

ÉCOLE NATIONALE DE L'AVIATION CIVILE

Session 2015

CONCOURS POUR LE RECRUTEMENT  
D'INGÉNIEURS DU CONTRÔLE DE LA NAVIGATION AÉRIENNE



*Épreuve obligatoire de*  
**PHYSIQUE**

Durée : 4 heures

Coefficient : 2



Cette épreuve comporte :

- 1 page de garde
- 2 pages d'instructions pour remplir le QCM (recto-verso)
- 1 page d'avertissements
- 13 pages de texte du sujet (recto-verso)

**L'USAGE DE CALCULATRICES, DE TELEPHONES PORTABLES  
OU DE DOCUMENTS PERSONNELS N'EST PAS AUTORISE**

## ÉPREUVE OBLIGATOIRE DE PHYSIQUE

## A LIRE TRÈS ATTENTIVEMENT

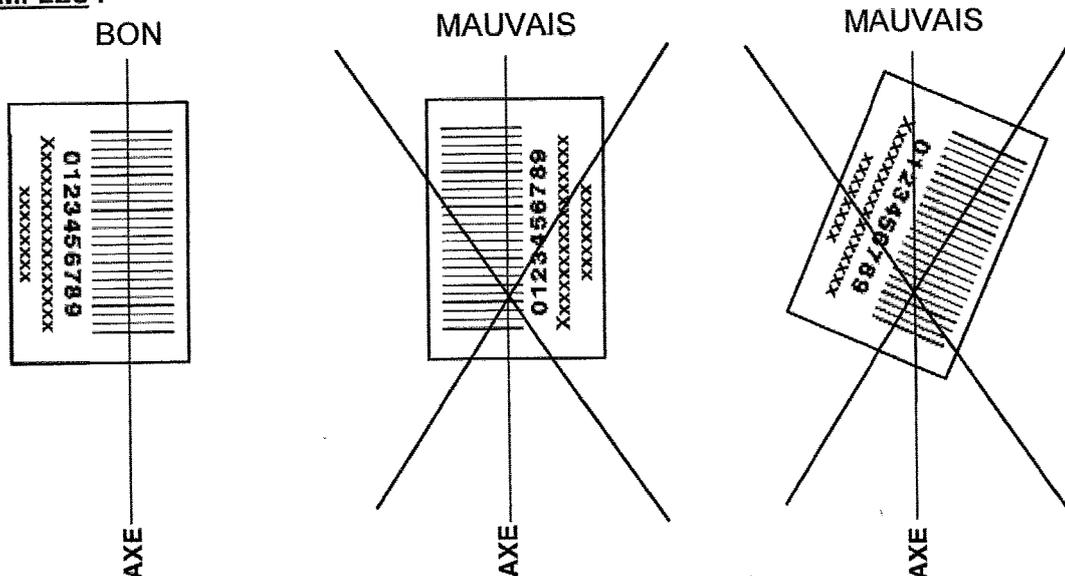
L'épreuve obligatoire de physique de ce concours est un questionnaire à choix multiple qui sera corrigé automatiquement par une machine à lecture optique.

## 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 obligatoire de physique ».

## POSITIONNEMENT DES ÉTIQUETTES

Pour permettre la lecture optique de l'étiquette, positionner celle-ci en **position verticale** avec les chiffres d'identification **à gauche** (le trait vertical devant 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 (ou les feuilles de brouillon qui vous seront fournies à la demande par la surveillante qui s'occupe de votre rangée) 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 sur la page d'avertissement.

**Chaque question comporte au plus deux réponses exactes.**

**Tournez la page S.V.P.**

- 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.**

**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  $\sigma$ , 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"/> | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            |
|   | A                                   | B                                   | C                                   | D                        | E                                   |
| 2 | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            |
|   | A                                   | B                                   | C                                   | D                        | E                                   |
| 3 | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
|   | A                                   | B                                   | C                                   | D                        | E                                   |

## AVERTISSEMENTS

**L'usage de calculatrices, de téléphones portables ou de documents personnels n'est pas autorisé.**

*Dans certaines questions, les candidats doivent choisir la réponse parmi plusieurs valeurs numériques. Les valeurs fausses qui sont proposées sont suffisamment éloignées de la valeur exacte arrondie selon les règles habituelles, pour éliminer toute ambiguïté dans le choix de la bonne réponse.*

### **Questions liées :**

Mécanique : 01 à 10

Thermodynamique : 11 à 20

Optique : 21 à 30

Electromagnétisme : 31 à 40

**Question 1 :**

Deux masses  $m_1$  et  $m_2$ , considérées comme ponctuelles et situées en  $A_1$  et  $A_2$ , sont assujetties à glisser sans frottement le long d'un axe horizontal  $Ox$ . On note  $x_1$  et  $x_2$ , les positions respectives de  $A_1$  et  $A_2$  sur  $Ox$ , et on suppose  $0 < x_1 < x_2$ .

