Physique appliquée

Concours I.E.S.S.A. – Session 2022

Durée : 4 heures

Tout dispositif électronique est interdit, en particulier l'usage de la calculatrice.

Chaque question comporte au plus deux réponses exactes. Pour chaque question numérotée entre 1 et 48, vous vous trouvez en face de quatre possibilités :

- *soit vous décidez de ne pas traiter cette question : vous ne devez alors cocher aucune case ;*
- *soit vous jugez que la question comporte une seule bonne réponse : vous devez cocher l'une des cases A, B, C, D ;*
- *soit vous jugez que la question comporte deux réponses exactes : vous devez cocher 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 cocher la case E.*

Attention, toute réponse fausse peut entraîner pour la question correspondante une pénalité dans la note.

Le sujet comporte sept parties totalement indépendantes.

Notations

Permittivité électrique du vide : ϵ_0.
Perméabilité magnétique du vide : μ_0.

Première partie.

Une bille sphérique, pleine, homogène, de rayon a et de masse volumique ρ chute dans un fluide de masse volumique ρ_f ($\rho_f < \rho$) et de viscosité η.

Le référentiel (O, x, y, z) lié au fluide est supposé galiléen.

Le champ de pesanteur est supposé uniforme :

$$\vec{g} = g \cdot \vec{e}_z \quad \text{avec} \quad g > 0. \tag{1}$$

La vitesse de la bille s'écrit : $\vec{v} = v(t) \cdot \vec{e}_z$.

Lors de sa chute, elle est soumise à une force de frottement de la forme $\vec{F}_f = -6 \cdot \pi \cdot \eta \cdot a \cdot \vec{v}$.

1. L'équation différentielle vérifiée par la vitesse s'écrit :

   (a) $\dfrac{dv}{dt} + \dfrac{9 \cdot \eta}{2 \cdot a^2 \cdot \rho} \cdot v = \left(1 - \dfrac{\rho_f}{\rho}\right) \cdot g$.

   (b) $\dfrac{dv}{dt} + \dfrac{9 \cdot \eta}{2 \cdot a^2 \cdot \rho} \cdot v = g$.

   (c) $\dfrac{dv}{dt} + \dfrac{9 \cdot \eta}{2 \cdot a^2 \cdot \rho} \cdot v = \left(-1 + \dfrac{\rho_f}{\rho}\right) \cdot g$.

   (d) $\dfrac{dv}{dt} + \dfrac{9 \cdot \eta}{2 \cdot a^2 \cdot \rho} \cdot v = -g$.

   (e) Aucune réponse n'est correcte.

2. La vitesse limite, v_{lim}, atteinte par la bille a pour expression :

   (a) $v_{\text{lim}} = -\dfrac{2 \cdot a^2 \cdot (\rho - \rho_f) \cdot g}{9 \cdot \eta}$.

   (b) $v_{\text{lim}} = \dfrac{2 \cdot a^2 \cdot \rho \cdot g}{9 \cdot \eta}$.

   (c) $v_{\text{lim}} = \dfrac{2 \cdot a^2 \cdot (\rho - \rho_f) \cdot g}{9 \cdot \eta}$.

   (d) $v_{\text{lim}} = -\dfrac{2 \cdot a^2 \cdot \rho \cdot g}{9 \cdot \eta}$.

   (e) Aucune réponse n'est correcte.

3. À l'instant initial, $t = 0$, la bille est immobile et son centre de masse G est placé en O. La vitesse de la bille au cours de sa chute s'écrit

   $$v = v_{\text{lim}} \cdot \left(1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)\right) \tag{2}$$

   où la constante de temps, τ, a pour expression :

(a) $\tau = \dfrac{9\cdot\eta}{2\cdot a^2\cdot\rho}$.

(b) $\tau = \dfrac{2\cdot a^2\cdot\rho}{9\cdot\eta}$.

Au bout de $3\cdot\tau$, la valeur de la vitesse de la bille atteint :

(c) environ 63 % de sa valeur limite.

(d) environ 95 % de sa valeur limite.

(e) Aucune réponse n'est correcte.

4. On pose $\overrightarrow{OG} = z_G\cdot\vec{e_z}$. La position z_G du centre de masse a pour expression :

(a) $z_G = v_{lim}\cdot\tau\cdot\left(1-\exp\left(-\dfrac{t}{\tau}\right)\right)$.

