
L'EXPLORATION MARTIENNE - L'ATTERRISSAGE

Q1. L'énergie cinétique de la sonde de masse m en mouvement de translation à la vitesse v_A vaut : $\mathcal{E}_c(A) = \frac{1}{2}mv_A^2$

Q2. On trouve de même l'énergie cinétique en B : $\mathcal{E}_c(B) = \frac{1}{2}mv_B^2$

On en déduit donc la variation d'énergie cinétique entre A et B :

$$\Delta\mathcal{E}_c = \frac{1}{2}m(v_B^2 - v_A^2)$$

Q3. On effectue l'application numérique et on obtient $\Delta\mathcal{E}_c \simeq -2,2 \times 10^8 \text{ J}$

Q4. Le théorème de l'énergie cinétique dit que la variation d'énergie cinétique d'un solide dans un référentiel galiléen est égale à la somme des travaux des forces extérieures appliquées.

Q5. La force \vec{P} dérive d'une énergie potentielle $\mathcal{E}_p = mgz$. Donc :

$$W_{AB}(\vec{P}) = -\Delta\mathcal{E}_p = mg(z_A - z_B) = 34 \times 10^6 \text{ MJ}$$

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 :

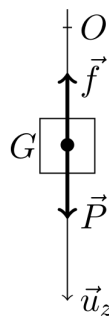
$$\Delta\mathcal{E}_c = W_{AB}(\vec{P}) + W_{AB}(\vec{f}) \Rightarrow W_{AB}(\vec{f}) = \Delta\mathcal{E}_c - W_{AB}(\vec{P}) = -2,6 \times 10^8 \text{ J}$$

cohérent aux erreurs d'arrondis près avec la valeur demandée.

Q8. Si cette force était constante, on aurait alors : $W_{AB}(\vec{f}) = \vec{f} \cdot \vec{AB}$ donc l'intensité f de la force serait

$$f \simeq \frac{W_{AB}(\vec{f})}{z_B - z_A} \simeq 10^5 \text{ N}$$

Q9.



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 :

$$m \frac{dv}{dt} = mg - hv \quad \Rightarrow \quad \boxed{\frac{dv}{dt} + \frac{hv}{m} = g} \quad \Rightarrow \quad \boxed{A = \frac{h}{m} \quad \text{et} \quad B = g}$$

Q12. En régime permanent (lorsque la vitesse limite théorique v_∞ est atteinte), le PFD donne :

$$0 = mg - hv_\infty \quad \Rightarrow \quad \boxed{v_\infty = \frac{mg}{h} = \frac{B}{A}}$$

Q13. En appliquant la relation entre fréquence f et longueur d'onde dans le vide λ des ondes électromagnétiques $c = \lambda_0 f$ (avec $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ la célérité de la lumière dans le vide) on obtient $\lambda_0 = 1,0 \text{ cm}$.

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

Q15. En appliquant la formule précédente pour $H = 7,5 \text{ km}$ on trouve $\Delta t = 50 \mu\text{s}$

Extrait de : 2023 CCINP TSI – 15 questions

L'EXPLORATION MARTIENNE - LA COMMUNICATION

Q16. À $t < 0$ 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.

$t < 0$ 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. En notant u_R et u_L les tensions aux bornes de la résistance et de la bobine respectivement prises en convention récepteur, on a pour $t > 0$ en appliquant la loi des mailles :

$$E = u_R + u_L + u_c = Ri + L \frac{di}{dt} + u_c \Rightarrow E = RC \frac{du_c}{dt} + LC \frac{d^2u_c}{dt^2} + u_c$$

Q18. On divise par LC :

$$\frac{d^2u_c}{dt^2} + \frac{R}{L} \frac{du_c}{dt} + \frac{u_c}{LC} = \frac{E}{LC}$$

On identifie :

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad \text{et} \quad \frac{\omega_0}{Q} = \frac{R}{L} \Rightarrow Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

Q19. AN : $f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} = 1 \times 10^4$ Hz

Q20. On trouve $Q = 1$, on est donc dans le domaine des régimes pseudo-périodiques ($Q > 1/2$).