Un ressort de longueur à vide  $\ell_o$ , de masse nulle et de constante de raideur  $k$ , est disposé entre  $A_1$  et  $A_2$  : une des extrémités du ressort est fixée à  $A_2$ , alors que l'autre extrémité est **juste en appui** sur  $A_1$ .

Dans l'état initial ( $t=0$ ), le ressort est complètement comprimé, de sorte qu'on peut négliger sa longueur. On abandonne alors le système, sans vitesse initiale par rapport au référentiel galiléen du laboratoire  $\mathcal{R} = (O, xyz)$ . On définit le champ de pesanteur terrestre par  $\vec{g} = -g\vec{e}_z$  ( $g > 0$ ). On étudie le mouvement du système, constitué par l'ensemble des 2 masses et du ressort, entre l'instant initial  $t=0$ , et l'instant  $t_f$  pour lequel la masse  $A_1$  quitte le contact avec le ressort.

On note  $\vec{P}_i$ ,  $\vec{R}_i$  et  $\vec{F}_i$ , respectivement, le poids, la réaction du support et la force élastique s'exerçant sur la particule  $A_i$ ,  $i=1,2$ .  $\dot{x}_i$  et  $\ddot{x}_i$  sont la vitesse et l'accélération de  $A_i$  suivant l'axe  $Ox$ .

$$\text{A) } \vec{F}_1 = -k(x_1 - x_2) \frac{\overrightarrow{A_1 A_2}}{A_1 A_2}$$

$$\text{B) } \vec{F}_1 = -k(x_1 - \ell_o) \frac{\overrightarrow{OA_1}}{OA_1}$$

$$\text{C) } \vec{F}_2 = -k(x_2 - x_1) \frac{\overrightarrow{A_1 A_2}}{A_1 A_2}$$

$$\text{D) } \vec{F}_2 = -k(x_2 - x_1) \frac{\overrightarrow{OA_2}}{OA_2}$$

**Question 2 :**

$$\text{A) } \vec{F}_1 = -k(x_2 - x_1 - \ell_o) \frac{\overrightarrow{A_2 A_1}}{A_2 A_1}$$

$$\text{B) } \vec{F}_1 = -k(x_1 - x_2 - \ell_o) \frac{\overrightarrow{A_2 A_1}}{A_2 A_1}$$

$$\text{C) } \vec{F}_2 = -k(x_2 - x_1 - \ell_o) \frac{\overrightarrow{A_1 A_2}}{A_1 A_2}$$

$$\text{D) } \vec{F}_2 = -k(x_2 - \ell_o) \frac{\overrightarrow{OA_2}}{OA_2}$$

**Question 3 :**

- A) Les forces  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$  ont même direction et même sens suivant  $+\vec{e}_x$ .
- B) Les forces  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$  ont même direction et même sens suivant  $-\vec{e}_x$ .
- C) Les forces  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$  ont même direction mais des sens opposés.
- D) Les forces  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$  ont même intensité.

**Question 4 :**

Le théorème de la résultante cinétique appliqué à  $A_1$  seul ou au système total permet d'écrire :

A)  $\overline{F_1} + \overline{P_1} + \overline{R_1} = m_1 \ddot{x}_1 \overline{e_x}$

B)  $\overline{F_1} + \overline{P_1} + \overline{R_1} = m_1 (\ddot{x}_1 - \ddot{x}_2) \overline{e_x}$

C)  $\overline{F_1} + \overline{F_2} + \overline{P_1} + \overline{P_2} + \overline{R_1} + \overline{R_2} = (m_1 \ddot{x}_1 + m_2 \ddot{x}_2) \overline{e_x}$

D)  $\overline{P_1} + \overline{P_2} + \overline{R_1} + \overline{R_2} = (m_1 \ddot{x}_1 + m_2 \ddot{x}_2) \overline{e_x}$

**Question 5 :**

Le centre de masse  $G$  du système :

- A) Est fixe.
- B) Est animé d'un mouvement rectiligne et uniforme.
- C) Est animé d'un mouvement rectiligne uniformément accéléré.
- D) Est animé d'un mouvement rectiligne uniformément varié.

