Concours National Commun (CNC), Maroc

Session 2008, filière TSI

Physique I

Durée : 4 heures

Ce que traite le sujet

- Premier problème, 1re partie : compresseur à piston
- Premier problème, 2e partie : rendement mécanique d'un compresseur
- Premier problème, 3e partie : étude du turboréacteur
- Deuxième problème (optique), 1re partie : construction d'images
- Deuxième problème (optique), 2e partie : figure d'interférence

Sujet reproduit sans retouche à partir de la page suivante.

Résumé des parties, chapitres de cours liés et autres années :
prepahelp.com/annales/cnc/tsi/2008/physique1

Prepa Help ne revendique aucun droit sur le sujet, propriété de l'organisateur du concours.

ROYAUME DU MAROC

Ministère de l'Éducation Nationale, de l'Enseignement Supérieur,
de la Formation des Cadres et de la Recherche Scientifique

Présidence du Concours National Commun
École Nationale des Industries Minérales
ENIM

Concours National Commun d'admission aux Grandes Écoles d'Ingénieurs ou assimilées Session 2008

ÉPREUVE DE PHYSIQUE I

Filière **TSI**

Durée 4 heures

Cette épreuve comporte 5 pages au format A4, en plus de cette page de garde
L'usage de la calculatrice est *autorisé*

L'énoncé de cette épreuve comporte 5 pages.
L'usage de la calculatrice est autorisé.

On veillera à une présentation claire et soignée des copies. Il convient en particulier de rappeler avec précision les références *des questions abordées.*

Dans les applications numériques, qui ne doivent pas être négligées, une attention particulière sera prêtée au nombre de chiffres à utiliser pour afficher les résultats. Ce nombre, qui dépend en général du niveau de précision recherché, ne doit en aucun cas dépasser le nombre de chiffres significatifs permis par les données. La valeur numérique de toute grandeur physique doit être accompagnée de son unité dans le système international des unités (SI).

Si, au cours de l'épreuve, un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il le signale sur sa copie et poursuit sa composition en indiquant les raisons des initiatives qu'il est amené à prendre.

Premier problème
Thermodynamique : étude d'un turboréacteur

Le présent problème propose l'étude succincte d'un turboréacteur. Le fluide utilisé est l'air considéré comme un gaz parfait pour lequel la capacité thermique molaire à pression constante est $c_p = 7/2\,R$ et la masse molaire est $M = 29\ \mathrm{g.mol^{-1}}$. On donne la constante des gaz parfaits : $R = 8,314\ \mathrm{J.K^{-1}.mol^{-1}}$.

Toutes les transformations du gaz sont quasi-statiques. On néglige les variations d'énergie potentielle du gaz.

1ère partie
Compresseur à piston

Le compresseur à piston est modélisé par un cylindre, muni de deux soupapes $\mathrm{S_1}$ et $\mathrm{S_2}$, dans lequel coulisse un piston. Il fonctionne de la façon suivante :

a) $\mathrm{S_1}$ ouverte, $\mathrm{S_2}$ fermée : l'air est admis à pression p_1 et température T_1 constantes. Le volume du cylindre passe de 0 à V_1. On note n la quantité de matière d'air admis en fin d'admission.

b) $\mathrm{S_1}$ et $\mathrm{S_2}$ fermées : compression adiabatique jusqu'à p_2, V_2, T_2.

c) $\mathrm{S_1}$ fermée, $\mathrm{S_2}$ ouverte : l'air est refoulé à p_2 et T_2 constantes ; le volume revient à 0.

1.1. Faire un schéma du diagramme de WATT donnant la pression dans le cylindre en fonction du volume du *cylindre*. Tracer de même le diagramme de CLAPEYRON.

1.2. Calculer le travail W_1 fourni au gaz par le piston pour un aller-retour en fonction de T_1, T_2 et n. À quelle fonction d'état correspond ce travail ?

1.3. Calculer T_2, W_1 et le nombre d'aller-retour N effectué par le piston en une seconde si la puissance consommée par le compresseur est $\mathcal{P}_1 = 10\ \mathrm{kW}$. On donne : $p_1 = 1\ \mathrm{bar}$, $p_2 = 5\ \mathrm{bar}$, $T_1 = 300\ \mathrm{K}$ et $V_1 = 1\ \mathrm{L}$.

2ème partie

Rendement mécanique d'un compresseur

2.1. Préliminaire

On considère l'écoulement de l'air dans une canalisation calorifugée, isobare (pression p), isotherme (température T), avec une vitesse u. Il entre dans une partie active qui lui fournit un travail W et un transfert thermique Q par mole de fluide la traversant.

Le fluide ressort dans une autre canalisation calorifugée, isobare (pression p'), isotherme (température T'), avec la vitesse u'. U, H et E_c désignent l'énergie interne molaire, l'enthalpie molaire et l'énergie cinétique molaire.

