

ECOLE NATIONALE DE L'AVIATION CIVILE

Session 2008

CONCOURS DE RECRUTEMENT D'ELEVES INGENIEURS
DU CONTROLE DE LA NAVIGATION AERIENNE



Epreuve optionnelle obligatoire de PHYSIQUE

Durée : 4 heures

Coefficient : 3



Ce sujet comporte :

- 1 page de garde
- 2 pages d'instructions pour remplir le QCM recto/verso
- 1 page d'avertissement
- 7 pages de texte recto/verso



CALCULATRICE AUTORISEE

ÉPREUVE OPTIONNELLE OBLIGATOIRE DE PHYSIQUE

A LIRE TRÈS ATTENTIVEMENT

L'épreuve « commune obligatoire de physique » de ce concours est un questionnaire à choix multiple qui sera corrigé automatiquement par une machine à lecture optique.

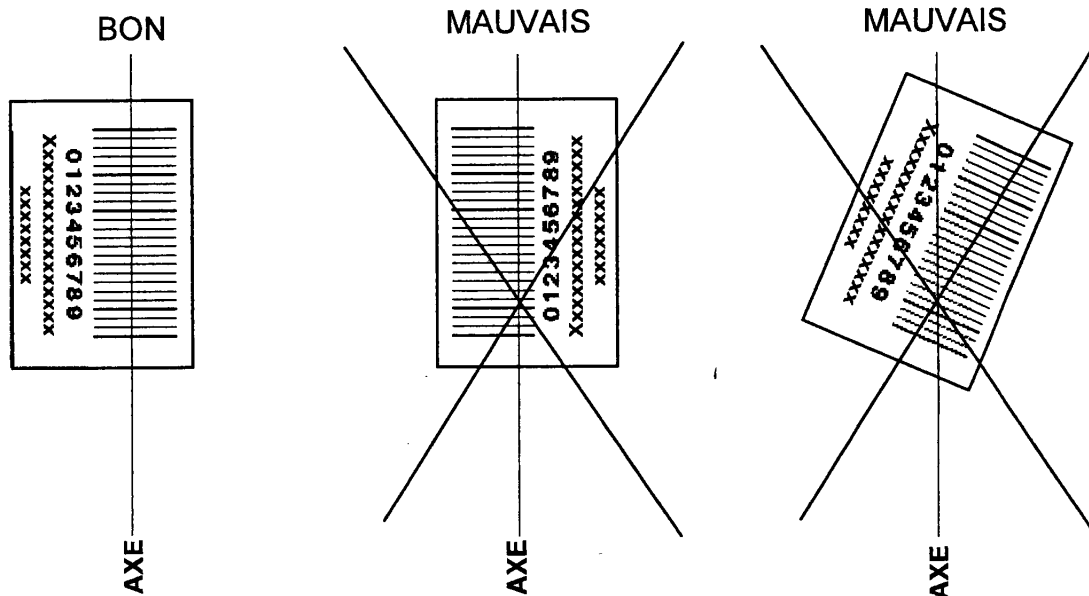
ATTENTION, IL NE VOUS EST DÉLIVRÉ QU'UN SEUL QCM

- 1) Vous devez coller dans la partie droite prévue à cet effet, **l'étiquette correspondant à l'épreuve que vous passez**, c'est-à-dire épreuve commune obligatoire de physique (voir modèle ci-dessous).

POSITIONNEMENT DES ÉTIQUETTES

Pour permettre la lecture optique de l'étiquette, le trait vertical matérialisant l'axe de lecture du code à barres (en haut à droite de votre QCM) doit traverser la totalité des barres de ce code.

EXEMPLES :



- 2) Pour remplir ce QCM, vous devez utiliser un **STYLO BILLE** ou une **POINTE FEUTRE** de couleur **NOIRE**.
- 3) Utilisez le sujet comme brouillon et ne retranscrivez vos réponses qu'après vous être relu soigneusement.
- 4) Votre QCM ne doit pas être souillé, froissé, plié, écorné ou porter des inscriptions superflues, sous peine d'être rejeté par la machine et de ne pas être corrigé.
- 5) Cette épreuve comporte 40 questions obligatoires, certaines, de numéros consécutifs, peuvent être liées. La liste de ces questions est donnée avant l'énoncé du sujet lui-même.
Chaque question comporte au plus deux réponses exactes.

