

Épreuve 2025
Physique
(concours ENAC EPL/S)

Préambule

Ce document propose l'énoncé de l'épreuve de Physique du concours EPL/S 2025.

Consignes

La durée de l'épreuve est de 2h. La calculatrice est interdite. Le jour de l'épreuve, les réponses sont reportées sur un formulaire où le candidat noirci les cases «A», «B», «C», «D» ou «E». Il est demandé d'utiliser un stylo bille ou une pointe feutre de couleur noire.

Le candidat doit choisir au plus 24 questions parmi les 36 proposées.

Les questions comportent zéro, une ou deux réponses correctes. Dans le cas où le candidat juge qu'aucune des propositions n'est juste, il noircira la case «E» sur le formulaire de réponses.

En cas de réponse fausse, aucune pénalité n'est appliquée.

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 symbolisé par \times . Les unités utilisées sont, sauf mention contraire explicite, celles du Système International (SI).

QUESTIONS LIEES

Cinématique d'un mouvement en spirale : [1, 2, 3, 4, 5, 6]

Système afocal : [7, 8, 9, 10, 11, 12]

Électrocinétique des régimes transitoires : [13, 14, 15, 16, 17, 18]

Relation entre capacités thermiques : [19, 20, 21, 22, 23, 24]

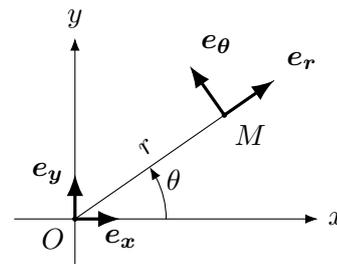
Oscillations d'un cadre métallique : [25, 26, 27, 28, 29, 30]

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

Partie 1 : Cinématique d'un mouvement en spirale

On étudie la trajectoire plane d'un mobile ponctuel M dans le référentiel du laboratoire \mathcal{R} . On associe à ce référentiel matérialisé par un système d'axes la base cartésienne $(\mathbf{e}_x, \mathbf{e}_y, \mathbf{e}_z)$. O est un point fixe de \mathcal{R} .

La position de M est repérée par ses coordonnées polaires (r, θ) dans le plan de sa trajectoire représenté sur la figure ci-contre. Les vecteurs sont exprimés dans la base polaire $(\mathbf{e}_r, \mathbf{e}_\theta)$. On appelle respectivement composante radiale et composante orthoradiale, les composantes d'un vecteur dans cette base.



On note ainsi (v_r, v_θ) les composantes de la vitesse de M et (a_r, a_θ) celles de son accélération. On note par ailleurs v la norme de la vitesse, a celle de l'accélération.

Les équations horaires du mouvement de M sont :

$$r(t) = r_0 e^{-t/\tau} \quad \text{et} \quad \theta(t) = \Omega t$$

avec r_0 , τ et Ω des constantes strictement positives.

Lors des applications numériques, on prendra : $r_0 = 1 \text{ m}$; $\tau = 2,5 \text{ s}$; $\Omega = 0,3 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$

Question 1 :

À quelle date t_1 la composante radiale du vecteur \mathbf{OM} vaut-elle le dixième de sa valeur initiale ?

- A) $t_1 = \tau$ B) $t_1 = \tau \ln(10)$ C) $t_1 = 10\tau$ D) $t_1 = \frac{\tau}{\ln(10)}$

Question 2 :

Exprimer les composantes de la vitesse de M :

- A) $v_r = \frac{r_0}{\tau} e^{-t/\tau}$ C) $v_\theta = r_0 \Omega e^{-t/\tau}$
 B) $v_r = -\frac{r_0}{\tau} e^{-t/\tau}$ D) $v_\theta = r_0 \Omega$

Question 3 :

Exprimer les composantes de l'accélération de M :

- A) $a_r = r_0 \left(\frac{1}{\tau^2} - \Omega^2 \right) e^{-t/\tau}$ C) $a_\theta = \frac{2r_0 \Omega}{\tau}$
 B) $a_r = \frac{r_0}{\tau} \left(\frac{1}{\tau} + \Omega \right) e^{-t/\tau}$ D) $a_\theta = -\frac{2r_0 \Omega}{\tau} e^{-t/\tau}$

Question 4 :

Donner l'expression des normes de la vitesse et de l'accélération :

- A) $v = r_0 \left(\frac{1}{\tau^2} + \Omega^2 \right) e^{-t/\tau}$ C) $a = r_0 \left(\frac{1}{\tau^2} + \Omega^2 \right) e^{-t/\tau}$
 B) $v = r_0 \left(\frac{1}{\tau^2} + \Omega^2 \right)^{1/2} e^{-t/\tau}$ D) $a = r_0 \left(\frac{1}{\tau^2} + \Omega^2 \right)^{1/2} e^{-t/\tau}$

Question 5 :

Que vaut le rapport a/v ?

