RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

ECOLE NATIONALE DE L'AVIATION CIVILE

SESSION 2026 Principal

CONCOURS DE RECRUTEMENT D'ÉLÈVES PILOTE DE LIGNE

ÉPREUVE DE PHYSIQUE

Durée : 2 Heures
Coefficient : 1

Cette épreuve comporte :
- 1 page de garde,
- 2 pages d'avertissement,(recto-verso)
- 13 pages de texte. (Recto-verso) (Numérotées de 4 – 16)

TOUT DISPOSITIF ÉLECTRONIQUE EST INTERDIT
(EN PARTICULIER L'USAGE DE LA CALCULATRICE)

ÉPREUVE DE PHYSIQUE

A LIRE TRÈS ATTENTIVEMENT

L'épreuve de physique de ce concours est un questionnaire à choix multiple qui sera corrigé informatiquement.

1) Pour remplir ce QCM, vous devez utiliser un stylo à bille ou feutre, à encre noire. Vous devez **cocher** lisiblement la case en vue de la lecture informatisée de votre QCM.

2) Votre QCM ne doit pas être souillé, froissé, plié, écorné ou porter des inscriptions superflues, sous peine d'être rejeté informatiquement et de ne pas être corrigé.

3) Si vous voulez **modifier** votre réponse, **n'utilisez pas de correcteur** mais indiquez la nouvelle réponse sur la $2^{ème}$ ligne.

4) Si vous voulez **annuler** votre réponse, vous devez cocher la case « Ann ». Dans ce cas-là, aucune réponse ne sera prise en compte.

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 : le logiciel de correction lira les réponses en séquence en partant de la ligne 1, et s'arrêtera de lire lorsqu'il aura détecté des réponses à 24 questions, quelle que soit la valeur de ces réponses.
   Chaque question comporte au plus deux réponses exactes.

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 80 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 cocher l'une des cases A, B, C, D.
   Ex : si vous pensez que la bonne réponse est B vous cochez la case B.

   ► soit vous jugez que la question comporte deux réponses exactes,
   vous devez cocher deux des cases A, B, C, D et deux seulement.
   Ex : si vous pensez que la bonne réponse est A et C vous cochez les cases A et C

   ► soit vous jugez qu'aucune des réponses proposées A, B, C, D n'est bonne,
   vous devez alors cocher la case E.

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

Tournez la page S.V.P.

7) EXEMPLES DE RÉPONSES

Exemple I : Question 1 :

Pour une mole de gaz réel :

A) $\lim\limits_{P \to 0}(PV) = RT$, 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) **j = E/σ** B) **j = σE** C) **E = σ² j** D) **j = σ² 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 $1+\dfrac{T_2}{T_1}$.
D) Le phénomène de diffusion moléculaire est un phénomène réversible.

Vous marquerez sur la feuille réponse :

	☒	☐	☒	☐	☐
1 -	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**
	☐	☐	☐	☐	☐
	☐	☒	☐	☐	☐
2 -	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**
	☐	☐	☐	☐	☐
	☐	☐	☐	☐	☒
3 -	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**
	☐	☐	☐	☐	☐

AVERTISSEMENTS

Dans certaines questions, les candidats doivent choisir entre plusieurs valeurs numériques. Nous attirons leur attention sur les points suivants :

1 - Les résultats sont arrondis en respectant les règles habituelles ; il est prudent d'éviter des arrondis trop imprécis sur les résultats intermédiaires.

2 - Les valeurs fausses proposées diffèrent suffisamment de la valeur exacte pour que d'éventuels écarts d'arrondi n'entraînent aucune ambiguïté sur la réponse.

Les notations utilisées sont celles en vigueur au niveau international. Ainsi, conformément à ces recommandations internationales, les vecteurs sont représentés en caractères gras et le produit vectoriel est noté par le symbole $\times$.

