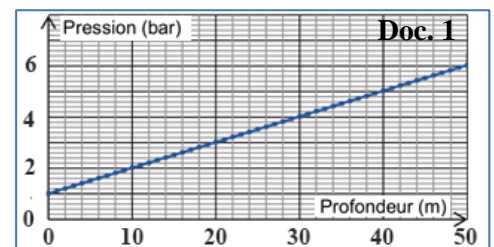
$Q = P_{\text{th}} \times \Delta t - \frac{\theta(t) - \theta_{\text{eau}}}{R_{\text{th}}} \times \Delta t$. Le transfert thermique Q est formé de deux termes. Indiquer le phénomène auquel correspond chacun des deux termes de transferts thermiques. Justifier le signe moins entre ces deux termes.

2. Pendant cette durée Δt , la température du plongeur varie de $\Delta\theta$. Exprimer, en le justifiant, la variation d'énergie interne ΔU du plongeur en fonction de m , c_h et $\Delta\theta$.

3.1. À l'aide du premier principe de la thermodynamique, déduire que l'équation différentielle régissant l'évolution de la température $\theta(t)$ du plongeur peut s'écrire sous la forme :

$\tau \frac{d\theta(t)}{dt} + \theta(t) = \theta_f$, où les deux grandeurs τ et θ_f s'expriment par $\tau = mc_h R_{\text{th}}$ et $\theta_f = P_{\text{th}} R_{\text{th}} + \theta_{\text{eau}}$.

3.2. Préciser la signification physique et la valeur de chacune des deux grandeurs τ et θ_f .



4. La solution de cette équation différentielle est de la forme : $\theta(t) = A + Be^{-\alpha t}$.

Montrer que $A = 20^\circ\text{C}$, $B = 17^\circ\text{C}$ et que $\alpha = 7,14 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$.

5. Cette solution a permis d'obtenir, dans le cadre de ce modèle, la représentation temporelle (Doc 2) de la température θ du plongeur avec sa combinaison, puis, du plongeur sans sa combinaison.

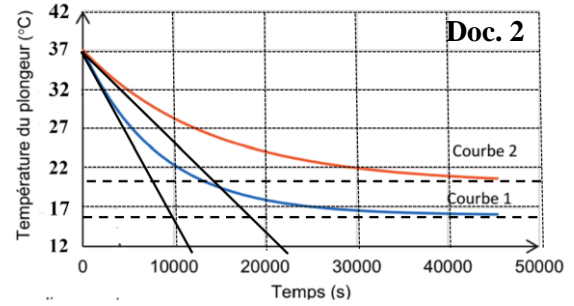
5.1. Déterminer, en utilisant la méthode de la tangente à l'origine, la valeur de τ et celle de θ_f pour chaque graphe.

5.2. Parmi les deux représentations de (Doc. 2), choisir, en le justifiant, celle qui correspond à l'évolution temporelle de la température du plongeur avec sa combinaison et sans sa combinaison.

5.3. En se référant à la question 3, vérifier la cohérence de ce choix avec les expressions de τ et θ_f données dans la question 3.

6.1. Déterminer la durée au bout de laquelle le plongeur, sans sa combinaison risquerait, l'hypothermie légère.

6.2. En déduire si le plongeur pourra rester pendant la durée estimée dans la question (A-4.2.).



Modélisation de l'évolution de la température du plongeur avec et sans combinaison

Exercice 2 : Le Street – Une pratique olympique (15 pts)

On étudie quelques phases de mouvement simple réalisées par un skateur lors de la pratique du street. Le système (S) = {skateboard + skateur} indéformable, de masse $m = 75 \text{ kg}$, est modélisé par un point matériel assimilé à son centre de masse G. Les études des différentes phases du mouvement sont effectuées dans le référentiel terrestre considéré galiléen. L'ensemble des phases étudiées est représenté par Doc. 1 ci-dessus sans souci d'échelle.

Prendre le plan horizontal contenant O et B comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur et $g = 9,80 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$. On néglige la résistance de l'air.

A. Glissement sur plan incliné

(S) est à l'arrêt au point A, $z_A = 0,80 \text{ m}$, en haut d'un de plan incliné de longueur $AB = 2,00 \text{ m}$ faisant l'angle α avec le plan horizontal. (S) part du repos du point A et atteint B avec une énergie mécanique $E_m(B) = 542 \text{ J}$. Durant cette phase, les forces de frottement sont modélisées par une force constante notée \vec{F} .

1. L'énergie potentielle de pesanteur du système (S) au point A est :

- a) $E_{PP} = 508 \text{ J}$; b) $E_{PP} = 588 \text{ J}$; c) $E_{PP} = 600 \text{ J}$.

2. La variation ΔE_m de l'énergie mécanique entre A et B est :

- a) $\Delta E_m = -52 \text{ J}$; b) $\Delta E_m = 46 \text{ J}$; c) $\Delta E_m = -46 \text{ J}$.

3. La vitesse v_B de (S) au point B est :

- a) $v_B = 3,80 \text{ m/s}$; b) $v_B = 2,95 \text{ m/s}$; c) $v_B = 2,74 \text{ m/s}$.