6) A chaque question numérotée entre 1 et 40, correspond sur la feuille-réponses une ligne de cases qui porte le même numéro (les lignes de 41 à 100 sont neutralisées). Chaque ligne comporte 5 cases a, b, c, d, e.

Pour chaque ligne numérotée de 01 à 40, 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 noircir l'une des cases a, b, c, d.
- ▶ soit vous jugez que la question comporte deux réponses exactes : vous devez noircir 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 noircir la case e.

Attention, toute réponse fautive entraîne pour la question correspondante une pénalité dans la note.

7) EXEMPLES DE RÉPONSES

Exemple I : Question 1 :

Pour une mole de gaz réel :

- a) $\lim_{P \rightarrow 0}(PV) = RT$, 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) $\vec{j} = \frac{\vec{E}}{\sigma}$
- b) $\vec{j} = \sigma \vec{E}$
- c) $\vec{E} = \sigma^2 \vec{j}$
- d) $\vec{j} = \sigma^2 \vec{E}$

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 $1 + \frac{T_2}{T_1}$
- d) Le phénomène de diffusion moléculaire est un phénomène réversible.

Vous marquerez sur la feuille réponse :

| | | | | | |
|---|--|--|--|---|--|
| 1 | <input checked="" type="checkbox"/> a <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> b <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> c <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> d <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> e <input type="checkbox"/> |
| 2 | <input type="checkbox"/> a <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> b <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> c <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> d <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> e <input type="checkbox"/> |
| 3 | <input type="checkbox"/> a <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> b <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> c <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> d <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> e <input type="checkbox"/> |

AVERTISSEMENT

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 les arrondis – ou des arrondis peu précis – sur les résultats intermédiaires).

2 – Les valeurs fausses qui sont proposées sont suffisamment différentes de la valeur exacte pour que d'éventuelles différences d'arrondi n'entraînent aucune ambiguïté sur la réponse.

QUESTIONS LIEES

[1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]

[8, 9, 10, 11, 12, 13]

[14, 15, 16, 17, 18, 19, 20]

[21, 22, 23, 24, 25, 26, 27]

[28, 29, 30, 31, 32, 33, 34]

[35, 36, 37, 38, 39, 40]

8. — On considère le circuit représenté sur le schéma de la figure ci-contre. On désigne respectivement par $v_e(t) = V_e \cos(\omega t)$ et $v_s(t) = V_s \cos(\omega t + \varphi)$ les valeurs instantanées des tensions d'entrée et de sortie et par \underline{V}_e et \underline{V}_s les amplitudes complexes associées. φ représente le déphasage de la tension de sortie par rapport à la tension d'entrée. Montrer que l'on peut mettre la fonction de transfert $\underline{T}(j\omega) = \frac{\underline{V}_s}{\underline{V}_e}$ sous la forme :

$$\underline{T}(j\omega) = \frac{1}{1 + A \left(\frac{1 + j\omega/\omega_1}{1 + j\omega/\omega_2} \right)}$$

Exprimer A .

- A) $A = \frac{R_2}{R_1}$ B) $A = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$ C) $A = \frac{R_1}{R_2}$ D) $A = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$

9. — Exprimer ω_1 .

- A) $\omega_1 = \frac{1}{R_1 C_2}$ B) $\omega_1 = \frac{1}{R_1 C_1}$ C) $\omega_1 = \frac{1}{R_2 C_2}$ D) $\omega_1 = \frac{1}{\sqrt{R_1 C_1 R_2 C_2}}$

10. — Exprimer ω_2 .

- A) $\omega_2 = \frac{1}{R_2 C_1}$ B) $\omega_2 = \frac{1}{R_1 C_1}$ C) $\omega_2 = \frac{1}{\sqrt{R_1 C_1 R_2 C_2}}$ D) $\omega_2 = \frac{1}{R_2 C_2}$

11. — Quelle doit être la valeur de C_2 exprimée en fonction de R_1 , R_2 et C_1 pour que le déphasage φ de la tension de sortie par rapport à la tension d'entrée soit nul ?