QUESTIONS LIEES

Cinématique d'une course [1, 2, 3, 4, 5, 6]

Corpuscule dans une goulotte [7, 8, 9, 10, 11, 12]

Associations de lentilles [13, 14, 15, 16, 17, 18]

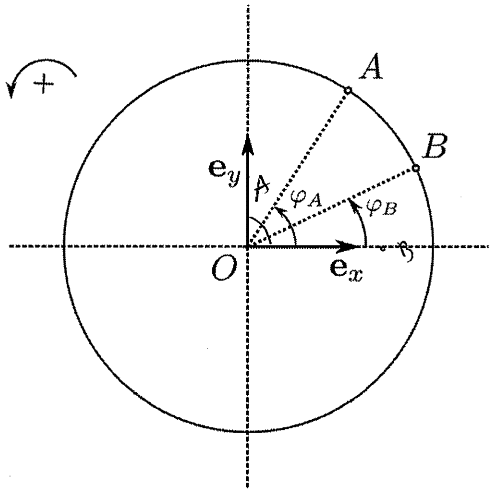
Transformations d'un gaz [19, 20, 21, 22, 23, 24]

Électrocinétique des régimes transitoires [25, 26, 27, 28, 29, 30]

Régime sinusoïdal forcé établi [31, 32, 33, 34, 35, 36]

Cinématique d'une course

Une piste circulaire horizontale de course à pied, de rayon R, est parcourue par deux coureurs A et B. On les assimile à des corpuscules (points matériels) et on note respectivement φ_A et φ_B les angles polaires qui permettent de les repérer sur le cercle. La piste est orientée dans le sens trigonométrique (Fig. ci-après). On note $\omega_A = \dot{\varphi}_A$ et $\omega_B = \dot{\varphi}_B$.



1. Indiquer la ou les réponses correcte(s).
   A) Lorsque A se déplace, la composante radiale (normale au cercle) de son vecteur vitesse est nulle.
   B) Lorsque A se déplace, la composante orthoradiale (tangente au cercle) de son vecteur vitesse est nulle.
   C) Lorsque A se déplace, la composante radiale (normale au cercle) de son vecteur accélération est nulle.
   D) Lorsque le mouvement de A est uniforme, la composante orthoradiale (tangente au cercle) de son vecteur accélération est nulle.
2. Initialement : $\varphi_A = \pi/2$ rad et $\varphi_B = 0$. Les mouvements de A et de B sont uniformes dans le sens direct, mais B est plus rapide que A ($\omega_B > \omega_A$). Exprimer la vitesse angulaire minimale ω_m que doit avoir A afin d'effectuer n tours complets (n est un entier strictement positif), sans jamais être rattrapé par B.

   A) $\omega_m = \left(\dfrac{2\pi n - \pi/2}{2\pi n}\right)\omega_B$ C) $\omega_m = \left(\dfrac{2\pi n}{2\pi n + \pi/2}\right)\omega_B$

   B) $\omega_m = \left(\dfrac{2\pi n}{2\pi n + 3\pi/2}\right)\omega_B$ D) $\omega_m = \dfrac{1}{4n}\omega_B$

3. Le mobile B parcourt la piste à vitesse constante dans le sens direct ($\omega_B > 0$). À un instant pris comme origine temporelle, il passe par la position $\varphi_B = 0$, tandis que A, initialement immobile, démarre de la position $\varphi_A = \pi/2$ rad, avec une accélération angulaire uniforme (i.e. constante au cours du temps) $\alpha = \ddot{\varphi}_A > 0$. Le coureur A espère effectuer un tour complet sans être rattrapé par B. Exprimer l'accélération angulaire minimale α_m nécessaire pour y parvenir :

   A) $\alpha_m = \dfrac{8}{25\pi}\omega_B^2$ B) $\alpha_m = \dfrac{16}{25\pi}\omega_B^2$ C) $\alpha_m = \dfrac{4}{5\pi}\omega_B^2$ D) $\alpha_m = \dfrac{2}{5\pi}\omega_B^2$

4. Trouver, dans les mêmes conditions que celles de la question précédente, l'accélération angulaire maximale α_M permettant à A de ne pas rattraper B dans sa course pour un seul tour de A :

   A) $\alpha_M = \dfrac{4}{\pi}\omega_B^2$ B) $\alpha_M = \dfrac{8}{\pi}\omega_B^2$ C) $\alpha_M = \dfrac{16}{\pi}\omega_B^2$ D) $\alpha_M = \dfrac{2}{5\pi}\omega_B^2$

5. Initialement : $\varphi_A = 0$ et $\varphi_B = \varphi_0 > 0$. Le mouvement de A est uniforme dans le sens direct ($\omega_A > 0$) tandis que celui de B est uniforme dans le sens indirect ($\omega_B < 0$) ; A étant le plus rapide ($\omega_A > |\omega_B|$). Trouver la valeur φ_n de la position de A lorsqu'il rencontre B pour la n-ième fois :

   A) $\varphi_n = \dfrac{\varphi_0 + 2\pi(n-1)}{\omega_A - \omega_B}\omega_A$ C) $\varphi_n = \dfrac{\varphi_0 + 2\pi n}{\omega_A + \omega_B}\omega_A$

   B) $\varphi_n = \dfrac{\varphi_0 + 2\pi n}{\omega_A - \omega_B}\omega_A$ D) $\varphi_n = \dfrac{\varphi_0 + 2\pi(n-1)}{\omega_A + \omega_B}\omega_A$

Tournez la page S.V.P.