4. L'angle α a pour valeur :

- a) $\alpha = 23,6^\circ$; b) $\alpha = 21,2^\circ$; c) $\alpha = 22,1^\circ$.

5. L'intensité F de la force de frottement est :

- a) $F = 22 \text{ N}$; b) $F = 23 \text{ N}$; c) $F = 25 \text{ N}$.

B. Phase de mouvement horizontal

Durant la phase de mouvement entre les points B et C, (S) glisse jusqu'à s'arrêter au point C. Ainsi (S) est notamment soumis à la force de frottement \vec{f} de valeur $f = 30 \text{ N}$, sa vitesse au point B étant supposée $v_B = 3,80 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

En appliquant le théorème de l'énergie cinétique entre les points B et C :

1. on trouve que :

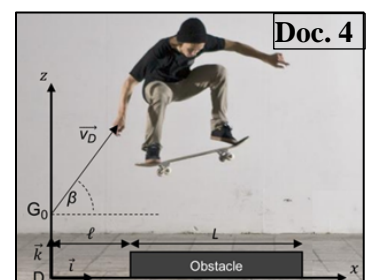
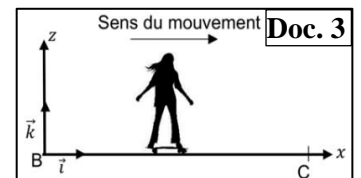
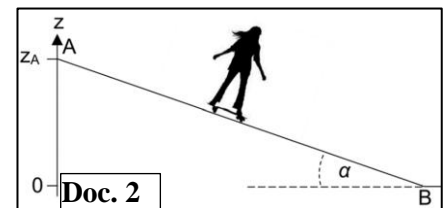
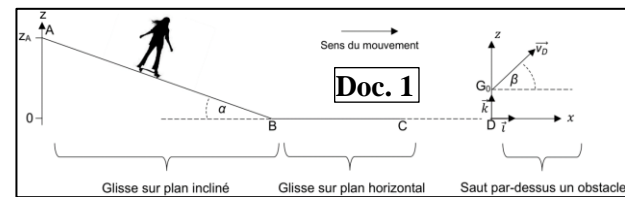
- a) $BC = \frac{v_B}{2f}$; b) $BC = \frac{mv_B^2}{2f}$; c) $BC = \frac{v_B^2}{2f}$.

2. La valeur de la distance BC est alors :

- a) $BC = 18,05 \text{ m}$; b) $BC = 16,10 \text{ m}$; c) $BC = 14,23 \text{ m}$.

C. Étude d'un saut

En s'élançant de C, (S) arrive à la verticale du point D, à la date $t_0 = 0$, et déclenche un saut par-dessus un obstacle de longueur $L = 1,00 \text{ m}$, de hauteur $h = 5,0 \text{ cm}$ et dont le début est à une distance $\ell = 0,70 \text{ m}$ du point D. Le centre de masse G_0 de (S) a alors pour coordonnées $z_0 = 80 \text{ cm}$ et $x_0 = 0$ et sa vitesse, notée



\vec{v}_D et de valeur $v_D = 3,5$ m/s, fait l'angle $\beta = 50,7^\circ$ avec le plan horizontal. À une date t , g a pour coordonnées x et z . Dans cette partie, on souhaite vérifier si (S) franchit ou non l'obstacle.

1. En appliquant la deuxième loi de Newton, les composantes a_x et a_z du vecteur accélération \vec{a} sont :

a) $a_x = 0$ et $a_z = g$; b) $a_x = -g$ et $a_z = 0$; c) $a_x = 0$ et $a_z = -g$.

2. En primitivant \vec{a} par rapport au temps, on trouve que les composantes v_x et v_z (exprimées en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ et t en s) du vecteur vitesse \vec{v} sont :

a) $v_x = 2,71$ et $v_z = 9,80 t + 2,22$; b) $v_x = 2,22$ et $v_z = -9,80 t + 2,71$;

c) $v_x = 2,71$ et $v_z = -9,80 t + 2,22$.

3. En primitivant \vec{v} par rapport au temps, on trouve que les composantes x et z (exprimées en m et t en s) du vecteur position \vec{OG} du centre de masse G de (S) lors du saut sont :

a) $x = 2,22 t$ et $z = 9,80 t^2 - 2,71 t + 0,80$; b) $x = 2,22 t$ et $z = -4,90 t^2 + 2,71 t + 0,80$;

c) $x = 2,71 t$ et $z = -4,90 t^2 + 2,22 t + 0,80$.

4. L'équation de la trajectoire est modélisée par : $z(x) = -0,994 x^2 + 1,22 x + 0,80$ (x et z en m).

4.1. La valeur de la coordonnée x du centre de masse lorsque (S) retrouve l'altitude $z = h$ est :

a) $x = 1,77$ m ; b) $x = 1,60$ m ; c) $x = 1,68$ m ;

4.2. Alors, (S) :

a) n'a pas franchi l'obstacle ; b) a franchi l'obstacle.

Exercice 3 : Correction de trajectoire d'un nanosatellite (10 pts)

Le nanosatellite (SB) Beihangkongshi-1 a été lancé par une fusée Long March le 6 novembre 2020 et placé en orbite autour de la Terre sur une trajectoire circulaire de rayon $R = 6844,1$ km.