Q21. Les trois dipôles étant en série on a :

$$Z_{eq} = R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C}$$

Q22. En écriture complexe :

$$\underline{e}(t) = E e^{j\omega t} \quad \text{et} \quad \underline{i}(t) = I e^{j\omega t + \varphi}$$

Q23. En appliquant l'équivalent de la loi d'Ohm en complexe au montage RLC, on a :

$$\underline{e}(t) = \underline{Z}_{eq} \times \underline{i}(t) \Rightarrow I = \frac{E}{\sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}$$

Q24. En faisant varier la fréquence d'oscillation (ou la pulsation ω), l'intensité passe par un maximum quand le terme sous la racine est minimal, or $\left(L\omega - \frac{1}{\omega C}\right)^2 \geq 0$ avec égalité uniquement si $L\omega - \frac{1}{\omega C}$ ie. $\omega = \omega_0$.

Donc la fréquence d'oscillation pour laquelle I est maximal est la fréquence propre $f_0 \simeq 10$ kHz de la question 19. Dans ce cas,

$$I = I_{\max} = \frac{E}{R}$$

Q25. Les ondes radios étant des ondes électromagnétiques (qui se propagent dans le vide entre Mars et la Terre), on a $\tau = \frac{d}{c} = 10^3$ s, donc 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.

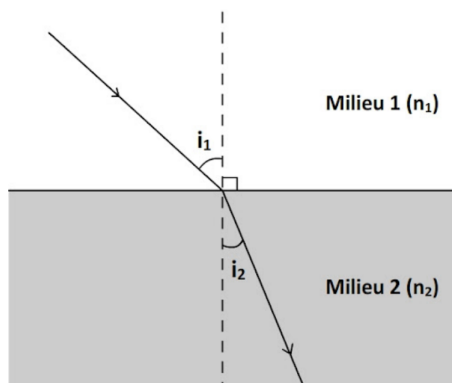
Q26. Le poids est d'environ 32 Mo (il y a 8 megapixels environ, avec chacun un poids de 4 octets).

Q27. L'envoi d'une image en 4K prend ainsi un temps d'environ 128 s, donc environ 2 minutes, donc une seconde de vidéo (correspondant à 24 images) nécessitera une durée de transmission d'environ 48 minutes. Il est ainsi peu probable qu'une telle résolution de vidéo ait été choisie pour équiper le rover.

Extrait de : 2023 CCINP TSI – 12 questions

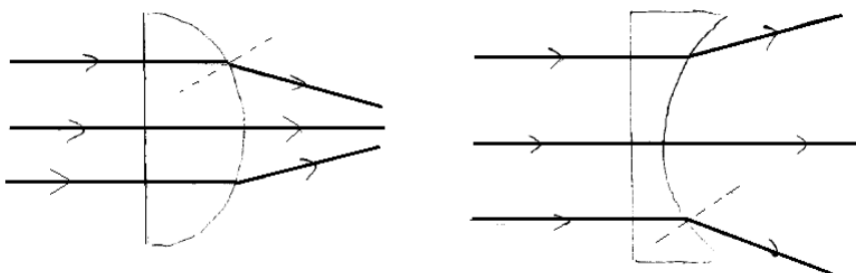
OBSERVATION DU FORT BOYARD

Q1. Comme représenté sur la figure (tracée pour $n_2 > n_1$), les rayons incident et réfracté sont dans le plan d'incidence (constitué par le rayon incident et la normale au dioptre) et les angles incident i_1 et réfracté i_2 vérifient : $n_1 \sin(i_1) = n_2 \sin(i_2)$ avec n_1 et n_2 les indices respectifs des milieux 1 et 2.



Q2. Lorsque le rayon passe de l'air à la lentille en incidence normale, il n'est pas dévié car $i_1 = i_2 = 0$. Ensuite, quand il passe de la lentille à l'air, il passe d'un milieu plus réfringent à un milieu moins réfringent et s'écarte alors de la normale.

On se rend compte que, du fait de la forme des lentilles, les rayons se rapprochent de l'axe optique après une lentille plan convexe et s'en écartent après une lentille plan concave.



Q3. D'après les observations précédentes, on remarque que les rayons convergent vers l'axe optique après une lentille plan convexe : c'est une lentille convergente.

