

ÉCOLE NATIONALE DE L'AVIATION CIVILE

ANNÉE 2012

**CONCOURS DE RECRUTEMENT
D'ÉLÈVES PILOTE DE LIGNE**

ÉPREUVE DE PHYSIQUE

**Durée : 2 Heures
Coefficient : 1**

Ce sujet comporte :

- 1 page de garde (recto),
- 2 pages (recto-verso) d'instructions pour remplir le QCM,
- 1 page d'avertissement (recto)
- 7 pages de texte (recto-verso).

CALCULATRICE NON AUTORISÉE

ÉPREUVE DE PHYSIQUE

A LIRE TRÈS ATTENTIVEMENT

L'épreuve de physique de ce concours est un questionnaire à choix multiple qui sera corrigé automatiquement par une machine à lecture optique.

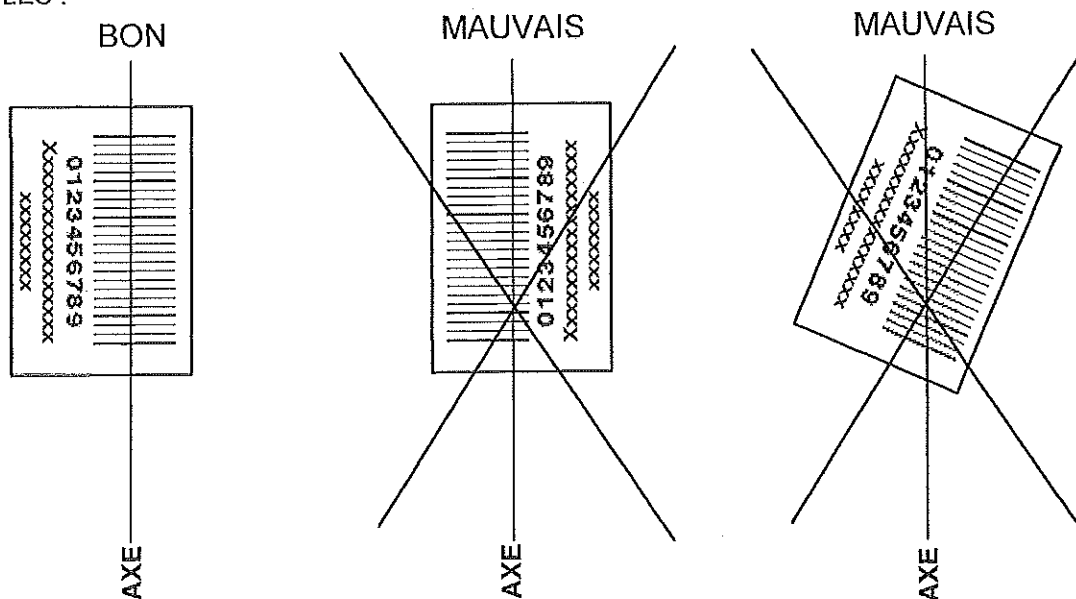
ATTENTION, IL NE VOUS EST DÉLIVRÉ QU'UN SEUL QCM

- 1) Vous devez coller dans la partie droite prévue à cet effet, l'étiquette correspondant à l'épreuve que vous passez, c'est-à-dire épreuve de physique (voir modèle ci-dessous).

POSITIONNEMENT DES ÉTIQUETTES

Pour permettre la lecture optique de l'étiquette, le trait vertical matérialisant l'axe de lecture du code à barres (en haut à droite de votre QCM) doit traverser la totalité des barres de ce code.

EXEMPLES :



- 2) Pour remplir ce QCM, vous devez utiliser un STYLO BILLE ou une POINTE FEUTRE de couleur NOIRE.
- 3) Utilisez le sujet comme brouillon et ne retranscrivez vos réponses qu'après vous être relu soigneusement.
- 4) Votre QCM ne doit pas être souillé, froissé, plié, écorné ou porter des inscriptions superflues, sous peine d'être rejeté par la machine et de ne pas être corrigé.
- 5) Cette épreuve comporte 36 questions, certaines, de numéros consécutifs, sont liées. La liste des questions est donnée au début du texte du sujet.
Chaque candidat devra choisir au plus 24 questions parmi les 36 proposées.