Données : constante gravitationnelle : $G = 6,6743 \times 10^{-11} \text{ N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-2}$; masse de la Terre : $M_T = 5,9736 \times 10^{24} \text{ kg}$; masse du satellite Beihangkongshi-1 : $m = 20 \text{ kg}$. \vec{n} et \vec{t} sont les vecteurs unitaires dans le repère de Frenet. Le référentiel d'étude est le référentiel géocentrique supposé galiléen.

1. La force d'action gravitationnelle $\vec{F}_{T/S}$ exercée par la Terre sur le nanosatellite, noté S et supposé ponctuel, est donnée dans le repère de Frenet par :

a) $\vec{F}_{T/S} = G \frac{M_T \cdot m}{R^2} \vec{t}$; b) $\vec{F}_{T/S} = -G \frac{M_T \cdot m}{R^2} \vec{n}$; c) $\vec{F}_{T/S} = G \frac{M_T \cdot m}{R^2} \vec{n}$

2. À l'aide de la deuxième loi de Newton, l'expression du vecteur accélération \vec{a} de S est :

a) $\vec{a} = G \frac{M_T}{R^2} \vec{t}$; b) $\vec{a} = G \frac{M_T}{R^2} \vec{n}$; c) $\vec{a} = -G \frac{M_T}{R^2} \vec{n}$

3. Le mouvement de S est :

a) circulaire uniformément décéléré ; b) circulaire uniforme ; c) circulaire uniformément accéléré.

4. L'expression v de la norme du vecteur vitesse est $v = \sqrt{\frac{G \cdot M_T}{R}}$. L'expression du vecteur vitesse est :

a) $\vec{v} = \sqrt{\frac{G \cdot M_T}{R}} \vec{t}$; b) $\vec{v} = -\sqrt{\frac{G \cdot M_T}{R}} \vec{t}$; c) $\vec{v} = \sqrt{\frac{G \cdot M_T}{R}} \vec{n}$.

5. Dans les faits, on observe une diminution de l'altitude du nanosatellite au cours du temps. Pour pallier cette baisse d'altitude, un moteur présent sur le nanosatellite le replace régulièrement sur son orbite originelle. (Doc 2) représente l'évolution de la valeur du rayon R de son orbite en fonction du temps, depuis sa mise en orbite jusqu'à la première correction de trajectoire le 31 décembre 2020 repérée par une flèche.

5.1. La valeur v_1 de la vitesse de S, le 30 novembre 2020 et la valeur v_2 , le 31 décembre 2020 avant la correction de trajectoire sont :

a) $v_1 = 7,6326$ km/s et $v_2 = 7,6324$ km/s;

b) $v_1 = 7,6126$ km/s et $v_2 = 7,6124$ km/s;

c) $v_1 = 7632,4$ m/s et $v_2 = 7632,6$ m/s.

5.2. Dans la situation considérée, on admet que l'énergie potentielle de S a pour expression $E_p = -\frac{G \cdot M_T \cdot m}{R}$.

L'expression de l'énergie mécanique de S est alors :

a) $E_m = -\frac{G \cdot M_T \cdot m}{R}$; b) $E_m = -\frac{G \cdot M_T \cdot m}{2R}$; c) $E_m = \frac{G \cdot M_T \cdot m}{2R}$.

5.3. La variation ΔE_m de l'énergie mécanique entre ces deux dates est :

a) $\Delta E_m = 25,536$ kJ ;

b) $\Delta E_m = -25,536$ kJ ;

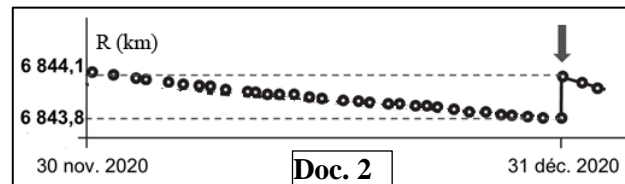
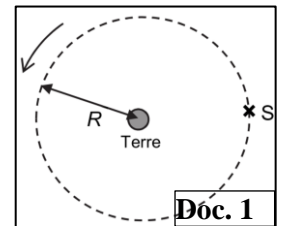
c) $\Delta E_m = -26,445$ kJ

5.4. Sachant que la durée de la chute est de 31 jours, alors la puissance minimale du moteur est :

a) $P = 9,31$ W ;

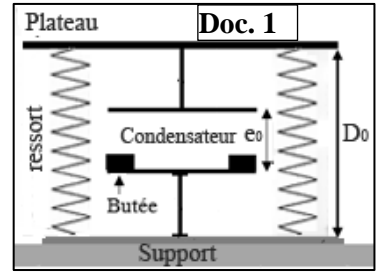
b) $P = 8,83$ mW ;

c) $P = 9,53$ mW.



