

Physique appliquée

Concours I.E.S.S.A. – Session 2025

Durée : 4 heures

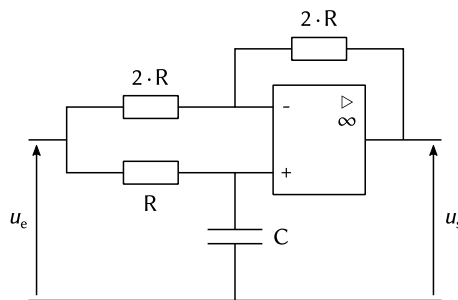
Tout dispositif électronique (calculatrices, oreillettes, montres...) est interdit.

Chaque question comporte au plus deux réponses exactes. Pour chaque question numérotée entre 1 et 40, 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.

Première partie.

Dans le montage ci-dessous, l'amplificateur opérationnel aussi appelé ALI pour Amplificateur Linéaire Intégré est idéal et fonctionne en régime linéaire.



▲ FIGURE 1

1. Le filtre est un :

- | | |
|-----------------|------------------|
| (a) passe-bas. | (c) passe-bande. |
| (b) passe-haut. | (d) coupe-bande. |

2. La fonction de transfert a pour expression :

- | | |
|--|---|
| (a) $\underline{H} = \frac{2}{1 + j \cdot R \cdot C \cdot \omega}$. | (c) $\underline{H} = \frac{j \cdot R \cdot C \cdot \omega}{1 + j \cdot R \cdot C \cdot \omega}$. |
| (b) $\underline{H} = \frac{1}{1 + j \cdot R \cdot C \cdot \omega}$. | (d) $\underline{H} = \frac{1 - j \cdot R \cdot C \cdot \omega}{1 + j \cdot R \cdot C \cdot \omega}$. |

3. À basse fréquence, le filtre a un comportement :

- | | |
|------------------|-------------------------|
| (a) intégrateur. | (c) double intégrateur. |
| (b) suiveur. | (d) dérivateur. |

4. À basse fréquence, le diagramme de Bode en gain a pour pente :

- | | |
|-----------------|-----------------|
| (a) 0 dB/déc. | (c) -20 dB/déc. |
| (b) +20 dB/déc. | (d) -40 dB/déc. |

5. À haute fréquence, le filtre a un comportement :

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

6. À haute fréquence, le diagramme de Bode en gain a pour pente :

- (a) 0 dB/déc. (c) -20 dB/déc.
(b) +20 dB/déc. (d) -40 dB/déc.

7. Pour un signal d'entrée u_e sinusoïdal de pulsation ω , le déphasage de u_s par rapport à u_e a pour expression :

- (a) $\arctan(R \cdot C \cdot \omega)$. (c) $\frac{\pi}{2} - \arctan(R \cdot C \cdot \omega)$.
(b) $-\arctan(R \cdot C \cdot \omega)$. (d) $-2 \cdot \arctan(R \cdot C \cdot \omega)$.

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

- (a) $\frac{\pi}{2}$ radian. (c) 0 radian.
(b) $-\frac{\pi}{2}$ radian. (d) $-\pi$ radian.

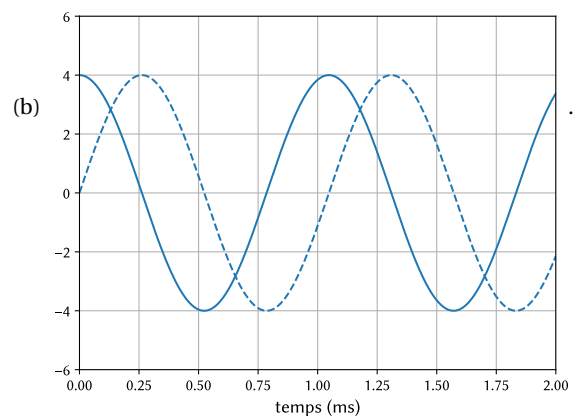
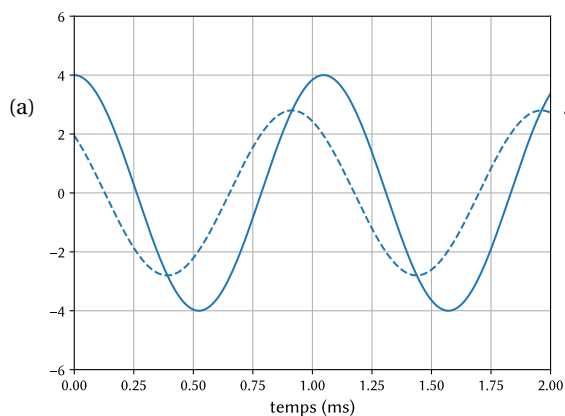
9. À haute pulsation, le déphasage de u_s par rapport à u_e tend vers :