Il est inutile de répondre à plus de 24 questions : la machine à lecture optique lira les réponses en séquence en partant de la ligne 1, et s'arrêtera de lire lorsqu'elle aura détecté des réponses à 24 questions, quelle que soit la valeur de ces réponses.

Chaque question comporte au plus deux réponses exactes.

Tournez la page S.V.P.

- 6) A chaque question numérotée entre 1 et 36, correspond sur la feuille-réponses une ligne de cases qui porte le même numéro (les lignes de 37 à 100 sont neutralisées). Chaque ligne comporte 5 cases A, B, C, D, E.

Pour chaque ligne numérotée de 1 à 36, vous vous trouvez en face de 4 possibilités :

- ▶ soit vous décidez de ne pas traiter cette question, la ligne correspondante doit rester vierge.
- ▶ soit vous jugez que la question comporte une seule bonne réponse, vous devez noircir l'une des cases A, B, C, D.
- ▶ soit vous jugez que la question comporte deux réponses exactes, vous devez noircir deux des cases A, B, C, D et deux seulement.
- ▶ soit vous jugez qu'aucune des réponses proposées A, B, C, D n'est bonne, vous devez alors noircir la case E.

En cas de réponse fautive, aucune pénalité ne sera appliquée.

7) EXEMPLES DE RÉPONSES

Exemple I : Question 1 :

Pour une mole de gaz réel :

- A) $\lim_{P \rightarrow 0}(PV) = RT$, quelle que soit la nature du gaz.
- B) $PV = RT$ quelles que soient les conditions de pression et température.
- C) Le rapport des chaleurs massiques dépend de l'atomicité.
- D) L'énergie interne ne dépend que de la température.

Exemple II : Question 2 :

Pour un conducteur ohmique de conductivité électrique σ , la forme locale de la loi d'OHM est :

- A) $\mathbf{j} = \mathbf{E}/\sigma$
- B) $\mathbf{j} = \sigma \mathbf{E}$
- C) $\mathbf{E} = \sigma^2 \mathbf{j}$
- D) $\mathbf{j} = \sigma^2 \mathbf{E}$

Exemple III : Question 3 :

- A) Le travail lors d'un cycle monotherme peut être négatif.
- B) Une pompe à chaleur prélève de la chaleur à une source chaude et en restitue à la source froide.
- C) Le rendement du cycle de CARNOT est $1 + \frac{T_2}{T_1}$.
- D) Le phénomène de diffusion moléculaire est un phénomène réversible.

Vous marquerez sur la feuille réponse :

1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	A	B	C	D	E
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	A	B	C	D	E
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	A	B	C	D	E
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

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.

QUESTIONS LIEES

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

[7, 8, 9, 10, 11, 12]

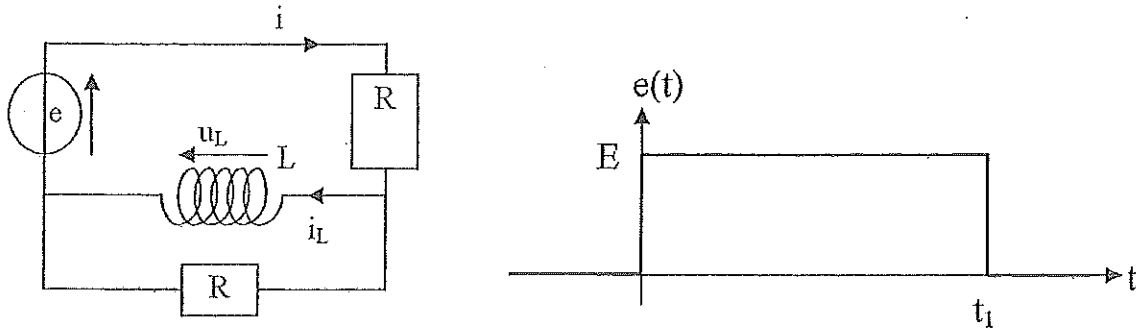
[13, 14, 15, 16, 17, 18]