Exercice 4 : La balance capacitive (12,5 pts)

Des balances électroniques utilisent un capteur à capacité variable pour mesurer la masse d'objets. Pour un tel dispositif, la balance est simplement modélisée par un condensateur plan (C) de capacité C comportant une armature supérieure mobile reliée au plateau de pesée et une autre fixe reliée au support de la balance, chacune étant de superficie $S = 12 \text{ cm}^2$. (Doc. 1)



Lorsque la balance est à vide (sans masse sur le plateau), la distance entre les deux armatures, dite épaisseur, est notée $e_0 = 1 \text{ cm}$. Lorsqu'un objet de masse m est posé sur le plateau, l'armatures mobile de (C) descend et l'épaisseur de (C) devient e , modifiant alors la valeur de C. Les deux armatures ne peuvent pas entrer en contact grâce à la présence de butées de taille $0,5 \text{ mm}$. La mesure de C permet alors de déterminer la masse m de l'objet. Prendre $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$ et $g = 9,80 \text{ ms}^{-2}$.

A- Domaine d'utilisation de la balance

1. La valeur C_0 de la capacité de (C) lorsque la balance est à vide est :

- a) $C_0 = 1,06 \times 10^{-10} \text{ F}$; b) $C_0 = 1,06 \times 10^{-11} \text{ F}$; c) $C_0 = 1,06 \times 10^{-12} \text{ F}$.

2. Lorsqu'on place un objet de masse m sur le plateau, la valeur C de la capacité de (C) :

- a) ne change pas ; b) augmente ; c) diminue.

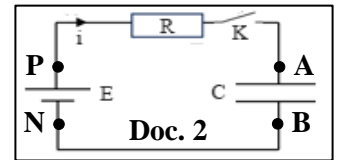
3. Lorsqu'un objet de masse m est posé sur le plateau, la distance entre le plateau et le support passe de D_0 à D et le plateau exerce sur l'objet une action modélisée par une force \vec{F} dirigée vers le haut dont la valeur F est donnée par la relation : $F = k(D_0 - D)$, où $k = 980 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$.

3.1. L'objet de masse m étant à l'équilibre sur le plateau, l'expression de la masse m est :

- a) $m = \frac{k}{g}(D_0 - D)$; b) $m = \frac{g}{k}(D_0 - D)$; c) $m = k \cdot g \cdot (D_0 - D)$.

3.2. En admettant que lorsqu'un objet de masse m est posé sur le plateau, l'armature mobile de (C) et le plateau se déplacent de la même distance, alors la valeur maximale m_{max} de la masse m que peut mesurer cette balance est :

- a) $m_{\text{max}} = 0,875 \text{ kg}$; b) $m_{\text{max}} = 0,905 \text{ kg}$; c) $m_{\text{max}} = 0,950 \text{ kg}$.



B- Mesure de la masse à peser

Pour déterminer la valeur de C et en déduire la valeur de la masse m de l'objet posé sur le plateau, on étudie la charge de (C) à partir du circuit du (Doc.2) où $R = 10^7 \Omega$ et E la f.é.m. du générateur. À la date $t_0 = 0$, (C) étant déchargé, on ferme l'interrupteur K. À une date t , l'armature (A) porte une charge q , la tension aux bornes de (C) est $u_C = u_{AB}$ où $q = C \cdot u_C$ et le circuit est parcouru par un courant d'intensité i .

1. L'équation différentielle en u_C peut s'écrire :

- a) $\frac{du_C}{dt} + RC u_C = E$ b) $RC \frac{du_C}{dt} + u_C = E$; c) $\frac{du_C}{dt} + \frac{1}{RC} u_C = E$.

2. La solution de l'équation différentielle étant de la forme :

$u_C = A + B e^{-\frac{t}{\tau}}$, les expressions des constante A, B et τ sont :

- a) $A = -B = E$ et $\tau = RC$; b) $A = -B = -E$ et $\tau = RC$; c) $A = -B = E$ et $\tau = \frac{1}{RC}$.

3. (Doc 3) montre les courbes donnant la variation temporelle de la tension u_C pour deux objets de masses différentes m_1 et m_2 .

3.1. Les constantes de temps τ_1 et τ_2 respectivement pour les deux courbes 1 et 2 sont :

- a) $\tau_1 \approx 25 \mu\text{s}$ et $\tau_2 \approx 42 \mu\text{s}$; b) $\tau_1 \approx 20 \mu\text{s}$ et $\tau_2 \approx 62 \mu\text{s}$;

- c) $\tau_1 \approx 16 \mu\text{s}$ et $\tau_2 \approx 44 \mu\text{s}$.

3.2. Les valeurs C_1 et C_2 de (C) respectivement pour les courbes 1 et 2 sont :

- a) $C_1 \approx 1,6 \cdot 10^{-12} \text{ F}$, $C_2 \approx 4,4 \cdot 10^{-12} \text{ F}$; b) $C_1 \approx 2,5 \cdot 10^{-12} \text{ F}$, $C_2 \approx 4,2 \cdot 10^{-12} \text{ F}$;

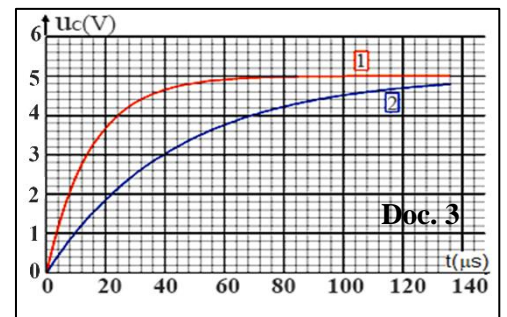
- c) $C_1 \approx 2 \cdot 10^{-12} \text{ F}$, $C_2 \approx 6,2 \cdot 10^{-12} \text{ F}$.