**Question 6 :**

Soit  $\overline{p_1}$ ,  $\overline{p_2}$  et  $\overline{p_G}$ , les résultantes cinétiques, respectivement, de  $A_1$ ,  $A_2$  et  $G$ . On conclut des questions précédentes :

A)  $\overline{p_G} = \overline{p_1} + \overline{p_2}$

B)  $\overline{p_G} = \overline{p_2} - \overline{p_1}$

C)  $\overline{p_1} = \overline{p_2}$

D)  $\overline{p_1} = -\overline{p_2}$

**Question 7 :**

Soit  $\mathcal{E}_m$  l'énergie mécanique du système. L'origine de l'énergie potentielle de pesanteur étant prise sur l'axe  $Ox$ , on déduit du théorème de la puissance mécanique :

A)  $\frac{1}{2} m_1 \dot{x}_1^2 + \frac{1}{2} m_2 \dot{x}_2^2 + k(x_2 - x_1 - \ell_o)^2 = \text{constante}$

B)  $\mathcal{E}_m = \frac{1}{2} k \ell_o^2$

C)  $\frac{1}{2} m_1 \dot{x}_1^2 + \frac{1}{2} m_2 \dot{x}_2^2 + \frac{1}{2} k(x_2 - x_1 - \ell_o)^2 = \text{constante}$

D)  $\mathcal{E}_m = 0$

**Question 8 :**

On note  $\dot{x}_{if}$  la vitesse de  $A_i$  à l'instant  $t_f$  et  $\mu$  la masse réduite du système. La longueur du ressort à  $t_f$  étant égale à  $\ell_o$ , on déduit des questions précédentes :

$$\text{A) } \frac{1}{2} m_1 \dot{x}_{1f}^2 + \frac{1}{2} m_2 \dot{x}_{2f}^2 + k \ell_o^2 = 0$$

$$\text{B) } \dot{x}_{1f} = \sqrt{k \mu} \frac{\ell_o}{m_1}$$

$$\text{C) } \frac{1}{2} m_1 \dot{x}_{1f}^2 + \frac{1}{2} m_2 \dot{x}_{2f}^2 - k \ell_o^2 = 0$$

$$\text{D) } \dot{x}_{2f} = \sqrt{k \mu} \frac{\ell_o}{m_1}$$

**Question 9 :**

Dans le cas où  $m_1 \gg m_2$ , on observe que :

- A)  $A_1$  est immobile.
- B)  $A_2$  est immobile.
- C) L'énergie potentielle initiale est transmise intégralement à  $A_1$  sous forme d'énergie cinétique.
- D) L'énergie potentielle initiale est transmise intégralement à  $A_2$  sous forme d'énergie cinétique.

**Question 10 :**

Dans le cas où  $m_1 \ll m_2$ , on observe que :