[19, 20, 21, 22, 23, 24]

[25, 26, 27, 28, 29, 30]

[31, 32, 33, 34, 35, 36]

7. Dans le circuit ci-dessous (cf. figure), le générateur délivre une tension créneau $e(t)$ d'amplitude E , qui débute à l'instant initial ($t = 0$) et se termine à l'instant t_1 :



En supposant le régime stationnaire établi pour $t < 0$ ($e(t < 0) = 0$), déterminer la valeur de l'intensité du courant $i(0^+)$ à l'instant $t = 0^+$ (immédiatement après l'instant initial).

- A) $i(0^+) = \frac{E}{R}$ B) $i(0^+) = 0$ C) $i(0^+) = \frac{E}{2R}$ D) $i(0^+) = E \frac{L}{R}$

8. En supposant que le régime établi soit atteint avant t_1 , calculer l'intensité des courants $i_L(t_1^-)$ et $i(t_1^-)$ juste avant le basculement de e de E à 0 .

- A) $i_L(t_1^-) = 0$ B) $i_L(t_1^-) = \frac{E}{R}$ C) $i(t_1^-) = \frac{E}{2R}$ D) $i(t_1^-) = \frac{E}{R}$

9. Déterminer l'intensité du courant $i(t_1^+)$ juste après le basculement de e de E à 0 .

- A) $i(t_1^+) = \frac{E}{R}$ B) $i(t_1^+) = 0$ C) $i(t_1^+) = \frac{-E}{R}$ D) $i(t_1^+) = \frac{-E}{2R}$

10. Pour t compris entre 0 et t_1 , l'équation différentielle vérifiée par i peut se mettre sous la forme :

$$\frac{di}{dt} + \frac{i}{\tau} = \alpha$$

Donner l'expression de τ et α .

- A) $\tau = \frac{L}{2R}$ B) $\tau = \frac{2L}{R}$ C) $\alpha = \frac{E}{2L}$ D) $\alpha = \frac{E}{L}$

11. Le générateur est modifié pour qu'il délivre un signal sinusoïdal $e(t) = e_m \cos(\omega t)$. La tension de sortie est mesurée aux bornes de la bobine et la fonction de transfert de ce filtre est, en notations complexes, $\underline{H} = \underline{u}_L / \underline{e}$. Déterminer la nature de ce filtre et sa pulsation de coupure ω_c :

- A) passe-haut B) passe-bas C) $\omega_c = \frac{R}{2L}$ D) $\omega_c = \frac{2R}{L}$

12. Déterminer l'évolution du déphasage de \underline{u}_L par rapport à \underline{e} lorsque l'on passe des basses fréquences aux hautes fréquences.

- A) Le déphasage passe de $-\frac{\pi}{2}$ rad à 0 C) u_L est en avance sur e
 B) Le déphasage passe de $\frac{\pi}{2}$ rad à 0 D) u_L est en retard sur e

13. On s'intéresse à une distribution de charge créant en tout point de l'espace un champ électrique dont l'expression en coordonnées sphériques de centre O est la suivante :

$$\vec{E} = \frac{e}{4\pi\epsilon_0 r^2} \left(1 + \frac{r}{a}\right) \exp\left(-\frac{r}{a}\right) \vec{e}_r$$

où a est une constante et \vec{e}_r est le vecteur unitaire radial du système de coordonnées sphériques. Choisir la ou les affirmation(s) exacte(s) :