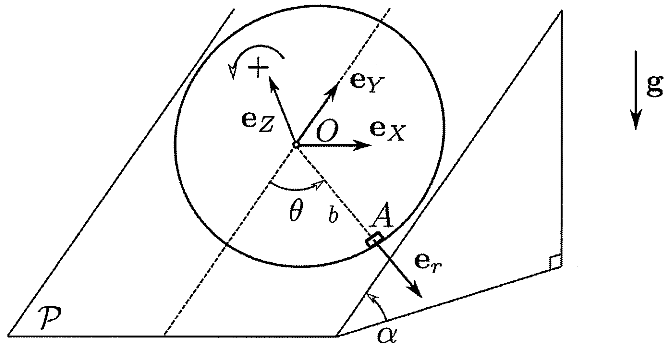
6. Initialement : $\varphi_A = \varphi_B = 0$. Les mouvements de A et de B sont uniformes mais ils courent en sens inverse l'un de l'autre (A étant le plus rapide). Chaque fois qu'ils se rencontrent, ils changent de sens. Quelle distance d_n , A a-t-il parcourue, lors de la n -ième rencontre?

A) $d_n = 2\pi nR$ B) $d_n = \dfrac{2\pi nR\omega_A}{\omega_A - \omega_B}$ C) $d_n = \dfrac{2\pi nR\omega_A}{\omega_A + \omega_B}$ D) $d_n = \dfrac{2\pi nR\omega_B}{\omega_B + \omega_A}$

Corpuscule dans une goulotte

Dans le référentiel du laboratoire supposé galiléen, un plan $\mathcal{P}$ est incliné d'un angle α par rapport au plan horizontal. Ce plan est muni d'un repère direct $\mathcal{R} = (O\,,\ \mathbf{e}_X\,,\ \mathbf{e}_Y\,,\ \mathbf{e}_Z)$ où $\mathbf{e}_Y$ donne la direction ascendante de plus forte pente, $\mathbf{e}_X$ est un vecteur horizontal contenu dans $\mathcal{P}$ et $\mathbf{e}_Z$, un vecteur orthogonal à $\mathcal{P}$.

Un palet A (masse m) assimilé à un corpuscule (i.e. point matériel), glisse sans aucun frottement à l'intérieur d'une goulotte circulaire de rayon b, contenue dans $\mathcal{P}$. On note $\mathbf{e}_r = \mathbf{OA}/OA$ le vecteur radial et θ l'angle qui positionne l'axe OA par rapport à l'axe (O, $-\mathbf{e}_Y$), que l'on oriente dans le sens direct. La force de réaction qu'exercent $\mathcal{P}$ et la goulotte sur le palet s'écrit : $\mathbf{R} = -R_r\,\mathbf{e}_r + R_Z\,\mathbf{e}_Z$ où $R_r \geq 0$ et $R_Z \geq 0$. On note $\mathbf{g}$ le champ de pesanteur terrestre et g son intensité (Fig. ci-après).



7. Exprimer $\mathbf{OA}$ ainsi que le poids $\mathbf{P}$ de A :

A) $\mathbf{OA} = b\sin\theta\,\mathbf{e}_X - b\cos\theta\,\mathbf{e}_Y$

B) $\mathbf{OA} = b\cos\theta\,\mathbf{e}_X - b\sin\theta\,\mathbf{e}_Y$

C) $\mathbf{P} = -mg\sin\alpha\,\mathbf{e}_Y - mg\cos\alpha\,\mathbf{e}_Z$

D) $\mathbf{P} = mg\cos\alpha\,\mathbf{e}_Y - mg\sin\alpha\,\mathbf{e}_Z$

8. Exprimer le moment $\mathbf{M}_O(\mathbf{P})$ en O du poids (dans $\mathcal{R}$) :

A) $\mathbf{M}_O(\mathbf{P}) = \left|\begin{array}{l} mgb\cos\alpha\sin\theta \\ mgb\cos\alpha\cos\theta \\ -mgb\sin\alpha\cos\theta \end{array}\right.$