(b) $z_G = -v_{lim}\cdot\tau\cdot\left(1-\exp\left(-\dfrac{t}{\tau}\right)\right)$.

(c) $z_G = v_{lim}\cdot t + v_{lim}\cdot\tau\cdot\left(1-\exp\left(-\dfrac{t}{\tau}\right)\right)$.

(d) $z_G = v_{lim}\cdot t - v_{lim}\cdot\tau\cdot\left(1-\exp\left(-\dfrac{t}{\tau}\right)\right)$.

(e) Aucune réponse n'est correcte.

Dans les questions suivantes de cette partie, la bille, de masse m, est maintenant accrochée à un ressort sans masse, à spires non jointives, de longueur à vide ℓ_0 et de raideur k dont l'autre extrémité est attachée au point O.

5. À l'équilibre, la longueur du ressort, notée $\ell_{éq}$, a pour expression :

(a) $\ell_{éq} = \ell_0 + \dfrac{3\cdot k}{4\cdot\pi\cdot a^3\cdot\rho\cdot g}$.

(b) $\ell_{éq} = \ell_0 + \dfrac{4\cdot\pi\cdot a^3\cdot\rho\cdot g}{3\cdot k}$.

(c) $\ell_{éq} = \ell_0 + \dfrac{4\cdot\pi\cdot a^3\cdot(\rho-\rho_f)\cdot g}{3\cdot k}$.

(d) $\ell_{éq} = \ell_0$.

(e) Aucune réponse n'est correcte.

6. Pour repérer le centre de masse de la bille, on choisit une nouvelle origine de l'axe des z à cette position d'équilibre. G est alors repéré par z' où $\overrightarrow{OG} = (\ell_{éq} + z')\cdot\vec{e_z}$. L'équation différentielle vérifiée par z' est :

(a) $\dfrac{d^2z'}{dt^2} + \dfrac{9\cdot\eta}{2\cdot a^2\cdot\rho}\cdot\dfrac{dz'}{dt} - \dfrac{3\cdot k}{4\cdot\pi\cdot a^3\cdot\rho}\cdot z' = g - \dfrac{3\cdot k}{4\cdot\pi\cdot a^3\cdot\rho}\cdot\ell_0$.

(b) $\dfrac{d^2z'}{dt^2} + \dfrac{9\cdot\eta}{2\cdot a^2\cdot\rho}\cdot\dfrac{dz'}{dt} + k\cdot z' = g + k\cdot\ell_0$.

(c) $\dfrac{d^2z'}{dt^2} + \dfrac{9\cdot\eta}{2\cdot a^2\cdot\rho}\cdot\dfrac{dz'}{dt} + \dfrac{3\cdot k}{4\cdot\pi\cdot a^3\cdot\rho}\cdot z' = \left(-1+\dfrac{\rho_f}{\rho}\right)\cdot g + \dfrac{3\cdot k}{4\cdot\pi\cdot a^3\cdot\rho}\cdot\ell_0$.

(d) $\dfrac{d^2z'}{dt^2} + \dfrac{9\cdot\eta}{2\cdot a^2\cdot\rho}\cdot\dfrac{dz'}{dt} + \dfrac{3\cdot k}{4\cdot\pi\cdot a^3\cdot\rho}\cdot z' = \left(1-\dfrac{\rho_f}{\rho}\right)\cdot g + \dfrac{3\cdot k}{4\cdot\pi\cdot a^3\cdot\rho}\cdot\ell_0$.

(e) Aucune réponse n'est correcte.

7. Le régime est critique si la raideur du ressort, notée k_c, a pour expression :

(a) $k_c = \dfrac{27\cdot\pi\cdot\eta^2}{4\cdot(\rho-\rho_f)\cdot a}$.

(b) $k_c = \dfrac{27\cdot\pi\cdot\eta^2}{(\rho-\rho_f)\cdot a}$.

(c) $k_c = \dfrac{27\cdot\pi\cdot\eta^2}{4\cdot\rho\cdot a}$.

(d) $k_c = \dfrac{27\cdot\pi\cdot\eta^2}{\rho\cdot a}$.

(e) Aucune réponse n'est correcte.

8. Si $k < k_c$, le régime est :

(a) apériodique.

(b) pseudo-périodique.

Si $k > k_c$, le régime est :

(c) apériodique.

(d) pseudo-périodique.

(e) Aucune réponse n'est correcte.