En raisonnant sur une tranche de gaz traversant la partie active, montrer que pour une mole d'air traversant la partie active, le bilan énergétique se traduit, en régime stationnaire, par :

$$\Delta(H + E_c) = W + Q$$

Dans la partie active d'un compresseur l'air subit une compression adiabatique réversible. On néglige les variations d'énergie cinétique entre l'entrée et la sortie du compresseur.

On prendra : $p = p_1 = 1$ bar, $T = T_1 = 300$ K, $p' = p_2 = 5$ bar. Le compresseur consomme une puissance $\mathcal{P}_2 = 5,00$ MW.

2.2. En utilisant l'expression du bilan énergétique, exprimer le débit *molaire* D donné par la quantité de matière d'air traversant le compresseur par unité de temps, en fonction de T_1, T_2, $\mathcal{P}_2$, et R. Calculer numériquement D.

2.3. À cause d'irréversibilités mécaniques, toute la puissance consommée par le compresseur n'est pas transmise au fluide. On appelle $\eta = \mathcal{P}'/\mathcal{P}$ le rendement mécanique du compresseur. $\mathcal{P}'$ étant la puissance transmise au fluide et $\mathcal{P}$ la puissance consommée par le compresseur. Pour déterminer η, on mesure la vitesse d'écoulement u dans la canalisation d'entrée qui est horizontale.

2.3.1. Exprimer le débit molaire D' en fonction de u, p_1, T_1 et de la section S de la canalisation.

2.3.2. Calculer numériquement D' sachant que $u = 22$ m.s^{-1}. On donne $S = 1$ m^2. En déduire η.

3ème partie

Étude du turboréacteur

Un turboréacteur est constitué par la succession des parties actives suivantes :

- Un compresseur où l'air passe de $p_1 = 1$ bar, $T_1 = 300$ K à $p_2 = 5$ bar, T_2 en subissant une compression adiabatique réversible.
- Une chambre de combustion isobare qui lui fournit un travail nul et un transfert thermique Q_1. L'air sort à $T_3 = 1100$ K.
- Une turbine à gaz où l'air subit une détente adiabatique réversible jusqu'à p_4, T_4.
- Une deuxième chambre de combustion isobare fournissant un travail nul et un transfert thermique Q_2. L'air sort à $T_5 = 1500$ K.
- Une tuyère où l'air subit une détente adiabatique réversible jusqu'à $p_6 = p_1 = 1$ bar, T_6. La tuyère ne fournit ni travail ni transfert thermique à l'air.

Q_1 et Q_2 sont reportées à l'unité de quantité de matière d'air. On néglige les variations d'énergie cinétique à la traversée de toutes les parties actives à l'exception de la tuyère. Le débit *massique* d'air est le même partout et vaut $D_m = 40\ \mathrm{kg.s^{-1}}$. On néglige toute variation de masse et de composition du fluide due à la combustion.

3.1. Calculer le débit molaire $D'_1 = D_m/M$.

3.2. En considérant les rendements mécaniques de la turbine et du compresseur égaux tous deux à $\eta = 0,9$, calculer p_4 et T_4 sachant que le travail recueilli dans la turbine sert à faire fonctionner le compresseur.

3.3. Calculer la vitesse u' à la sortie de la tuyère en considérant qu'à l'entrée la vitesse est $u = 200\ \mathrm{m.s^{-1}}$.

3.4. Calculer le rapport r entre l'accroissement d'énergie cinétique molaire des gaz et le transfert thermique dépensé. Quelle signification physique peut-on donner à r ?

Deuxième problème
Optique : interférences à deux ondes

On propose le dispositif expérimental représenté figure 1. Les deux miroirs plans $\mathrm{M_1}$ et $\mathrm{M_2}$ carrés de côté $l = 4\ \mathrm{cm}$, ont un côté commun, leurs faces réfléchissantes sont en regard et leurs plans font entre eux un angle $\pi/2 - \alpha$ avec $\alpha = 2 \times 10^{-3}$.

Une source ponctuelle S, émettant une lumière monochromatique de longueur d'onde $\lambda = 0,6\ \mu\mathrm{m}$, est placée sur la droite d'intersection des deux plans de symétrie du dispositif et éclaire les faces réfléchissantes des deux miroirs.

Soit $AS = d$ la distance de la source S au côté commun des deux miroirs ; on donne $d = 10\ \mathrm{cm}$.

1ère partie
Construction d'images

1.1. Construire sur une figure :

- l'image $\mathrm{S_1}$ de S donnée par l'ensemble de deux miroirs $\mathrm{M_1}$ puis $\mathrm{M_2}$ pris dans cet ordre ;
- l'image $\mathrm{S_2}$ de S donnée par l'ensemble de deux miroirs $\mathrm{M_2}$ puis $\mathrm{M_1}$ pris dans cet ordre.

1.2. Montrer que $AS_1 = AS_2 = AS$ et que l'angle $\widehat{S_1AS_2} = 4\,\alpha$.

1.3. Exprimer la distance $a = S_1S_2$ en fonction de d et α et calculer sa valeur numérique. Commenter.

2ème partie
Figure d'interférence

On s'intéresse aux interférences entre les faisceaux provenant de $\mathrm{S_1}$ et $\mathrm{S_2}$.