- A) $C_2 = \frac{R_2}{R_1} C_1$ B) $C_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} C_1$ C) $C_2 = \frac{R_1}{R_2} C_1$ D) $C_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} C_1$

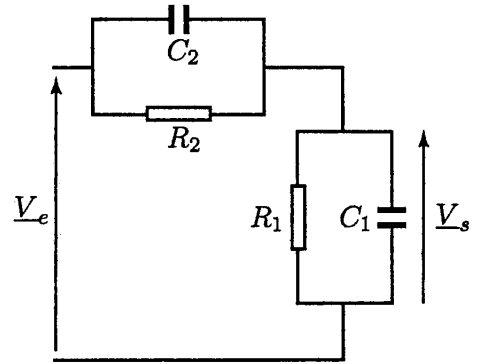
12. — Que vaut, dans ces conditions, la valeur instantanée $v_s(t)$ de la tension de sortie ?

- A) $v_s(t) = \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) V_e \cos(\omega t)$ B) $v_s(t) = \left(\frac{R_1 + R_2}{R_2} \right) V_e \cos(\omega t)$
 C) $v_s(t) = \left(\frac{R_1}{R_2} \right) V_e \cos(\omega t)$ D) $v_s(t) = \left(\frac{R_2}{R_1} \right) V_e \cos(\omega t)$

13. — On donne $R_1 = 1 \text{ M}\Omega$ et $C_1 = 1 \text{ nF}$. On désire de plus que l'amplitude de la tension de sortie soit atténuée dans un rapport $\frac{1}{10}$ par rapport à l'amplitude de la tension d'entrée : $\frac{V_s}{V_e} = \frac{1}{10}$.

Calculer R_2 et C_2

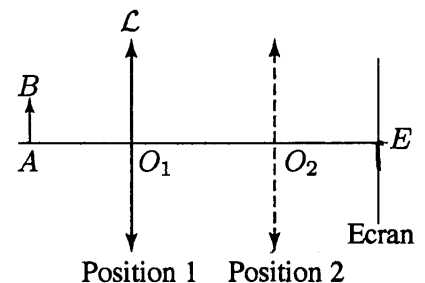
- A) $R_2 = 10 \text{ M}\Omega$ $C_2 = 10 \text{ pF}$ B) $R_2 = 11 \text{ M}\Omega$ $C_2 = \frac{1}{11} \text{ nF}$
 C) $R_2 = 0,1 \text{ M}\Omega$ $C_2 = 10 \text{ nF}$ D) $R_2 = 9 \text{ M}\Omega$ $C_2 = \frac{1}{9} \text{ nF}$



14. — On utilise une lentille mince convergente \mathcal{L} de distance focale image f' , pour former l'image d'un objet \overline{AB} sur un écran situé à une distance $\overline{AE} = D = 1 \text{ m}$ de l'objet. Montrer que si D est supérieure à une valeur D_0 que l'on exprimera, il existe deux positions O_1 et O_2 de la lentille pour lesquelles on obtient une image nette sur l'écran (cf. figure ci-contre).

- A) $D_0 = 3f'$ B) $D_0 = 2f'$
 C) $D_0 = f'$ D) $D_0 = 4f'$

15. — Ces deux positions sont séparées par une distance $d = |\overline{O_1 O_2}|$ qui vaut 529 mm . Calculer la distance focale f' de la lentille.



A) $f' = 180 \text{ mm}$

B) $f' = 150 \text{ mm}$

C) $f' = 100 \text{ mm}$

D) $f' = 250 \text{ mm}$

16. — Calculer les grandissements transversaux G_1 et G_2 de \mathcal{L} correspondant à ces deux positions.

A) $G_1 = -7,33$ et $G_2 = 0,14$

B) $G_1 = -3,25$ et $G_2 = -0,31$

C) $G_1 = -1,47$ et $G_2 = -0,68$

D) $G_1 = -4,75$ et $G_2 = -0,21$

17. — On fait varier la distance D de l'objet à l'écran tout en réglant la position de la lentille jusqu'à ce que $G_1 = G_2 = -1$. Calculer la valeur d_0 de d qui sépare les deux positions de la lentille.