9. Dans le cas d'un régime pseudo-périodique $z'(t)$ s'écrit

$$z'(t) = A\cdot\exp\left(-\frac{t}{\tau'}\right)\cdot\cos\left(\Omega'\cdot t+\varphi\right). \quad (3)$$

τ' a pour expression :

(a) $\tau' = \dfrac{9 \cdot \eta}{2 \cdot a^2 \cdot \rho}$.

(b) $\tau' = \dfrac{2 \cdot a^2 \cdot \rho}{9 \cdot \eta}$.

(c) $\tau' = \dfrac{9 \cdot \eta}{4 \cdot a^2 \cdot \rho}$.

(d) $\tau' = \dfrac{4 \cdot a^2 \cdot \rho}{9 \cdot \eta}$.

(e) Aucune réponse n'est correcte.

10. Ω' a pour expression :

(a) $\Omega' = \sqrt{\dfrac{3 \cdot (k - k_c)}{4 \cdot \pi \cdot a^3 \cdot \rho}}$.

(b) $\Omega' = \sqrt{\dfrac{3 \cdot (k - k_c)}{4 \cdot \pi \cdot a^3 \cdot (\rho - \rho_f)}}$.

(c) $\Omega' = \sqrt{\dfrac{3 \cdot (k_c - k)}{4 \cdot \pi \cdot a^3 \cdot \rho}}$.

(d) $\Omega' = \sqrt{\dfrac{3 \cdot (k_c - k)}{4 \cdot \pi \cdot a^3 \cdot (\rho - \rho_f)}}$.

(e) Aucune réponse n'est correcte.

Deuxième partie.

On considère une lentille convergente (L) de centre O et de distance focale $f' = 20$ cm. Elle est utilisée dans les conditions de Gauss sur un banc d'optique. Elle donne d'un objet A sur l'axe optique une image A′ sur l'axe optique dont la position peut être trouvée par la relation de conjugaison suivante :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OF'}}. \quad (4)$$

Pour les Qu. 11 et 12, un objet réel AB perpendiculaire à l'axe optique est placé à 40 cm de la lentille.

11. Sont image est :

(a) réelle.

(b) virtuelle.

Sa distance à la lentille vaut :

(c) 40 cm.

(d) environ 13 cm.

(e) Aucune réponse n'est correcte.

12. Le grandissement transversal G_t vaut :

(a) $G_t = 1$.

(b) $G_t = \dfrac{1}{3}$.

(c) $G_t = -1$.

(d) $G_t = -\dfrac{1}{3}$.

(e) Aucune réponse n'est correcte.

Pour les Qu. 13 et 14, un objet réel AB perpendiculaire à l'axe optique est placé à 10 cm de la lentille.

13. Sont image est :

(a) réelle.

(b) virtuelle.

Sa distance à la lentille vaut :

(c) 20 cm.

(d) environ 6,6 cm.

(e) Aucune réponse n'est correcte.

14. Le grandissement transversal G_t vaut :

(a) $G_t = 2$.

(b) $G_t = \dfrac{2}{3}$.

(c) $G_t = -2$.

(d) $G_t = -\dfrac{2}{3}$.

(e) Aucune réponse n'est correcte.

Pour les Qu. 15 et 16, un objet virtuel AB perpendiculaire à l'axe optique est placé à 20 cm de la lentille.

15. Sont image est :

(a) réelle.
(b) virtuelle.

Sa distance à la lentille vaut :

(c) 40 cm.
(d) 10 cm.
(e) Aucune réponse n'est correcte.

16. Le grandissement transversal G_t vaut :

(a) $G_t = 2$.
(b) $G_t = \frac{1}{2}$.
(c) $G_t = -2$.
(d) $G_t = -\frac{1}{2}$.
(e) Aucune réponse n'est correcte.

17. Pour toute lentille convergente, l'image d'un objet réel est :

(a) toujours réelle.
(b) toujours virtuelle.

L'image d'un objet virtuel est :

(c) toujours réelle.
(d) toujours virtuelle.
(e) Aucune réponse n'est correcte.

18. Pour toute lentille divergente, l'image d'un objet réel est :

(a) toujours réelle.
(b) toujours virtuelle.

L'image d'un objet virtuel est :

(c) toujours réelle.
(d) toujours virtuelle.
(e) Aucune réponse n'est correcte.

Troisième partie.