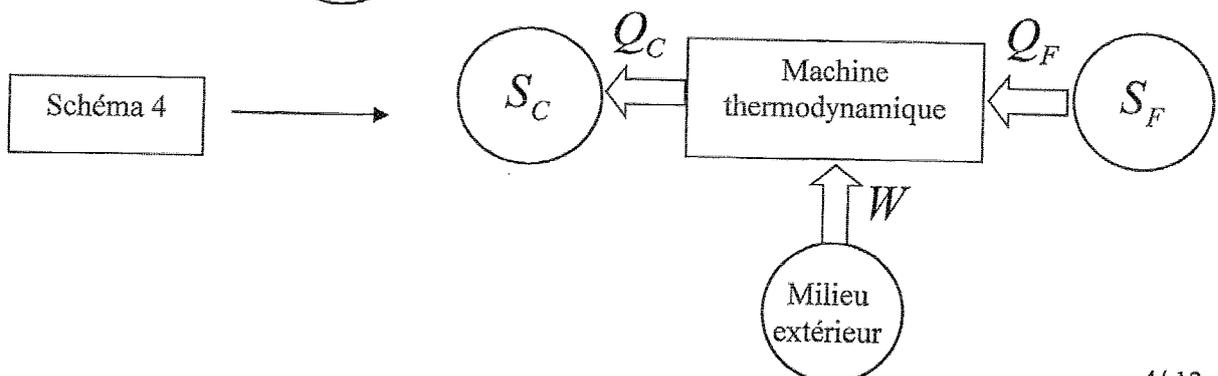
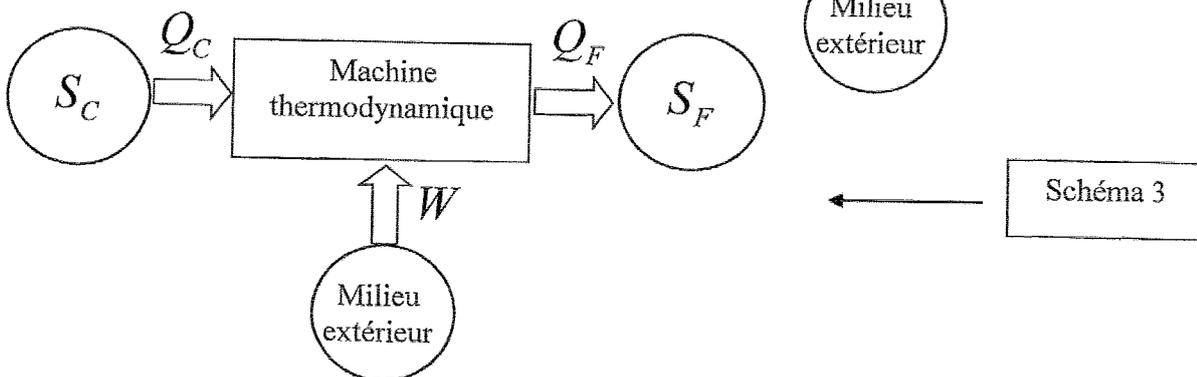
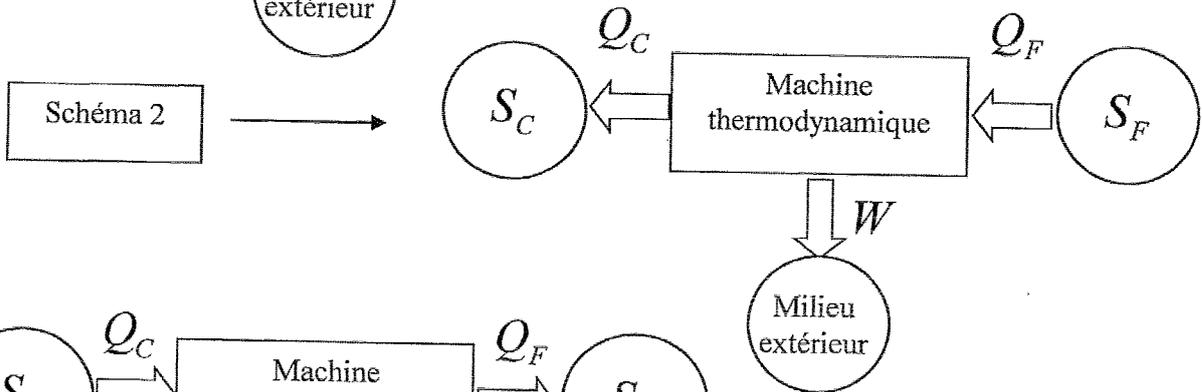
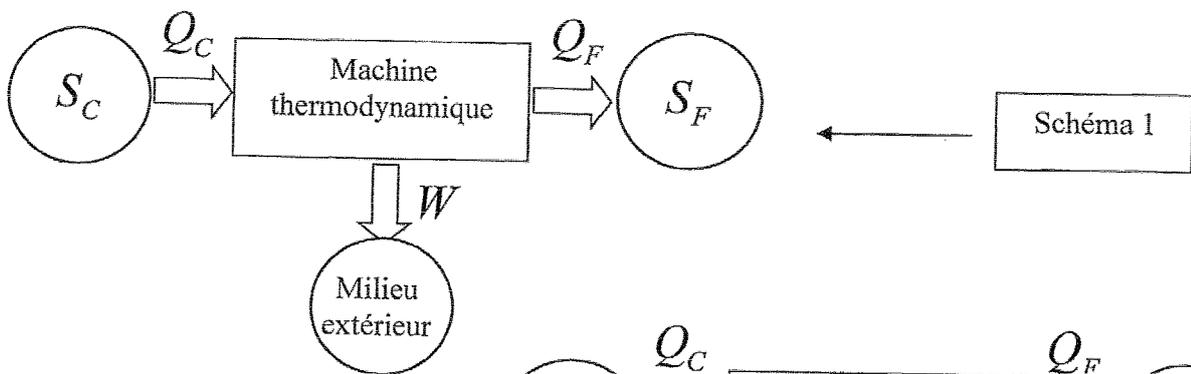
- A)  $A_1$  est immobile.
- B)  $A_2$  est immobile.
- C) L'énergie potentielle initiale est transmise intégralement à  $A_1$  sous forme d'énergie cinétique.
- D) L'énergie potentielle initiale est transmise intégralement à  $A_2$  sous forme d'énergie cinétique.

**Question 11 :**

On s'intéresse au fonctionnement des machines dithermes thermodynamiques : moteur (M), machine frigorifique (MF) ou pompe à chaleur (PAC).

On note  $S_C$  et  $S_F$ ,  $T_C$  et  $T_F$ , respectivement, la source chaude et la source froide, les températures de  $S_C$  et  $S_F$ . Au cours d'un cycle, on note  $W$  le transfert mécanique entre le système et le milieu extérieur, et,  $Q_C$  et  $Q_F$ , respectivement, les transferts thermiques entre le système et  $S_C$  et  $S_F$ .

On considère les principes suivants :



- A ) Le schéma 1 est le principe du moteur.
- B ) Le schéma 2 est le principe du moteur.
- C ) Le schéma 3 est le principe de la pompe à chaleur.
- D ) Le schéma 4 est le principe de la machine frigorifique.

