

Physique appliquée

Concours I.E.S.S.A. – Session 2023

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 50, 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.

Le sujet comporte six parties totalement indépendantes.

Notations

Permittivité électrique du vide : ϵ_0 .

Perméabilité magnétique du vide : μ_0 .

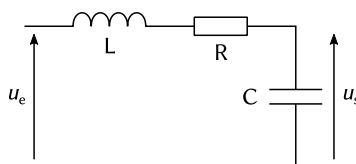
Formulaire mathématique

$$\vec{\text{rot}}(\vec{\text{rot}}(\vec{A})) = \vec{\text{grad}}(\text{div}(\vec{A})) - \Delta \vec{A}.$$

■ (1)

Première partie.

On étudie le filtre linéaire ci-dessous.



▲ FIGURE 1

1. À basse fréquence, un condensateur se comporte comme :

- (a) un interrupteur ouvert. (b) un fil.

À haute fréquence, un condensateur se comporte comme :

- (c) un interrupteur ouvert. (e) Aucune réponse n'est correcte.
(d) un fil.

2. À basse fréquence, une bobine idéale se comporte comme :

- (a) un interrupteur ouvert. (b) un fil.

À haute fréquence, une bobine idéale se comporte comme :

- (c) un interrupteur ouvert. (e) Aucune réponse n'est correcte.
(d) un fil.

3. Le filtre est un :

- (a) passe-bas.
- (b) passe-haut.
- (c) passe-bande.

- (d) coupe-bande.
- (e) Aucune réponse n'est correcte.

4. La fonction de transfert a pour forme canonique :

- (a) $\underline{H} = \frac{H_0}{1 + j \cdot Q \cdot \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right)}$
- (b) $\underline{H} = \frac{H_0}{1 + j \cdot \frac{\omega}{Q \cdot \omega_0} - \left(\frac{\omega}{\omega_0} \right)^2}$
- (c) $\underline{H} = \frac{-H_0 \cdot \left(\frac{\omega}{\omega_0} \right)^2}{1 + j \cdot \frac{\omega}{Q \cdot \omega_0} - \left(\frac{\omega}{\omega_0} \right)^2}$

- (d) $\underline{H} = \frac{H_0 \cdot \left(1 - \left(\frac{\omega}{\omega_0} \right)^2 \right)}{1 + j \cdot \frac{\omega}{Q \cdot \omega_0} - \left(\frac{\omega}{\omega_0} \right)^2}$
- (e) Aucune réponse n'est correcte.

5. Dans la forme canonique de ce filtre, H_0 a pour expression :

- (a) $H_0 = -1$.
- (b) $H_0 = 1$.
- (c) $H_0 = j$.

- (d) $H_0 = -j$.
- (e) Aucune réponse n'est correcte.

6. L'expression de ω_0 est :

- (a) $\omega_0 = \frac{1}{R \cdot C}$.
- (b) $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}}$.

- (c) $\omega_0 = \frac{R}{L}$.
- (d) $\omega_0 = \sqrt{L \cdot C}$.
- (e) Aucune réponse n'est correcte.

7. Le facteur de qualité Q a pour expression :

- (a) $Q = \frac{R \cdot \sqrt{L}}{\sqrt{C}}$.
- (b) $Q = \frac{\sqrt{C}}{R \cdot \sqrt{L}}$.

- (c) $Q = \frac{R \cdot \sqrt{C}}{\sqrt{L}}$.
- (d) $Q = \frac{\sqrt{L}}{R \cdot \sqrt{C}}$.
- (e) Aucune réponse n'est correcte.

8. À basse pulsation, le diagramme de Bode en gain a pour pente :

- (a) 0 dB/déc.
- (b) +20 dB/déc.
- (c) -20 dB/déc.

- (d) -40 dB/déc.
- (e) Aucune réponse n'est correcte.

9. À basse pulsation, le filtre a un comportement :

- (a) intégrateur.
- (b) dérivateur.
- (c) double intégrateur.

- (d) double dérivateur.
- (e) Aucune réponse n'est correcte.

10. À basse pulsation, le déphasage de u_s par rapport à u_e tend vers :

- (a) $\pi/2$ radians.
- (b) $-\pi/2$ radians.
- (c) 0 radians.