En coordonnées cartésiennes, un point M a pour coordonnées (x, y, z).

$$\overrightarrow{OM} = x \cdot \vec{e}_x + y \cdot \vec{e}_y + z \cdot \vec{e}_z. \quad (5)$$

Un carré, de sommets A, B, C, D, a pour centre O et pour côté $2 \cdot a$.

$$\begin{aligned} &A\,(a,\, a,\, 0)\\ &B\,(a,\, -a,\, 0)\\ &C\,(-a,\, -a,\, 0)\\ &D\,(-a,\, a,\, 0) \end{aligned} \quad (6)$$

On se place en régime stationnaire.
Pour les Qu. 19 et 20, en A, B, C et D sont placés des particules identiques de charge q.

19. Le champ électrique en O a pour expression :

(a) $\vec{E}(O) = \vec{0}$.
(b) $\vec{E}(O) = \frac{q}{2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot a^2} \cdot \vec{e}_x$.
(c) $\vec{E}(O) = \frac{q}{2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot a^2} \cdot \vec{e}_y$.
(d) $\vec{E}(O) = \frac{q}{\pi \cdot \epsilon_0 \cdot a^2} \cdot \vec{e}_x$.
(e) Aucune réponse n'est correcte.

20. L'origine des potentiels est choisie à l'infini. Le potentiel électrique en O a pour expression :

(a) $V(O) = 0$.

(b) $V(O) = \dfrac{q}{\pi \cdot \epsilon_0 \cdot a}$.

(c) $V(O) = \dfrac{q}{\pi \cdot \epsilon_0 \cdot \sqrt{2} \cdot a}$.

(d) $V(O) = \dfrac{q}{2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot a^2}$.

(e) Aucune réponse n'est correcte.

Pour les Qu. 21 et 22, en A et B sont placés deux particules identiques de charge q, en C et D deux particules identiques de charge $-q$.

21. Le champ électrique en O a pour expression :

(a) $\vec{E}(O) = \vec{0}$.

(b) $\vec{E}(O) = -\dfrac{q}{2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot a^2} \cdot \vec{e_x}$.

(c) $\vec{E}(O) = -\dfrac{q}{2 \cdot \sqrt{2} \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot a^2} \cdot \vec{e_x}$.

(d) $\vec{E}(O) = -\dfrac{q}{2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot a^2} \cdot \vec{e_y}$.

(e) Aucune réponse n'est correcte.

22. L'origine des potentiels est choisie à l'infini. Le potentiel électrique en O a pour expression :

(a) $V(O) = 0$.

(b) $V(O) = \dfrac{q}{\pi \cdot \epsilon_0 \cdot a}$.

(c) $V(O) = \dfrac{q}{\pi \cdot \epsilon_0 \cdot \sqrt{2} \cdot a}$.

(d) $V(O) = \dfrac{q}{2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot a^2}$.

(e) Aucune réponse n'est correcte.

Pour les Qu. 23 et 24, en A et C sont placés deux particules identiques de charge q, en B et D deux particules identiques de charge $-q$.

23. Le champ électrique en O a pour expression :

(a) $\vec{E}(O) = \vec{0}$.

(b) $\vec{E}(O) = -\dfrac{q}{2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot a^2} \cdot \vec{e_x}$.

(c) $\vec{E}(O) = -\dfrac{q}{2 \cdot \sqrt{2} \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot a^2} \cdot \vec{e_x}$.

(d) $\vec{E}(O) = -\dfrac{q}{2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot a^2} \cdot \vec{e_y}$.

(e) Aucune réponse n'est correcte.

24. L'origine des potentiels est choisie à l'infini. Le potentiel électrique en O a pour expression :

(a) $V(O) = 0$.

(b) $V(O) = \dfrac{q}{\pi \cdot \epsilon_0 \cdot a}$.

(c) $V(O) = \dfrac{q}{\pi \cdot \epsilon_0 \cdot \sqrt{2} \cdot a}$.

(d) $V(O) = \dfrac{q}{2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot a^2}$.

(e) Aucune réponse n'est correcte.

25. La permittivité électrique du vide, ϵ_0, a pour unité :

(a) $F^{-1} \cdot m$.

(b) $F \cdot m$.

(c) $F^{-1} \cdot m^{-1}$.

(d) $F \cdot m^{-1}$.

(e) Aucune réponse n'est correcte.

26. L'ordre de grandeur de ϵ_0 dans le système international d'unités est :

(a) 10^{-11}.

(b) 10^{-9}.

(c) 10^{-6}.

(d) 10^{7}.

(e) Aucune réponse n'est correcte.

