Concours blanc sciences physiques correction

PROBLÈME 3 : L'exploration martienne : Le rover Perseverance *d'après CCINP TSI 2023*

L'atterrissage

Q1. $\boxed{E_c(A)=\frac{1}{2}mv_A^2}$

Q2.La variation d'énergie cinétique entre A et B est : $\boxed{E_c(B)-E_c(A)=\frac{1}{2}mv_B^2-\frac{1}{2}mv_A^2}$

Q3. $\boxed{E_c(B)-E_c(A)=\frac{1}{2}\times 3000(160^2-420^2)=-2{,}26.10^8\,J}$

Q4. Le théorème de l'énergie cinétique : la variation d'énergie cinétique d'un point matériel dans un référentiel galiléen est égale à la somme des travaux des forces extérieures appliquées soit

$\boxed{E_C(B)-E_C(A)=\sum W_{\vec{F}_i}(A\to B)}$.

Q5. $\boxed{W_{\vec{P}}(A\to B)=+mg\,h_{AB}=3000\times 3{,}7\times(1{,}6.10^3-7{,}5.10^3)=3{,}44.10^7\,J}$

Q6. Ce travail est positif, il est donc moteur.

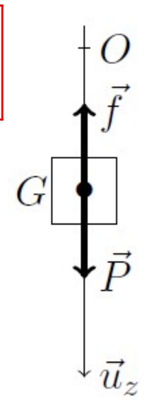
Q7. La sonde n'est soumise qu'à deux forces lors de la descente de A à B, le poids et les frottements. Le référentiel martien étant galiléen pour cette étude, on peut appliquer le théorème de l'énergie cinétique :

$E_C(B)-E_C(A)=W_{A\to B}(\vec{P})+W_{A\to B}(\vec{f})$ d'où

$W_{A\to B}(\vec{f})=E_C(B)-E_C(A)-W_{A\to B}(\vec{P})=-2{,}26.10^8-3{,}44.10^7=-2{,}60.10^8\,J$

Q8. Si cette force était constante alors $W_{A\to B}(\vec{f})=\vec{f}.\overrightarrow{AB}=-f\times h_{AB}$ d'où $\boxed{f=\frac{-W_{A\to B}(\vec{f})}{h_{AB}}}$

soit $\boxed{f=\frac{2{,}6.10^8}{10^3(10{,}6-7{,}5)}=84.10^3\,N}$.



Q9. ci-contre

Q10. La sonde n'étant pas soumise uniquement à son propre poids (il y a des frottements), on ne peut pas qualifier ce mouvement de chute libre.

Q11. On applique la seconde loi de Newton (PFD) à la sonde dans le référentiel martien considéré comme galiléen et projeté sur l'axe z, on a alors $m\frac{dv}{dt}=mg-hv$ soit $\boxed{\frac{dv}{dt}+\frac{h}{m}v=g}$ une équation différentielle qui se met sous la forme demandée en posant $\boxed{A=\frac{h}{m}}$ et $\boxed{B=g}$.

Q12. Quand la vitesse limite théorique vlim est atteinte, on a $\frac{dv}{dt}=0$ donc $\boxed{v_{\lim}=\frac{B}{A}=\frac{mg}{h}}$

Q13. $\lambda_0=\frac{c}{f}$ d'où $\boxed{\lambda_0=\frac{3.10^8}{30.10^9}=10^{-2}\,m=1\,cm}$

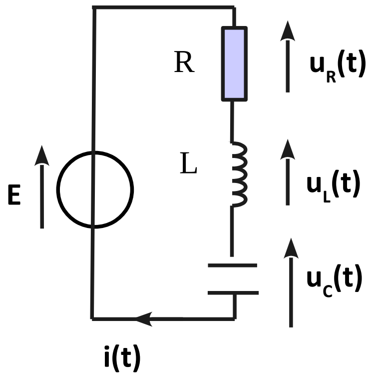
Q14. La distance parcourue par l'onde sur un aller-retour est 2H à la célérité c pendant une durée Δt, on a donc $\boxed{H=\frac{c\Delta t}{2}}$.

Q15. En appliquant la formule précédente pour H = 7,5 km on trouve :

$$\boxed{\Delta t=\frac{2H}{c}=\frac{2\times 7{,}5.10^{3}}{3.10^{8}}=5.10^{-5}s=50\mu s}.$$

Communication

Q16. A t < 0 on a $u_C(t) = 0$ puisque le condensateur est déchargé. Or la tension aux bornes d'un condensateur est continue on a donc $u_C(0^+) = 0$ par continuité. A t < 0 on a $i(t) = 0$ puisque le circuit est ouvert. Or le courant qui traverse une bobine est continu on a donc $i(0^+) = 0$ par continuité.