- (d) π radians.
- (e) Aucune réponse n'est correcte.

11. À haute pulsation, le diagramme de Bode en gain a pour pente :

- (a) 0 dB/déc.
- (b) +20 dB/déc.
- (c) -20 dB/déc.

- (d) -40 dB/déc.
- (e) Aucune réponse n'est correcte.

12. À haute pulsation, le filtre a un comportement :

- (a) intégrateur.
- (b) dérivateur.
- (c) double intégrateur.

- (d) double dérivateur.
- (e) Aucune réponse n'est correcte.

13. À haute pulsation, le déphasage de u_s par rapport à u_e tend vers :

- (a) $\pi/2$ radians.
- (b) $-\pi/2$ radians.
- (c) 0 radians.

- (d) $-\pi$ radians.
- (e) Aucune réponse n'est correcte.

14. À la pulsation ω_0 , le déphasage de u_s par rapport à u_e vaut :

- (a) $\pi/2$ radians.
- (b) $-\pi/2$ radians.
- (c) 0 radians.

- (d) π radians.
- (e) Aucune réponse n'est correcte.

15. À la pulsation ω_0 , le gain du filtre vaut :

- (a) $G = R \cdot \sqrt{\frac{C}{L}}$.
- (b) $G = 0$.
- (c) $G = 1$.

- (d) $G = \frac{1}{R} \cdot \sqrt{\frac{L}{C}}$.
- (e) Aucune réponse n'est correcte.

16. L'équation différentielle reliant u_e et u_s est :

(a) $R \cdot L \cdot C \cdot \frac{d^2 u_s}{dt^2} + L \cdot \frac{du_s}{dt} + R \cdot u_s = R \cdot u_e$.

(b) $L \cdot C \cdot \frac{d^2 u_s}{dt^2} + R \cdot C \cdot \frac{du_s}{dt} + u_s = R \cdot C \cdot \frac{du_e}{dt}$.

(c) $L \cdot C \cdot \frac{d^2 u_s}{dt^2} + R \cdot C \cdot \frac{du_s}{dt} + u_s = u_e$.

(d) $R \cdot L \cdot C \cdot \frac{d^2 u_s}{dt^2} + L \cdot \frac{du_s}{dt} + R \cdot u_s = L \cdot \frac{du_e}{dt}$.

- (e) Aucune réponse n'est correcte.

Deuxième partie.

Une onde électromagnétique monochromatique, de pulsation ω , se propage dans le vide. En coordonnées cartésiennes, un point M a pour coordonnées (x, y, z) .

$$\overrightarrow{OM} = x \cdot \vec{e}_x + y \cdot \vec{e}_y + z \cdot \vec{e}_z \quad \blacksquare \quad (2)$$

où $(\vec{e}_x, \vec{e}_y, \vec{e}_z)$ forme une base orthonormée directe.

Le champ électrique de l'onde électromagnétique en M à l'instant t s'écrit :

$$\vec{E}(M, t) = E_0 \cdot \cos(\omega \cdot t - k \cdot z) \cdot \vec{e}_y \quad \blacksquare \quad (3)$$

avec k un réel positif.

17. Indiquer la (ou les) affirmation(s) exacte(s).

- (a) L'onde se propage suivant $\vec{e}_y$.
- (b) L'onde se propage suivant $\vec{e}_z$.
- (c) L'onde est plane.

- (d) L'onde n'est pas plane.
- (e) Aucune réponse n'est correcte.

18. Dans le vide, le champ électromagnétique vérifie les équations :

- (a) $\text{div}(\vec{E}) = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$.
 (b) $\text{div}(\vec{E}) = 0$.
 (c) $\text{rot}(\vec{E}) = \vec{0}$.

(d) $\text{rot}(\vec{E}) = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$.

(e) Aucune réponse n'est correcte.

19. À partir des équations de Maxwell, on peut montrer que le champ électrique vérifie l'équation suivante :

(a) $\vec{\Delta} \vec{E} - \mu_0 \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} = \vec{0}$.

(c) $\vec{\Delta} \vec{E} + \mu_0 \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} = \vec{0}$.