Quatrième partie.

Un cylindre infini d'axe (Oz) et de rayon R est chargé uniformément en volume. On note ρ_0 sa charge volumique. On se place en régime stationnaire.

Un point M de l'espace est repéré par les coordonnées cylindriques (r, θ, z).

$$\overrightarrow{OM} = r \cdot \vec{e_r} + z \cdot \vec{e_z}. \quad (7)$$

27. Les équations de Maxwell qui régissent l'électrostatique sont :

(a) l'équation de Maxwell-Faraday.
(b) l'équation de Maxwell-Ampère.
(c) l'équation de Maxwell-Thomson.
(d) l'équation de Maxwell-Gauss.
(e) Aucune réponse n'est correcte.

28. Le champ électrique est :

(a) contenu dans les plans de symétrie pour les charges.
(b) orthogonal aux plans de symétrie pour les charges.

Les équipotentielles sont :

(c) des cylindres.
(d) des plans.
(e) Aucune réponse n'est correcte.

29. Pour $r < \mathrm{R}$, le champ électrique en M s'écrit :

(a) $\vec{\mathrm{E}}(\mathrm{M}) = \vec{0}$.
(b) $\vec{\mathrm{E}}(\mathrm{M}) = \dfrac{\rho_0 \cdot r}{2 \cdot \epsilon_0} \cdot \vec{e_r}$.
(c) $\vec{\mathrm{E}}(\mathrm{M}) = \dfrac{\rho_0 \cdot \mathrm{R}^2}{2 \cdot \epsilon_0 \cdot r} \cdot \vec{e_r}$.
(d) $\vec{\mathrm{E}}(\mathrm{M}) = \dfrac{\rho_0 \cdot \mathrm{R}^2}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot r} \cdot \vec{e_r}$.
(e) Aucune réponse n'est correcte.

30. Pour $r > \mathrm{R}$, le champ électrique en M s'écrit :

(a) $\vec{\mathrm{E}}(\mathrm{M}) = \vec{0}$.
(b) $\vec{\mathrm{E}}(\mathrm{M}) = \dfrac{\rho_0 \cdot r}{2 \cdot \epsilon_0} \cdot \vec{e_r}$.
(c) $\vec{\mathrm{E}}(\mathrm{M}) = \dfrac{\rho_0 \cdot \mathrm{R}^2}{2 \cdot \epsilon_0 \cdot r} \cdot \vec{e_r}$.
(d) $\vec{\mathrm{E}}(\mathrm{M}) = \dfrac{\rho_0 \cdot \mathrm{R}^2}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot r} \cdot \vec{e_r}$.
(e) Aucune réponse n'est correcte.

31. Le potentiel électrique en M est noté $\mathrm{V}(r)$. On choisit l'origine des potentiels en $r = \mathrm{R}$. Pour $r < \mathrm{R}$, il s'écrit :

(a) $\mathrm{V}(\mathrm{M}) = -\dfrac{\rho_0 \cdot (r^2 - \mathrm{R}^2)}{4 \cdot \epsilon_0}$.
(b) $\mathrm{V}(\mathrm{M}) = 0$.
(c) $\mathrm{V}(\mathrm{M}) = -\dfrac{\rho_0 \cdot \mathrm{R}^2}{2 \cdot \epsilon_0} \cdot \ln\left(\dfrac{r}{\mathrm{R}}\right)$.
(d) $\mathrm{V}(\mathrm{M}) = -\dfrac{\rho_0 \cdot \mathrm{R}^2}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0} \cdot \ln\left(\dfrac{r}{\mathrm{R}}\right)$.
(e) Aucune réponse n'est correcte.

32. Pour $r > \mathrm{R}$, il s'écrit :

(a) $\mathrm{V}(\mathrm{M}) = -\dfrac{\rho_0 \cdot (r^2 - \mathrm{R}^2)}{4 \cdot \epsilon_0}$.
(b) $\mathrm{V}(\mathrm{M}) = 0$.
(c) $\mathrm{V}(\mathrm{M}) = -\dfrac{\rho_0 \cdot \mathrm{R}^2}{2 \cdot \epsilon_0} \cdot \ln\left(\dfrac{r}{\mathrm{R}}\right)$.
(d) $\mathrm{V}(\mathrm{M}) = -\dfrac{\rho_0 \cdot \mathrm{R}^2}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0} \cdot \ln\left(\dfrac{r}{\mathrm{R}}\right)$.
(e) Aucune réponse n'est correcte.