Q17. D'après la loi des mailles: $u_c+u_R+u_L=E$. Or $u_R=Ri$ et $i=C\dfrac{du_C}{dt}$ donc

$u_R=RC\dfrac{du_C}{dt}$ de plus $u_L=L\dfrac{di}{dt}=LC\dfrac{d^2u_C}{dt^2}$ donc :

$$\boxed{LC\frac{d^2u_C(t)}{dt^2}+RC\frac{du_C(t)}{dt}+u_C(t)=E}.$$

On écrit l'équation sous sa forme canonique: $\boxed{\ddot{u}_C+\dfrac{\omega_0}{Q}\dot{u}_C+\omega_0^2u_C=\omega_0^2E}$ avec

$\boxed{\omega_0=\dfrac{1}{\sqrt{LC}}}$ la pulsation propre du circuit et $\boxed{Q=\dfrac{L\omega_0}{R}=\dfrac{1}{R}\sqrt{\dfrac{L}{C}}}$ le facteur de qualité du circuit.

Q18. $\boxed{f_0=\dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}}=\dfrac{1}{2\pi\sqrt{40.10^{-3}\times 10.10^{-9}}}=7{,}96\,kHz}$; $\boxed{Q=\dfrac{1}{2.10^3}\sqrt{\dfrac{40.10^{-3}}{10.10^{-9}}}=1>\dfrac{1}{2}}$

Le régime est pseudo-périodique.

Q19. $\boxed{\underline{Z}_{eq}=R+j\left(L\omega-\dfrac{1}{C\omega}\right)}$.

Q20. Les amplitudes complexes associées respectivement à e(t) et i(t) sont : $\boxed{\underline{E}=E}$ et $\boxed{\underline{I}=I\,e^{j\varphi}}$.

Q21. On notation complexe $\underline{E}=\underline{Z}_{eq}\underline{I}$ d'où $\underline{I}=\dfrac{\underline{E}}{\underline{Z}_{eq}}$ d'où $\boxed{\underline{I}=\dfrac{E}{R+j\left(L\omega-\dfrac{1}{C\omega}\right)}}$. Pour obtenir I, il faut prendre le module de l'expression soit : $\boxed{I=\dfrac{E}{\sqrt{R^2+\left(L\omega-\dfrac{1}{C\omega}\right)^2}}}$.

Q22. L'intensité I passe par un maximum quand le terme sous la racine est minimal c'est à dire quand $L\omega_r-\dfrac{1}{C\omega_r}=0$ soit $\boxed{\omega_r=\omega_0=\dfrac{1}{\sqrt{LC}}}$ d'où $\boxed{f_r=f_0=\dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}}}$ et $\boxed{I_{max}=\dfrac{E}{R}}$

Q23. Les ondes radios étant des ondes électromagnétiques (qui se propagent dans le vide entre Mars et la Terre), leur vitesse de propagation est c = 3.10^8m.s-1. $\boxed{\tau=\dfrac{d}{c}=\dfrac{300.10^9}{3.10^8}=1000\,s\approx 16{,}6\,min}$

soit un peu plus de un quart d'heure de délai. Il n'est ainsi pas possible de piloter l'atterrissage de la sonde depuis la Terre puisque le temps que les premières données (lors de la séparation) arrivent, la sonde doit déjà être posée depuis 10 minutes.

Q24. Il y a 8 bits dans un octet , le nombre d'octets de l'image est : $\dfrac{4096\times 2160\times 32}{8.10^6}=35{,}4\,Mo$.

Q25. L'envoi d'une image en 4K prend ainsi un temps d'environ $\frac{\mathbf{35{,}4}}{\mathbf{0{,}25}}\mathbf{=141}\,\boldsymbol{s}$, donc $\frac{\mathbf{141\times24}}{\mathbf{6}}\mathbf{=57}\,\boldsymbol{min}$,donc une seconde de vidéo (correspondant à 24 images) nécessitera une durée de transmission d'environ 57 minutes. Il est ainsi peu probable qu'une telle résolution de vidéo ait été choisie pour équiper le rover.

PROBLÈME 4 : Améliorations des performances en cyclisme : du casque classique vers le casque profilé en goutte d'eau

I . Etude de la phase de démarrage

Q1. Bilan des actions sur le système cycliste + vélo : $\vec{P}$, $\vec{N}$, $\vec{F}_{r}$, $\vec{F}_{N}$
On applique le théorème du centre de masse au système cycliste + vélo :
Projection sur Ox :

$$m\frac{dv}{dt} = mg\sin\alpha - \mu_r N - \frac{1}{2}\rho S C_x v^2$$

Projection sur Oy

$$0 = mg\cos\alpha - N$$

D'où

$$\frac{dv}{dt}+\frac{\rho S C_x}{2m}v^2=g(\sin\alpha-\mu_r\cos\alpha)$$

a = $\frac{\rho S C_x}{2m} = \frac{1{,}225*0{,}30}{2*80}$ **= 2,3.10^{-3} m^{-1} ; b =** $g(\sin\alpha-\mu_r\cos\alpha)$ **= 9,8(sin0,1 – 6,4.10^{-3}.cos0,1) = 0,92 m.s^{-2}**

Q2. En régime permanent $\frac{dv}{dt}=0$

d'où

$$v_{lim}^2 = b/a = \frac{2mg(\sin\alpha-\mu_r\cos\alpha)}{\rho S C_x}$$

$$\mathbf{K} = \frac{2mg(\sin\alpha-\mu_r\cos\alpha)}{\rho}$$

Q3. v_{lim} = $\sqrt{b/a}=\sqrt{0{,}92/2{,}3.10^{-3}}$ **= 20 m.s^{-1} = 72 km.h^{-1}** plutôt rapide mais plausible.