(b) $\vec{\Delta} \vec{E} - \mu_0 \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = \vec{0}$.

(d) $\vec{\Delta} \vec{E} + \mu_0 \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = \vec{0}$.

(e) Aucune réponse n'est correcte.

20. La célérité de cette onde électromagnétique s'écrit :

(a) $c = \mu_0 \cdot \epsilon_0$.

(b) $c = \sqrt{\mu_0 \cdot \epsilon_0}$.

(c) $c = \frac{1}{\mu_0 \cdot \epsilon_0}$.

(d) $c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \cdot \epsilon_0}}$.

(e) Aucune réponse n'est correcte.

21. En excluant tout champ statique, le champ magnétique, noté $\vec{B}(M, t)$, a pour expression :

(a) $\vec{B}(M, t) = \frac{E_0}{c} \cdot \cos(\omega \cdot t - k \cdot z) \cdot \vec{e}_x$.

(c) $\vec{B}(M, t) = -\frac{E_0}{c} \cdot \cos(\omega \cdot t - k \cdot z) \cdot \vec{e}_x$.

(b) $\vec{B}(M, t) = \frac{E_0}{\omega} \cdot \cos(\omega \cdot t - k \cdot z) \cdot \vec{e}_x$.

(d) $\vec{B}(M, t) = -\frac{E_0}{\omega} \cdot \cos(\omega \cdot t - k \cdot z) \cdot \vec{e}_x$.

(e) Aucune réponse n'est correcte.

22. Le vecteur de Poynting $\vec{\Pi}(M, t)$ s'écrit :

(a) $\vec{\Pi}(M, t) = \frac{E_0^2}{\mu_0 \cdot c} \cdot \cos^2(\omega \cdot t - k \cdot z) \cdot \vec{e}_z$.

(c) $\vec{\Pi}(M, t) = -\frac{E_0^2}{\mu_0 \cdot c} \cdot \cos^2(\omega \cdot t - k \cdot z) \cdot \vec{e}_z$.

(b) $\vec{\Pi}(M, t) = \frac{E_0^2}{\mu_0 \cdot \omega} \cdot \cos^2(\omega \cdot t - k \cdot z) \cdot \vec{e}_z$.

(d) $\vec{\Pi}(M, t) = -\frac{E_0^2}{\mu_0 \cdot \omega} \cdot \cos^2(\omega \cdot t - k \cdot z) \cdot \vec{e}_z$.

(e) Aucune réponse n'est correcte.

23. L'unité du vecteur de Poynting est le :

(a) watt.

(b) joule.

(c) watt par mètre carré.

(d) joule par mètre cube.

(e) Aucune réponse n'est correcte.

24. La densité volumique d'énergie électrique a pour expression :

(a) $\frac{E_0^2}{2 \cdot \epsilon_0} \cdot \cos^2(\omega \cdot t - k \cdot z)$.

(c) $\frac{E_0^2}{2 \cdot \mu_0} \cdot \cos^2(\omega \cdot t - k \cdot z)$.

(b) $\frac{\epsilon_0 \cdot E_0^2}{2} \cdot \cos^2(\omega \cdot t - k \cdot z)$.

(d) $\frac{\mu_0 \cdot E_0^2}{2} \cdot \cos^2(\omega \cdot t - k \cdot z)$.

(e) Aucune réponse n'est correcte.

25. La densité volumique d'énergie magnétique a pour expression :

(a) $\frac{E_0^2}{2 \cdot \epsilon_0} \cdot \cos^2(\omega \cdot t - k \cdot z)$.

(c) $\frac{E_0^2}{2 \cdot \mu_0} \cdot \cos^2(\omega \cdot t - k \cdot z)$.

(b) $\frac{\epsilon_0 \cdot E_0^2}{2} \cdot \cos^2(\omega \cdot t - k \cdot z)$.

(d) $\frac{\mu_0 \cdot E_0^2}{2} \cdot \cos^2(\omega \cdot t - k \cdot z)$.

(e) Aucune réponse n'est correcte.

Troisième partie.