A) $a/v = 0,25 \text{ s}^{-1}$

C) $a/v = 1 \text{ s}^{-1}$

B) $a/v = 0,5 \text{ s}^{-1}$

D) $a/v = 4 \text{ s}^{-1}$

Question 6 :

On note $\alpha = \widehat{(\mathbf{OM}, \mathbf{v})}$ l'angle que forme, à tout instant, le vecteur vitesse de M avec son vecteur position. On a :

A) $\alpha = \pi/2$

C) $\cos(\alpha) = -(1 + \Omega^2 \tau^2)^{-1/2}$

B) α dépend du temps

D) $\cos(\alpha) = -0,8$

Partie 2 : Système afocal

On étudie un système optique formé de deux lentilles minces, de même axe optique et qu'on suppose utilisées dans les conditions de Gauss. On note respectivement L_1 et L_2 ces deux lentilles. Pour chacune (avec $k = 1$ ou 2) on note O_k son centre optique, V_k sa vergence, f'_k sa distance focale image, F_k et F'_k ses foyers principaux, respectivement objet et image. L'axe optique est orienté suivant l'ordre de positionnement des lentilles, la lumière rencontre successivement L_1 puis L_2 , la distance algébrique $d = \overline{O_1O_2}$ est donc positive. Dans tout l'exercice on choisit les lentilles de sorte que $V_2 > 0$ et $V_1 < 0$.

Question 7 :

On souhaite former un système afocal. Indiquer la ou les réponses correctes pour que ce soit possible :

- A) Il suffit que $V_2 > V_1$
- B) Il faut nécessairement $|V_1| < |V_2|$
- C) Il faut nécessairement $V_1 < -V_2$
- D) Aucune condition sur les vergences n'est nécessaire, seules comptent les positions des lentilles.

Question 8 :

Quelle condition la distance entre les lentilles doit-elle vérifier pour que le système soit afocal ?

- A) $d = \left(\frac{1}{V_2} - \frac{1}{V_1} \right)$
- B) $d = \left(\frac{1}{V_1} + \frac{1}{V_2} \right)$
- C) $d = (V_1 + V_2)^{-1}$
- D) $d = (V_2 - V_1)^{-1}$

Question 9 :

Dans toute la suite de l'exercice les lentilles L_1 et L_2 sont choisies et positionnées de façon à former un système afocal noté (Σ) . On l'utilise pour former l'image d'un objet transversal (perpendiculaire à l'axe optique), placé à une distance finie devant la lentille L_1 . Dans cette situation, on peut affirmer que :

- A) L'image est plus petite que l'objet et elle est de même sens que l'objet.
- B) L'image est plus petite que l'objet et elle est de sens inverse à celui de l'objet.
- C) L'image est plus grande que l'objet et elle est de sens inverse à celui de l'objet.
- D) Le grandissement transversal du système dépend de la position de l'objet, donc les caractéristiques (taille et sens) de l'image dépendent de cette position.

Question 10 :

On appelle point double, le point D de l'axe optique qui est sa propre image par le système optique. Que vérifie la distance $\overline{F_1D}$ pour le système (Σ) ?

$$\text{A) } \overline{F_1D} = \frac{f_1'^2 (f_2' + f_1')}{f_2'^2} \qquad \text{C) } \overline{F_1D} = \frac{f_1' (f_2'^2 + f_1'^2)}{f_2' (f_2' + f_1')}$$

$$\text{B) } \overline{F_1D} = -\frac{2f_1'^2 (f_2' + f_1')}{f_2'^2 + f_1'^2} \qquad \text{D) } \overline{F_1D} = -\frac{2f_1'^2}{f_2' - f_1'}$$

Question 11 :

Le rapport des distances algébriques de D aux centres optiques des lentilles vérifie :

$$\text{A) } \frac{\overline{O_2D}}{\overline{O_1D}} = \frac{f_2'}{f_1'} \qquad \text{C) } \frac{\overline{O_2D}}{\overline{O_1D}} = \frac{f_1'}{f_2'}$$

$$\text{B) } \frac{\overline{O_2D}}{\overline{O_1D}} = -\frac{f_2'}{f_1'} \qquad \text{D) } \frac{\overline{O_2D}}{\overline{O_1D}} = -\frac{f_1'}{f_2'}$$

Question 12 :

DB' est l'image d'un objet transversal DB situé en D . Que peut-on dire de ce couple objet/image :

A) L'image se superpose exactement à l'objet puisqu'elle est au point double.

$$\text{B) } \frac{\overline{DB'}}{\overline{DB}} = -\frac{f_2'}{f_1'}$$

$$\text{C) } \frac{\overline{DB'}}{\overline{DB}} = -\frac{f_1'}{f_2'}$$

D) Il est impossible qu'un objet soit situé en D pour ce système puisque D est entre les deux lentilles.