B) $\mathbf{M}_O(\mathbf{P}) = \left|\begin{array}{l} mgb\cos\alpha\cos\theta \\ mgb\cos\alpha\sin\theta \\ -mgb\sin\alpha\sin\theta \end{array}\right.$

C) $\mathbf{M}_O(\mathbf{P}) = \left|\begin{array}{l} mgb\sin\alpha\cos\theta \\ mgb\sin\alpha\sin\theta \\ -mgb\cos\alpha\sin\theta \end{array}\right.$

D) $\mathbf{M}_O(\mathbf{P}) = \left|\begin{array}{l} mgb\sin\alpha\sin\theta \\ mgb\sin\alpha\cos\theta \\ -mgb\cos\alpha\cos\theta \end{array}\right.$

9. Exprimer le moment $\mathbf{M}_O(\mathbf{R})$ en O de la réaction (dans $\mathcal{R}$) :

A) $\mathbf{M}_O(\mathbf{R}) = \left|\begin{array}{l} bR_Z\sin\theta \\ bR_Z\cos\theta \\ 0 \end{array}\right.$

B) $\mathbf{M}_O(\mathbf{R}) = \left|\begin{array}{l} -bR_Z\cos\theta \\ bR_Z\sin\theta \\ 0 \end{array}\right.$

C) $\mathbf{M}_O(\mathbf{R}) = \left|\begin{array}{l} -bR_Z\sin\theta \\ -bR_Z\cos\theta \\ 0 \end{array}\right.$

D) $\mathbf{M}_O(\mathbf{R}) = \left|\begin{array}{l} -bR_Z\cos\theta \\ -bR_Z\sin\theta \\ 0 \end{array}\right.$

Tournez la page S.V.P.

10. Déterminer l'équation du mouvement de A :

A) $\ddot{\theta} - \omega_0^2 \sin\theta = 0$ avec $\omega_0 = \left(\dfrac{g \sin\alpha}{b}\right)^{1/2}$

B) $\ddot{\theta} + \omega_0^2 \sin\theta = 0$ avec $\omega_0 = \left(\dfrac{g \sin\alpha}{b}\right)^{1/2}$

C) $\ddot{\theta} - \omega_0^2 \sin\theta = 0$ avec $\omega_0 = \left(\dfrac{g \cos\alpha}{b}\right)^{1/2}$

D) $\ddot{\theta} + \omega_0^2 \sin\theta = 0$ avec $\omega_0 = \left(\dfrac{g \cos\alpha}{b}\right)^{1/2}$

11. Le palet est abandonné sans vitesse initiale depuis la position $\theta(0) = \theta_0$. Déterminer $\dot{\theta}(\theta)$:

A) $\dot{\theta}(\theta) = \pm\sqrt{2}\,\omega_0\,(\cos\theta - \cos\theta_0)^{1/2}$

B) $\dot{\theta}(\theta) = \pm\sqrt{2}\,\omega_0\,(\cos\theta + \cos\theta_0)^{1/2}$

C) $\dot{\theta}(\theta) = \pm\sqrt{2}\,\omega_0\,(\sin\theta_0 - \sin\theta)^{1/2}$

D) $\dot{\theta}(\theta) = \pm\sqrt{2}\,\omega_0\,(\sin\theta + \sin\theta_0)^{1/2}$

12. En déduire R_r (on rappelle que $\mathbf{R} = -R_r\,\mathbf{e}_r + R_Z\,\mathbf{e}_Z$) :

A) $R_r = mg\sin\alpha\,(3\cos\theta + 2\cos\theta_0)$

B) $R_r = mg\sin\alpha\,(\cos\theta - \cos\theta_0)$

C) $R_r = mg\sin\alpha\,(2\cos\theta - 3\cos\theta_0)$

D) $R_r = mg\sin\alpha\,(3\cos\theta - 2\cos\theta_0)$

Associations de lentilles

Une lentille mince convergente $\mathcal{L}_1$, de centre O_1 et de focale $f_1' = 50\,\text{cm}$, est utilisée pour former l'image A_1B_1 d'un objet AB placé dans un plan orthogonal à l'axe optique de $\mathcal{L}_1$, A se trouvant sur l'axe optique. Dans tout l'exercice, on admet que les conditions de Gauss sont satisfaites.