Cinquième partie.

Un fil cylindrique infini d'axe (O_z) et de rayon R est parcouru par un courant I réparti uniformément en volume. On se place en régime stationnaire.
Un point M de l'espace est repéré par les coordonnées cylindriques (r, θ, z).

$$\overrightarrow{\mathrm{OM}} = r \cdot \vec{e_r} + z \cdot \vec{e_z}. \quad (8)$$

33. Le champ magnétique est :

(a) contenu dans les plans de symétrie pour les courants.
(b) orthogonal aux plans de symétrie pour les courants.

Les lignes de champ magnétique créées par ce fil sont :

(c) des cercles.
(d) des droites.
(e) Aucune réponse n'est correcte.

34. Les équations de Maxwell qui régissent la magnétostatique sont :

(a) l'équation de Maxwell-Faraday.
(b) l'équation de Maxwell-Ampère.
(c) l'équation de Maxwell-Thomson.
(d) l'équation de Maxwell-Gauss.
(e) Aucune réponse n'est correcte.

35. Pour $r < \mathrm{R}$, le champ magnétique en M s'écrit :

(a) $\vec{\mathrm{B}}(\mathrm{M}) = \vec{0}$.
(b) $\vec{\mathrm{B}}(\mathrm{M}) = \dfrac{\mu_0 \cdot \mathrm{I}}{2 \cdot \pi \cdot r} \cdot \vec{e}_\theta$.
(c) $\vec{\mathrm{B}}(\mathrm{M}) = \dfrac{\mu_0 \cdot \mathrm{I} \cdot r}{2 \cdot \pi \cdot \mathrm{R}^2} \cdot \vec{e}_\theta$.
(d) $\vec{\mathrm{B}}(\mathrm{M}) = \dfrac{\mu_0 \cdot \mathrm{I} \cdot r}{\pi \cdot \mathrm{R}^2} \cdot \vec{e}_\theta$.
(e) Aucune réponse n'est correcte.

36. Pour $r > \mathrm{R}$, le champ magnétique en M s'écrit :

(a) $\vec{\mathrm{B}}(\mathrm{M}) = \vec{0}$.
(b) $\vec{\mathrm{B}}(\mathrm{M}) = \dfrac{\mu_0 \cdot \mathrm{I}}{2 \cdot \pi \cdot r} \cdot \vec{e}_\theta$.
(c) $\vec{\mathrm{B}}(\mathrm{M}) = \dfrac{\mu_0 \cdot \mathrm{I} \cdot r}{2 \cdot \pi \cdot \mathrm{R}^2} \cdot \vec{e}_\theta$.
(d) $\vec{\mathrm{B}}(\mathrm{M}) = \dfrac{\mu_0 \cdot \mathrm{I} \cdot r}{\pi \cdot \mathrm{R}^2} \cdot \vec{e}_\theta$.
(e) Aucune réponse n'est correcte.

37. La perméabilité magnétique du vide, μ_0, a pour unité :

(a) $\mathrm{H}^{-1} \cdot \mathrm{m}$.
(b) $\mathrm{H} \cdot \mathrm{m}$.
(c) $\mathrm{H}^{-1} \cdot \mathrm{m}^{-1}$.
(d) $\mathrm{H} \cdot \mathrm{m}^{-1}$.
(e) Aucune réponse n'est correcte.

38. L'ordre de grandeur de μ_0 dans le système international d'unités est :

(a) 10^{-9}.
(b) 10^{-11}.
(c) 10^{-6}.
(d) 10^{7}.
(e) Aucune réponse n'est correcte.

Sixième partie.

Un filtre électrique linéaire, de fonction de transfert $\underline{\mathrm{H}}$, a pour signal d'entrée $u_\mathrm{e}(t)$ et pour signal de sortie $u_\mathrm{s}(t)$. Sur le chronogramme ci-dessous (Fig. 1), le signal d'entrée $u_\mathrm{e}(t)$ est représenté en trait plein et le signal de sortie $u_\mathrm{s}(t)$ en pointillés.

Le temps en abscisse est exprimé en ms. Les tensions en ordonnée sont exprimées en volts.