Question 16 :

Déterminer, de même, la tension de $u_2(t)$ après fermeture de K_1 :

- A) $u_2(t) = \frac{E}{2} \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)$ C) $u_2(t) = \frac{EC_2}{2(C_1 + C_2)} \left[1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)\right]$
- B) $u_2(t) = \frac{EC_1}{2(C_1 + C_2)} \left[1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)\right]$ D) $u_2(t) = E \left[1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)\right]$

Question 17 :

On attend suffisamment longtemps pour que le circuit atteigne son régime établi (i.e. permanent), puis on ferme K_2 (tout en laissant K_1 fermé) à un instant pris *comme nouvelle origine temporelle* ($t = 0$). Déterminer à la date $t = 0^+$, c'est-à-dire, juste après la fermeture de K_2 , l'intensité du courant $i_2(0^+)$ d'une part, et déterminer également sa valeur $i_2(\infty)$ lorsque le nouveau régime établi sera atteint :

- A) $i_2(0^+) = \frac{EC_1}{2R(C_1 + C_2)}$ C) $i_2(\infty) = \frac{EC_2}{2R(C_1 + C_2)}$
- B) $i_1(0^+) = \frac{EC_2}{R(C_1 + C_2)}$ D) $i_2(\infty) = 0$

Question 18 :

On suppose que $C_1 = C_2$. Après la fermeture de K_2 , la tension $u_2(t)$ évolue conformément à l'équation différentielle suivante :

$$\frac{d^2 u_2}{dt^2} + \frac{\omega_0}{Q} \frac{du_2}{dt} + \omega_0^2 u_2 = 0$$

où Q et ω_0 sont deux constantes temporelles. Déterminer Q :

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

Question 22 :

Que vaut le transfert thermique (ou chaleur) Q_{BC} (algébriquement) reçu par le gaz lors de la transformation $B \rightarrow C$? Parmi les réponses ci-dessous, $\Delta_B^C U$ désigne la variation d'énergie interne du gaz au cours de cette transformation.

A) $Q_{BC} = 0$

C) $Q_{BC} = \Delta_B^C U$

B) $Q_{BC} = -W_{BC}$

D) $Q_{BC} = \frac{\Delta_B^C U}{2}$

Question 23 :

Exprimer le transfert thermique (ou chaleur) Q_{CA} ainsi que le travail W_{CA} reçus (algébriquement) par le gaz lors de la transformation $C \rightarrow A$:

A) $Q_{CA} = -C_V \Delta T$

C) $W_{CA} = p_A \Delta V$

B) $Q_{CA} = -C_P \Delta T$

D) $W_{CA} = -p_A \left(1 + \frac{\Delta V}{V_A}\right)$

Question 24 :

Déterminer l'expression de $\Delta V/\Delta T$ en fonction de V_A et T_A , puis en écrivant le bilan d'énergie interne sur le cycle de transformations, en déduire la relation entre C_P et C_V :

A) $\frac{\Delta V}{\Delta T} = \frac{2V_A}{T_A}$

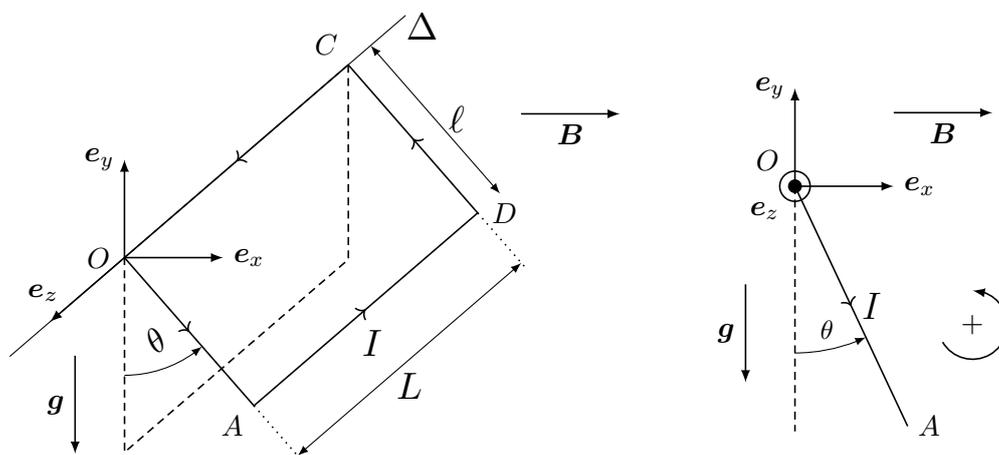
C) $C_P - C_V = p_A \frac{\Delta V}{\Delta T}$