- A) Tout plan passant par O est un plan de symétrie pour le champ électrique.
 B) Tout plan passant par le point O est plan d'antisymétrie pour le champ électrique.
 C) Il y a invariance du champ électrique par rotation autour de n'importe quel axe passant par O .
 D) Les équipotentielles sont des plans.
14. Déterminer la charge $q(r)$ contenue dans une sphère de rayon r centrée sur O .
- A) $q(r) = \frac{e}{4\pi r} \left(1 + \frac{r}{a}\right) \exp\left(-\frac{r}{a}\right)$ C) $q(r) = \frac{e}{4\pi r^3} \left(1 + \frac{r}{a}\right)^2 \exp\left(-\frac{r}{a}\right)$
 B) $q(r) = er^2 \exp\left(-\frac{r}{a}\right)$ D) $q(r) = e \left(1 + \frac{r}{a}\right) \exp\left(-\frac{r}{a}\right)$

15. La distribution de charge créant le champ précédent est composée d'une charge ponctuelle $+e$ en O et d'une distribution volumique de charge $\rho(r)$. Établir la relation entre q et ρ et en déduire l'expression de $\rho(r)$.

- A) $q = \rho \frac{4}{3} \pi r^3$ C) $\rho(r) = -\frac{e}{4\pi a^2 r} \exp\left(-\frac{r}{a}\right)$
 B) $dq = \rho 4\pi r^2 dr$ D) $\rho(r) = \frac{3e}{4\pi r^3} \left(1 + \frac{r}{a}\right) \exp\left(-\frac{r}{a}\right)$

16. Déterminer la valeur de r , notée r_M pour laquelle la valeur absolue de la densité de charge $\rho(r)$ est maximale.

- A) $r_M = a\sqrt{2}$ C) r_M tend vers l'infini
 B) $r_M = a$ D) $r_M = 2a$

17. Une deuxième distribution de charge crée le champ électrique ayant pour expression en coordonnées sphériques :

$$\text{pour } r < a : \vec{E} = \frac{e}{4\pi\epsilon_0 a^3} r \vec{e}_r \qquad \text{pour } r > a : \vec{E} = \vec{0}$$

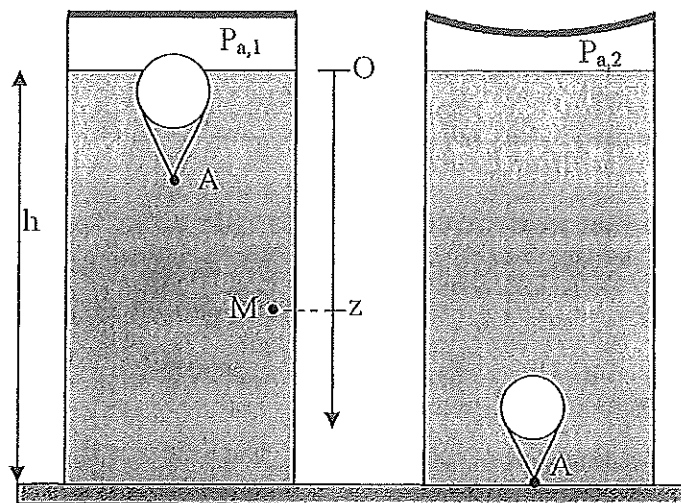
Décrire la charge volumique $\rho'(r)$ de cette distribution pour $r < a$.

- A) $\rho'(r) = -\frac{e}{4\pi r a^2}$ B) $\rho'(r) = \frac{e}{4\pi r^3}$ C) $\rho'(r) = \frac{3e}{r^3}$ D) $\rho'(r) = \frac{3e}{4\pi a^3}$

18. Quelle(s) propriété(s) possède cette deuxième distribution pour $r \geq a$?

- A) La charge volumique vaut $\rho''(r) = -\frac{e}{4\pi r^3}$ dans le domaine $r > a$.
 B) Il n'y a pas de charge dans le domaine $r > a$.
 C) La charge volumique vaut $\rho''(r) = -\frac{3e}{4\pi a^3}$ dans le domaine $r > a$.
 D) La charge est répartie sur la surface $r = a$ avec la densité $\sigma = -\frac{e}{4\pi a^2}$.

