

AVERTISSEMENTS

Les calculatrices sont interdites pour cette épreuve. Dans certaines questions, les candidats doivent choisir entre plusieurs valeurs numériques. Les valeurs fausses qui sont proposées ont des ordres de grandeur suffisamment différents de la valeur exacte arrondie selon les règles habituelles, afin d'éliminer toute ambiguïté dans le choix de la bonne réponse.

Conformément aux notations internationales, les vecteurs sont représentés en caractères gras.

QUESTIONS LIEES

[1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]

[8, 9, 10, 11, 12, 13, 14]

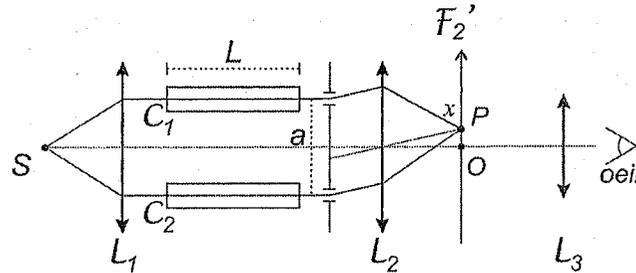
[15, 16, 17, 18, 19, 20, 21]

[22, 23, 24, 25, 26, 27, 28]

[29, 30, 31, 32, 33, 34]

[35, 36, 37, 38, 39, 40]

1. Une source ponctuelle S , qui émet un rayonnement monochromatique de longueur d'onde dans le vide $\lambda_0 = 632,8 \text{ nm}$, est placée au foyer objet d'une lentille mince convergente \mathcal{L}_1 . Le faisceau émergent traverse alors deux cuves C_1 et C_2 identiques, de longueur $L = 20 \text{ cm}$, initialement remplies d'air à la pression atmosphérique ambiante d'indice n . La lumière atteint ensuite un dispositif interférentiel constitué par deux fentes d'Young (Fig. ci-après), parallèles et supposées infinies, distantes de a . On négligera l'épaisseur des fentes. Une lentille mince convergente \mathcal{L}_2 de distance focale image f'_2 et de même axe optique que \mathcal{L}_1 , est utilisée pour former dans son plan focal image \mathcal{F}'_2 , la figure d'interférence du dispositif d'Young.



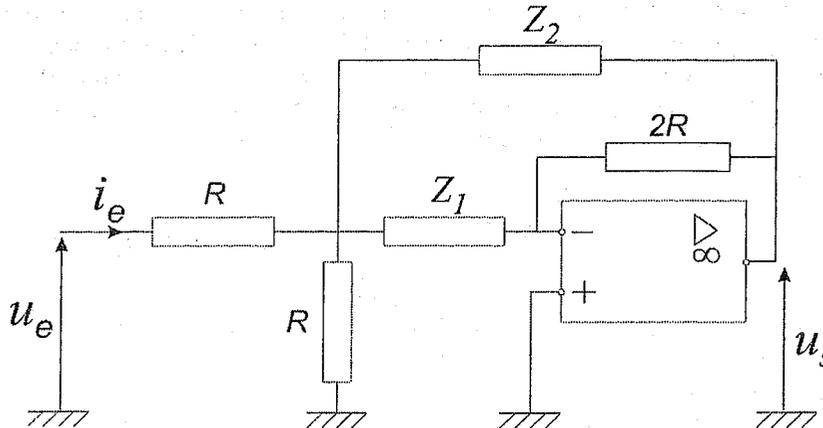
Indiquer la ou les affirmation(s) exacte(s) :