3.3. La distance e entre les deux armatures du condensateur de capacité C_2 est :

- a) $e = 1,15 \text{ mm}$; b) $e = 2,41 \text{ mm}$; c) $e = 1,52 \text{ mm}$.

3.4. La valeur de la masse m_2 , correspondant à la courbe 2, est :

- a) $m_2 = 0,545 \text{ kg}$; b) $m_2 = 0,635 \text{ kg}$; c) $m_2 = 0,759 \text{ kg}$.





Université Libanaise

Faculté d'ingénierie

Fiche de réponse

Examen d'entrée 2025-2026

Juillet 2025

Bac Français

Mettre un X ou ✓ dans la case correspondante

Exercice 1 : La physique de la plongée (22,5 pts)

Exercice 2 : Le street – une pratique olympique (15 pts)

Question	a)	b)	c)
A-1.		X	
A-2.			X
A-3.	X		
A-4.	X		
A-5.		X	
B-1.		X	
B-2.	X		
C-1.			X
C-2.		X	
C-3.		X	
C-4.1.			X
C-4.2.	X		

Exercice 4 : La balance capacitive (12,5 pts)

Question	a)	b)	c)
A-1.			X
A-2.		X	
A-3.1.	X		
A-3.2.			X
B-1.		X	
B-2.	X		
B-3.1.			X
B-3.2.	X		
B-3.3.		X	
B-3.4.			X

Exercice 3 – Correction de trajectoire d'un nanosatellite (10 pts)

Question	a)	b)	c)
1.			X
2.	X		
3.		X	
4.	X		
5.1.			X
5.2.		X	
5.3.	X		
5.4.			X

Exercice 1 : La physique de la plongée (22,5)

A- Durée de la plongée (9)

1.1. Le plongeur est soumis à son poids \vec{P} et à la poussée d'Archimède \vec{F} . Vu qu'il est en équilibre, alors : $\vec{P} + \vec{F} = \vec{0}$ et $F = P = mg$. (1)

1.2. Lorsque le plongeur inspire de l'air, ses poumons se gonflent et son volume augmente ce qui fait augmenter la poussée d'Archimède, alors le plongeur ne restera pas en équilibre et va se déplacer vers le haut. (1½)

2. D'après la loi des gaz parfaits, $P \cdot V = n \cdot R \cdot T$. Donc $n = \frac{P \cdot V}{R \cdot T}$, avec V en m^3 et $T = 273 + 10 = 283$ K.

$$\Rightarrow n = \frac{230 \times 1 \times 10^5 \times 30 \times 10^{-3}}{8,31 \times 283} = 293 \text{ mol. (2)}$$

3. Du graphique, on trouve que la valeur de la pression de l'eau à une profondeur de 35 m est 4,5 bars. (1)

4.1. Le plongeur utilise la moitié de l'air à sa disposition, donc utilise $n = \frac{293}{2} = 146,5$ mol.

Déterminons le volume qui correspond à cette quantité de matière. On a : $P \cdot V = n \cdot R \cdot T$. Donc: $V = \frac{n \cdot R \cdot T}{P}$

$$V = \frac{146,5 \times 8,31 \times 283}{4,5 \times 10^5} = 0,77 \text{ m}^3 = 7,7 \times 10^2 \text{ L (2)}$$

4.2. Le plongeur consomme 20,0 L par minute. La durée d'exploration est donc de $\frac{7,7 \times 10^2}{20,0} = 38,5$ min. (1½)

B- Intérêt de la combinaison (13½)

1. Le premier terme correspond à l'énergie fournie au corps par son métabolisme et le deuxième terme correspond au transfert thermique entre le corps et l'eau. Le signe (-) est dû au fait que ce terme est perdu par le système. (1)

2. D'après le premier principe de la thermodynamique, Le système étant au repos, la variation de l'énergie interne $\Delta U = W + Q$. Le système n'échange pas de travail avec le milieu extérieur donc $\Delta U = Q = m \cdot c_h \Delta \theta$. (1)

3.1. À l'aide du premier principe de la thermodynamique, $Q = m \cdot c_h \Delta \theta = P_{th} \cdot \Delta t + \frac{\theta_{eau} - \theta(t)}{R_{th}} \Delta t \Leftrightarrow$

$$m \cdot c_h \cdot R_{th} \frac{\Delta \theta}{\Delta t} = P_{th} \cdot R_{th} + \theta_{eau} - \theta(t). \text{ Et finalement : } m \cdot c_h \cdot R_{th} \frac{\Delta \theta}{\Delta t} + \theta(t) = P_{th} \cdot R_{th} + \theta_{eau}$$

Puisque Δt est faible, Δt se comporte comme dt , alors : $m \cdot c_h \cdot R_{th} \frac{d\theta}{dt} + \theta(t) = P_{th} \cdot R_{th} + \theta_{eau}$.

