DEVOIR SURVEILLÉ n°6
Samedi 7 février 2026 – Durée 4h

SUJET 1

Ce sujet contient 3 parties totalement indépendantes.
Un problème issu de CCP et deux de CCS

Problème 1 (AU CHOIX) : Localisation des franges (D'après CCP)

On cherche dans ce problème à étudier le passage d'une source ponctuelle à une source large, et notamment le problème de la localisation des franges dans le cas de l'interféromètre de Michelson dans les deux situations : en lame d'air et en coin d'air.
Aucune connaissance sur la théorie de la localisation des franges n'est nécessaire pour faire le problème.

Partie 1 : Michelson en lame d'air

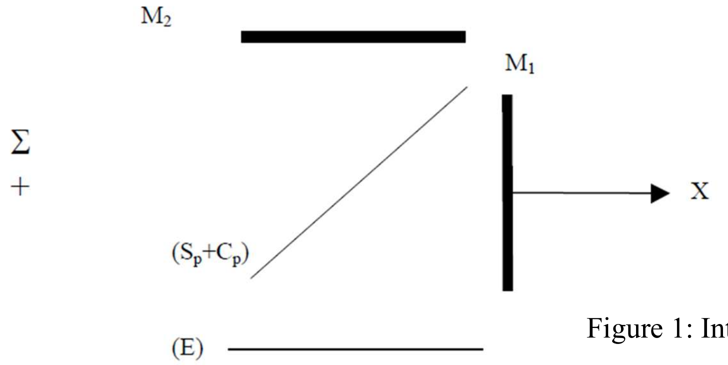


Figure 1: Interféromètre de Michelson en lame d'air

On considère un interféromètre de Michelson dont les miroirs M_1 et M_2 sont perpendiculaires. Les deux miroirs sont initialement à égale distance de l'ensemble séparatrice compensatrice (Sp+Cp). L'interféromètre est éclairé par une source ponctuelle Σ monochromatique, de longueur d'onde λ. On place un écran (E) à la "sortie" de l'interféromètre, parallèle au miroir M_2.

On déplace le miroir M_1 d'une distance e perpendiculairement à lui-même, selon l'axe des x. (Figure

1-a- Montrer l'équivalence du Michelson dans cette configuration avec une lame d'air (Figure 2). (Les échelles de la figure 1 et de la figure 2 ne sont pas les mêmes). A quoi correspondent dans le schéma équivalent M_1' et S ? On appelle D la distance entre M_2 et l'écran E (dont on repère la position d'un point M par l'axe OX), et d la distance entre S et M_2
On suppose que D et d sont nettement plus grandes que e.

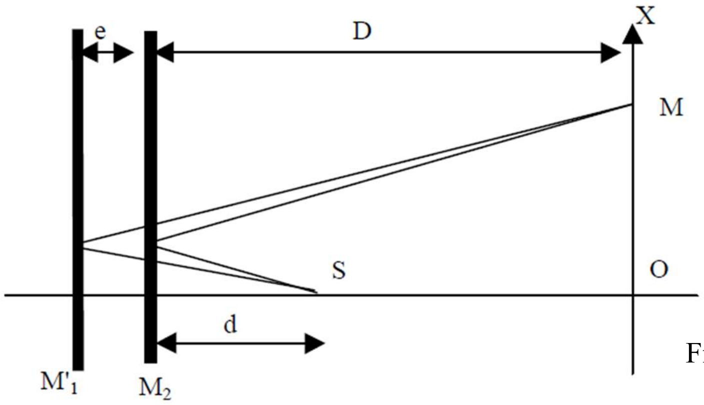


Figure 2 : Equivalence en lame d'air

1-b- Faire un dessin de deux rayons différents issus de la source réelle *S* et interférant en un point M de (E) à partir de la Figure 1.