- A) Les franges d'interférence sont des droites parallèles aux fentes
 B) Les franges d'interférence sont des cercles concentriques
 C) Les franges d'interférence sont des droites perpendiculaires aux fentes
 D) La frange centrale est brillante
2. Calculer l'interfrange i de la figure d'interférence dans le plan \mathcal{F}'_2 :
- A) $i = \frac{\lambda_0 a}{f'_2}$ B) $i = \frac{\lambda_0 f'_2}{a}$ C) $i = \frac{a f'_2}{\lambda_0}$ D) $i = \frac{a^2 f'_2}{\lambda_0^2}$
3. Afin d'observer confortablement les franges d'interférence, on utilise un oculaire réticulé, assimilé à une lentille convergente \mathcal{L}_3 de distance focale image f'_3 . Sous quel diamètre apparent θ observe-t-on une interfrange, en supposant que l'œil, sans défaut, n'accommode pas ?
- A) $\theta = 2 \arctan\left(\frac{i}{2f'_3}\right)$ B) $\theta = \arcsin\left(\frac{i}{f'_3}\right)$ C) $\theta = \arctan\left(\frac{i}{f'_3}\right)$ D) $\theta = \arccos\left(\frac{i}{f'_3}\right)$
4. On vide l'air contenu dans la cuve C_1 à l'aide d'une pompe à vide, ce qui provoque le défilement des franges. On constate que la frange centrale se décale de p ordres d'interférence. Exprimer le déphasage $\varphi(x)$ entre des deux rayons qui interfèrent dans le plan \mathcal{F}'_2 au point P d'abscisse x (Fig. précédente).
- A) $\varphi(x) = \frac{2\pi a x}{\lambda_0 f'_2} + 2\pi p$ C) $\varphi(x) = \frac{2\pi a x}{\lambda_0 f'_3} - \frac{2\pi p x}{a}$
 B) $\varphi(x) = \frac{2\pi a x}{\lambda_0 f'_2} - \frac{2\pi p x}{a}$ D) $\varphi(x) = \frac{2\pi x}{\lambda_0} - 2\pi p$
5. Exprimer la différence de marche δ au centre ($x = 0$) de la figure d'interférence en fonction de L et n :
- A) $\delta = nL$ B) $\delta = (n - 1)L$ C) $\delta = \frac{(n - 1)L}{2}$ D) $\delta = \frac{nL}{2}$
6. En déduire l'expression de l'indice n de l'air :
- A) $n = p \frac{\lambda_0}{L}$ B) $n = 1 + p \frac{\lambda_0}{2L}$ C) $n = 1 + 2p \frac{\lambda_0}{L}$ D) $n = 1 + p \frac{\lambda_0}{L}$

7. En déduire l'ordre de grandeur de l'indice de l'air sachant que $p = 91,5$:

- A) $n \approx 1,000\ 03$ B) $n \approx 1,000\ 3$ C) $n \approx 1,003$ D) $n \approx 1,03$

8. On étudie le filtre représenté sur la figure ci-après. L'amplificateur opérationnel est supposé idéal et $R = 50\text{ k}\Omega$. La tension d'entrée du filtre, $u_e(t)$, est sinusoïdale et l'on recueille en sortie, la tension $u_s(t)$. Dans un premier temps, les dipôles d'impédances Z_1 et Z_2 sont des résistors de résistance R .



Exprimer le facteur d'amplification A_u en tension du filtre :

- A) $A_u = -3$ B) $A_u = 2$ C) $A_u = \frac{1}{2}$ D) $A_u = -\frac{1}{3}$

9. Exprimer l'intensité du courant d'entrée i_e en fonction de R et u_e :

- A) $i_e = \frac{5 u_e}{6 R}$ B) $i_e = 2 \frac{u_e}{R}$ C) $i_e = \frac{3 u_e}{5 R}$ D) $i_e = \frac{1 u_e}{6 R}$

10. Que vaut alors la résistance d'entrée R_e du filtre?

- A) $R_e = 25\text{ k}\Omega$ B) $R_e = 60\text{ k}\Omega$ C) $R_e = 300\text{ k}\Omega$ D) R_e est infinie

11. Les dipôles d'impédance Z_1 et Z_2 sont désormais des condensateurs de capacité $C = 200\text{ nF}$. Évaluer la fréquence de résonance f_0 du filtre :

- A) $f_0 \approx 16\text{ Hz}$ B) $f_0 \approx 32\text{ Hz}$ C) $f_0 \approx 64\text{ Hz}$ D) $f_0 \approx 100\text{ Hz}$

12. Déterminer le facteur de qualité Q du filtre :

- A) $Q = \frac{1}{2}$ B) $Q = 1$ C) $Q = 2$ D) $Q = 5$

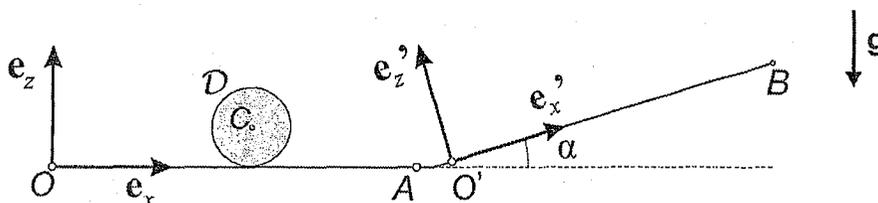
13. Que vaut, à la résonance, le facteur d'amplification A'_u en tension du système?