19. Un ludion est un jouet pour enfant constitué d'un petit personnage A et d'une sphère imperméable mais déformable renfermant un nombre de mole constant d'air assimilé à un gaz parfait (cf. figure ci-dessous). Il est placé dans une éprouvette cylindrique verticale remplie d'eau sur une hauteur $h = 1,0 \text{ m}$, fermée dans sa partie supérieure par une membrane souple. L'eau est supposée incompressible de masse volumique $\mu_e = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ constante et on note $g = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ l'intensité du champ de pesanteur.



Donner l'ordre de grandeur de la masse volumique de l'air μ_a à pression et température ambiante :

- A) $\mu_a \approx 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ B) $\mu_a \approx 100 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$ C) $\mu_a \approx 10 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$ D) $\mu_a \approx 1 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$

20. Un point M dans l'eau est repéré par sa profondeur z comptée positivement dans le sens de la verticale descendante, l'origine $z = 0$ étant prise à l'interface fixe air-eau. En l'absence d'action sur la membrane, l'air dans la partie supérieure de l'éprouvette est à la pression $P_{a,1}$ et la pression dans l'eau à la profondeur z est notée $P_1(z)$. Le ludion est alors en équilibre en un point voisin de la surface. Lorsqu'on appuie sur la membrane, la pression de l'air dans la partie supérieure vaut $P_{a,2} > P_{a,1}$ et la pression à la profondeur z dans l'eau est notée $P_2(z)$. Le ludion descend alors vers le fond de l'éprouvette. Écrire l'équation de la statique des fluides et exprimer $P_i(z)$ où $i = 1$ ou 2 .

- A) $\frac{dP_i}{dz} = \mu_e g$ B) $\frac{dP_i}{dz} = -\mu_e g$ C) $P_i = P_{a,i} \exp\left(\frac{\mu_e g z}{RT}\right)$ D) $P_i = P_{a,i} + \mu_e g z$

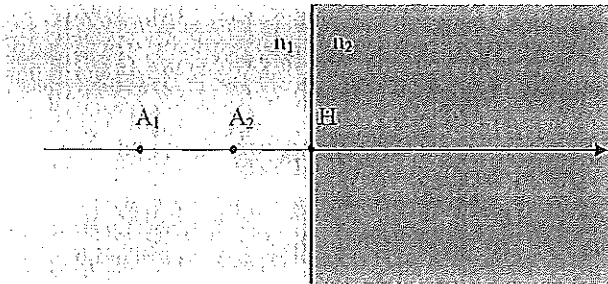
21. Dans l'état initial, le ludion se trouve dans la partie supérieure de l'éprouvette. Son volume vaut alors $V_0 = 64 \text{ mL}$ et peut être assimilé au volume de l'air contenu dans la sphère (on néglige le volume du personnage A). La masse totale du ludion et de l'air qu'il contient est $m = 60 \text{ g}$. Calculer le rayon r de la sphère et le volume V_e du ludion émergeant de l'eau.

- A) $r \approx 2,5 \text{ cm}$ B) $r \approx 5 \text{ cm}$ C) $V_e = 4 \text{ mL}$ D) $V_e = 60 \text{ mL}$

22. La sphère du ludion est constituée d'un plastique très souple et l'air contenu dans le ludion est donc à la même pression que l'eau qui l'entoure. On suppose que l'opérateur appuie sur la membrane et que la pression de l'air sous la membrane passe de $P_{a,1} = 1,0 \text{ bar}$ à $P_{a,2} = 1,2 \text{ bar}$. L'évolution du ludion se fait alors à température constante. Choisir la ou les affirmation(s) exacte(s), en supposant que l'on maintienne constante cette pression et en négligeant les frottements.

- A) La poussée d'Archimède varie au cours de la descente.
 B) Le ludion descend jusqu'au fond de l'éprouvette en décélérant.
 C) Le ludion descend jusqu'au fond de l'éprouvette en accélérant.
 D) Le ludion descend jusqu'au fond de l'éprouvette à vitesse constante.

28. Un dioptre plan sépare deux milieux d'indice n_1 et n_2 . On notera A_1 l'objet lumineux et A_2 son image par le dioptre. A_1 et A_2 sont repérés par rapport à H qui est le projeté orthogonal de A_1 sur le dioptre plan (cf. figure). Si l'objet A_1 est réel, déterminer la nature réelle ou virtuelle de son image par le dioptre plan. Donner également la formule de conjugaison.