<u>Dans la suite de cette partie, on ne raisonnera plus qu'à partir de la lame d'air.</u>

2- On cherche à calculer la différence de marche entre les rayons issus de S (de la Figure 2) et qui interférent en un point M de (E) tel que OM=X, en se limitant aux rayons peu inclinés sur l'axe OS.

Montrer que cette différence de marche est donnée par : $\delta = 2e\left(1 - \frac{X^2}{2(D+d)^2}\right)$ *(remarque : calculatoire ...)*
Justifier que les franges sont des anneaux.

3- On suppose, pour simplifier, que $2e = p_o\lambda$ où p_o est un entier. Qu'observe-t-on en O ?
Lorsque l'on s'éloigne de O, on observe une alternance d'anneaux sombres et brillants. Quel est l'ordre d'interférence p correspondant à l'anneau brillant numéro m (que l'on exprimera en fonction de p_o et m) ?
Exprimer le rayon X_m de cet anneau en fonction de D, d, λ, e et m. Calculer numériquement X_m, pour m variant de 0 à 5 (on présentera les résultats sous forme d'un tableau) pour $e = 1\,mm$, $D + d = 1\,m$ et $\lambda = 0{,}5\,\mu m$. Tracer X_m en fonction de m. Comment évolue la distance entre deux anneaux successifs ?

4- On considère en plus de la source S, une autre source S' placée à une R de l'axe OS au-dessus ou en dessous de S. S et S' émettent de façon incohérente à la même longueur d'onde λ. On cherche à savoir à quelle condition les interférences sont encore visibles et dans quelle partie de l'espace. On choisit le critère suivant (de façon un peu arbitraire) : les interférences sont encore visibles si le décalage entre ces deux systèmes de franges est inférieur à **1/4** d'interfrange. Trouver une condition sur R pour que les m premiers anneaux soient visibles.

5- Montrer que si D tend vers l'infini, on peut remplacer la source ponctuelle du début par une source large (forme d'un disque de rayon R) sans changer l'allure de la figure d'interférences. Quel est l'intérêt d'utiliser une source étendue à la place d'une source ponctuelle ? Comment fait-on pour observer des anneaux à l'infini ? Faire un schéma en donnant un maximum d'informations sur les distances, propriétés et qualités des instruments d'optique...

6- On souhaite observer le plus grand nombre d'anneaux possible avec une source étendue : quelle condition cela impose-t-il sur l'angle maximal d'inclinaison des rayons issus de S ? Comment dans la pratique réalise-t-on cette condition ?

Partie 2 : Michelson en coin d'air

On règle maintenant l'interféromètre de Michelson, éclairé par une source ponctuelle Σ émettant à la longueur d'onde λ, avec les miroirs M_1 et M_2 ne faisant plus un angle droit mais un angle $\frac{\pi}{2} - \alpha$ où α est angle très faible (Figure 3).

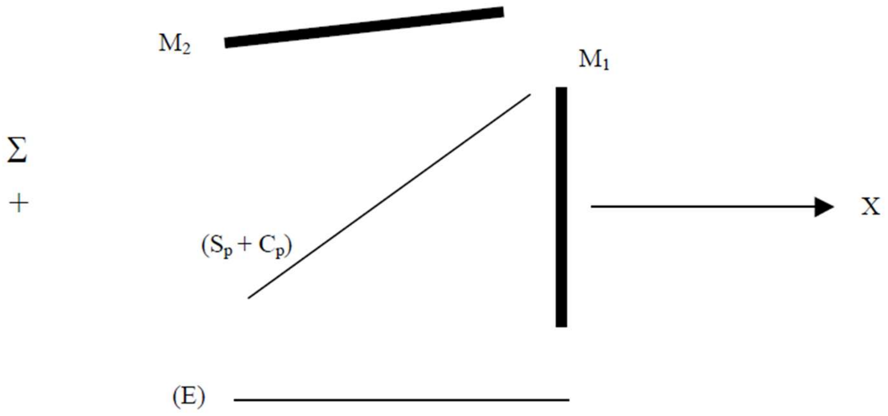


Figure 3: Interféromètre de Michelson en coin d'air

1- Montrer que le système considéré est équivalent à un coin d'air (Figure 4). Faire un dessin avec deux rayons issus de E interférant en un point M de l'écran (E) disposé perpendiculairement à M_1, à partir de la Figure 3.