B) $\frac{\Delta V}{\Delta T} = \frac{V_A}{T_A}$

D) $C_P - C_V = 2p_A \frac{\Delta V}{\Delta T}$

Partie 5 : Oscillations d'un cadre métallique

On considère un cadre métallique rectangulaire $OADC$, rigide et homogène (masse linéique uniforme), de longueur L et de largeur ℓ , capable de tourner autour d'un de ses longs côtés horizontaux CO . L'étude est menée dans le référentiel du laboratoire \mathcal{R} , supposé galiléen, auquel on associe le repère cartésien $(O, \mathbf{e}_x, \mathbf{e}_y, \mathbf{e}_z)$. Le côté CO est situé sur un axe de rotation Δ (horizontal) fixe dans \mathcal{R} , et orienté par le vecteur unitaire \mathbf{e}_z . On note $\mathbf{g} = -g\mathbf{e}_y$ le champ de pesanteur d'intensité $g = \|\mathbf{g}\|$, \mathbf{e}_y étant un vecteur unitaire orienté dans le sens vertical ascendant. On note θ l'angle qui repère le vecteur \mathbf{OA} par rapport à la verticale descendante (figure ci-après). On néglige tout frottement, dont ceux de la liaison pivot, supposée parfaite.



On note m la masse du cadre et J_z son moment d'inertie par rapport à l'axe Δ . Une alimentation, non représentée sur la figure, impose un courant stationnaire, d'intensité I le long du cadre, dans le sens indiqué sur la figure ($I > 0$). Enfin, le cadre est immergé dans un champ magnétique uniforme et stationnaire $\mathbf{B} = B\mathbf{e}_x$ où $B > 0$. On néglige l'auto-induction dans le cadre.

Question 25 :

Déterminer Γ_p le moment scalaire du poids du cadre par rapport à Δ (orienté) :

A) $\Gamma_p = 0$

C) $\Gamma_p = mgl \sin \theta$

B) $\Gamma_p = -\frac{mgl \sin \theta}{2}$

D) $\Gamma_p = -\frac{mgl \cos \theta}{2}$

Question 26 :

Déterminer Γ_L , le moment scalaire des forces de Laplace qui s'exercent sur le cadre par rapport à Δ (orienté) :

A) $\Gamma_L = 0$

C) $\Gamma_L = -ILLB \sin \theta$

B) $\Gamma_L = ILLB \cos(\theta/2)$

D) $\Gamma_L = mgl$

Partie 6 : Filtres

Dans cet exercice, on symbolise un filtre par le schéma ci-contre (Fig. 1). On l'exploite en régime sinusoïdal forcé établi. Les tensions d'entrée et de sortie du filtre sont respectivement $u_e(t)$ et $u_s(t)$. On introduit leurs représentations complexes, \underline{u}_e et \underline{u}_s , et on définit la fonction de transfert complexe du filtre comme le rapport de ces deux grandeurs complexes.

On note j l'unité imaginaire ($j^2 = -1$).

Comme indiqué sur le schéma ci-dessous (Fig. 2), on étudie un circuit formé de résistors, de condensateurs et d'un générateur de tension idéal, fournissant une tension sinusoïdale : $e(t) = E \cos(\omega t)$. E et ω sont des constantes temporelles.