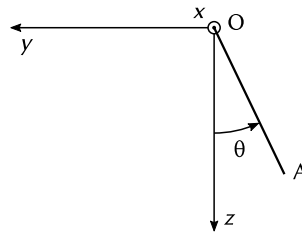
Une tige OA homogène, de masse m et de longueur L , peut tourner sans frottement autour d'un axe horizontal (O_x) passant par O. Son moment d'inertie par rapport à l'axe (O_x) est noté J :

$$J = \frac{m \cdot L^2}{3}. \quad \blacksquare \quad (4)$$

La tige reste toujours dans plan (O, y, z). La base ($\vec{e}_x, \vec{e}_y, \vec{e}_z$) est orthonormée directe. Le référentiel (O, x, y, z) est supposé galiléen. Le champ de pesanteur est supposé uniforme :

$$\vec{g} = g \cdot \vec{e}_x. \quad \blacksquare \quad (5)$$

On repère par θ l'angle entre l'axe vertical descendant (O_z) et la tige.



▲ FIGURE 2

26. L'énergie cinétique E_c de la tige a pour expression :

- (a) $E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot L^2 \cdot \left(\frac{d\theta}{dt} \right)^2$.
 (b) $E_c = \frac{1}{6} \cdot m \cdot L^2 \cdot \left(\frac{d\theta}{dt} \right)^2$.
 (c) $E_c = \frac{1}{3} \cdot m \cdot L^2 \cdot \left(\frac{d\theta}{dt} \right)^2$.
 (d) $E_c = m \cdot L^2 \cdot \left(\frac{d\theta}{dt} \right)^2$.
 (e) Aucune réponse n'est correcte.

27. En choisissant l'origine en $z = 0$, l'énergie potentielle, E_p , a pour expression :

- (a) $E_p = m \cdot g \cdot L \cdot \cos(\theta)$.
 (b) $E_p = -m \cdot g \cdot L \cdot \cos(\theta)$.
 (c) $E_p = -m \cdot g \cdot \frac{L}{2} \cdot \cos(\theta)$.
 (d) $E_p = m \cdot g \cdot \frac{L}{2} \cdot \cos(\theta)$.
 (e) Aucune réponse n'est correcte.

28. Le moment cinétique de la tige par rapport à l'axe (O_x), noté $L_{/Ox}$, a pour expression :

- (a) $L_{/Ox} = m \cdot L^2 \cdot \frac{d\theta}{dt}$.
 (b) $L_{/Ox} = \frac{1}{4} \cdot m \cdot L^2 \cdot \frac{d\theta}{dt}$.
 (c) $L_{/Ox} = \frac{1}{3} \cdot m \cdot L^2 \cdot \frac{d\theta}{dt}$.
 (d) $L_{/Ox} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot L^2 \cdot \frac{d\theta}{dt}$.
 (e) Aucune réponse n'est correcte.

29. Le moment poids, M , par rapport à l'axe (O_x) a pour expression :

- (a) $M = m \cdot g \cdot L \cdot \sin(\theta)$.
 (b) $M = -m \cdot g \cdot L \cdot \sin(\theta)$.
 (c) $M = m \cdot g \cdot \frac{L}{2} \cdot \sin(\theta)$.
 (d) $M = -m \cdot g \cdot \frac{L}{2} \cdot \sin(\theta)$.
 (e) Aucune réponse n'est correcte.

30. L'équation différentielle vérifiée par θ est :

- (a) $\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{g}{L} \cdot \sin(\theta) = 0$.
 (b) $\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{3 \cdot g}{2 \cdot L} \cdot \sin(\theta) = 0$.
 (c) $\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{g}{2 \cdot L} \cdot \sin(\theta) = 0$.
 (d) $\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{3 \cdot g}{L} \cdot \sin(\theta) = 0$.
 (e) Aucune réponse n'est correcte.

31. La période T des petits mouvements autour de l'équilibre a pour expression :

(a) $T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot L}{3 \cdot g}}$.

(c) $T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot L}{g}}$.

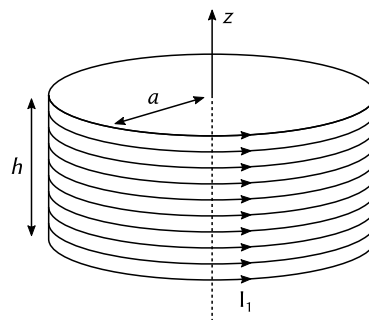
(b) $T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{L}{g}}$.