avec $\tau = m \cdot c_h \cdot R_{th}$ et $\theta_f = P_{th} \cdot R_{th} + \theta_{eau}$ on retrouve l'équation différentielle proposée : $\tau \frac{d\theta(t)}{dt} + \theta(t) = \theta_f$. (2)

3.2. τ est la constante de temps et Lorsque la température du système atteint sa valeur finale et constante alors

$$\frac{d\theta(t)}{dt} = 0 \text{ et } \theta(t) = \theta_f \text{ température finale du plongeur. (1)}$$

$$\tau = m \cdot c_h \cdot R_{th} = 80 \times 3,5 \times 10^3 \times 5,0 \times 10^{-2} = 14000 \text{ s et } \theta_f = P_{th} \cdot R_{th} + \theta_{eau} = 200 \times 5 \times 10^{-2} + 10 = 20 \text{ }^\circ\text{C.}$$

Ainsi, $\tau = 14000$ s et $\theta_f = 20$ °C. (1)

4. La solution de cette équation différentielle est de la forme : $\theta(t) = A + B e^{-\alpha t}$.

$$\text{Pour } t = 0, \theta(0) = 37^\circ\text{C} = A + B \Rightarrow A = 37 - B \Leftrightarrow \theta(t) = 37 - B + B e^{-\alpha t}.$$

$$\frac{d\theta(t)}{dt} = -\alpha B. \text{ En remplaçant dans l'équation différentielle, on obtient :}$$

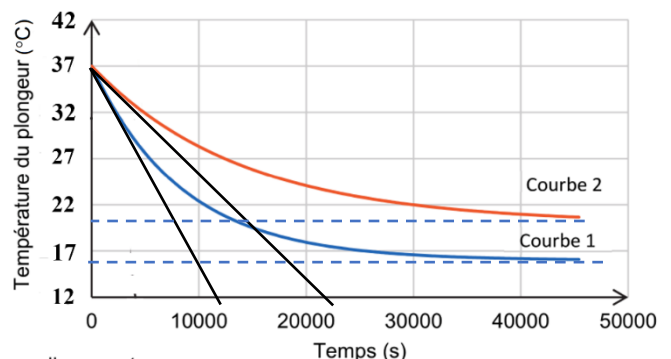
$$\tau(-\alpha B e^{-\alpha t}) + 37 - B + B e^{-\alpha t} = \theta_f. \Leftrightarrow B e^{-\alpha t}(-\alpha \tau + 1) = \theta_f + B - 37$$

$$\Rightarrow \alpha = \frac{1}{\tau} = \frac{1}{14000} = 7,14 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}; B = 37 - 20 = 17^\circ\text{C et } A = 20^\circ\text{C. (2)}$$

5.1. Après avoir tracé l'asymptote pour chaque graphique. $\tau_1 \approx 10000$ s et $\tau_2 \approx 14000$ s et $\theta_{f1} \approx 15^\circ\text{C}$ et celle de $\theta_{f2} \approx 20^\circ\text{C}$. (2)

5.2. Comme $\theta_{f2} \approx 20^\circ\text{C} > \theta_{f1} \approx 15^\circ\text{C}$, alors la courbe 2 correspond au plongeur avec combinaison. (¾)

5.3. Comme on avait trouvé dans la question (B-3.2.) que $\tau = 14000$ s et $\theta_f = 20^\circ\text{C}$, alors le plongeur en question correspond à un plongeur avec combinaison. (¾)



6.1. On a : $\theta(t) = 20 + 17e^{-t/\tau}$ et pour $\theta = 35^\circ$:

$$35 = 20 + 17e^{-t/\tau} \Rightarrow 15 = 17e^{-t/\tau}$$

$$\Leftrightarrow 0,88 = e^{-t/\tau} \Rightarrow \text{Ln}(0,88) = -\frac{t}{\tau} \Rightarrow \text{La durée au bout de laquelle le plongeur muni de sa combinaison}$$

risquerait, dans le cadre de ce modèle, l'hypothermie : $t = 0,125 \times 14000 = 1750$ s ou 29,2 min. (1½)

6.2. Le plongeur ne pourra pas rester car $t < 38,5$ min. (½)

Exercice 2 : Le Street – une pratique olympique (15 pts)

A. Glissement sur plan incliné

(1. L'énergie potentielle de pesanteur du système (S) au point A est :

a) $E_{PP} = 508$ J; b) $E_{PP} = 588$ J; c) $E_{PP} = 600$ J.

2. La variation de l'énergie mécanique entre A et B est :

a) $\Delta E_m = -52$ J; b) $\Delta E_m = 46$ J; c) $\Delta E_m = -46$ J.

3. La vitesse de (S) au point B est :

a) 3,80 m/s; b) 2,95 m/s; c) 2,74 m/s.

4. L'angle α a pour valeur :

a) $23,6^\circ$; b) $21,2^\circ$; c) $22,1^\circ$.

5. L'intensité F de la force de frottement est :

a) 21,2 N; b) 23 N; c) 25 N.

B. Phase de mouvement horizontal

1. on trouve que :

a) $BC = \frac{v_B}{2f}$; b) $BC = \frac{mv_B^2}{2f}$; c) $BC = \frac{v_B^2}{2f}$.

2. La valeur de la distance BC est alors :

a) $BC = 18,05$ m; b) $BC = 16,10$ m; c) $BC = 14,23$ m.