- A) $A'_u = \frac{1}{2}$ B) $A'_u = -1$ C) $A'_u = 2$ D) $A'_u = 6$

14. On remplace les condensateurs par des bobines que l'on suppose idéales. Que devient la résistance d'entrée du circuit R'_e en régime stationnaire?

- A) $R'_e = \frac{R}{2}$ B) $R'_e = R$ C) $R'_e = 2R$ D) $R'_e = \frac{3R}{2}$

15. Un disque D homogène, de masse m , de centre C , de rayon R , de moment d'inertie $I = 2mR^2/5$ par rapport à son axe de révolution, est lancé (avec une vitesse initiale) sans rotation initiale le long d'une piste OA , le point de contact du disque avec la piste étant alors O (Fig. ci-après). On suppose que le contact entre D et la piste OA est dépourvu de frottement. On désigne par $\mathbf{g} = -g_0\mathbf{e}_z$ le champ de pesanteur supposé uniforme. Le mouvement du disque est étudié dans le référentiel du laboratoire supposé galiléen, muni d'un repère cartésien $(O, \mathbf{e}_x, \mathbf{e}_y, \mathbf{e}_z)$, l'axe $O\mathbf{e}_z$ désignant la verticale ascendante.



Indiquer la ou les réponse(s) exacte(s).

- A) Le mouvement de D est uniforme sur la piste OA
 B) Le mouvement de D est uniformément décéléré sur la piste OA
 C) D est en translation sur la piste OA
 D) D roule sans glisser sur OA
16. Le disque entre en contact, sans décoller, à un instant pris comme origine du temps ($t = 0$), avec le point O' de la piste $O'B$, inclinée d'un angle $\alpha = 30^\circ$ par rapport au plan horizontal. À cet instant initial, la vitesse de C est $\mathbf{v}_0 = v_0 \mathbf{e}'_x$ où $v_0 > 0$ (Fig. précédente) et le disque possède une vitesse angulaire qui lui assure de ne pas glisser sur la piste $O'B$. Déterminer l'énergie cinétique \mathcal{E}_k du disque, en fonction de m et de la vitesse v de C , tant que le disque roule *sans glisser* sur la piste:

- A) $\mathcal{E}_k = \frac{1}{2}mv^2$ B) $\mathcal{E}_k = \frac{2}{5}mv^2$ C) $\mathcal{E}_k = \frac{5}{7}mv^2$ D) $\mathcal{E}_k = \frac{7}{10}mv^2$

17. Exprimer la valeur minimale $v_{0,m}$ de v_0 afin que le disque atteigne B , L désignant la distance $O'B$:

- A) $v_{0,m} = \left(\frac{5}{4}Lg_0\right)^{1/2}$ B) $v_{0,m} = \left(\frac{7}{10}Lg_0\right)^{1/2}$ C) $v_{0,m} = \left(\frac{5}{7}Lg_0\right)^{1/2}$ D) $v_{0,m} = \left(\frac{5\sqrt{3}}{7}Lg_0\right)^{1/2}$

18. En désignant par X la distance parcourue par C depuis l'instant initial, on a: $\ddot{X} = a$, où a est une constante. Déterminer a .

- A) $a = -\frac{5}{14}g_0$ B) $a = -\frac{1}{4}g_0$ C) $a = -\frac{3\sqrt{3}}{4}g_0$ D) $a = -\frac{g_0}{2}$

19. On désigne par $\mathbf{R} = T\mathbf{e}'_x + N\mathbf{e}'_z$ la force de réaction qu'exerce la piste $O'B$ sur D . Que vaut le rapport T/N ?

- A) $\frac{T}{N} = \frac{2\sqrt{3}}{7}$ B) $\frac{T}{N} = \frac{2\sqrt{3}}{21}$ C) $\frac{T}{N} = \frac{2}{7}$ D) $\frac{T}{N} = \frac{3}{5}$