39. Le signal d'entrée $u_\mathrm{e}(t)$ a pour fréquence

(a) 0,1 Hz
(b) 100 Hz

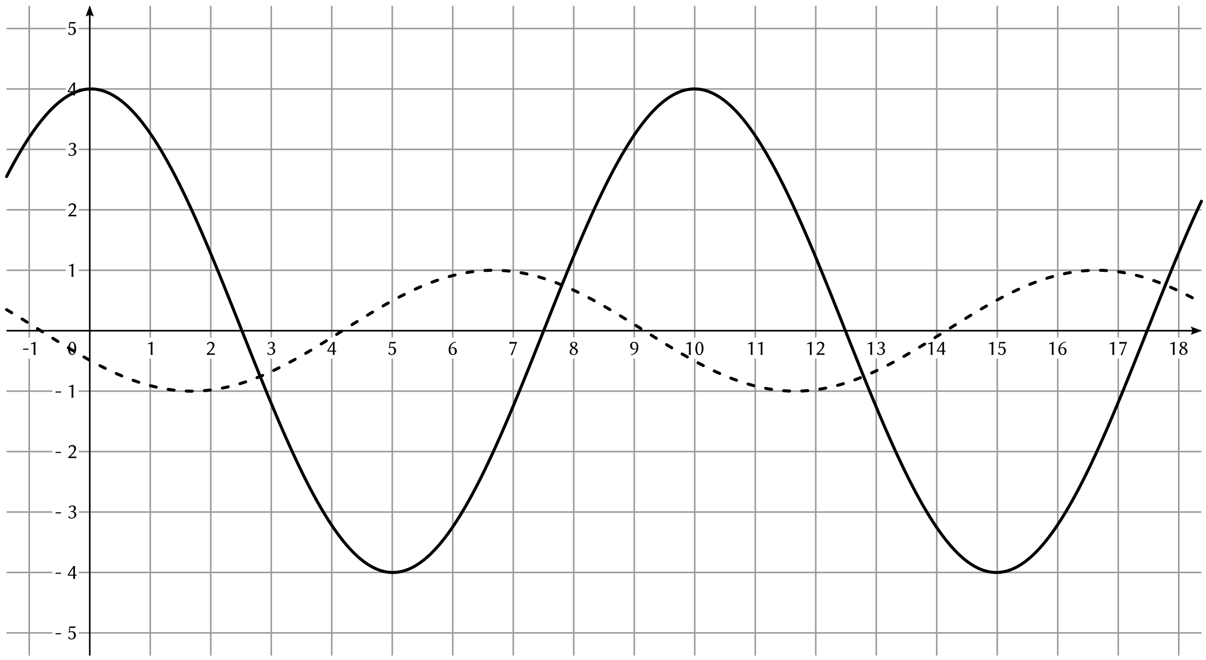
et pour amplitude

(c) 4 V.
(d) 8 V.
(e) Aucune réponse n'est correcte.

40. $u_\mathrm{e}(t)$ a pour valeur efficace :

(a) 4 V.
(b) $2 \cdot \sqrt{2}$ V.
(c) 0 V.
(d) $4 \cdot \sqrt{2}$ V.
(e) Aucune réponse n'est correcte.

41. Le déphasage de $u_\mathrm{s}(t)$ par rapport à $u_\mathrm{e}(t)$ vaut :



▲ **Figure 1.** Chronogramme.

(a) +60°.

(b) −60°.