C. Étude d'un saut

1. En appliquant la deuxième loi de Newton, les composantes a_x et a_z du vecteur accélération \vec{a} sont :

a) $a_x = 0$ et $a_z = g$; b) $a_x = -g$ et $a_z = 0$; c) $a_x = 0$ et $a_z = -g$.

2. En primitivant \vec{a} par rapport au temps, on trouve que les composantes v_x et v_z (exprimées en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ et t en s) du vecteur vitesse \vec{v} sont :

a) $v_x = 2,71$ et $v_z = 9,80 t + 2,22$; b) $v_x = 2,22$ et $v_z = -9,80 t + 2,71$;

c) $v_x = 2,71$ et $v_z = -9,80 t + 2,22$.

3. En primitivant \vec{v} par rapport au temps, on trouve que les composantes x et z (exprimées en m et t en s) du vecteur position \vec{OG} du centre de masse G de (S) lors du saut sont :

a) $x = 2,22 t$ et $z = 9,80 t^2 - 2,71 t + 0,80$; b) $x = 2,22 t$ et $z = -4,90 t^2 + 2,71 t + 0,80$;

c) $x = 2,71 t$ et $z = -4,90 t^2 + 2,22 t + 0,80$.

4. L'équation de la trajectoire est modélisée par : $z(x) = -0,994 x^2 + 1,22 x + 0,80$ (x et z en m).

4.1. La valeur de la coordonnée x du centre de masse lorsque (S) retrouve l'altitude initiale $z = h$.

a) $x = 1,77$ m; b) $x = 1,60$ m; c) $x = 1,68$ m;

4.2. Alors, (S) :

a) n'a pas franchi l'obstacle; b) a franchi l'obstacle.

Exercice 3 – Correction de trajectoire d'un nanosatellite (10 pts)

1. La force d'action gravitationnelle $\vec{F}_{T/S}$ exercée par la Terre sur le nanosatellite, noté S et supposé ponctuel, est donnée dans le repère de Frenet par :

a) $\vec{F}_{T/S} = G \frac{M_T \cdot m}{R^2} \vec{t}$; b) $\vec{F}_{T/S} = -G \frac{M_T \cdot m}{R^2} \vec{n}$; c) $\vec{F}_{T/S} = G \frac{M_T \cdot m}{R^2} \vec{n}$

2. À l'aide de la deuxième loi de Newton, l'expression du vecteur accélération \vec{a} de S est :

a) $\vec{a} = G \frac{M_T}{R^2} \vec{t}$; b) $\vec{a} = G \frac{M_T}{R^2} \vec{n}$; c) $\vec{a} = -G \frac{M_T}{R^2} \vec{n}$

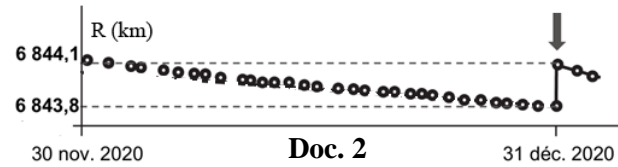
3. Le mouvement de S est :

a) circulaire uniformément décéléré; b) circulaire uniforme; c) circulaire uniformément accéléré.

4. L'expression v de la norme du vecteur vitesse est $v = \sqrt{\frac{G \cdot M_T}{R}}$. L'expression du vecteur vitesse est :

a) $\vec{v} = \sqrt{\frac{G \cdot M_T}{R}} \vec{t}$; b) $\vec{v} = -\sqrt{\frac{G \cdot M_T}{R}} \vec{t}$; c) $\vec{v} = \sqrt{\frac{G \cdot M_T}{R}} \vec{n}$.

5. Dans les faits, on observe une diminution de l'altitude du nanosatellite au cours du temps. Pour pallier cette baisse d'altitude, un moteur présent sur le nanosatellite le replace régulièrement sur son orbite originelle. (Doc 2) représente l'évolution de la valeur du rayon R de son orbite en fonction du temps, depuis sa mise en orbite jusqu'à la première correction de trajectoire le 31 décembre 2020 repérée par une flèche.



5.1. La valeur v_1 de la vitesse du nanosatellite le 30 novembre 2020 et la valeur v_2 le 31 décembre 2020 avant la correction de trajectoire sont :

- a) $v_1 = 7,6326$ km/s et $v_2 = 7,6324$ km/s;
 b) $v_1 = 7,6126$ km/s et $v_2 = 7,6124$ km/s; c) $v_1 = 7632,4$ m/s et $v_2 = 7632,6$ m/s.

5.2. Dans la situation considérée, on admet que l'énergie potentielle de S a pour expression $E_p = -\frac{G \cdot M_T \cdot m}{R}$. L'expression de l'énergie mécanique de S est alors :

- a) $E_m = -\frac{G \cdot M_T \cdot m}{R}$; b) $E_m = -\frac{G \cdot M_T \cdot m}{2R}$; c) $E_m = \frac{G \cdot M_T \cdot m}{2R}$.