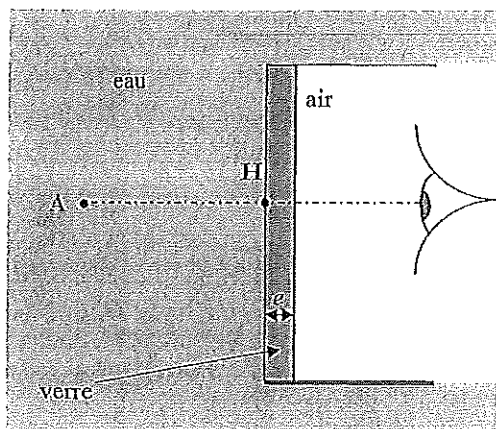
A) L'image est réelle.

C) $n_1 \overline{HA_1} = n_2 \overline{HA_2}$

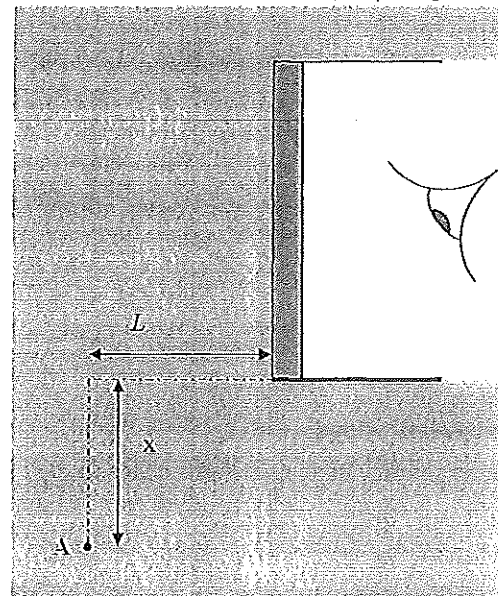
B) L'image est virtuelle.

D) $\frac{\overline{HA_1}}{n_1} = \frac{\overline{HA_2}}{n_2}$

29. L'enfant utilise un masque de plongée pour voir net sous l'eau. Le masque est constitué d'une lame de verre d'indice optique $n_v = 1,50$ et d'épaisseur e . Un objet A est situé en avant du masque (cf. figure a).



a)



b)

Déterminer la position de l'image A' vue par l'enfant à travers le masque sous l'eau.

A) $\overline{HA'} = n_v e + n_e \overline{HA}$

C) $\overline{HA'} = n_v e - n_e \overline{HA}$

B) $\overline{HA'} = e \frac{n_v - 1}{n_v} + \frac{\overline{HA}}{n_e}$

D) $\overline{HA'} = \frac{\overline{HA}}{n_e}$

30. Un poisson, qui est à une distance $L = 100$ cm en avant du masque, descend d'une distance x en dessous du bord du masque (cf figure b ci-dessus qui n'est pas à l'échelle). Indiquer le dioptre susceptible de produire une réflexion totale et déterminer x pour que l'enfant ne puisse plus voir le poisson.

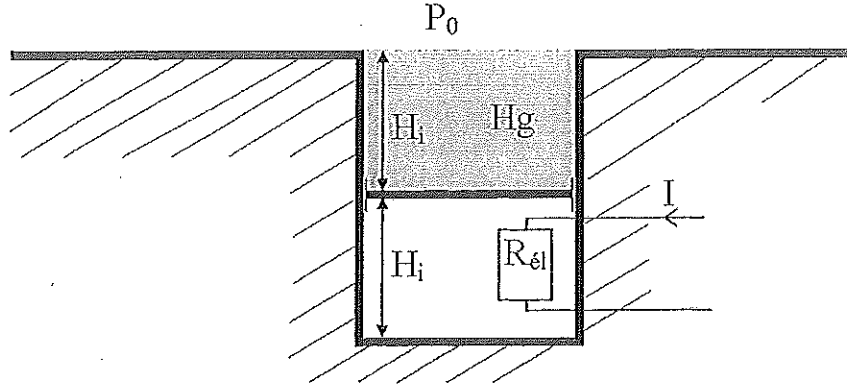
A) Dioptre eau/verre.