Fig. 1

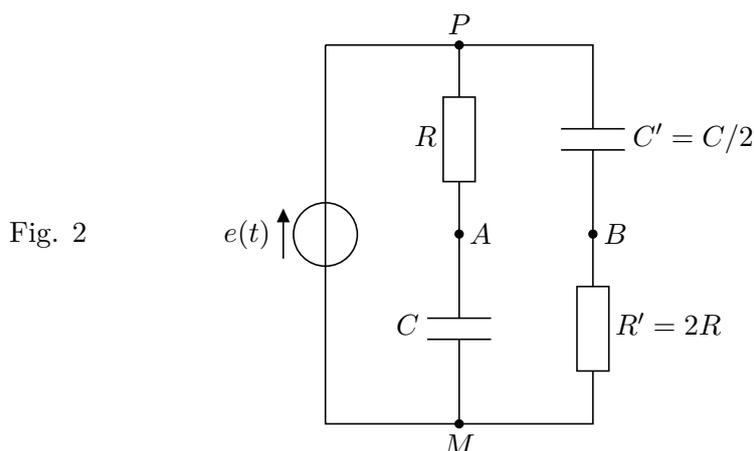


Fig. 2

On définit alors, à partir de ce circuit, les filtres suivants F_1 , F_2 et F dont les fonctions de transfert sont notées respectivement \underline{H}_1 , \underline{H}_2 et \underline{H} (Fig. 3).

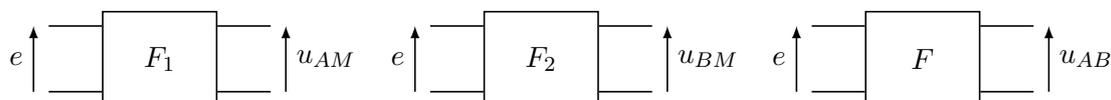


Fig. 3

Question 31 :

La fonction de transfert du filtre F_1 s'écrit :

A) $\underline{H}_1 = \frac{1}{1 + jRC\omega}$

C) $\underline{H}_1 = \frac{1}{1 + \frac{jRC\omega}{2}}$

B) $\underline{H}_1 = \frac{1}{1 + 2jRC\omega}$

D) $\underline{H}_1 = \frac{2}{1 + jRC\omega}$

Question 32 :

La fonction de transfert du filtre F_2 s'écrit :

A) $\underline{H}_2 = \frac{jRC\omega}{2(1 + jRC\omega)}$

C) $\underline{H}_2 = \frac{2jRC\omega}{1 + 2jRC\omega}$

B) $\underline{H}_2 = \frac{jRC\omega}{1 + 2jRC\omega}$

D) $\underline{H}_2 = \frac{jRC\omega}{1 + jRC\omega}$

Question 33 :

La fonction de transfert du filtre F s'écrit :

A) $\underline{H} = jRC\omega$

C) $\underline{H} = \frac{1 - 2jRC\omega}{1 + 2jRC\omega}$

B) $\underline{H} = \frac{1 - jRC\omega}{1 + jRC\omega}$

D) $\underline{H} = \frac{1 - 2jRC\omega}{1 + jRC\omega}$

Question 34 :

Le filtre F est :

A) un passe-bas

C) un passe-bande

B) un passe-haut

D) un intégrateur

Question 35 :

On note $\varphi(\omega)$ le déphasage de la tension $u_{AB}(t)$ par rapport à la tension $e(t)$. Lorsque la pulsation ω varie de 0 à $+\infty$, $\varphi(\omega)$ décroît:

A) de $\frac{\pi}{2}$ à $-\frac{\pi}{2}$

B) de π à 0

C) de 0 à $-\pi$

D) de 0 à $-\frac{\pi}{2}$

Question 36 :

On ajoute au circuit précédent la branche schématisée ci-dessous (Fig. 4), entre les points P et M. Les filtres F_1 , F_2 et F étant toujours définis par les mêmes schémas que précédemment à partir du nouveau circuit. On note alors respectivement \underline{H}'_1 , \underline{H}'_2 et \underline{H}' leurs nouvelles fonctions de transfert et \underline{H}'_3 celle du filtre F_3 représenté ci-dessous (Fig. 5).

Fig. 4

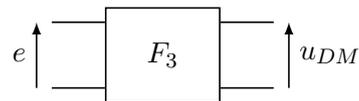
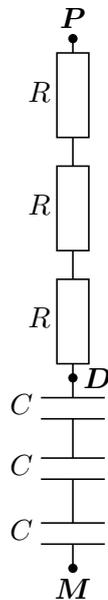


Fig. 5

On peut alors écrire que :

A) $\underline{H}'_3 = \underline{H}'_1 = \underline{H}_1$ et $\underline{H}' = \underline{H}$

C) $\underline{H}'_3 = \underline{H}'_1 \neq \underline{H}_1$ et $\underline{H}' \neq \underline{H}$

B) $\underline{H}'_3(\omega) = \underline{H}'_1(3\omega)$

D) $\underline{H}'_3(\omega) = \underline{H}'_1(\omega/3)$