2.1. Hachurer sur la figure précédente, la zone de l'espace dans laquelle les interférences étudiées sont observables.

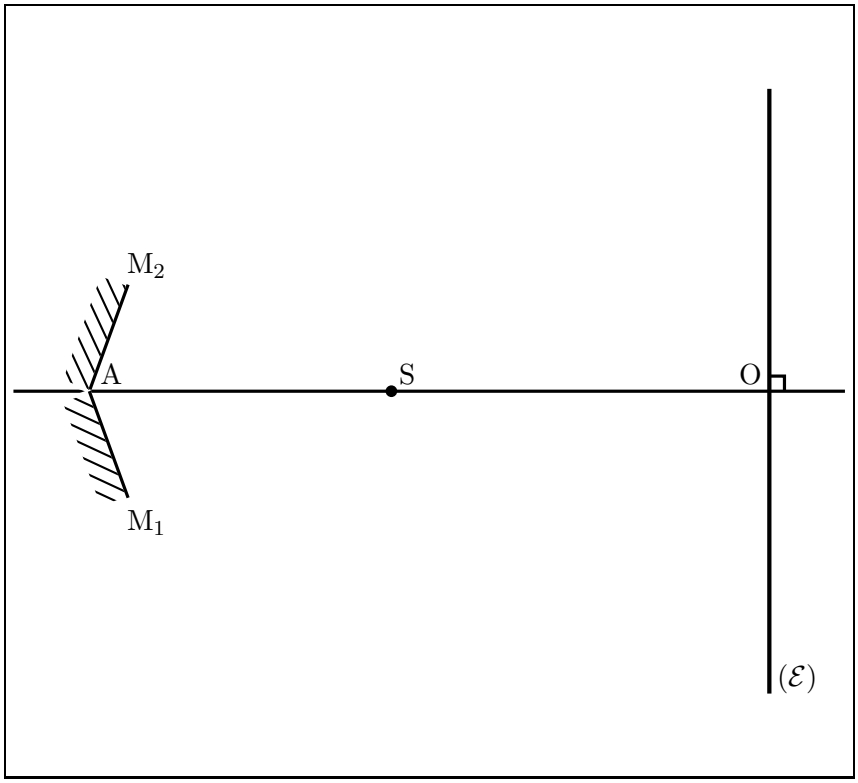


Figure 1: Dispositif interférentiel à deux miroirs.

2.2. On reçoit les deux faisceaux réfléchis sur un écran $(\mathcal{E})$ perpendiculaire, en un point O, à AS et placé à une distance $D = 1\ \mathrm{m}$ du côté commun des miroirs.

2.2.1. Justifier brièvement l'observation de franges rectilignes sur $(\mathcal{E})$ et préciser l'orientation de ces franges.

2.2.2. Exprimer L, la largeur sur $(\mathcal{E})$ du système des franges observées, en fonction de α et D. Calculer sa valeur numérique.

2.2.3. Exprimer l'interfrange i en fonction de λ, D, d et α. Calculer numériquement i puis le nombre de franges brillantes et le nombre de franges sombres observées sur l'écran.

2.3. On place sur le trajet des faisceaux réfléchis, perpendiculairement à AS et à $10\ \mathrm{cm}$ en avant de l'écran $(\mathcal{E})$, une lentille convergente de distance focale $f_i = 10\ \mathrm{cm}$. Calculer la largeur totale et l'interfrange du nouveau système de franges obtenu sur $(\mathcal{E})$.

2.4. On remplace la source ponctuelle S par une fente fine parallèle au côté commun des deux miroirs.

2.4.1. Que devient la figure interférences ?

2.4.2. On élargit la fente. Comment est modifiée la figure interférences ?

2.4.3. La fente ayant une largeur de $82,5\ \mathrm{mm}$, représenter par un graphique les répartitions d'intensité données sur l'écran par le milieu et par chacun des deux bords de la fente. Montrer sans calcul qu'en fait les franges ont disparu.

2.5. Pourquoi, à votre avis, ne vous a-t-on pas fait étudier les interférences qui peuvent être données plus directement par superposition du faisceau réfléchi par M_1 et celui réfléchi par M_2 ?

FIN DE L'ÉPREUVE

Travailler les chapitres de ce sujet

Prepa Help suit le programme de TSI chapitre par chapitre : cours détaillé, méthodes, pièges, exercices et problèmes corrigés pas à pas, tirés des concours. L'essai gratuit donne accès aux chapitres offerts de ta filière, sans carte bancaire.

Chapitres liés à ce sujet

- Optique géométrique et formation des images
- Superposition d'ondes lumineuses, trous d'Young et réseau
- Modèle scalaire des ondes lumineuses

Ouvrir l'essai gratuit

Scanne le code ou clique sur le bouton.

prepahelp.com/#essai

Une question sur le concours ou sur ta filière :
écrire sur WhatsApp

Les autres années et épreuves : prepahelp.com/annales/cnc/tsi