5.3. La variation ΔE_m de l'énergie mécanique entre ces deux dates est :

- a) $\Delta E_m = 25,536$ kJ; b) $\Delta E_m = -25,536$ kJ; c) $\Delta E_m = -26,445$ kJ

5.4. Sachant que la durée de la chute est de 31 jours, alors la puissance minimale du moteur est :

- a) $P = 9,31$ W; b) $P = 8,83$ mW; c) $P = 9,53$ mW.

Exercice 4 : La balance capacitive (12,5 pts)

A- Domaine d'utilisation de la balance

1. La valeur C_0 de la capacité de (C) lorsque la balance est à vide est :

- a) $C_0 = 1,06 \times 10^{-10}$ F; b) $C_0 = 1,06 \times 10^{-11}$ F; c) $C_0 = 1,06 \times 10^{-12}$ F.

2. Lorsqu'on place un objet de masse m sur le plateau, la valeur C de la capacité de (C) :

- a) ne change pas; b) augmente; c) diminue.

3. Lorsqu'un objet de masse m est posé sur le plateau, la distance entre le plateau et le support passe de D_0 à D et le plateau exerce sur l'objet une action modélisée par une force \vec{F} dirigée vers le haut dont la valeur F est donnée par la relation : $F = k(D_0 - D)$, où $k = 980$ N·m⁻¹.

3.1. L'objet de masse m étant à l'équilibre sur le plateau, l'expression de la masse m est :

- a) $m = \frac{k}{g}(D_0 - D)$; b) $m = \frac{g}{k}(D_0 - D)$; c) $m = k \cdot g \cdot (D_0 - D)$.

3.2. En admettant que lorsqu'un objet de masse m est posé sur le plateau, l'armature mobile de (C) et le plateau se déplacent de la même distance, alors la valeur maximale m_{\max} de la masse m que peut mesurer cette balance est :

- a) $m_{\max} = 0,875$ kg; b) $m_{\max} = 0,905$ kg; c) $m_{\max} = 0,950$ kg.

B- Mesure de la masse à peser

Pour déterminer la valeur de C et en déduire la valeur de la masse m de l'objet posé sur le plateau, on étudie la charge de (C) à partir du circuit du (Doc.2) où $R = 10^7 \Omega$ et E la f.é.m. du générateur. À la date $t_0 = 0$, (C) étant déchargé, on ferme l'interrupteur K . À une date t , l'armature (A) porte une charge q et la tension aux bornes de (C) est $u_C = u_{AB}$ où $q = C \cdot u_C$.

1. L'équation différentielle en u_C peut s'écrire :

- a) $\frac{du_C}{dt} + RC u_C = E$ b) $RC \frac{du_C}{dt} + u_C = E$; c) $\frac{du_C}{dt} + \frac{1}{RC} u_C = E$.

2. La solution de l'équation différentielle étant de la forme

$u_C = A + B e^{-\frac{t}{\tau}}$, les expressions des constante A , B et τ sont :

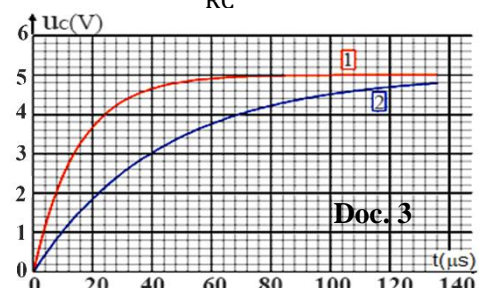
- a) $A = -B = E$ et $\tau = RC$; b) $A = -B = -E$ et $\tau = RC$; c) $A = -B = E$ et $\tau = \frac{1}{RC}$.

3. (Doc 3) montre les courbes donnant la variation temporelle de u_C pour deux objets de masses différentes m_1 et m_2 .

3.1. Les constantes de temps τ_1 et τ_2 respectivement pour les deux courbes 1 et 2 sont :

- a) $\tau_1 \approx 25 \mu\text{s}$ et $\tau_2 \approx 42 \mu\text{s}$; b) $\tau_1 \approx 20 \mu\text{s}$ et $\tau_2 \approx 62 \mu\text{s}$;
 c) $\tau_1 \approx 16 \mu\text{s}$ et $\tau_2 \approx 44 \mu\text{s}$.

3.2. Les valeurs C_1 et C_2 de (C) respectivement pour les courbes 1 et 2 sont :



a) $C_1 \approx 1,6 \cdot 10^{-12} \text{ F}$, $C_2 \approx 4,4 \cdot 10^{-12} \text{ F}$; **b)** $C_1 \approx 2,5 \cdot 10^{-12} \text{ F}$, $C_2 \approx 4,2 \cdot 10^{-12} \text{ F}$;

c) $C_1 \approx 2 \cdot 10^{-12} \text{ F}$, $C_2 \approx 6,2 \cdot 10^{-12} \text{ F}$.

3.3. La distance e entre les deux armatures du condensateur de capacité C_2 est :

a) $e = 1,15 \text{ mm}$; **b)** $e = 2,41 \text{ mm}$; **c)** $e = 1,52 \text{ mm}$.

3.4. La valeur de la masse m_2 , correspondant à la courbe 2, est :

a) $m_2 = 0,545 \text{ kg}$; **b)** $m_2 = 0,635 \text{ kg}$; **c)** $m_2 = 0,759 \text{ kg}$.