Inversement, les rayons divergent après une lentille plan concave : c'est une lentille divergente.

Q4. Le schéma de conjugaison est le suivant :

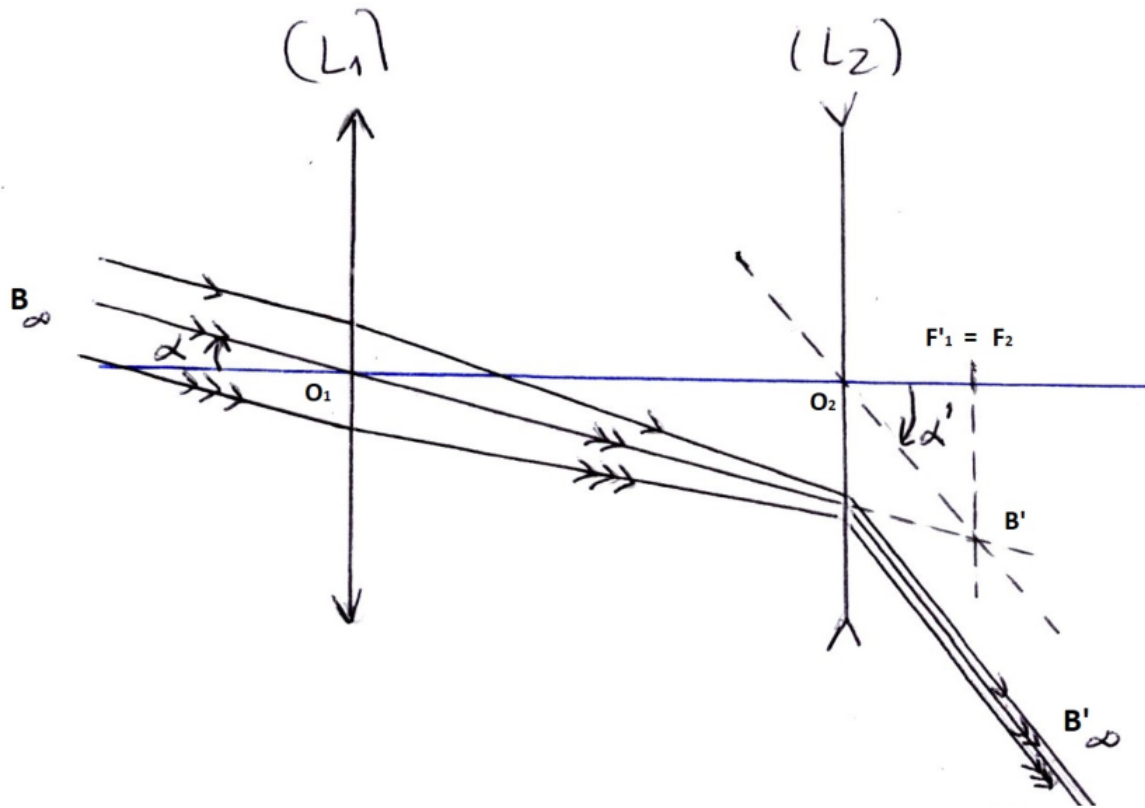
$$A_\infty \xrightarrow{\mathcal{L}_1} F'_1 = F_2 \xrightarrow{\mathcal{L}_2} A'_\infty$$

L'image de A_∞ par la lentille 1 est, par définition, le foyer principal image de \mathcal{L}_1 . L'objet donnant A'_∞ par la lentille 2 est, par définition, le foyer principal objet de \mathcal{L}_2 . Ainsi, $F'_1 = F_2$.

L'encombrement de la lentille est alors :

$$\ell = \overline{O_1 O_2} = \overline{O_1 F'_1} + \overline{F_2 O_2} = f'_1 + f'_2 = f'_1 - |f'_2|$$

Q5. On obtient le schéma suivant :



Q6. On remarque que α et α' sont de même signe (ici, ils seraient négatifs si les angles étaient orientés) donc l'image est droite. Ou, de manière équivalente, les rayons lumineux ne se sont pas croisés dans la lunette, donc l'image est droite.