**Question 12 :**

Pour le moteur :

A)  $W > 0, Q_C > 0, Q_F < 0$

B)  $W < 0, Q_C > 0, Q_F < 0$

C)  $W < 0, Q_C < 0, Q_F > 0$

D)  $W > 0, Q_C < 0, Q_F > 0$

**Question 13 :**

Pour la pompe à chaleur :

A)  $W > 0, Q_C > 0, Q_F < 0$

B)  $W < 0, Q_C > 0, Q_F < 0$

C)  $W < 0, Q_C < 0, Q_F > 0$

D)  $W > 0, Q_C < 0, Q_F > 0$

**Question 14 :**

Pour la machine frigorifique :

A)  $W > 0, Q_C > 0, Q_F < 0$

B)  $W < 0, Q_C > 0, Q_F < 0$

C)  $W < 0, Q_C < 0, Q_F > 0$

D)  $W > 0, Q_C < 0, Q_F > 0$

On note  $\eta_M$ ,  $\eta_{MF}$  et  $\eta_{PAC}$ , respectivement les efficacités de M, MF et PAC, et  $r_M$ ,  $r_{MF}$  et  $r_{PAC}$  les rendements correspondants.

**Question 15 :**

Pour le moteur, on obtient :

A)  $\eta_M > 1$

B)  $\eta_M < 1$

C)  $r_M > 1$

D)  $r_M < 1$

**Question 16 :**

Pour la pompe à chaleur, on obtient :

$$\text{A) } \eta_{PAC} > 1$$

$$\text{B) } \eta_{PAC} < 1$$

$$\text{C) } r_{PAC} > 1$$

$$\text{D) } r_{PAC} < 1$$

**Question 17 :**

Soit  $S^p$  l'entropie produite au cours d'un cycle. Le premier et le second principe permettent d'obtenir :

$$\text{A) } \eta_M = 1 + \frac{T_F}{T_C} - \frac{T_F S^p}{Q_C}$$

$$\text{B) } \eta_M = 1 - \frac{T_F}{T_C} - \frac{T_C S^p}{Q_F}$$

$$\text{C) } \eta_M = \frac{1}{1 + \frac{T_C}{T_F} + \frac{T_C S^p}{Q_F}}$$

$$\text{D) } \eta_{MF} = 1 - \frac{T_F}{T_C} - \frac{T_F S^p}{Q_C}$$

**Question 18 :**

$$\text{A) } \eta_{PAC} = \frac{1}{1 + \frac{T_C}{T_F} + \frac{T_C S^p}{Q_F}}$$

$$\text{B) } \eta_{PAC} = 1 - \frac{T_F}{T_C} - \frac{T_F S^p}{Q_C}$$

$$\text{C) } \eta_{MF} = \frac{-1}{1 - \frac{T_C}{T_F} - \frac{T_C S^p}{Q_F}}$$

$$\text{D) } \eta_{PAC} = \frac{1}{1 - \frac{T_F}{T_C} - \frac{T_F S^p}{Q_C}}$$

**Question 19 :**

$$\text{A) } r_{PAC} = \frac{1}{1 - \frac{T_C T_F S^p}{Q_C (T_C - T_F)}}$$

$$\text{B) } r_M = 1 - \frac{T_C T_F S^p}{Q_C (T_C - T_F)}$$

$$\text{C) } r_{MF} = \frac{1}{1 + \frac{T_C T_F S^p}{Q_F (T_C - T_F)}}$$

$$\text{D) } r_{MF} = \frac{1}{1 + \frac{T_C T_F S^p}{Q_C (T_C - T_F)}}$$

**Question 20 :**

Actuellement, les ordres de grandeur des efficacités des machines thermodynamiques sont :

A)  $\eta_{PAC} = 5$

B)  $\eta_M = 5$

C)  $\eta_{MF} = 0,5$

D)  $\eta_M = 0,5$

---

**Question 21 :**

On s'intéresse à la diffraction d'une onde de longueur d'onde  $\lambda$  par différents diaphragmes ou obstacles ( $\mathcal{D}$ ).

Les conditions expérimentales nécessaires à l'observation d'un tel phénomène sont :

- A) Les dimensions de ( $\mathcal{D}$ ) sont de l'ordre de grandeur de  $\lambda$  pour une onde acoustique.
  - B) Les dimensions de ( $\mathcal{D}$ ) sont de l'ordre de  $200\lambda$  pour une onde lumineuse.
  - C) Les dimensions de ( $\mathcal{D}$ ) sont inférieures à  $\lambda$  pour une onde lumineuse.
  - D) Les dimensions de ( $\mathcal{D}$ ) sont inférieures à  $\lambda$  pour une onde acoustique.
- 

**Question 22 :**

Dans l'air, on rappelle la célérité du son  $c_s = 330 \text{ m.s}^{-1}$  et la célérité de la lumière  $c = 3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$ .