A) $d_0 = 180 \text{ mm}$

B) $d_0 = 90 \text{ mm}$

C) $d_0 = 0 \text{ mm}$

D) $d_0 = 720 \text{ mm}$

18. — Calculer la valeur D_0 de D qui correspond à cette situation.

A) $D_0 = 640 \text{ mm}$

B) $D_0 = 720 \text{ mm}$

C) $D_0 = 180 \text{ mm}$

D) $D_0 = 90 \text{ mm}$

19. — On remplace la lentille \mathcal{L} par une lentille mince *divergente* \mathcal{L}' de distance focale image $f'_1 = -100 \text{ mm}$. On replace l'écran à une distance $D = 1 \text{ m}$ de l'objet. Calculer la distance d_1 qui sépare les deux positions pour lesquelles l'image sur l'écran est nette.

A) Il n'existe aucune position de la lentille \mathcal{L}' pour laquelle l'image sur l'écran est nette

B) $d_1 = 190 \text{ mm}$

C) $d_1 = 720 \text{ mm}$

D) $d_1 = 820 \text{ mm}$

20. — Une lentille mince *convergente* \mathcal{L}_0 de centre optique O et de distance focale image f'_0 connue donne d'un objet \overline{AB} situé à l'infini une image $\overline{A'B'}$ située à une distance $\overline{OA'} = \Delta$ de O . On place une lentille mince \mathcal{L}' de centre optique O' et de distance focale image f'_i inconnue *en avant* de la lentille \mathcal{L}_0 à une distance $\overline{O'O} = \Delta$ de O . On constate un déplacement de l'image A' en A'' . Exprimer f'_i en fonction du déplacement $\delta = \overline{A'A''}$ de l'image et de f'_0 .

A) $f'_i = -\frac{\delta^2}{f'_0}$

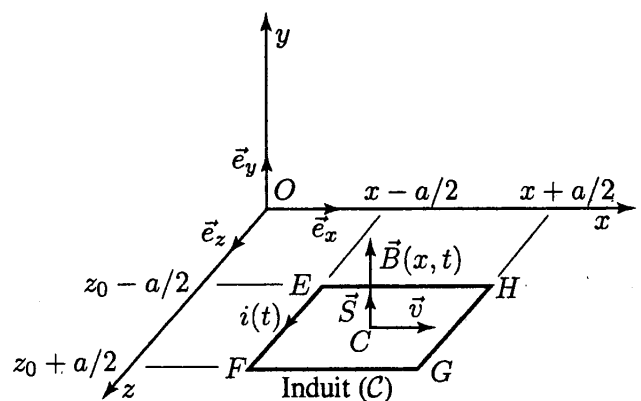
B) $f'_i = \frac{f'^2_0}{2\delta}$

C) $f'_i = \frac{2\delta^2}{f'_0}$

D) $f'_i = -\frac{f'^2_0}{\delta}$

21. — L'induit (C) d'un moteur linéaire est constitué de N spires conductrices filiformes carrées identiques de côté a , pouvant se déplacer dans un repère galiléen $\mathcal{R}(Oxyz)$ muni d'une base orthonormée $\{\vec{e}_x, \vec{e}_y, \vec{e}_z\}$. Ce cadre, de vecteur surface $\vec{S} = a^2 \vec{e}_y$ est astreint à se mouvoir dans le plan xOz de \mathcal{R} de façon à ce que les côtés EH et EF restent parallèles aux axes Ox et Oz respectivement. Le centre $C(x, 0, z_0)$, de coordonnées $x, 0, z_0$, est animé, *en régime établi*, d'un mouvement *rectiligne* suivant la droite $z = z_0$ et *uniforme* de vitesse $\vec{v} = v \vec{e}_z$, où v peut prendre des valeurs positives ou négatives (cf. figure ci-contre).

Exprimer la loi d'évolution de l'abscisse x du centre C du cadre en fonction du temps sachant qu'à l'instant $t = 0$ où l'on peut considérer que le régime de fonctionnement est établi, C se trouve sur l'axe Oz .