B) Dioptre verre/air.

C) $x \approx 40$ cm

D) $x \approx 1$ m

31. Un cylindre de section $S = 200 \text{ cm}^2$ est creusé dans un matériau thermiquement isolant. Il est recouvert d'un piston athermane de masse négligeable pouvant coulisser sans frottement (cf. figure ci-dessous). On introduit à l'intérieur de ce cylindre un gaz parfait qui occupe initialement une hauteur $H_i = 37 \text{ cm}$. Ce gaz parfait est caractérisé par le rapport $\gamma = C_p/C_v$ où C_p et C_v sont respectivement les capacités thermiques à pression constante et à volume constant. La partie au dessus du piston, également de hauteur initiale H_i est remplie de mercure de masse volumique $\mu_{Hg} = 13\,600 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$. Initialement la température est $T_i = 300 \text{ K}$ et la pression atmosphérique est $P_0 = 1,0 \text{ bar}$.



On signale que $\mu_{Hg}gH_i = P_0/2$ où $g = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ est l'intensité du champ de pesanteur. On chauffe le gaz avec une résistance électrique R_{el} de volume et de capacité thermique négligeables parcourue par un courant d'intensité I . On arrête le chauffage lorsque le piston affleure le haut du cylindre. Déterminer la pression du gaz dans l'état initial P_i et sa température dans l'état final T_f .

- A) $P_i = 2P_0 = 2,0 \text{ bars}$ B) $P_i = \frac{3}{2}P_0 = 1,5 \text{ bar}$ C) $T_f = 400 \text{ K}$ D) $T_f = 600 \text{ K}$
32. Exprimer la variation d'énergie interne ΔU du gaz entre l'état initial et l'état final.
- A) $\Delta U = \frac{P_i V_i}{3(\gamma - 1)}$ B) $\Delta U = \frac{P_i V_i}{\gamma - 1}$ C) $\Delta U = \frac{3P_i V_i}{\gamma - 1}$ D) $\Delta U = \frac{P_i V_i}{2(\gamma - 1)}$
33. Établir la relation entre dP et dV lors de cette évolution puis calculer le travail W_P des forces de pression reçu par le gaz.
- A) $dP = \mu_{Hg}g \frac{dV}{S}$ B) $dP = -\mu_{Hg}g \frac{dV}{S}$ C) $W_P = -\frac{2P_i V_i}{3}$ D) $W_P = -\frac{5P_i V_i}{6}$
34. En déduire la durée τ du chauffage.
- A) $\tau = \frac{2P_i V_i}{R_{el} I^2}$ B) $\tau = \frac{P_i V_i (2\gamma - 1)}{3R_{el} I^2 (\gamma - 1)}$ C) $\tau = \frac{P_i V_i (5\gamma - 3)}{6R_{el} I^2 (\gamma - 1)}$ D) $\tau = \frac{3\gamma P_i V_i}{5R_{el} I^2 (\gamma - 1)}$
35. Calculer le travail reçu par le mercure W_{Hg} et celui reçu par l'atmosphère W_a .
- A) $W_{Hg} = \frac{P_i V_i}{6}$ B) $W_{Hg} = \frac{P_i V_i}{3}$ C) $W_a = \frac{2}{3}P_i V_i$ D) $W_a = \frac{5P_i V_i}{6}$
36. Calculer l'entropie créée S_{cr} au cours de cette transformation.
- A) $S_{cr} = \frac{P_i V_i (3\gamma - 2)}{5T_i (\gamma - 1)}$ B) $S_{cr} = 0$ C) $S_{cr} = \frac{P_i V_i}{T_i} \ln 2$ D) $S_{cr} = \frac{P_i V_i}{T_i (\gamma - 1)} \ln \left(\frac{4}{3} \right)$