(d) $T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{L}{3 \cdot g}}$.

(e) Aucune réponse n'est correcte.

Quatrième partie.

Un solénoïde (S_1) circulaire, d'axe (O_z), de longueur h , de rayon a , comporte N_1 spires jointives parcourues par un courant d'intensité I_1 .



▲ FIGURE 3

En coordonnées cylindriques, un point M a pour coordonnées (r, θ, z) :

$$\overrightarrow{OM} = r \cdot \vec{e}_r + z \cdot \vec{e}_z.$$

■ (6)

$(\vec{e}_r, \vec{e}_\theta, \vec{e}_z)$ forme une base orthonormée directe.

On pourra assimiler ce solénoïde à un solénoïde infini car h est très supérieur à a (la figure n'est pas à l'échelle). On se place en régime stationnaire.

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

(a) l'équation de Maxwell-Ampère.

(d) l'équation de Maxwell-Thomson.

(b) l'équation de Maxwell-Faraday.

(c) l'équation de Maxwell-Gauss.

(e) Aucune réponse n'est correcte.

33. Le plan $(M, \vec{e}_r, \vec{e}_\theta)$ est :

(a) un plan de symétrie pour les courants.

(b) un plan d'antisymétrie pour les courants.

Le plan $(M, \vec{e}_r, \vec{e}_z)$ est :

(c) un plan de symétrie pour les courants.

(e) Aucune réponse n'est correcte.

(d) un plan d'antisymétrie pour les courants.

34. 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 le solénoïde sont :

(c) des cercles.

(e) Aucune réponse n'est correcte.

(d) des droites.

35. En un point M , le solénoïde crée un champ magnétique $\vec{B}(M)$. On admettra qu'à l'extérieur du solénoïde le champ magnétique est nul. Dans le solénoïde, le champ magnétique a pour expression :

(a) $\vec{B}(M) = \mu_0 \cdot N_1 \cdot I_1 \cdot \vec{e}_z$.

(b) $\vec{B}(M) = \frac{\mu_0 \cdot N_1 \cdot I_1}{2 \cdot \pi \cdot r} \cdot \vec{e}_\theta$.

(c) $\vec{B}(M) = -\mu_0 \cdot N_1 \cdot I_1 \cdot \vec{e}_z$.

(d) $\vec{B}(M) = -\frac{\mu_0 \cdot N_1 \cdot I_1}{2 \cdot \pi \cdot r} \cdot \vec{e}_\theta$.

(e) Aucune réponse n'est correcte.

36. Le flux propre Φ_p a pour expression :

(a) $\Phi_p = \mu_0 \cdot N_1 \cdot \pi \cdot a^2 \cdot I_1$.

(b) $\Phi_p = \mu_0 \cdot N_1^2 \cdot \pi \cdot a^2 \cdot I_1$.

(c) $\Phi_p = -\mu_0 \cdot N_1 \cdot \pi \cdot a^2 \cdot I_1$.

(d) $\Phi_p = \frac{\mu_0 \cdot N_1^2 \cdot \pi \cdot a^2}{h} \cdot I_1$.

(e) Aucune réponse n'est correcte.

37. L'inductance propre L_1 de ce solénoïde a pour expression :

(a) $L_1 = \mu_0 \cdot N_1^2 \cdot \pi \cdot a^2$.

(b) $L_1 = \mu_0 \cdot N_1 \cdot \pi \cdot a^2$.

(c) $L_1 = \frac{\mu_0 \cdot N_1^2 \cdot \pi \cdot a^2}{h}$.

(d) $L_1 = -\mu_0 \cdot N_1 \cdot \pi \cdot a^2$.

(e) Aucune réponse n'est correcte.

38. L'énergie magnétique, W_m , de ce solénoïde a pour expression :

(a) $W_m = \mu_0 \cdot N_1^2 \cdot \pi \cdot a^2 \cdot I_1^2$.