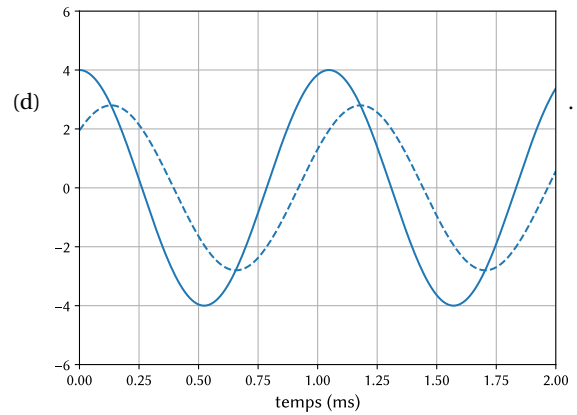
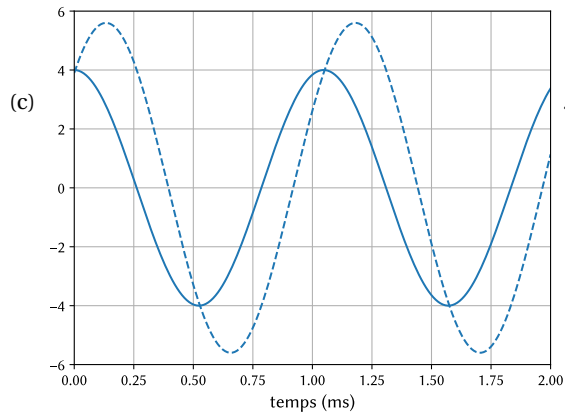
- (a) $\frac{\pi}{2}$ radian. (c) 0 radian.
(b) $-\frac{\pi}{2}$ radian. (d) $-\pi$ radian.

10. À la pulsation $\omega_0 = 1/(R \cdot C)$, le déphasage de u_s par rapport à u_e vaut :

- (a) $\frac{\pi}{4}$ radian. (c) $-\frac{\pi}{2}$ radian.
(b) $-\frac{\pi}{4}$ radian. (d) $\frac{\pi}{2}$ radian.

11. Pour un signal d'entrée $u_e(t)$ sinusoïdal de pulsation $\omega_0 = 1/(R \cdot C)$ et d'amplitude 4 V (trait gras) la tension de sortie $u_s(t)$ en pointillés correspond à un des quatre chronogrammes suivants (l'ordonnée est la tension en volt et l'abscisse le temps en ms) :





12. L'équation différentielle reliant u_e et u_s a pour expression :

(a) $R \cdot C \cdot \frac{du_s}{dt} + u_s = u_e - R \cdot C \cdot \frac{du_e}{dt}$.

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

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

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

13. On applique à l'entrée du filtre un échelon de tension :

$$\begin{cases} \text{pour } t < 0, u_e(t) = 0 \\ \text{pour } t > 0, u_e(t) = E. \end{cases}$$

■ (1)

À $t = 0$ le condensateur est déchargé. Juste après $t = 0$, la tension de sortie est égale à :

(a) $u_s(0^+) = E$.

(b) $u_s(0^+) = -E$.