20. La vitesse initiale v_0 est supérieure à $v_{0,m}$. Déterminer l'instant t_d de décollage du disque en B .

A) $t_d = \frac{v_0}{a} + \left(\frac{v_0^2}{a^2} - \frac{2L}{a} \right)^{1/2}$

C) $t_d = -\frac{v_0}{a} + \left(\frac{v_0^2}{a^2} + \frac{8L}{a} \right)^{1/2}$

B) $t_d = -\frac{v_0}{a} + \left(\frac{v_0^2}{a^2} + \frac{2L}{a} \right)^{1/2}$

D) $t_d = -\frac{v_0}{a} - \left(\frac{v_0^2}{a^2} + \frac{8L}{a} \right)^{1/2}$

21. Quelle est la vitesse v_d du centre d'inertie du disque lors de son décollage?

A) $v_d = (v_0^2 + 8aL)^{1/2}$

B) $v_d = (v_0^2 + 2aL)^{1/2}$

C) $v_d = (v_0^2 - 2aL)^{1/2}$

D) $v_d = (v_0^2 - 8aL)^{1/2}$

22. Un moteur thermique à air fonctionne avec une masse $m = 15$ g d'air que l'on assimile à un gaz parfait diatomique de masse molaire $M = 29$ g.mol⁻¹ et de rapport des capacités thermiques à pression et volume constants, $\gamma = c_p/c_v = 1,4$. Depuis l'état initial E_1 , caractérisé par la température $T_1 = 350$ K et une pression $p_1 = 10^5$ Pa, le gaz subit un cycle de transformations supposées réversibles, le menant aux états successifs E_2 , E_3 , E_4 et E_1 selon :

$E_1 \rightarrow E_2$ une compression isotherme, la pression finale étant $p_2 = 6p_1$;

$E_2 \rightarrow E_3$ un échauffement isobare, la température finale étant $T_3 = 1400$ K ;

$E_3 \rightarrow E_4$ une détente adiabatique ;

$E_4 \rightarrow E_1$ un refroidissement isobare.

On note $R \approx 8,3$ J.mol⁻¹.K⁻¹ la constante des gaz parfaits. Les grandeurs p_k , V_k , T_k , k étant un entier variant de 1 à 4, désignent respectivement les pression, volume et température de l'état E_k .

Calculer le volume V_2 du gaz dans l'état E_2 :

A) $V_2 = 0,1$ L

B) $V_2 = 0,5$ L

C) $V_2 = 2,5$ L

D) $V_2 = 12$ L

23. Évaluer le volume V_3 du gaz dans l'état E_3 :

A) $V_3 = 1$ L

B) $V_3 = 10$ L

C) $V_3 = 30$ L

D) $V_3 = 40$ L

24. Exprimer le volume V_4 du gaz dans l'état E_4 :

A) $V_4 = V_3 \left(\frac{p_3}{p_1} \right)^{1-1/\gamma}$

B) $V_4 = V_3 \left(\frac{p_3}{p_1} \right)^{1/\gamma}$

C) $V_4 = \frac{p_3 V_3}{p_1}$

D) $V_4 = V_3 \left(\frac{p_3}{p_1} \right)^\gamma$

25. Exprimer le travail W_{34} reçu par le fluide lors de la transformation $E_3 \rightarrow E_4$:

A) $W_{34} = p_3 V_3 \ln \left(\frac{p_4}{p_3} \right)$

C) $W_{34} = \gamma \frac{p_4 V_4 - p_3 V_3}{\gamma - 1}$

B) $W_{34} = -p_3 (V_4 - V_3)$

D) $W_{34} = \frac{p_4 V_4 - p_3 V_3}{\gamma - 1}$

26. Exprimer le travail W reçu par le fluide au cours d'un cycle :

A) $W = p_1 V_1 \ln \frac{p_2}{p_1} - p_2 (V_3 - V_2) - p_1 (V_1 - V_4) + W_{34}$

C) $W = -p_1 (V_2 - V_4) - p_2 (V_3 - V_2) + W_{34}$

B) $W = -p_1 (V_2 - V_1) + p_2 V_2 \ln \frac{p_3}{p_2} + p_1 V_1 \ln \frac{p_4}{p_1} + W_{34}$

D) $W = p_1 V_1 \ln \frac{p_2}{p_1} + W_{34}$

27. Déterminer l'énergie reçue par chaleur de la source chaude, Q_{23} , au cours de la transformation $E_2 \rightarrow E_3$:

A) $Q_{23} = \frac{m\gamma R(T_3 - T_2)}{M}$

C) $Q_{23} = \frac{mR\gamma T_2}{M} \ln \frac{T_3}{T_2}$

B) $Q_{23} = \frac{mR\gamma(T_3 - T_2)}{M(\gamma - 1)}$

D) $Q_{23} = \frac{mRT_3}{M} \ln \frac{T_3}{T_2}$

28. Exprimer le rendement η du moteur :

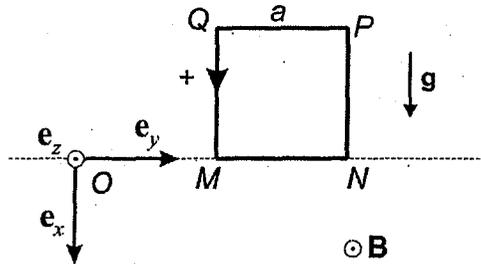
A) $\eta = -\frac{W}{Q_{23}}$

B) $\eta = -\frac{W}{Q_{12} + Q_{23} + Q_{41}}$

C) $\eta = -\frac{W}{Q_{12} + Q_{41}}$

D) $\eta = -\frac{Q_{12} + Q_{41}}{W}$

29. Un cadre $MNPQ$ sur lequel est enroulé un circuit fermé constitué de $n = 100$ spires conductrices carrées de côtés $a = 10$ cm, est placé verticalement de telle sorte qu'à l'instant initial, l'abscisse x de M soit nulle (Fig. ci-après). Le circuit a une résistance totale $R = 10 \Omega$ et un coefficient d'autoinduction $L = 10$ mH. On applique dans le demi-espace $x > 0$, un champ magnétique uniforme et stationnaire $\mathbf{B} = B_0 \mathbf{e}_z$ où $B_0 = 0,5$ T. Le cadre, initialement abandonné sans vitesse initiale dans le champ de pesanteur $\mathbf{g} = g_0 \mathbf{e}_x$ où $g_0 = 10$ m.s⁻², pénètre dans la région où le champ magnétique est appliqué. On néglige l'influence des frottements de l'air sur le mouvement du cadre et on adopte comme convention d'orientation algébrique du circuit, le sens direct. On se limite à l'étude du mouvement du cadre correspondant à l'immersion partielle de ce dernier dans le champ magnétique. La masse totale du système est $m = 200$ g.



Exprimer la force électromotrice induite e dans le circuit :

A) $e = n^2 B_0 a \dot{x}$

B) $e = 0$

C) $e = -n B_0 a \dot{x}$

D) $e = n B_0 \frac{x^2 \dot{x}}{a}$

30. Exprimer la résultante des forces de Laplace \mathbf{F}_L , en fonction de l'intensité du courant induit i :

A) $\mathbf{F}_L = n B_0 a i \mathbf{e}_x$

B) $\mathbf{F}_L = -n^2 B_0 a i \mathbf{e}_x$

C) $\mathbf{F}_L = -B_0 a i \mathbf{e}_x$

D) $\mathbf{F}_L = 0$

31. En désignant par $v_x = \dot{x}$ la vitesse de translation du cadre, l'équation différentielle du mouvement s'écrit :

$$\frac{d^2 v_x}{dt^2} + \frac{1}{\tau} \frac{dv_x}{dt} + \omega_0^2 v_x = \frac{g}{\tau}$$

Calculer τ :

A) $\tau = 1$ ms

B) $\tau = 1$ s

C) $\tau = 2$ s

D) $\tau = 16$ min 40 s

32. Exprimer ω_0 :

A) $\omega_0 = \frac{nB_0a}{(mL)^{1/2}}$ B) $\omega_0 = \frac{nB_0x^2}{a(mL)^{1/2}}$ C) $\omega_0 = \frac{n^2B_0a}{(mL)^{1/2}}$ D) $\omega_0 = \frac{B_0a}{(mL)^{1/2}}$

33. On néglige l'autoinduction dans le circuit. L'équation du mouvement devient alors :

$$\frac{dv_x}{dt} + \frac{1}{\tau'} v_x = g$$

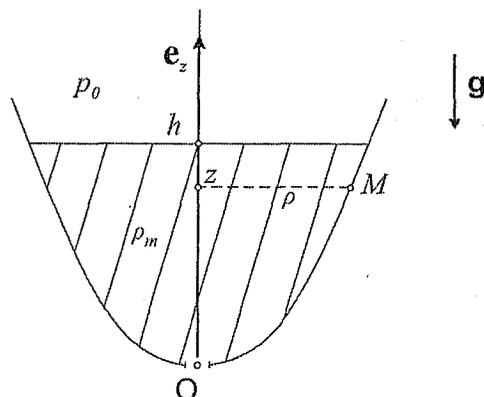
Exprimer τ' :