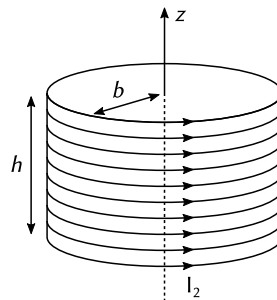
(b) $W_m = \frac{1}{2} \cdot \mu_0 \cdot N_1 \cdot \pi \cdot a^2 \cdot I_1^2$.

(c) $W_m = \mu_0 \cdot N_1 \cdot \pi \cdot a^2 \cdot I_1^2$.

(d) $W_m = \frac{\mu_0 \cdot N_1^2 \cdot \pi \cdot a^2}{2 \cdot h} \cdot I_1^2$.

(e) Aucune réponse n'est correcte.

39. Pour les questions 39 et 40, un autre solénoïde (S_2) de même axe, de longueur h et de rayon b ($b < a$) est inséré dans le solénoïde (S_1) précédent. Il comporte N_2 spires jointives parcourues par un courant d'intensité I_2 algébrisé comme indiqué sur la figure ci-dessous.



▲ FIGURE 4

L'inductance mutuelle M de ce système a pour expression :

(a) $M = \mu_0 \cdot N_1 \cdot N_2 \cdot \pi \cdot a^2$.

(b) $M = \mu_0 \cdot N_1 \cdot N_2 \cdot \pi \cdot b^2$.

(c) $M = -\mu_0 \cdot N_1 \cdot N_2 \cdot \pi \cdot a^2$.

(d) $M = \frac{\mu_0 \cdot N_1 \cdot N_2 \cdot \pi \cdot a^2}{h}$.

(e) Aucune réponse n'est correcte.

40. L'énergie magnétique W'_m de ce système a pour expression :

(a) $W'_m = \mu_0 \cdot N_1^2 \cdot \pi \cdot a^2 \cdot I_1^2 + \mu_0 \cdot N_2^2 \cdot \pi \cdot b^2 \cdot I_2^2 + \mu_0 \cdot N_1 \cdot N_2 \cdot \pi \cdot a^2 \cdot I_1 \cdot I_2$.

(b) $W'_m = \frac{1}{2} \cdot \mu_0 \cdot N_1^2 \cdot \pi \cdot a^2 \cdot I_1^2 + \frac{1}{2} \cdot \mu_0 \cdot N_2^2 \cdot \pi \cdot b^2 \cdot I_2^2 + \frac{1}{2} \cdot \mu_0 \cdot N_1 \cdot N_2 \cdot \pi \cdot a^2 \cdot I_1 \cdot I_2$.

(c) $W'_m = \frac{\mu_0 \cdot N_1^2 \cdot \pi \cdot a^2}{2 \cdot h} \cdot I_1^2 + \frac{\mu_0 \cdot N_2^2 \cdot \pi \cdot b^2}{2 \cdot h} \cdot I_2^2 + \frac{\mu_0 \cdot N_1 \cdot N_2 \cdot \pi \cdot b^2}{h} \cdot I_1 \cdot I_2$.

(d) $W'_m = \frac{\mu_0 \cdot N_1^2 \cdot \pi \cdot a^2}{2 \cdot h} \cdot I_1^2 + \frac{\mu_0 \cdot N_2^2 \cdot \pi \cdot b^2}{2 \cdot h} \cdot I_2^2 + \frac{\mu_0 \cdot N_1 \cdot N_2 \cdot \pi \cdot b^2}{2 \cdot h} \cdot I_1 \cdot I_2$.

(e) Aucune réponse n'est correcte.

41. Si le solénoïde (S_2) garde les mêmes propriétés qu'à la question 39, mais avec un rayon b supérieur à a , l'inductance mutuelle M' de ce système a pour expression :

- (a) $M' = \mu_0 \cdot N_1 \cdot N_2 \cdot \pi \cdot a^2$.
 (b) $M' = \mu_0 \cdot N_1 \cdot N_2 \cdot \pi \cdot b^2$.
 (c) $M' = -\mu_0 \cdot N_1 \cdot N_2 \cdot \pi \cdot a^2$.

- (d) $M' = \frac{\mu_0 \cdot N_1 \cdot N_2 \cdot \pi \cdot a^2}{h}$.
 (e) Aucune réponse n'est correcte.