(c) $u_s(0^+) = 2 \cdot E$.

(d) $u_s(0^+) = 0$.

14. Pour la tension d'entrée de la Qu. 13, la tension de sortie a pour expression, pour $t > 0$:

(a) $u_s(t) = E \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$.

(b) $u_s(t) = 2 \cdot E \cdot e^{-\frac{t}{RC}} - E$.

(c) $u_s(t) = -2 \cdot E \cdot e^{-\frac{t}{RC}} + E$.

(d) $u_s(t) = -E \cdot e^{-\frac{t}{RC}} + E$.

Deuxième partie.

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

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

■ (2)

Une répartition volumique de charges uniforme est placée entre deux plans de coordonnées $x = -a$ et $x = a$. On notera ρ_0 la charge volumique avec $\rho_0 > 0$.

On se place en régime stationnaire.

15. Parmi les affirmations suivantes, cocher celle(s) qui est (sont) fausse(s) :

- (a) les lignes de champ électrostatique sont toujours perpendiculaires aux équipotentielles.
- (b) le champ électrostatique est toujours perpendiculaire aux plans de symétrie pour les charges.
- (c) une ligne de champ électrostatique est toujours fermée.
- (d) dans une zone sans charge, si un tube de champ électrostatique se resserre, la norme du champ électrique augmente.

16. Pour $x < -a$, le champ électrique en M a pour expression :

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

(b) $\vec{E}(M) = -\frac{\rho_0 \cdot a}{\epsilon_0} \cdot \vec{e}_x$.

(c) $\vec{E}(M) = \frac{\rho_0 \cdot a}{\epsilon_0} \cdot \vec{e}_x$.

(d) $\vec{E}(M) = -\frac{\rho_0}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot a^2} \cdot \vec{e}_x$.

17. Pour $-a < x < a$, le champ électrique en M a pour expression :

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

(b) $\vec{E}(M) = -\frac{\rho_0 \cdot x}{\epsilon_0} \cdot \vec{e}_x$.

(c) $\vec{E}(M) = \frac{\rho_0 \cdot x}{\epsilon_0} \cdot \vec{e}_x$.

(d) $\vec{E}(M) = \frac{\rho_0}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot a^2} \cdot \vec{e}_x$.

18. Pour $x > a$, le champ électrique en M a pour expression :

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

(b) $\vec{E}(M) = -\frac{\rho_0 \cdot a}{\epsilon_0} \cdot \vec{e}_x$.

(c) $\vec{E}(M) = \frac{\rho_0 \cdot a}{\epsilon_0} \cdot \vec{e}_x$.

(d) $\vec{E}(M) = \frac{\rho_0}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot a^2} \cdot \vec{e}_x$.

19. L'origine des potentiels est choisie en $x = 0$. Pour $x < -a$, le potentiel électrique en M a pour expression :

(a) $V(M) = -\frac{\rho_0 \cdot a \cdot x}{\epsilon_0} - \frac{\rho_0 \cdot a^2}{2 \cdot \epsilon_0}$.

(b) $V(M) = \frac{\rho_0 \cdot a \cdot x}{\epsilon_0}$.

(c) $V(M) = -\frac{\rho_0 \cdot a \cdot x}{\epsilon_0}$.

(d) $V(M) = \frac{\rho_0 \cdot a \cdot x}{\epsilon_0} + \frac{\rho_0 \cdot a^2}{2 \cdot \epsilon_0}$.

20. Pour $-a < x < a$, le potentiel électrique en M a pour expression :

(a) $V(M) = \frac{\rho_0 \cdot a \cdot x}{\epsilon_0}$.

(b) $V(M) = \frac{\rho_0 \cdot x^2}{2 \cdot \epsilon_0}$.

(c) $V(M) = -\frac{\rho_0 \cdot a \cdot x}{\epsilon_0}$.

(d) $V(M) = -\frac{\rho_0 \cdot x^2}{2 \cdot \epsilon_0}$.