<u>Dans la suite on ne raisonnera plus que sur le coin d'air.</u>

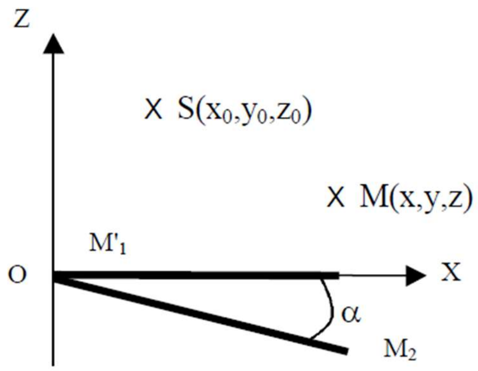


Figure 4: Coin d'*ai*r

La source S (qui a même signification que dans la partie 1) est repérée par ses coordonnées (x_o, y_o, z_o); le point M par ses coordonnées notées (x, y, z). Le repère Oxyz est direct.

On fera les hypothèses suivantes : α est petit (on ne gardera pas les termes en α d'ordre supérieur ou égal à deux), et x, x_o, y, y_o sont très inférieurs à $(z+z_o)$.

2- Montrer que les images S_1 et S_2 de S données respectivement par M_1' et M_2 ont pour coordonnées (dans le cadre de nos hypothèses) : $S_1\left(x_0,\ y_0,-z_0\right)$ et

$S_2\left(x_0-2z_0\alpha\ ,\ y_0,-z_0-2x_0\alpha\right)$

3- Montrer que la différence de chemin optique entre deux rayons qui interfèrent en M s'écrit :

$\delta = S_2M - S_1M = 2\alpha\dfrac{x_0z + xz_0}{z+z_0}$ *(remarque : calculatoire ...)*

4- On observe les interférences sur un écran (E) parallèle au miroir M_1' à la côte z. Quelle est l'allure des franges ? Que vaut l'interfrange ? Donner la position de la frange centrale x, définie par un ordre d'interférences $p=\delta/\lambda$ nul. Dans quel cas l'interfrange est-elle indépendante de la position de l'écran ?
Quelle est la valeur de l'interfrange dans ce cas ? Pouvait-on prévoir ce résultat ?

5- Montrer que si l'on remplace la source ponctuelle par une fente allongée parallèle à l'arête du coin, cela ne modifie pas l'allure des franges précédentes.

6- On déplace maintenant cette fente-source parallèlement à elle-même, selon l'axe des x. Est-ce que le système de franges se déplace aussi ? En déduire la largeur maximale que peut avoir une fente-source pour que les interférences demeurent visibles dans le plan de E en utilisant le même critère qu'à la question 4 de la partie 1. On donnera le résultat en fonction de λ α, z et z_0.

7- En déduire que si (E) est placé au voisinage du coin d'air, on peut observer les franges même avec une source large.
Comment en pratique observe-t-on les interférences en coin d'air ? Faire un schéma et préciser les différentes valeurs entrant en jeu

Problème 2 : Le gravimètre à chute libre. (Extrait de Centrale MP 2008)

Le principe de détermination du champ de pesanteur terrestre consiste ici en la mesure d'intervalles de temps nécessaires à un corps tombant dans le vide pour parcourir une distance donnée. La grande précision de cette technique est obtenue par la mesure de distances par interférométrie et de temps par horloges atomiques.