A) $x = 2vt$

B) $x = \frac{vt}{2}$

C) $x = \frac{2vt}{3}$

D) $x = vt$

22. — Le cadre est plongé dans un champ magnétique $\vec{B}(M, t)$ dont la valeur au point de coordonnées $x, 0, z_0$ où se trouve le centre C de l'induit à cet instant, s'écrit :

$$\vec{B}(x, t) = B_0 \cos\left(2\pi \frac{x}{\lambda} - \omega_0 t\right) \vec{e}_y$$

où λ est une longueur caractéristique constante et ω_0 est une pulsation constante. Les variables x et t étant liées, montrer que le flux Φ du champ magnétique à travers le cadre peut s'écrire sous la forme de la fonction exclusive du temps t :

$$\Phi = \Phi_0 \cos[(\omega - \omega_0)t]$$

où ω et Φ_0 sont des constantes que l'on explicitera. On suppose $a \ll \lambda$ de sorte que l'on peut considérer, pour ce calcul seulement, que le champ magnétique est uniforme sur toute la surface de l'induit.

A) $\Phi_0 = NB_0 a^2$ et $\omega = \frac{2\pi v}{\lambda}$

B) $\Phi_0 = B_0 a^2$ et $\omega = \frac{\pi v}{\lambda N}$

C) $\Phi_0 = \frac{B_0 a^2}{N}$ et $\omega = \frac{v}{2\pi \lambda}$

D) $\Phi_0 = 2NB_0 a^2$ et $\omega = \frac{v}{\lambda}$

23. — Calculer la force électromotrice $e(t)$ induite dans le cadre en fonction de Φ_0 , ω et ω_0 .

A) $e(t) = \Phi_0(\omega - \omega_0) \cos(\omega - \omega_0)t$

B) $e(t) = \Phi_0 \omega \cos(\omega - \omega_0)t$

C) $e(t) = \Phi_0(\omega - \omega_0) \sin(\omega - \omega_0)t$

D) $e(t) = \Phi_0 \omega \sin(\omega - \omega_0)t$

24. — Le cadre présente une résistance R et un coefficient d'inductance propre L . Montrer que le courant instantané $i(t)$ qui circule dans l'induit dans le sens indiqué sur le schéma de la figure ci-dessus s'écrit, en régime établi :

$$i(x, t) = I_0 \sin[(\omega - \omega_0)t + \psi_0]$$

Exprimer I_0 et $\tan \psi_0$ en fonction de R , L , ω et ω_0 .

A) $I_0 = \frac{\Phi_0(\omega - \omega_0)}{[R^2 + L^2(\omega - \omega_0)^2]^{1/2}}$ et $\tan \psi_0 = -\frac{L(\omega - \omega_0)}{R}$

B) $I_0 = \frac{\omega}{[R^2 + L^2\omega^2]^{1/2}}$ et $\tan \psi_0 = \frac{L\omega}{R}$

C) $I_0 = \frac{\Phi_0 \omega_0}{[R^2 + L^2\omega_0^2]^{1/2}}$ et $\tan \psi_0 = -\frac{R}{L(\omega - \omega_0)}$

D) $I_0 = \frac{(\omega - \omega_0)^2}{R^2 + L^2(\omega - \omega_0)^2}$ et $\tan \psi_0 = \frac{R}{L\omega_0}$

25. — Pour calculer la résultante des forces qui s'exercent sur l'induit, on considère à nouveau le champ magnétique comme une fonction des variables liées x et t . Montrer que la force résultante instantanée qui s'exerce sur l'induit peut alors s'écrire sous la forme de la fonction exclusive du temps t :

$$\vec{F}(t) = F_0 \sin[(\omega - \omega_0)t] \cdot \sin[(\omega - \omega_0)t + \psi_0] \vec{e}_x$$

Exprimer F_0 en fonction de I_0 , Φ_0 et λ .

A) $F_0 = \frac{\pi}{\lambda} \Phi_0 I_0$

B) $F_0 = -\frac{\lambda}{2\pi} \Phi_0 I_0$

C) $F_0 = \frac{\pi I_0}{\lambda \Phi_0}$

D) $F_0 = -\frac{2\pi}{\lambda} \Phi_0 I_0$

26. — Montrer que la valeur moyenne temporelle $\langle F \rangle$ de $F(t)$ calculée sur une période peut s'écrire : $\langle F \rangle = F_1 \cos \psi_0$. Donner l'expression de F_1 en fonction de I_0 , Φ_0 et λ .