13. L'image est située en avant de $\mathcal{L}_1$ (i.e à gauche de $\mathcal{L}_1$ lorsque la lumière arrive par la gauche). Que peut-on affirmer ?

A) L'objet est réel.
B) L'objet est virtuel.
C) L'image est réelle.
D) L'image est virtuelle.

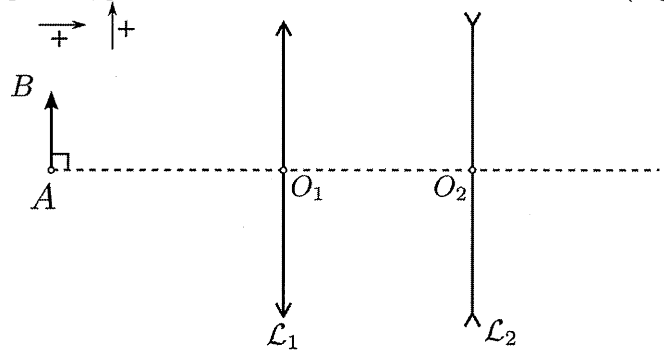
14. L'objet AB, de taille $\overline{AB} = 1\,\text{cm}$, est maintenant placé à $25\,\text{cm}$ en avant de $\mathcal{L}_1$. Où se trouve son image et quelle est sa taille $\overline{A_1B_1}$?

A) $\overline{O_1A_1} = -25\,\text{cm}$ B) $\overline{O_1A_1} = -50\,\text{cm}$ C) $\overline{A_1B_1} = 0{,}5\,\text{cm}$ D) $\overline{A_1B_1} = 2\,\text{cm}$

15. On accole à $\mathcal{L}_1$ une deuxième lentille identique, sans modifier la position de AB. Où se forme l'image ?

A) $\overline{O_1A_1} = 12{,}5\,\text{cm}$ B) $\overline{O_1A_1} = 25\,\text{cm}$ C) $\overline{O_1A_1} = 50\,\text{cm}$ D) $\overline{O_1A_1}$ est infinie.

On considère désormais l'association de $\mathcal{L}_1$ avec une lentille $\mathcal{L}_2$ divergente de centre O_2, de focale $f_2' = -10\,\text{cm}$, de même axe optique que $\mathcal{L}_1$, placée à une distance $\overline{O_1O_2} = 40\,\text{cm}$ de $\mathcal{L}_1$ (Fig. ci-après).



16. L'objet AB (taille $\overline{AB} = 1\,\text{cm}$) est à $1\,\text{m}$ en avant de $\mathcal{L}_1$. Où se trouve l'image A_2B_2 de AB à travers l'association $(\mathcal{L}1, \mathcal{L}2)$ et quelle est sa taille $\overline{A_2B_2}$?

A) $\overline{O_2A_2} = -12\,\text{cm}$ B) $\overline{O_2A_2}$ est infinie. C) $\overline{A_2B_2} = 2\,\text{mm}$ D) $\overline{A_2B_2} = -1{,}2\,\text{mm}$

Tournez la page S.V.P.

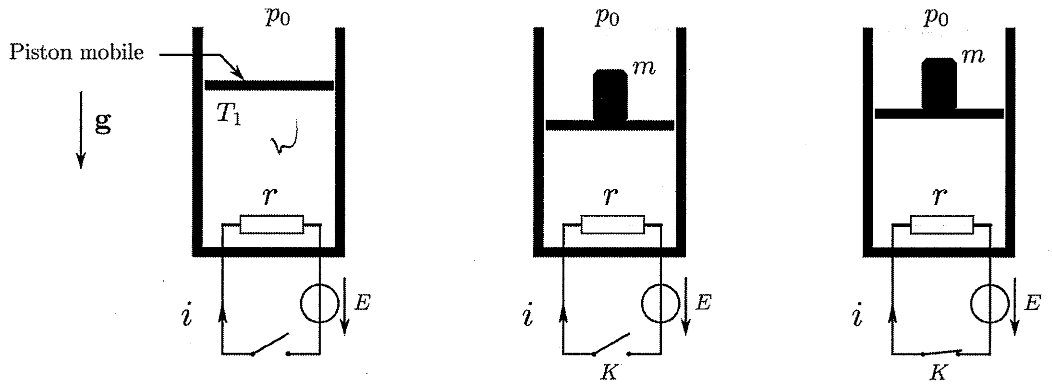
17. L'objet (AB) est désormais situé à l'infini. Où se trouvent A_1B_1 et A_2B_2 ?