Concernant les fréquences des ondes :

- A) Elles sont comprises entre 20 Hz et 20 kHz pour les ondes sonores perçues par l'homme.
  - B) Elles sont comprises entre 20 kHz et 20 MHz pour les ondes sonores perçues par l'homme.
  - C) Elles sont comprises entre 3 MHz et 8 MHz pour les ondes lumineuses vues par l'homme.
  - D) Elles sont comprises entre 3 GHz et 8 GHz pour les ondes lumineuses vues par l'homme.
- 

**Question 23 :**

Une onde sonore peut être diffractée par un obstacle dont la taille est de l'ordre de :

A) 1 m

B) 10 m

C) 100 m

D) 1 km

---

**Question 24 :**

Une onde lumineuse peut être diffractée par un obstacle dont la taille est de l'ordre de :

A) 1  $\mu\text{m}$

B) 1 mm

C) 1 cm

D) 1 dm

---

**Question 25 :**

Lors de la diffraction d'une onde lumineuse :

- A) La longueur d'onde de l'onde incidente est augmentée.
  - B) La longueur d'onde de l'onde incidente est diminuée.
  - C) La fréquence de l'onde incidente est augmentée.
  - D) La fréquence de l'onde incidente est diminuée
- 

**Question 26 :**

Lors de la diffraction d'une onde sonore :

- A) La longueur d'onde de l'onde incidente est augmentée.
  - B) La longueur d'onde de l'onde incidente est diminuée.
  - C) La fréquence de l'onde incidente est augmentée.
  - D) La fréquence de l'onde incidente est diminuée.
- 

**Question 27 :**

On note  $\lambda_i$  et  $\lambda_d$ , respectivement, les longueurs d'onde des ondes incidentes et diffractées. Soit  $a$  la taille caractéristique de l'ouverture diffractante. L'écart angulaire  $\theta$  caractéristique du phénomène de diffraction vérifie :

A)  $\sin \theta = \frac{a}{\lambda_i}$

B)  $\sin \theta = \frac{a}{\lambda_d}$

C)  $\sin \theta = \frac{\lambda_i}{a}$

D)  $\sin \theta = \frac{\lambda_d}{a}$

---

**Question 28 :**

Dans le cas d'une diffraction lumineuse, l'écart angulaire  $\theta$  est de l'ordre de :

A) 1 rad

B) 10 rad

C)  $1^\circ$

D)  $0,1^\circ$

---

**Question 29 :**

Si l'observation de la figure de diffraction lumineuse est réalisée sur un écran distant de  $D$  de ( $\mathcal{D}$ ), la tache centrale de diffraction a une longueur égale à :

A)  $\frac{1}{2} \frac{aD}{\lambda_d}$

B)  $\frac{aD}{\lambda_d}$

C)  $\frac{\lambda_d D}{a}$

D)  $2 \frac{\lambda_d D}{a}$

---

**Question 30 :**

On réalise une expérience de diffraction lumineuse à l'aide d'un diaphragme ( $\mathcal{D}_1$ ) constitué par une fente de largeur  $a$ . On remplace ensuite le diaphragme ( $\mathcal{D}_1$ ) par un diaphragme ( $\mathcal{D}_2$ ) constitué par une fente de largeur  $2a$ . Les diaphragmes sont éclairés par une source d'onde plane de longueur d'onde  $\lambda$ .

A) Les deux figures de diffraction sont identiques.

B) Les deux figures de diffraction sont centrées au même point.

C) La frange centrale de diffraction obtenue avec ( $\mathcal{D}_1$ ) est deux fois plus grande que celle obtenue avec ( $\mathcal{D}_2$ ).

D) La frange centrale de diffraction obtenue avec ( $\mathcal{D}_1$ ) est deux fois plus petite que celle obtenue avec ( $\mathcal{D}_2$ ).

---

**Question 31 :**

Dans un espace caractérisé par le repère  $\mathcal{R}(O,xyz)$  associé à la base cartésienne  $(\vec{e}_x, \vec{e}_y, \vec{e}_z)$ , une onde électromagnétique sinusoïdale monochromatique plane, de pulsation  $\omega$ , de longueur d'onde  $\lambda$ ,

d'amplitude  $E_m$ , et polarisée rectilignement suivant la direction  $\vec{u} \begin{cases} \cos \alpha \\ 0 \\ \sin \alpha \end{cases}$ , se propage dans le vide

suivant la direction  $\vec{v} \begin{cases} \sin \alpha \\ 0 \\ -\cos \alpha \end{cases}$ . Le champ électrique  $\vec{E}(M,t)$  caractéristique de cette onde peut s'écrire,

en un point  $M(x,y,z)$  quelconque de  $\mathcal{R}$ , et à un instant  $t$  :