On suppose dans cette partie que le référentiel est galiléen

III.B.1) *Étude de l'interféromètre de Michelson*

On considère l'interféromètre de Michelson dont les miroirs M_1 (de centre O_1) et M_2 (de centre O_2) sont *perpendiculaires entre eux*.

Une lame séparatrice L_S, de centre I, semi-réfléchissante, sépare le faisceau incident en deux faisceaux de même intensité lumineuse. Cette lame est inclinée de 45° par rapport à O_1I et O_2I. Une lame compensatrice L_C de même épaisseur et de même indice que la lame séparatrice est placée parallèlement à L_S. Une source étendue S éclaire le dispositif.

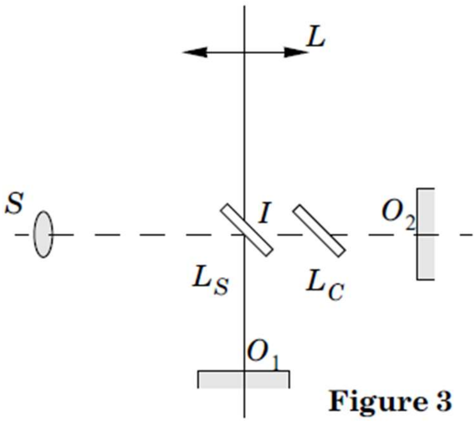


Figure 3

a) Quel est le rôle de la lame compensatrice ? Dans la suite, on considère que l'ensemble des deux lames est équivalent à une lame semi-réfléchissante infiniment mince. On éclaire le dispositif avec une lampe spectrale (par exemple une lampe à vapeur de mercure).

b) Comment réaliser une source quasi-monochromatique à partir de cette source ?

On supposera par la suite la source monochromatique de longueur d'onde λ_0. Les miroirs sont positionnés de telle sorte que $|O_1I - O_2I| = e \neq 0$.

c) Décrire la figure d'interférence. Où sont localisées les franges d'interférence ?

d) Pour observer ces interférences sur un écran, on utilise une lentille convergente. Où doit-on placer l'écran ? Justifier le choix d'une lentille de grande distance focale.

e) Un capteur d'intensité lumineuse est placé au foyer image de la lentille convergente L. Le miroir M_1 se déplace dans une direction parallèle à sa normale. Exprimer l'intensité lumineuse enregistrée par ce détecteur en fonction de e et de $\sigma_0 = 1/\lambda_0$.

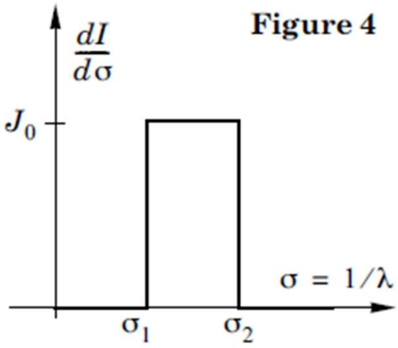


Figure 4

III.B.2) *Interférogramme en lumière blanche.*

On remplace la source précédente par une source de lumière blanche. On modélise la répartition spectrale en intensité par une distribution rectangulaire (figure 4).

a) $\lambda_2 = 1/\sigma_2$ et $\lambda_1 = 1/\sigma_1$ représentent les longueurs d'onde limites du spectre visible. Donner les ordres de grandeurs de λ_2 et λ_1.

b) Montrer que le détecteur (toujours placé au foyer image de la lentille convergente L) enregistre une intensité lumineuse

$$I = I_0[1 + V(e)\cos(2\pi e(\sigma_1 + \sigma_2))]$$

où on exprimera $V(e)$ en fonction de e et $\Delta\sigma = \sigma_2 - \sigma_1$.