21. Pour $x > a$, le potentiel électrique en M a pour expression :

(a) $V(M) = -\frac{\rho_0 \cdot a \cdot x}{\epsilon_0} - \frac{\rho_0 \cdot a^2}{2 \cdot \epsilon_0}$.

(b) $V(M) = \frac{\rho_0 \cdot a \cdot x}{\epsilon_0}$.

(c) $V(M) = -\frac{\rho_0 \cdot a \cdot x}{\epsilon_0}$.

(d) $V(M) = \frac{\rho_0 \cdot a \cdot x}{\epsilon_0} + \frac{\rho_0 \cdot a^2}{2 \cdot \epsilon_0}$.

22. Une particule de masse m et de charge $-e$ ($e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C) se trouve sans vitesse en $x = -a$ à l'instant $t = 0$. On néglige la pesanteur. Pour $t > 0$, cocher la réponse exacte.

(a) La particule ne pénètre pas dans la zone $-a < x \leq a$.

(b) La particule est piégée dans la zone $-a \leq x \leq a$.

(c) La particule ne pénètre pas dans la zone $x > a$.

(d) La particule reste immobile.

23. La particule de la Qu. 22 a maintenant une vitesse $\vec{v} = v_0 \cdot \vec{e}_x$ avec $v_0 > 0$ en arrivant à $t = 0$ en $x = -a$. On néglige la pesanteur. Pour $t > 0$, cocher la réponse exacte.

(a) La particule est piégée dans la zone $-a \leq x \leq a$.

(b) La particule ne pénètre pas dans la zone $-a < x \leq a$.

(c) La particule pénètre dans la zone $x > a$ pour toute valeur de v_0 .

(d) La particule ne pénètre dans la zone $x > a$ que si la vitesse dépasse une certaine valeur critique.

24. Une particule de masse m et de charge $+e$ se trouve sans vitesse en $x = -a$ à l'instant $t = 0$. On néglige la pesanteur. Pour $t > 0$, cocher la réponse exacte.

(a) La particule ne pénètre pas dans la zone $-a < x \leq a$.

(b) La particule est piégée dans la zone $-a \leq x \leq a$.

(c) La particule ne pénètre pas dans la zone $x > a$.

(d) La particule reste immobile.

25. La particule de la Qu. 24 a maintenant une vitesse $\vec{v} = v_0 \cdot \vec{e}_x$ avec $v_0 > 0$ en arrivant à $t = 0$ en $x = -a$. On néglige la pesanteur. Pour $t > 0$, cocher la réponse exacte.
- (a) La particule est piégée dans la zone $-a \leq x \leq a$.
 - (b) La particule ne pénètre pas dans la zone $-a < x \leq a$.
 - (c) La particule pénètre dans la zone $x > a$ pour toute valeur de v_0 .
 - (d) La particule ne pénètre dans la zone $x > a$ que si la vitesse dépasse une certaine valeur critique.

Troisième partie.

Une fibre optique est constituée de deux cylindres coaxiaux, d'axe (O_z). Le cylindre de rayon a , appelé cœur, est constitué d'un milieu d'indice n_1 , tandis que le cylindre de rayon b ($b > a$), appelé gaine, est constitué d'un milieu d'indice n_2 dans la zone $a < r < b$.

Un rayon incident venant de l'air dont on prendra l'indice égal à 1 arrive en O à l'interface air/cœur sous un angle d'incidence θ_0 avec $0 \leq \theta_0 < \pi/2$.

26. Pour qu'à l'interface cœur/gaine il puisse y avoir une réflexion totale, il faut que :

- (a) $n_1 > n_2$.
- (b) $n_1 < n_2$.

Quand cette condition est remplie, on dit que :

- (c) le cœur est plus réfringent que la gaine.
- (d) le cœur est moins réfringent que la gaine.

27. Pour que le rayon soit guidé dans le cœur, il faut que θ_0 vérifie la relation :

- (a) $\cos(\theta_0) > \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$.
- (b) $\cos(\theta_0) > \sqrt{n_2^2 - n_1^2}$.
- (c) $\sin(\theta_0) < \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$.
- (d) $\sin(\theta_0) < \sqrt{n_2^2 - n_1^2}$.