- A)  $\vec{E}(M,t) = E_m \left[ \cos \left( \omega t - \frac{2\pi}{\lambda} x \cos \alpha + \frac{2\pi}{\lambda} z \sin \alpha \right) \right] (\vec{e}_y)$
- B)  $\vec{E}(M,t) = E_m \left[ \cos \left( \omega t + \frac{2\pi}{\lambda} x \cos \alpha - \frac{2\pi}{\lambda} z \sin \alpha \right) \right] (\vec{e}_y)$
- C)  $\vec{E}(M,t) = E_m \left[ \cos \left( \omega t - \frac{2\pi}{\lambda} x \cos \alpha - \frac{2\pi}{\lambda} z \sin \alpha \right) \right] (\sin \alpha \vec{e}_x - \cos \alpha \vec{e}_z)$
- D)  $\vec{E}(M,t) = E_m \left[ \cos \left( \omega t - \frac{2\pi}{\lambda} x \cos \alpha + \frac{2\pi}{\lambda} z \sin \alpha \right) \right] (\sin \alpha \vec{e}_x - \cos \alpha \vec{e}_z)$

**Question 32 :**

$c$  étant la vitesse de la lumière dans le vide, le champ magnétique  $\vec{B}(M,t)$  associé à  $\vec{E}(M,t)$  peut s'écrire :

- A)  $\vec{B}(M,t) = \frac{E_m}{c} \left[ \cos \left( \omega t - \frac{2\pi}{\lambda} x \cos \alpha + \frac{2\pi}{\lambda} z \sin \alpha \right) \right] (\sin \alpha \vec{e}_x - \cos \alpha \vec{e}_z)$
- B)  $\vec{B}(M,t) = \frac{E_m}{c} \left[ \cos \left( \omega t + \frac{2\pi}{\lambda} x \cos \alpha - \frac{2\pi}{\lambda} z \sin \alpha \right) \right] (\sin \alpha \vec{e}_x - \cos \alpha \vec{e}_z)$
- C)  $\vec{B}(M,t) = \frac{E_m}{c} \left[ \cos \left( \omega t - \frac{2\pi}{\lambda} x \sin \alpha - \frac{2\pi}{\lambda} z \cos \alpha \right) \right] (\vec{e}_y)$
- D)  $\vec{B}(M,t) = -\frac{E_m}{c} \left[ \cos \left( \omega t - \frac{2\pi}{\lambda} x \sin \alpha + \frac{2\pi}{\lambda} z \cos \alpha \right) \right] (\vec{e}_y)$

**Question 33 :**

On note  $\varepsilon_0$  et  $\mu_0$ , respectivement, la permittivité et la perméabilité du vide. Le vecteur de Poynting  $\vec{R}(M, t)$  de l'onde étudiée est :

- A)  $\vec{R}(M, t) = \frac{E_m^2}{c\varepsilon_0} \left[ \cos \left( \omega t - \frac{2\pi}{\lambda} x \cos \alpha + \frac{2\pi}{\lambda} z \sin \alpha \right) \right]^2 (\sin \alpha \vec{e}_x - \cos \alpha \vec{e}_z)$
- B)  $\vec{R}(M, t) = c\varepsilon_0 E_m^2 \cos^2 \left[ \omega t - \left( \frac{2\pi}{\lambda} x \sin \alpha - \frac{2\pi}{\lambda} z \cos \alpha \right) \right] (\sin \alpha \vec{e}_x - \cos \alpha \vec{e}_z)$
- C)  $\vec{R}(M, t) = \frac{E_m^2}{c\mu_0} \left[ \cos \left( \omega t - \frac{2\pi}{\lambda} x \sin \alpha + \frac{2\pi}{\lambda} z \cos \alpha \right) \right]^2 (\sin \alpha \vec{e}_x - \cos \alpha \vec{e}_z)$
- D)  $\vec{R}(M, t) = c\mu_0 E_m^2 \cos^2 \left[ \omega t - \left( \frac{2\pi}{\lambda} x \sin \alpha - \frac{2\pi}{\lambda} z \cos \alpha \right) \right] (\sin \alpha \vec{e}_x - \cos \alpha \vec{e}_z)$
- 

**Question 34 :**

Les densités volumiques d'énergie électrique  $u_e$  et magnétique  $u_m$ , et leurs valeurs moyennes respectives  $\langle u_e \rangle$  et  $\langle u_m \rangle$  vérifient :

- |  |   |
|--|---|
| A) $u_e = u_m$                                 | B) $u_e = c\varepsilon_0 E_m^2 \cos^2 \left[ \omega t - \left( \frac{2\pi}{\lambda} x \sin \alpha - \frac{2\pi}{\lambda} z \cos \alpha \right) \right]$ |
| C) $\langle u_e \rangle = \langle u_m \rangle$ | D) $\langle u_m \rangle = \frac{1}{2} \frac{E_m^2}{c\mu_0}$   |
- 