42. Si le courant I_2 dans le solénoïde (S_2) est algébrisé dans l'autre sens, l'inductance propre de (S_2)

- (a) change de signe, (b) ne change pas de signe,

et l'inductance mutuelle entre (S_1) et (S_2)

- (c) change de signe. (e) Aucune réponse n'est correcte.
 (d) ne change pas de signe.

Cinquième partie.

Une lentille mince convergente (L) a pour centre O et pour distance focale f' . Elle est utilisée dans les conditions de Gauss sur un banc d'optique et 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 :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OF'}}. \quad \blacksquare \quad (7)$$

Le sens de propagation de la lumière est le sens positif choisi pour l'algébrisation de l'axe optique.

43. Un objet réel AB , perpendiculaire à l'axe optique, ne donne une image réelle $A'B'$ sur un écran placé à une distance D de l'objet que si :

- (a) $D \geq 2 \cdot f'$. (d) $D \leq 4 \cdot f'$.
 (b) $D \geq 4 \cdot f'$. (e) Aucune réponse n'est correcte.
 (c) $D \leq 2 \cdot f'$.

44. Une des deux valeurs de $\overline{OA}$ possible est :

- (a) $\overline{OA} = -\frac{D}{2} + \frac{\sqrt{D^2 - 4 \cdot D \cdot f'}}{2}$. (c) $\overline{OA} = -\frac{D}{2} + \frac{\sqrt{4 \cdot D \cdot f' - D^2}}{2}$.
 (b) $\overline{OA} = -\frac{D}{2} + \frac{\sqrt{D^2 - 2 \cdot D \cdot f'}}{2}$. (d) $\overline{OA} = -\frac{D}{2} + \frac{\sqrt{2 \cdot D \cdot f' - D^2}}{2}$.
 (e) Aucune réponse n'est correcte.

45. L'autre valeur est :

- (a) $\overline{OA} = -\frac{D}{2} - \frac{\sqrt{D^2 - 4 \cdot D \cdot f'}}{2}$. (c) $\overline{OA} = -\frac{D}{2} - \frac{\sqrt{4 \cdot D \cdot f' - D^2}}{2}$.
 (b) $\overline{OA} = -\frac{D}{2} - \frac{\sqrt{D^2 - 2 \cdot D \cdot f'}}{2}$. (d) $\overline{OA} = -\frac{D}{2} - \frac{\sqrt{2 \cdot D \cdot f' - D^2}}{2}$.
 (e) Aucune réponse n'est correcte.

46. La distance d entre ces deux positions a pour expression :

- (a) $d^2 = D^2 - 2 \cdot D \cdot f'$. (d) $d^2 = 4 \cdot D \cdot f' - D^2$.
 (b) $d^2 = D^2 - 4 \cdot D \cdot f'$. (e) Aucune réponse n'est correcte.
 (c) $d^2 = 2 \cdot D \cdot f' - D^2$.

47. Pour $D = 1$ m, on mesure $d = 20$ cm. La lentille a donc pour distance focale image :

- (a) $f' = -24$ cm.
- (b) $f' = 48$ cm.
- (c) $f' = -48$ cm.
- (d) $f' = 24$ cm.
- (e) Aucune réponse n'est correcte.

Sixième partie.

48. En langage Python, que renvoie l'instruction `[1, 2, 3] + [5, 6, 7]` ?

- (a) `[6, 8, 10]`.
- (b) `[1, 2, 3, 5, 6, 7]`.

Que renvoie l'instruction `3 * [1]` ?

- (c) `[1, 1, 1]`.
- (d) `[3]`.
- (e) Aucune réponse n'est correcte.

49. En langage Python, dans l'instruction `for i in range(n)`, i varie :

- (a) de 1 inclus à n inclus.
- (b) de 0 inclus à n inclus.
- (c) de 1 inclus à n exclus.
- (d) de 0 inclus à n exclus.
- (e) Aucune réponse n'est correcte.

50. Qu'affiche le programme ci-dessous ?

```
1 a = "False"
  if a == False:
3     print("OK")
```

- (a) aucun message.
- (b) OK.
- (c) "OK".
- (d) un message d'erreur.
- (e) Aucune réponse n'est correcte.

Fin de l'énoncé.