A) $\overline{O_1A_1}$ est infinie. B) $\overline{O_1A_1} = 50\,\text{cm}$ C) $\overline{O_2A_2}$ est infinie. D) $\overline{O_2A_2} = 10\,\text{cm}$

18. Lorsqu'on rapproche AB de $\mathcal{L}_1$, dans quel sens se déplacent A_1B_1 et A_2B_2 ?
A) A_1B_1 et A_2B_2 se déplacent vers la gauche.
B) A_1B_1 et A_2B_2 se déplacent vers la droite.
C) A_1B_1 se déplace vers la droite et A_2B_2 se déplace vers la gauche.
D) A_1B_1 se déplace vers la gauche et A_2B_2 se déplace vers la droite.

Transformations d'un gaz

Un gaz parfait (n moles) est enfermé dans une enceinte athermane (i.e calorifugée) qui possède une paroi mobile, appelée piston, également calorifugée, capable de se déplacer orthogonalement à sa surface (plane et d'aire $\mathcal{A}$) le long d'un axe vertical et sans frottement. On néglige la masse du piston. On note $\mathbf{g}$ le champ de pesanteur, g son intensité, et p_0 la pression qui règne à l'extérieur de l'enceinte. Le système est initialement en équilibre thermodynamique dans l'état (1), à la température T_1 (Fig. ci-après). On note R la constante des gaz parfaits et $\gamma = C_{pm}/C_{Vm}$, le rapport de la capacité thermique molaire du gaz à pression constante sur sa capacité thermique molaire à volume constant.



(1) (2) (3)

19. On note M la masse molaire du gaz, et dans l'état (1) : ρ_1 sa masse volumique, p_1 sa pression et V_1 son volume. Exprimer p_1 et V_1 :

A) $p_1 = \dfrac{\rho_1 R T_1}{M}$

B) La pression n'est pas définie.

C) $V_1 = \dfrac{nRT_1}{p_0^\gamma}$

D) $V_1 = \dfrac{nRT_1}{p_0}$

20. On dépose une masse m sur le piston, que l'on a préalablement bloqué. Puis on libère le piston qui s'enfonce dans le gaz, et on admet qu'il s'immobilise (rapidement) ; un nouvel état d'équilibre thermodynamique, noté (2), est atteint (Fig. ci-avant). On désigne par p_2 , V_2 et T_2 , respectivement la pression, le volume et la température de l'état (2). Exprimer le travail W_{12} algébriquement reçu par le gaz au cours de cette transformation :

A) $W_{12} = \dfrac{p_2V_2 - p_1V_1}{\gamma - 1}$ B) $W_{12} = \dfrac{p_2V_2 - p_1V_1}{\gamma}$ C) $W_{12} = p_2(V_1 - V_2)$ D) $W_{12} = \gamma p_2(V_1 - V_2)$

21. À l'aide du premier principe, exprimer T_2 en fonction de T_1 , V_1 et p_2 :

A) $T_2 = T_1 + \dfrac{p_2V_1}{nR}$ B) $T_2 = \dfrac{T_1}{\gamma} + \dfrac{p_2V_1}{nR}$ C) $T_2 = T_1 + \dfrac{p_2V_1}{nC_{Vm}}$ D) $T_2 = \dfrac{T_1}{\gamma} + \dfrac{p_2V_1}{nC_{pm}}$

Tournez la page S.V.P.

Le système étant dans l'état (2), on ferme l'interrupteur K. Le générateur, de force électromotrice (tension) E, débite alors un courant dans un résistor de résistance r situé dans l'enceinte (Fig. ci-avant), pendant une durée τ. Le système atteint alors un état d'équilibre noté (3). On désigne par p_3, V_3 et T_3, respectivement la pression, le volume et la température de l'état (3).

22. Décrire la transformation menant de (2) à (3).
 A) La transformation est isotherme irréversible.
 B) La transformation est isobare irréversible.
 C) La transformation est monobare.
 D) La transformation est adiabatique réversible.