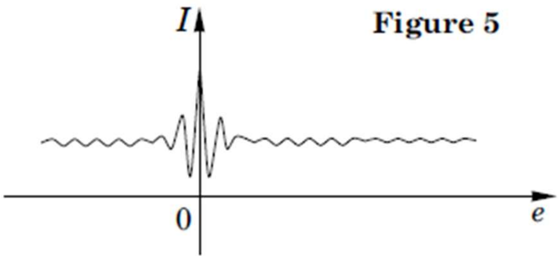


Figure 5

c) Tracer $V(e)$ et $\cos(2\pi e(\sigma_1 + \sigma_2))$ sur le même graphe en respectant l'ordre de grandeur relatif de $\sigma_1 + \sigma_2$ et $\Delta\sigma = \sigma_2 - \sigma_1$.

Quand le miroir M_1 se déplace, le détecteur enregistre donc le signal ci-dessus (figure 5).

III.B.3) *Le gravimètre absolu balistique.*

Soient deux plans horizontaux distants de h. Un point matériel de masse m lancé verticalement vers le haut traverse chacun de ces plans deux fois (une fois en montant, une fois en descendant).

a) En notant Δt_{inf} (resp. Δt_{sup}) l'intervalle de temps entre les deux traversées du plan inférieur (resp. du plan supérieur), montrer que l'accélération de pesanteur g supposée uniforme sur la hauteur de l'expérience s'exprime simplement en fonction de h, Δt_{inf} et Δt_{sup}.

Pour mesurer h, Δt_{inf} et Δt_{sup} on utilise l'interféromètre de Michelson étudié précédemment en y apportant les modifications suivantes. Le miroir M_1 est remplacé par un coin de cube réfléchissant. Ce réflecteur (C) est composé de trois miroirs plans identiques formant les faces d'un trièdre rectangle (figure 6).

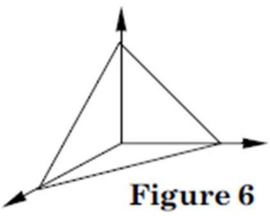


Figure 6

b) Montrer qu'un rayon lumineux incident est renvoyé dans la direction opposée après trois réflexions sur les trois faces du réflecteur. Quel intérêt présente ce réflecteur par rapport à un miroir plan ?

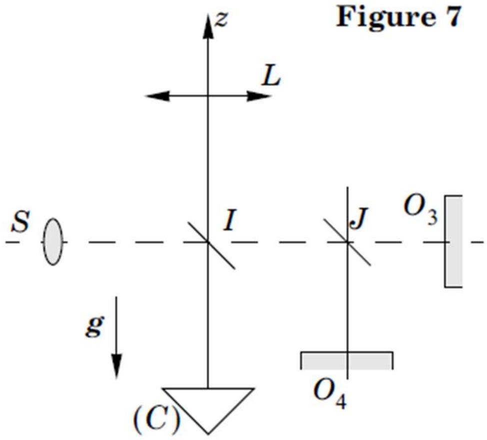


Figure 7

Le miroir M_2 est remplacé par un ensemble de deux miroirs plans fixes M_3 (de centre O_3) et M_4 (de centre O_4) et une lame semi-réfléchissante telle que $|O_3J - O_4J| = d >> \lambda_2$ (figure 7). Cette lame semi-réfléchissante sera considérée comme infiniment mince. Le réflecteur (C) est catapulté vers le haut à l'instant $t = 0$. L'axe (Iz) est vertical.

c) Montrer que le détecteur enregistre alors quatre maxima d'intensité lumineuse (on notera t_1, t_2, t_3 et t_4 ces instants successifs). En déduire l'expression de l'intensité du champ de pesanteur au lieu de l'expérience en fonction de d et de ces instants.

d) *Application numérique :* une mesure donne $t_4 - t_1 = 9,7406$ ms et $t_3 - t_2 = 3,6171$ ms avec $d = 100,00$ µm. En déduire la valeur de g sur le lieu de l'expérience.

e) Pourquoi avoir utilisé une source de lumière blanche plutôt qu'une source monochromatique ?

f) Proposer un moyen de mesurer avec une grande précision la distance d.