A) $F_1 = \frac{\pi}{2\lambda} \Phi_0 I_0$

B) $F_1 = -\frac{\pi}{\lambda} \Phi_0 I_0$

C) $F_1 = -\frac{\lambda}{2\pi} \Phi_0 I_0$

D) $F_1 = \frac{\pi I_0}{2\lambda \Phi_0}$

27. — Exprimer $\cos \psi_0$ en fonction de R , L , ω et ω_0 .

$$\text{A) } \cos \psi_0 = \frac{R}{[R^2 + L^2 \omega^2]^{1/2}}$$

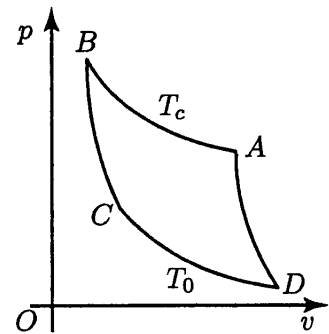
$$\text{B) } \cos \psi_0 = \frac{L\omega}{[R^2 + L^2 \omega^2]^{1/2}}$$

$$\text{C) } \cos \psi_0 = \frac{R}{[R^2 + L^2 (\omega - \omega_0)^2]^{1/2}}$$

$$\text{D) } \cos \psi_0 = \frac{L(\omega - \omega_0)}{[R^2 + L^2 (\omega - \omega_0)^2]^{1/2}}$$

28. — Le fluide d'une pompe à chaleur décrit de façon *réversible* un cycle de Carnot composé :

- d'une compression isotherme AB au cours de laquelle le fluide échange une quantité de chaleur algébrique δQ_c avec une source chaude constituée par l'air d'une pièce de capacité thermique totale C que l'on désire chauffer et dont la température à l'instant t est $T_c(t)$,
- d'une détente adiabatique BC qui ramène la température du fluide à la température constante T_0 de la source froide constitué par l'air extérieur à la pièce,
- d'une détente isotherme CD au cours de laquelle le fluide échange la quantité de chaleur algébrique δQ_0 avec l'air extérieur à la pièce à la température constante T_0 ,
- d'une compression adiabatique DA qui ramène la température du fluide à la température $T_c(t)$ de la source chaude,



On peut considérer que la température $T_c(t)$ de la source chaude reste constante au cours de la compression isotherme AB et qu'elle augmente de dT_c à chaque cycle de durée dt . On désigne par $\delta W > 0$ le travail reçu par le fluide au cours d'un cycle.

Exprimer l'efficacité thermique $\eta(t)$ de la pompe à chaleur définie par le rapport : $\eta = -\frac{\delta Q_c}{\delta W}$.

$$\text{A) } \eta(t) = \frac{T_0}{T_c(t) - T_0}$$

$$\text{B) } \eta(t) = \frac{T_0 - T_c(t)}{T_c(t)}$$

$$\text{C) } \eta(t) = \frac{T_c(t)}{T_c(t) - T_0}$$

$$\text{D) } \eta(t) = \frac{T_0 - T_c(t)}{T_0}$$

29. — On suppose, dans un premier temps, que la pièce est thermiquement isolée de l'extérieur et que sa température initiale est $T_c(0) = T_0$. On désigne par $\mathcal{P} = \frac{\delta W}{dt}$ la puissance mécanique *constante* fournie au fluide. Exprimer l'intervalle de temps t_0 pendant lequel la pompe doit fonctionner pour que l'air de la pièce atteigne la température $T_1 = T_c(t_0)$.

$$\text{A) } t_0 = \frac{C}{\mathcal{P}} \left(T_1 - T_0 - T_0 \ln \frac{T_1}{T_0} \right)$$

$$\text{B) } t_0 = \frac{C}{\mathcal{P}} \left(T_0 \ln \frac{T_1}{T_0} \right)$$

$$\text{C) } t_0 = \frac{C}{\mathcal{P}} \left(T_1 - T_0 \ln \frac{T_0}{T_1} \right)$$

$$\text{D) } t_0 = \frac{C}{\mathcal{P}} \left(T_0 - T_1 \ln \frac{T_1}{T_0} \right)$$

30. — La pompe à chaleur est arrêtée et la puissance \mathcal{P} est fournie *sous forme électrique* à la résistance chauffante, de capacité thermique négligeable, d'un radiateur électrique.