23. Quelle quantité d'énergie $\mathcal{E}^{(r)}$ le gaz reçoit-il durant cette transformation?

 A) $\mathcal{E}^{(r)} = 0$

 B) $\mathcal{E}^{(r)} = -\dfrac{E^2\tau}{r}$

 C) $\mathcal{E}^{(r)} = \dfrac{E^2\tau}{r} + p_2(V_3 - V_2)$

 D) $\mathcal{E}^{(r)} = \dfrac{E^2\tau}{r} - p_2(V_3 - V_2)$

24. Déterminer T_3 :

 A) $T_3 = T_2$

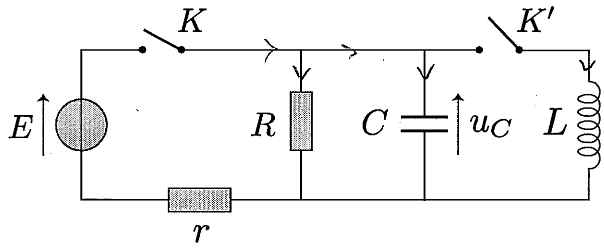
 B) $T_3 = T_2 + \dfrac{E^2\tau}{nrR}$

 C) $T_3 = T_2 + \dfrac{E^2\tau}{nrC_{pm}}$

 D) $T_3 = T_2 + \dfrac{\mathcal{E}^{(r)}}{nC_{Vm}}$

Électrocinétique des régimes transitoires

Un circuit comporte deux interrupteurs K et K' initialement ouverts, un condensateur de capacité C initialement déchargé, deux résistors de résistances r et R, une bobine idéale d'inductance L et un générateur de tension continue de force électromotrice (tension) E. On note $u_C(t)$ la tension aux bornes du condensateur (Fig. ci-après).



Depuis un état stationnaire (ici repos électrique), à un instant pris comme origine temporelle ($t = 0$), on ferme K (K' demeurant ouvert).

25. Déterminer $u_C(0^+)$ et $u_C(\infty)$:

A) $u_C(0^+) = 0$ B) $u_C(0^+) = E$ C) $u_C(\infty) = 0$ D) $u_C(\infty) = \dfrac{R}{r+R}E$

26. Lorsque $t > 0$, $u_C(t)$ vérifie l'équation différentielle suivante :

$$\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} + \frac{u_C}{\tau_1} = \frac{E}{\tau_2}$$

où τ_1 et τ_2 sont deux constantes par rapport au temps que l'on exprimera :

A) $\tau_1 = \dfrac{r+R}{R}rC$ B) $\tau_1 = \dfrac{r}{r+R}RC$ C) $\tau_2 = rC$ D) $\tau_2 = RC$

27. En déduire $u_C(t)$:

A) $u_C(t) = \left(\dfrac{R}{r+R}\right)\left[1 - \exp\left(-\dfrac{t}{\tau_2}\right)\right]E$

C) $u_C(t) = \left(1 + \dfrac{R}{r}\right)\left[1 - \exp\left(-\dfrac{t}{\tau_1}\right)\right]E$

B) $u_C(t) = \left(\dfrac{R}{r+R}\right)\left[1 - \exp\left(-\dfrac{t}{\tau_1}\right)\right]E$

D) $u_C(t) = \dfrac{r}{R}\left[1 - \exp\left(-\dfrac{t}{\tau_1}\right)\right]E$

Tournez la page S.V.P.

Lorsque le régime établi est atteint, on ouvre K . À un nouvel instant pris comme nouvelle origine temporelle, on ferme K' . L'équation différentielle suivante est alors vérifiée :

$$\frac{\mathrm{d}^2 u_C}{\mathrm{d}t^2} + \frac{\omega_0}{Q}\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} + \omega_0^2\, u_C = \omega_0^2\, E_0$$

où ω_0 , E_0 et Q sont des constantes par rapport au temps.

28. Exprimer ω_0 et E_0 .

A) $\omega_0 = (LC)^{-1/2}$ B) $\omega_0 = \dfrac{R}{L}$ C) $E_0 = 0$ D) $E_0 = E$

29. Exprimer Q :

A) $Q = R\left(\dfrac{C}{L}\right)^{1/2}$ B) $Q = \dfrac{1}{R}\left(\dfrac{L}{C}\right)^{1/2}$ C) $Q = \dfrac{R^2 C}{L}$ D) Q est infini.