Problème 3 : Etude d'une turbine et d'un turboréacteur. **(Centrale TSI 2001)**

Partie I - Étude d'une turbine

I.A - Dans une turbine, un fluide passe des conditions (pression P_1, température T_1, vitesse v_1, enthalpie massique h_1) à l'entrée aux conditions (pression P_2, température T_2, vitesse v_2, enthalpie massique h_2) à la sortie (Figure 1).

Dans la turbine, le fluide reçoit **algébriquement** de l'extérieur une puissance mécanique $\mathscr{P}_W$ (cette puissance mécanique n'inclut pas la puissance des forces de pression au niveau des surfaces d'entrée et de sortie) et une puissance thermique $\mathscr{P}_Q$.

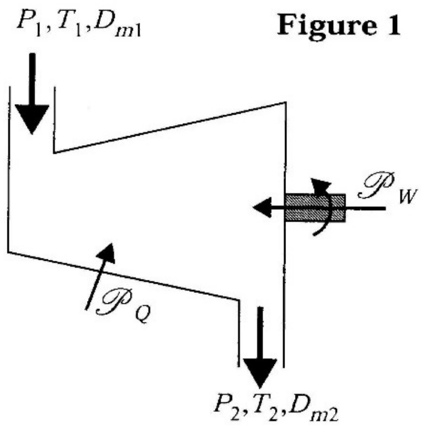


Figure 1

On néglige toute variation d'énergie potentielle gravitationnelle et on se place en régime permanent.

I.A.1) Montrer que les débits massiques entrant D_{m1} et sortant D_{m2} (masse de fluide entrant ou sortant par unité de temps) sont égaux. On pose $D_{m1} = D_{m2} = D_m$.

I.A.2) Montrer que l'application du premier principe à une quantité de fluide que l'on définira de manière précise, conduit à :

$$D_m\left(\left(h_2 + \frac{v_2^2}{2}\right) - \left(h_1 + \frac{v_1^2}{2}\right)\right) = \mathscr{P}_W + \mathscr{P}_Q$$

Une très grande attention sera apportée aux explications fournies.

I.B - *Application numérique* : une **turbine à vapeur** fonctionne dans les conditions suivantes :

Entrée :

$$P_1 = 60 \text{ bar } (1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}),\ T_1 = 713 K,\ v_1 = 160 \text{ m.s}^{-1},\ h_1 = 3277,2 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

Sortie :

$$P_2 = 0,95 \text{ bar},\ v_2 = 80 \text{ m.s}^{-1},\ h_2 = 2673,2 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

Pour un débit massique $D_m = 20 \text{ kg.s}^{-1}$, la turbine fournit une puissance $(-\mathscr{P}_W) = 11,5 \times 10^6 W$.

I.B.1) Calculer la puissance thermique $\mathscr{P}_Q$ et préciser le sens de ce transfert thermique.

I.B.2) Calculer le rapport

$\left|\dfrac{\mathscr{P}_Q}{\mathscr{P}_W}\right|$. Commentaire.

I.B.3) Calculer le rapport

$\left|\dfrac{\frac{v_2^2}{2} - \frac{v_1^2}{2}}{h_2 - h_1}\right|$. Commentaire.

I.B.4) Proposer une expression approchée du premier principe pour l'écoulement du fluide à travers la turbine.

Dans toute la suite de ce problème :

- *on considérera une turbine à gaz simple puis un turboréacteur dans lesquels l'air en entrée ou les gaz brûlés en sortie seront assimilés à des gaz parfaits de masse molaire M, de capacités thermiques massiques à volume constant c_v et à pression constante c_p (c_v et c_p sont supposées constantes, indépendantes de la température).*

  On donne :

  $$c_p = 1,0087 \text{ kJ. kg}^{-1}.\text{K}^{-1}, \ \gamma = \frac{c_p}{c_v} = 1,4$$

  $$r = \frac{R}{M} = 0,2882 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$$ (R constante des fluides parfaits)