A) $\tau' = \frac{mR}{n^2B_0^2a^2}$ B) $\tau' = \frac{L}{R}$ C) $\tau' = (mL)^{1/2}nB_0a$ D) $\tau' = \frac{mR}{B_0^2a^2}$

34. Calculer la vitesse limite v_l vers laquelle le cadre tend dans cette phase de mouvement :

A) $v_l = 8 \text{ mm.s}^{-1}$ B) $v_l = 80 \text{ mm.s}^{-1}$ C) $v_l = 0,8 \text{ m.s}^{-1}$ D) $v_l = 8 \text{ m.s}^{-1}$

35. Un réservoir à symétrie de révolution, muni d'une bonde de fond (trou) circulaire de rayon $a = 5 \text{ mm}$ et de centre O , contient de l'eau, de masse volumique $\rho_m = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$. La forme du réservoir est donnée par l'équation de sa paroi en coordonnées cylindriques: $\rho = f(z)$, ρ désignant la distance d'un point M de la paroi à l'axe de symétrie de révolution Oz , z étant la cote de M et f , une fonction de z (Fig. ci-après). La pression atmosphérique vaut $p_0 = 10^5 \text{ Pa}$ et le champ de pesanteur a pour intensité $g_0 = 10 \text{ m.s}^{-2}$. La hauteur d'eau est initialement $h_0 = 50 \text{ cm}$, le fluide supposé parfait est au repos dans le réservoir et la bonde est obstruée.



Indiquer la ou les réponse(s) exacte(s).

- A) La pression au fond du réservoir dépend de sa forme.
 B) La pression au fond du réservoir est inférieure à la pression atmosphérique.
 C) La pression dans l'eau augmente d'environ 1 atm lorsque la profondeur varie d'environ 10 cm.
 D) Le champ de pesanteur n'est pas orthogonal à la surface de l'eau du réservoir.
36. On suppose le réservoir de forme cylindrique, de sorte que $f(z) = R = 20 \text{ cm}$. On ouvre la bonde de fond à l'instant origine. Exprimer la vitesse $v(t)$ du fluide en O , en supposant l'écoulement laminaire, en fonction de la hauteur d'eau $h(t)$ à l'instant t .

A) $v(t) = \left[g_0 h(t) \left(1 - \frac{a^2}{R^2} \right)^{-1} \right]^{1/2}$ C) $v(t) = \left[2g_0 h(t) \left(1 - \frac{a^4}{R^4} \right)^{-1} \right]^{1/2}$
 B) $v(t) = \left[g_0 h(t) \left(1 - \frac{a^4}{R^4} \right)^{-1} \right]^{1/2}$ D) $v(t) = \left[2g_0 h(t) \left(1 - \frac{a^2}{R^2} \right)^{-1} \right]^{1/2}$

37. En tenant compte de l'approximation $R \gg a$, l'équation différentielle d'évolution de la hauteur d'eau s'écrit :

$$\frac{dh}{dt} + kh^{1/2} = 0$$

Exprimer le coefficient k .

A) $k = \frac{R^2}{a^2}(2g)^{1/2}$ B) $k = \frac{a^2}{R^2}(2g)^{1/2}$ C) $k = \left(\frac{Rg}{a}\right)^{1/2}$ D) $k = \frac{a^4}{R^4}(2g)^{1/2}$

38. Évaluer la durée de vidange τ_v du réservoir :

A) $\tau_v = 60$ s B) $\tau_v = 500$ s C) $\tau_v = 40$ min D) $\tau_v = 2$ h

39. La forme du réservoir n'est désormais plus cylindrique, mais obéit à l'équation $f(z) = k'z^{1/4}$ ce qui conduit à une variation de la hauteur d'eau proportionnelle au temps : $h(t) = Vt$ où V est une constante. En supposant $f(z) \gg a$, exprimer V :

A) $V = \left(\frac{g_0}{2}\right)^{1/2} \frac{a^2}{k'^2}$ B) $V = \frac{2g_0^{1/2}a}{k'}$ C) $V = \frac{(3g_0)^{1/2}a}{k'}$ D) $V = \frac{(2g_0)^{1/2}a^2}{k'^2}$

40. Évaluer k' afin que la durée τ' de la vidange du réservoir précédent soit de 250 s :

A) $k' \approx 0,2 \text{ m}^{3/4}$ B) $k' \approx 10 \text{ m}^{1/2}$ C) $k' \approx 0,01 \text{ m}$ D) $k' \approx 2000 \text{ m}^{-3/4}$