**Question 35 :**

La densité volumique d'énergie électromagnétique  $u_{em}$ , et sa valeur moyenne  $\langle u_{em} \rangle$  vérifient :

- |   |                                  |
|---|----------------------------------|
| A) $\langle u_{em} \rangle = 2 \langle u_e \rangle$ | B) $u_{em} = \ \vec{R}\ $        |
| C) $\langle u_{em} \rangle = 2 \langle u_m \rangle$ | D) $u_{em} = \text{div} \vec{R}$ |
-

**Question 36 :**

Concernant le bilan énergétique de l'onde étudiée :

- A ) Toute la puissance électromagnétique de l'onde est rayonnée.
  - B ) Une partie de la puissance électromagnétique de l'onde est dissipée par effet Joule.
  - C ) La propagation de l'énergie électromagnétique se fait toujours dans le sens de  $\vec{R}$ .
  - D ) La propagation de l'énergie électrique se fait toujours dans le sens de  $\vec{E}$ .
- 

**Question 37 :**

L'onde intercepte, suivant un angle d'incidence nul, un plan métallique sur lequel elle se réfléchit totalement. On suppose que le champ électrique réfléchi  $\vec{E}_r(M, t)$  conserve la même polarisation que  $\vec{E}(M, t)$ .  $E_{or}$  étant l'amplitude de  $\vec{E}_r(M, t)$ , le champ réfléchi peut s'écrire :

- A )  $\vec{E}_r(M, t) = E_{or} \left[ \cos \left( \omega t - \frac{2\pi}{\lambda} x \cos \alpha + \frac{2\pi}{\lambda} z \sin \alpha \right) \right] (-\vec{e}_y)$
  - B )  $\vec{E}_r(M, t) = E_{or} \left[ \cos \left( \omega t - \frac{2\pi}{\lambda} x \cos \alpha + \frac{2\pi}{\lambda} z \sin \alpha \right) \right] (\vec{e}_y)$
  - C )  $\vec{E}_r(M, t) = E_{or} \left[ \cos \left( \omega t + \frac{2\pi}{\lambda} x \sin \alpha - \frac{2\pi}{\lambda} z \cos \alpha \right) \right] (\cos \alpha \vec{e}_x + \sin \alpha \vec{e}_z)$
  - D )  $\vec{E}_r(M, t) = E_{or} \left[ \cos \left( \omega t - \frac{2\pi}{\lambda} x \sin \alpha + \frac{2\pi}{\lambda} z \cos \alpha \right) \right] (\cos \alpha \vec{e}_x + \sin \alpha \vec{e}_z)$
- 

**Question 38 :**

Le champ magnétique  $\vec{B}_r(M, t)$  de l'onde réfléchie s'écrit :

- A )  $\vec{B}_r(M, t) = \frac{E_{or}}{c} \left[ \cos \left( \omega t + \frac{2\pi}{\lambda} x \cos \alpha - \frac{2\pi}{\lambda} z \sin \alpha \right) \right] (-\sin \alpha \vec{e}_x + \cos \alpha \vec{e}_z)$
  - B )  $\vec{B}_r(M, t) = \frac{E_{or}}{c} \left[ \cos \left( \omega t - \frac{2\pi}{\lambda} x \cos \alpha + \frac{2\pi}{\lambda} z \sin \alpha \right) \right] (-\sin \alpha \vec{e}_x + \cos \alpha \vec{e}_z)$
  - C )  $\vec{B}_r(M, t) = \frac{E_{or}}{c} \left[ \cos \left( \omega t - \frac{2\pi}{\lambda} x \sin \alpha - \frac{2\pi}{\lambda} z \cos \alpha \right) \right] (-\vec{e}_y)$
  - D )  $\vec{B}_r(M, t) = \frac{E_{or}}{c} \left[ \cos \left( \omega t + \frac{2\pi}{\lambda} x \sin \alpha - \frac{2\pi}{\lambda} z \cos \alpha \right) \right] (\vec{e}_y)$
-

**Question 39 :**

L'onde totale résultant de la superposition de l'onde incidente et de l'onde réfléchie :

- A ) Est une onde stationnaire.
  - B ) Est une onde se propageant suivant la normale au plan métallique.
  - C ) Est caractérisée par une amplitude fonction de  $y$ .
  - D ) Est caractérisée par une amplitude fonction de  $x$  et  $z$ .
- 

**Question 40 :**

La réflexion de l'onde électromagnétique sur le conducteur est à l'origine, au niveau du conducteur :

- A ) D'une charge surfacique.
  - B ) D'une charge volumique.
  - C ) D'un courant surfacique.
  - D ) D'un courant volumique.
-