Calculer l'intervalle de temps t_1 nécessaire pour que la pièce, initialement à la température T_0 atteigne la température T_1 .

$$\text{A) } t_1 = \frac{C}{\mathcal{P}} \left(\frac{T_1 - T_0}{2} \right)$$

$$\text{B) } t_1 = \frac{C}{\mathcal{P}} \frac{(T_1 - T_0)^2}{(T_1 + T_0)}$$

$$C) t_1 = \frac{C}{P} \left(\frac{T_1 + T_0}{2} \right)$$

$$D) t_1 = \frac{C}{P} (T_1 - T_0)$$

31. — Calculer le gain de temps $\Delta t = t_1 - t_0$ que l'on obtient en utilisant une pompe à chaleur plutôt qu'un radiateur électrique. On donne : $T_0 = 283$ K, $T_1 = 291$ K et le rapport $\frac{P}{C} = 98.10^{-6}$ K.s⁻¹

- A) $\Delta t = 2, 2.10^4$ s B) $\Delta t = 80, 5.10^3$ s C) $t = 3, 8.10^3$ s D) $t = 1, 3.10^3$ s

32. — On suppose maintenant que la pièce présente une fuite thermique et que, lorsque sa température à l'instant t est $T_c(t)$, elle échange avec l'extérieur, pendant l'intervalle de temps dt , une quantité de chaleur :

$$\delta Q = -kC[T_c(t) - T_0] dt$$

où k est une constante.

La pompe est arrêtée lorsque la température de la pièce vaut $T_c = 288$ K. Si $T_0 = 283$ K, la température de la pièce chute alors de 1 K au bout de 3 heures. Calculer k .

- A) $k = 12, 5.10^{-4}$ s⁻¹ B) $k = 20, 1.10^{-4}$ s⁻¹ C) $k = 17, 3.10^{-4}$ s⁻¹ D) $k = 0, 2.10^{-4}$ s⁻¹

33. — Montrer que la température limite T_{l_1} atteinte dans la pièce lorsque la pompe fonctionne et que le régime permanent est établi, se déduit de la relation :

$$T_{l_1}^2 - 2AT_{l_1} + T_0^2 = 0$$

Exprimer A .

$$A) A = T_0 + \frac{2P}{kC}$$

$$B) A = T_0 + \frac{P}{2kC}$$

$$C) A = T_0 - \frac{P}{kC}$$

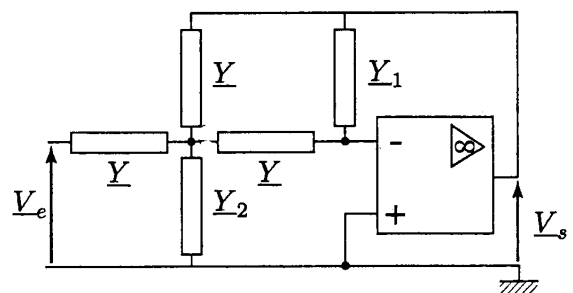
$$D) A = T_0 - \frac{2P}{kC}$$

34. — Exprimer la température limite T_{l_2} atteinte dans la pièce lorsque la pompe est remplacée par un radiateur électrique recevant, sous forme électrique, la même puissance P que la pompe à chaleur.

- A) $T_{l_2} = 288$ K B) $T_{l_2} = 292$ K
C) $T_{l_2} = 320$ K D) $T_{l_2} = 327$ K

35. — Dans le montage de la figure ci-contre l'amplificateur opérationnel est considéré comme parfait et fonctionne en régime linéaire. Le circuit est alimenté à l'entrée par un générateur délivrant une tension sinusoïdale de pulsation ω et d'amplitude complexe \underline{V}_e . On désigne par \underline{V}_s l'amplitude complexe de la tension prélevée sur la borne de sortie de l'amplificateur opérationnel. Les éléments passifs qui constituent le reste du circuit sont caractérisés par leurs admittances respectives \underline{Y} , \underline{Y}_1 et \underline{Y}_2 (cf. figure ci-contre).