30. Lorsque $Q > 1/2$, on pose :

$$\omega_a = \omega_0 \left(1 - \frac{1}{4Q^2}\right)^{1/2}$$

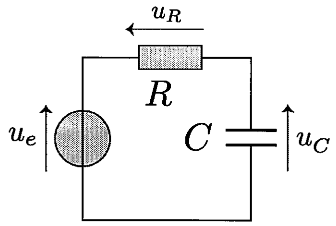
On introduit deux constantes temporelles A et B , dont les valeurs ne sont pas demandées. La tension $u_C(t)$ s'écrit :

A) $u_C(t) = [A\cosh(\omega_a t) + B\sinh(\omega_a t)]\exp\left(-\dfrac{\omega_0 t}{2Q}\right)$ C) $u_C(t) = [A\cos(\omega_a t) + B\sin(\omega_a t)]\exp\left(-\dfrac{\omega_0 t}{2Q}\right)$

B) $u_C(t) = (A + Bt)\exp\left(-\dfrac{\omega_0 t}{2Q}\right)$ D) $u_C(t) = [A\cos(\omega_0 t) + B\sin(\omega_0 t)]\exp\left(-\dfrac{\omega_a t}{2Q}\right)$

Régime sinusoïdal forcé établi

On considère un circuit qui comporte un générateur idéal de tension qui délivre des signaux sinusoïdaux $u_e(t)$ d'amplitude u_m et de pulsation ω, d'un résistor de résistance $R = 200\,\Omega$ (tension à ses bornes $u_R(t)$ d'amplitude $u_{R,m}$), et d'un condensateur de capacité $C = 5\,\mu\text{F}$ (tension à ses bornes $u_C(t)$ d'amplitude $u_{C,m}$). On se place en régime établi (dit aussi permanent). On mesure $u_{R,m} = 4\,\text{V}$ et $u_{C,m} = 2\,\text{V}$ (Fig. ci-après).



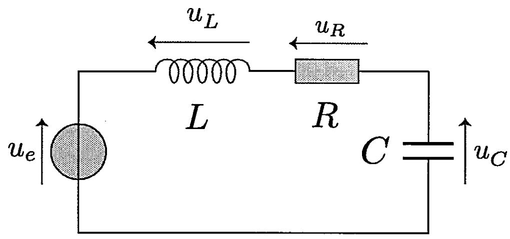
31. Déterminer ω :

A) $\omega = 200\,\text{rad.s}^{-1}$ B) $\omega = 2\,000\,\text{rad.s}^{-1}$ C) $\omega = 2\,500\,\text{rad.s}^{-1}$ D) $\omega = 10\,000\,\text{rad.s}^{-1}$

32. Déterminer u_m :

A) $u_m = 2\,\text{V}$ B) $u_m = 2\sqrt{3}\,\text{V}$ C) $u_m = 2\sqrt{5}\,\text{V}$ D) $u_m = 6\,\text{V}$

On insère, en série dans le circuit précédent, une bobine d'inductance $L = 10$ mH qui présente à ses bornes une tension $u_L(t)$ d'amplitude $u_{L,m}$. Le circuit fonctionne encore en régime établi (Fig. ci-après). Le générateur d élivre cette fois, une tension sinusoïdale d'amplitude u'_m et de pulsation ω'. On mesure à nouveau $u_{R,m} = 4$ V et $u_{C,m} = 2$ V .



Tournez la page S.V.P.

33. Déterminer ω' :

A) $\omega' = 200\,\text{rad.s}^{-1}$ B) $\omega' = 2\,000\,\text{rad.s}^{-1}$ C) $\omega' = 2\,500\,\text{rad.s}^{-1}$ D) $\omega' = 10\,000\,\text{rad.s}^{-1}$

34. Déterminer $u_{L,m}$:

A) $u_{L,m} = 4\,\text{mV}$ B) $u_{L,m} = 40\,\text{mV}$ C) $u_{L,m} = 400\,\text{mV}$ D) $u_{L,m} = 4\,\text{V}$

35. Déterminer u'_m :

A) $u'_m \approx 1\,\text{V}$ B) $u'_m \approx 4\,\text{V}$ C) $u'_m \approx 6\,\text{V}$ D) $u'_m \approx 8\,\text{V}$

36. Que vaudraient les amplitudes de la tension aux bornes du résistor ($u_{R,res}$) et aux bornes du condensateur ($u_{C,res}$) si le générateur délivrait une tension sinusoïdale d'amplitude $10\,\text{V}$ et de fréquence égale à la fréquence propre du circuit ?

A) $u_{R,res} \approx 5\,\text{V}$ B) $u_{R,res} \approx 10\,\text{V}$ C) $u_{C,res} \approx 2{,}2\,\text{V}$ D) $u_{C,res} \approx 45\,\text{V}$