28. La fibre utilisée a pour longueur L . Si $\theta_0 = 0$, la durée du parcours Δt de la lumière de l'entrée à la sortie de la fibre a pour expression :

- (a) $\Delta t = \frac{L}{c}$.
- (b) $\Delta t = \frac{L}{n_1 \cdot c}$.
- (c) $\Delta t = \frac{c}{L}$.
- (d) $\Delta t = \frac{n_1 \cdot L}{c}$.

29. On suppose que le rayon arrivant sous un angle d'incidence θ_0 est guidé dans le cœur. La durée du parcours de la lumière $\Delta t'$ de l'entrée à la sortie de la fibre a pour expression :

- (a) $\Delta t' = \frac{n_1 \cdot L}{c} \cdot \sqrt{\frac{n_1^2}{n_1^2 - \sin^2(\theta_0)}}$.
- (b) $\Delta t' = \frac{L}{c \cdot \sin(\theta_0)}$.
- (c) $\Delta t' = \frac{L}{n_1 \cdot c \cdot \cos(\theta_0)}$.
- (d) $\Delta t' = \frac{n_1 \cdot L}{c \cdot \cos(\theta_0)}$.

30. En entrée de la fibre, on place une diode laser qui émet des impulsions lumineuses. L'impulsion lumineuse est transportée par un faisceau lumineux conique convergent, d'axe de symétrie parallèle à (O_z), de demi-angle au sommet θ_0 . Ce faisceau est entièrement guidé dans le cœur. La durée τ qui doit séparer deux impulsions successives pour qu'elles ne se superposent pas à la sortie de la fibre a pour expression :

- (a) $\tau > \frac{L}{n_1 \cdot c} \cdot \left(\frac{1}{\cos(\theta_0)} - 1 \right)$.
- (b) $\tau > \frac{n_1 \cdot L}{c} \cdot \left(\frac{1}{\cos(\theta_0)} - 1 \right)$.
- (c) $\tau > \frac{n_1 \cdot L}{c} \cdot \left(\sqrt{\frac{n_1^2}{n_1^2 - \sin^2(\theta_0)}} - 1 \right)$.
- (d) $\tau > \frac{L}{c} \cdot \left(\frac{1}{\sin(\theta_0)} - 1 \right)$.

31. Le débit maximal $D_{\max}$ de cette fibre optique est le nombre maximum d'impulsions qu'elle peut transmettre par seconde. Son expression est :

(a) $D_{\max} = \frac{c}{L} \cdot \frac{\sin(\theta_0)}{1 - \sin(\theta_0)}$.

(b) $D_{\max} = \frac{n_1 \cdot c}{L} \cdot \frac{\cos(\theta_0)}{1 - \cos(\theta_0)}$.

(c) $D_{\max} = \frac{c}{n_1 \cdot L} \cdot \frac{\cos(\theta_0)}{1 - \cos(\theta_0)}$.

(d) $D_{\max} = \frac{c}{n_1 \cdot L} \cdot \frac{1}{\sqrt{\frac{n_1^2}{n_1^2 - \sin^2(\theta_0)} - 1}}$.

Quatrième partie.

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

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

■ (3)

Le sol occupe le demi-espace $z > 0$. Sa conductivité thermique est notée K , sa masse volumique μ et sa capacité thermique massique c . On pourra donc considérer que la température T ne dépend que de la variable spatiale z et du temps t .

À la surface, en $z = 0$, la température s'écrit sous la forme $T(z = 0, t) = T_0 + \theta_0 \cdot \cos(\omega \cdot t)$.

32. Quelle est l'unité de K ?

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

(b) $J \cdot K^{-1} \cdot m^{-1}$.

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

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

33. La conduction thermique dans le sol est régie par la loi de Fourier $\vec{j}_Q(M, t) = -K \cdot \overrightarrow{\text{grad}}(T)$ où $\vec{j}_Q(M, t)$ a pour unité :

(a) $W \cdot m^{-2}$.