Q4. Lignes 1et 2 : importation des bibliothèques.
Ligne 3 à 7 : définit une fonction r ayant comme arguments f, v et t.
L'argument t est la liste des instants successifs, v est la vitesse initiale, et f l'accélération.
Cette fonction renvoie la liste des vitesses V aux instants successifs de la liste t à partir de la méthode d'Euler appliquée à l'équation différentielle (I.1) discrétisée.
Lignes 8 et 9 : Renvoie F/m = 0,92 – 2,2.10^{-3}v^2 fonction trouvée en Q1
Ligne 10 définit une liste des temps
Ligne11 : calcule la liste des vitesses avec les données de l'exercice.
Lignes12 et 13 : tracé du graphe v(t)

Q5. Le vecteur x est un array numpy qui contient 1000 valeurs du temps également réparties entre 0 et 120 (secondes)
Courbe 1 : échantillonnage correct, correspond à la courbe cherchée, v_{lim} = 20 m.s^{-1}
Courbe 2 : échantillonnage 100 fois plus faible que le précédent, on obtient une courbe affine de 12 morceaux,
Courbe 3 : échantillonnage correct, mais un intervalle de temps 10 fois plus faible que celui de la courbe 1, la vitesse limite n'est pas atteinte.
Courbe 4 : échantillonnage trop faible, courbe à 10 segments, intervalle de temps plus important, sur le 1er segment la vitesse finale est supérieure à la vitesse limite, donc sur le 2è segment l'accélération est négative, d'où la courbe en dents de scie. La méthode d'Euler ne converge pas.

Q6. $L_{RP} = \int_0^{t_f} v(t)\,dt$ où t_f est environ égal à 40 s si on se place à 95% de v_{lim}, soit v = 19 m.s^{-1}.
En assimilant l'accélération en régime transitoire à une constante d'après la courbe 3

$$V = a*t \; ; \; L_{RP} = a*t_f^2/ 2 = (10/12)*40^2/2 = 670 \text{ m}$$

Cette valeur surestime L_{RP}, c'est un majorant.
On peut calculer un minorant en assimilant la courbe 1 à une courbe affine entre les points t = 0, v = 0 et t = 40s , v = 38 m.s^{-1}. On a alors : LRP = 40*19/2 = 380 m.

Q7. def L_{RP}(v,t):
L=0

```
i=0
while v[i]<.95*v[-1]:    #v[-1] est la vitesse limite.
        L+=v[i+1]*(t[i+1]-t[i])
        i+=1
return L
```

Remarque : ce script suppose que la vitesse limite est atteinte ! Avec les valeurs du texte, il calcule :
LRP = 506 m pour 95 % de V_{limite}. C'est à peu près la moyenne des deux valeurs que nous avions à la question précédente.

II Étude du régime permanent dans la descente de Laffrey

Q9. Sur le tableur de la calculatrice pour chaque valeur de T_c pour le casque classique il faut calculer $v_c = L'/T_c$; résultats affichés $\langle v_c\rangle = 18{,}526\ m.s^{-1}$ et l'écart-type affiché est $\sigma_v = 0{,}1143\ m.s^{-1}$ d'où :

$$u(\langle v_c\rangle) = \sigma_v/\sqrt{10} = 0{,}036\ m.s^{-1}$$

$$\text{soit } \langle v_c\rangle = 18{,}526 \pm 0{,}036\ m.s^{-1}$$

Q10 : Puissance du poids	$P_p = m\vec{g}.\vec{v} = mgv\sin\alpha$;
Puissance de $\vec{N}$	$P_N = 0$ (perpendiculaire au mouvement)
Puissance de $\vec{F}_r$	$P_r = -\mu_r mg\cos\alpha.v$
Puissance de $\vec{F}_T$	$P_T = -\frac{1}{2}\rho SC_x v^3$

Q11. Le gain en puissance n'est pas défini ; disons qu'il s'agit de calculer pour la vitesse donnée, constante, la différence relative :

$$\begin{aligned} G &= [P_T(\text{classique}) - P_T(\text{profilé})]*100 / P_T(\text{classique}) \\ &= [SC_x(\text{classique}) - SC_x(\text{profilé})]*100 / SC_x(\text{classique}) \\ &= [0{,}3484 - 0{,}3227]*100 / 0{,}3484 = 7{,}4\ \% \end{aligned}$$

Le « gain en puissance » du au casque profilé est 7,4 % , cohérent avec les 2 à 8% de l'introduction