Exprimer la fonction de transfert $\underline{T} = \frac{\underline{V}_s}{\underline{V}_e}$ de ce filtre en fonction des admittances \underline{Y} , \underline{Y}_1 et \underline{Y}_2 .



$$A) \underline{T} = -\frac{1}{1 + 3\frac{\underline{Y}_1}{\underline{Y}} + \frac{\underline{Y}_1\underline{Y}_2}{\underline{Y}^2}}$$

$$B) \underline{T} = -\frac{1}{1 + 3\frac{\underline{Y}}{\underline{Y}_2} + \frac{\underline{Y}\underline{Y}_2}{\underline{Y}_1^2}}$$

$$C) \underline{T} = -\frac{1}{1 + 3\frac{\underline{Y}_2}{\underline{Y}_1} + \frac{\underline{Y}^2}{\underline{Y}_1^2}}$$

$$D) \underline{T} = -\frac{1}{1 + 3\frac{\underline{Y}_2}{\underline{Y}} + \frac{\underline{Y}_1\underline{Y}}{\underline{Y}_2^2}}$$

36. — Les admittances \underline{Y} sont celles de trois condensateurs identiques, de capacité C . Les admittances \underline{Y}_1 et \underline{Y}_2 sont des conductances pures de valeurs respectives $\frac{1}{R}$ et $\frac{\alpha}{R}$ où α est une constante positive. On pose $\omega_0 = \frac{1}{RC}$ et $x = \frac{\omega_0}{\omega}$. Exprimer le module T de la fonction de transfert en fonction de x et de α .

$$\text{A) } T = \frac{1}{\sqrt{(1 - 4\alpha x^2)^2 + x^2}}$$

$$\text{B) } T = \frac{1}{\sqrt{(1 - \alpha x^2)^2 + x^2}}$$

$$\text{C) } T = \frac{1}{\sqrt{(1 - \alpha x^2)^2 + 9x^2}}$$

$$\text{D) } T = \frac{1}{\sqrt{(1 + \alpha x^2)^2 + 4x^2}}$$

37. — Déterminer la valeur α_0 de α pour laquelle on peut écrire :

$$T = \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega_1/\omega)^4}}$$

$$\text{A) } \alpha_0 = 9/2$$

$$\text{B) } \alpha_0 = 2$$

$$\text{C) } \alpha_0 = 1/8$$

$$\text{D) } \alpha_0 = 1/2$$

38. — Exprimer ω_1 .

$$\text{A) } \omega_1 = \sqrt{2}\omega_0$$

$$\text{B) } \omega_1 = \frac{\omega_0}{\sqrt{8}}$$

$$\text{C) } \omega_1 = \frac{\omega_0}{\sqrt{2}}$$

$$\text{D) } \omega_1 = \frac{3}{\sqrt{2}}\omega_0$$

39. — On désigne par φ le déphasage de la tension de sortie par rapport à la tension d'entrée. Exprimer $\tan \varphi$ en fonction de ω et ω_1 lorsque $\alpha = \alpha_0$.

$$\text{A) } \tan \varphi = \frac{1}{1 - \frac{\omega_1}{\omega}}$$

$$\text{B) } \tan \varphi = \frac{\sqrt{2}}{\frac{\omega}{\omega_1} - \frac{\omega_1}{\omega}}$$

$$\text{C) } \tan \varphi = \frac{\sqrt{3}}{1 - \frac{\omega_1^2}{\omega^2}}$$

$$\text{D) } \tan \varphi = \frac{1}{1 - \frac{\omega^2}{\omega_1^2}}$$

40. — Calculer la valeur ω_2 de la pulsation correspondant à une atténuation de la fonction de transfert de 40 dB par rapport à $T(\infty)$.

$$\text{A) } \omega_2 = \frac{\omega_0}{\sqrt{2}}$$

$$\text{B) } \omega_2 = \frac{9\omega_0}{\sqrt{2}}$$

$$\text{C) } \omega_2 = \frac{2\omega_0}{\sqrt{3}}$$

$$\text{D) } \omega_2 = \frac{3\omega_0}{10\sqrt{2}}$$