(b) $W \cdot m^{-1}$.

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

(d) $J \cdot s^{-1} \cdot m^{-2}$.

34. Dans le sol, le vecteur densité de flux thermique s'écrit sous la forme $\vec{j}_Q(M, t) = j_Q(z, t) \cdot \vec{e}_z$. En l'absence de sources internes, pour $z > 0$, $j_Q(z, t)$ vérifie l'équation :

(a) $\frac{\partial j_Q}{\partial z} = \frac{\partial T}{\partial t}$.

(b) $\frac{\partial j_Q}{\partial z} = \mu \cdot c \cdot \frac{\partial T}{\partial t}$.

(c) $\frac{\partial j_Q}{\partial z} = -\frac{\partial T}{\partial t}$.

(d) $\frac{\partial j_Q}{\partial z} = -\mu \cdot c \cdot \frac{\partial T}{\partial t}$.

35. L'équation locale vérifiée par la température pour $z > 0$ s'écrit :

(a) $K \cdot \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} = \frac{\partial T}{\partial t}$.

(b) $K \cdot \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} = \mu \cdot c \cdot \frac{\partial T}{\partial t}$.

(c) $K \cdot \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} = -\frac{\partial T}{\partial t}$.

(d) $K \cdot \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} = -\mu \cdot c \cdot \frac{\partial T}{\partial t}$.

36. Dans le sol, la température s'écrit sous la forme $T(z, t) = T_0 + \theta_0 \cdot e^{-A \cdot z} \cdot \cos(\omega \cdot t + B \cdot z)$ où A et B sont deux constantes. L'expression de A est :

(a) $A = \sqrt{\frac{\mu \cdot c \cdot \omega}{K}}$.

(b) $A = \sqrt{\frac{\omega}{K}}$.

(c) $A = -\sqrt{\frac{\mu \cdot c \cdot \omega}{K}}$.

(d) $A = -\sqrt{\frac{K}{\omega}}$.

37. L'expression de B est :

(a) $B = \sqrt{\frac{\mu \cdot c \cdot \omega}{K}}$.

(b) $B = \sqrt{\frac{\omega}{2 \cdot K}}$.

(c) $B = -\sqrt{\frac{\mu \cdot c \cdot \omega}{2 \cdot K}}$.

(d) $B = -\sqrt{\frac{\omega}{2 \cdot K}}$.

38. L'amplitude des variations de température est divisée par deux à une profondeur L dont l'expression est :

(a) $L = \sqrt{\frac{K}{\mu \cdot c \cdot \omega}} \cdot \ln(2).$

(c) $L = \sqrt{\frac{K}{\omega}} \cdot \ln(2).$

(b) $L = \sqrt{\frac{2 \cdot K}{\mu \cdot c \cdot \omega}} \cdot \ln(2).$

(d) $L = \sqrt{\frac{2 \cdot K}{\omega}} \cdot \ln(2).$

39. À une date t fixée, lorsque la température est minimale à la surface, la température est maximale à la profondeur L' avec :

(a) $L' = \sqrt{\frac{2 \cdot K \cdot \pi^2}{\mu \cdot c \cdot \omega}}.$

(c) $L' = \sqrt{\frac{K \cdot \pi^2}{\mu \cdot c \cdot \omega}}.$

(b) $L' = \sqrt{\frac{2 \cdot K \cdot \pi^2}{\omega}}.$

(d) $L' = \sqrt{\frac{K \cdot \pi^2}{\omega}}.$

40. Le phénomène étudié dans cette partie est analogue à l'effet de peau dans un conducteur ohmique en électricité.

En conduction électrique, la grandeur analogue à la température est :

(a) la tension électrique.

(b) le potentiel électrique.

En conduction électrique, la grandeur analogue à la puissance thermique est :

(c) le courant électrique.

(d) la tension électrique.

Fin de l'énoncé.