Dans la suite de cette partie, on considérera des angles non orientés.

Q7. Dans le triangle O_1F_1B , on a : $\tan(\alpha) \simeq \alpha = \frac{F_1'B}{f_1}$

Dans le triangle O_2F_2B , on a : $\tan(\alpha') \simeq \alpha' = \frac{F_1'B}{|f_2'}}$

Ainsi, $G = \frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{f_1'}{|f_2'|}$

Q8. On a les relations suivantes :

$$G = -\frac{f_1'}{f_2'} \quad \text{et} \quad \ell = f_1' + f_2' \quad \Rightarrow \quad \ell = -f_2'G + f_2' \quad \Rightarrow \quad f_2' = \frac{\ell}{1-G} = -1,3 \text{ cm} \quad \Rightarrow \quad f_1' = -Gf_2' = 26 \text{ cm}$$

Q9. On a $\tan(\alpha) \simeq \alpha = \frac{h}{d} = 6,7 \times 10^{-3} \text{ rad}$

À travers les jumelles, on a : $\alpha' = G\alpha = \frac{h}{d} = 1,3 \times 10^{-1} \text{ rad}$ donc on n'a pas rigoureusement $\alpha' \ll 1/10$.

Cependant, avec un AN exacte, on remarque que $\tan(\alpha') = 1,3 \times 10^{-1} \text{ rad}$ donc les simplifications utilisés précédemment sont bien valables.

MESURE DU TEMPS : LA CLEPSYDRE

Q10. Pour un écoulement stationnaire, parfait, homogène et incompressible et sans pièce mobile, on a, le long d'une ligne de courant :

$$\boxed{\frac{P}{\rho} + gz + \frac{v^2}{2} = cte}$$

Q11. On applique la relation de Bernoulli sur la ligne de courant AB (A sur la surface de section S et B sur la surface de section s), en supposant que l'écoulement est quasi-stationnaire.

$$\frac{P_A - P_B}{\rho} + g(z_A - z_B) + \frac{v_A^2 - v_B^2}{2} = 0$$

Or, $P_A = P_B = P_0$ et $z_A - z_B = h$.

De plus, par conservation du débit :

$$D_v = Sv_A = sv_B \Rightarrow \frac{v_A}{v_B} = \frac{s}{S} \ll 1 \Rightarrow v_A \ll v_B$$

Ainsi,

$$gh + \frac{v^2}{2} = 0 \Rightarrow \boxed{v(t) = \sqrt{2gh(t)}}$$

Q12. Par conservation du débit volumique (écoulement incompressible) :

$$SV = sv \Rightarrow \boxed{V(t) = \frac{sv(t)}{S} = \frac{s\sqrt{2gh(t)}}{S}}$$

donc V diminue au cours de la vidange car h diminue.

Q13. On a :

$$V = \left| \frac{dh}{dt} \right| = -\frac{dh}{dt}$$

car h décroît au cours du temps.

De plus, $S = \pi r^2 = \pi K^2 h^{2/n}$. On en déduit :

$$V = -\frac{dh}{dt} = \frac{s\sqrt{2gh}}{\pi K^2 h^{2/n}} \Rightarrow \boxed{\frac{dh}{dt} = -\frac{s\sqrt{2gh}}{\pi K^2 h^{2/n}}}$$

Q14. Pour que $\frac{dh}{dt}$ ne dépende pas du temps, il faut imposer $\frac{dh}{dt} = cte$. Comme h dépend du temps, il faut donc que $\frac{dh}{dt}$ ne dépende pas de h , ce qui impose :

$$h^{1/2-2/n} = cte \Rightarrow \frac{1}{2} - \frac{2}{n} = 0 \Rightarrow \boxed{n = 4}$$

Une analyse dimensionnelle donc :

$$r = Kz^{1/4} \Rightarrow K = \frac{r}{z^{1/4}} \Rightarrow \boxed{[K] = \frac{m}{m^{1/4}} = m^{3/4}}$$

Q15. AN :

$$\boxed{K = \sqrt{\frac{s\sqrt{2g}}{\pi V}} = 0,38 \text{ m}^{3/4}}$$