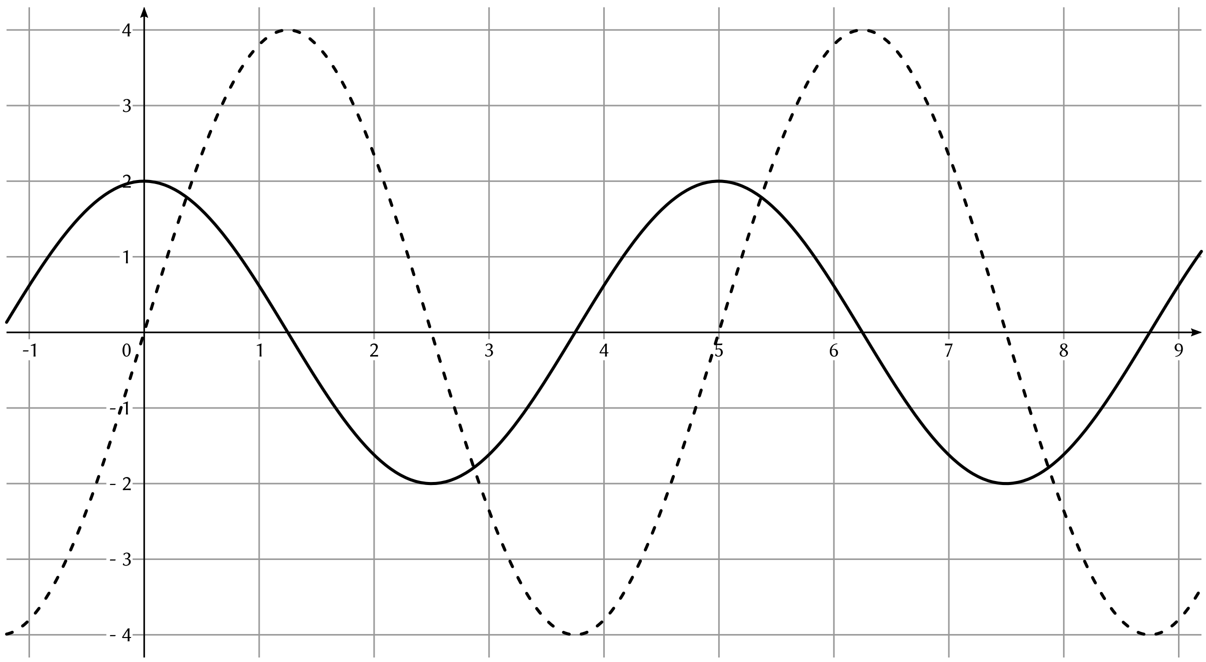
(c) +120°.

(d) −120°.

(e) Aucune réponse n'est correcte.

À une autre fréquence, un autre filtre linéaire, de fonction de transfert $\underline{H}$, donne les chronogrammes ci-dessous (Fig. 2). Le signal d'entrée $u_e(t)$ est encore représenté en trait plein et le signal de sortie $u_s(t)$ en pointillés.

Le temps en abscisse est exprimé en µs. Les tensions en ordonnée sont exprimées en volts.



▲ **Figure 2.** Chronogramme.

42. La fonction de transfert à cette fréquence a pour module

(a) $|\underline{H}| = 2$

(b) $|\underline{H}| = \dfrac{1}{2}$

et pour argument

(c) $\arg(\underline{H}) = -\dfrac{\pi}{2}$ radians.

(d) $\arg(\underline{H}) = +\dfrac{\pi}{2}$ radians.

(e) Aucune réponse n'est correcte.

43. La fonction de transfert pour cette fréquence s'écrit :

(a) $\underline{H} = 2 \cdot j$.

(b) $\underline{H} = -2 \cdot j$.

(c) $\underline{H} = \dfrac{j}{2}$.

(d) $\underline{H} = -\dfrac{j}{2}$.

(e) Aucune réponse n'est correcte.

Septième partie.

Les Qu. 44 et 45 portent sur le script Python ci-dessous.

```python
L = [3, 2, 1]
M = L
L[1] = 0
```

44. À la fin de l'exécution de ce programme, la liste `L` a pour valeur :

(a) `[3,2,1]`

(b) `[3,0,1]`

(c) `[0,2,1]`

(d) `[3,2,0]`

(e) Aucune réponse n'est correcte.

45. À la fin de l'exécution de ce programme, la liste `M` a pour valeur :

(a) `[3,2,1]`

(b) `[3,0,1]`

(c) `[0,2,1]`

(d) `[3,2,0]`

(e) Aucune réponse n'est correcte.

46. Dans le script Python ci-dessous, laquelle de ces listes (`L`) permet d'obtenir le résultat suivant : `[True, False, True]` ?

```python
X = []
for a in range(0, len(L)):
    b = L[a]
    if a < b:
        X.append(True)
    else:
        X.append(False)
print(X)
```

(a) `[-1,3,1]`

(b) `[8,2,4]`

(c) `[2,0,5]`

(d) `[0,2,0]`

(e) Aucune réponse n'est correcte.

47. Pour `L = [-1, 1, 3]`, l'exécution du script Python de la question précédente donne pour `X` le résultat suivant :

(a) `[True, False, True]`

(b) `[False, True, True]`

(c) `[True, True, True]`

(d) `[False, False, True]`

(e) Aucune réponse n'est correcte.

48. Que renvoie la ligne de commande ci-dessous ?

```python
print(0.1 + 0.2 == 0.3)
```

(a) `0.3`

(b) `0.30000000000000004`

(c) `Syntax Error`

(d) `0.1 + 0.2 == 0.3`

(e) Aucune réponse n'est correcte.

Fin de l'énoncé.