Partie II - Étude d'une turbine fonctionnant suivant un cycle de Joule (ou cycle Brayton)

La figure 2 schématise le fonctionnement d'une turbine à gaz : elle comprend un compresseur Co qui puise l'air dans l'atmosphère, une chambre de combustion Ch (dans laquelle l'air est brûlé par un carburant dont on négligera le débit massique) et une turbine Tu alimentée par les gaz chauds issus de la chambre de combustion ; la turbine entraîne le compresseur à l'aide d'un arbre de liaison Al.

II.A - La figure 3 (entropie massique s en abscisse, température T en ordonnée) donne les éléments du cycle qui commande un fonctionnement idéal du dispositif :

- $1 \to 2$: évolution isentropique dans le compresseur Co durant laquelle l'air reçoit, par unité de masse, le travail W_C.
- $2 \to 3$: évolution isobare à la pression constante P_2 pendant la combustion qui fournit au gaz, par unité de masse, le transfert thermique Q_E.
- $3 \to 4$: évolution isentropique dans la turbine Tu durant laquelle les gaz brûlés reçoivent **algébriquement** par unité de masse, le travail W_T. Ce travail sert en partie à faire fonctionner le compresseur et le reste est disponible pour le milieu extérieur.
- $4 \to 1$: évolution isobare à la pression constante P_1 lors de l'éjection des gaz brûlés qui reçoivent **algébriquement**, par unité de masse, le transfert thermique Q_S.

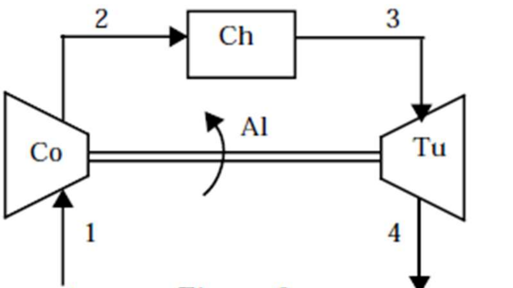


Figure 2

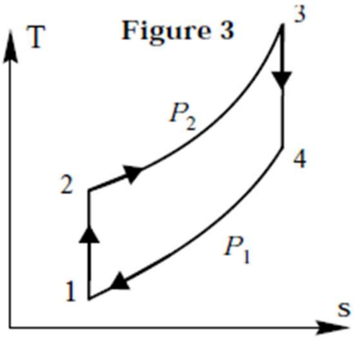


Figure 3

II.A.1) Représenter le cycle de Joule en diagramme de Clapeyron : volume massique V/m en abscisse, pression P en ordonnée.

II.A.2) En utilisant la relation obtenue à la question I.A.2 et en négligeant les variations d'énergie cinétique, exprimer les travaux W_C et W_T ainsi que les transferts thermiques Q_E et Q_S en fonction de c_p et des températures T_1, T_2, T_3, T_4 correspondant respectivement aux points (1), (2), (3), (4) de la figure 3.

II.A.3) Quel est, en fonction de W_C et W_T, le travail W_F **fourni** par unité de masse par le système au milieu extérieur au cours d'un cycle ?

II.A.4) Définir le rendement thermodynamique η de la turbine à gaz. Déterminer l'expression de η en fonction des températures T_1, T_2, T_3, T_4, puis en fonction des seules températures T_1 et T_2.

II.A.5) Déterminer l'expression de η en fonction du rapport des pressions

$\alpha = \dfrac{P_2}{P_1}$ et du coefficient γ.

II.A.6) Représenter graphiquement η en fonction de α, dans le domaine $\alpha \in [5,15]$.

II.A.7) *Application numérique* : on donne $P_1 = 1,03$ bar, $T_1 = 300 K$, $P_2 = 10,3$ bars, $T_3 = 1300$ K.

a) Calculer T_2 et T_4.

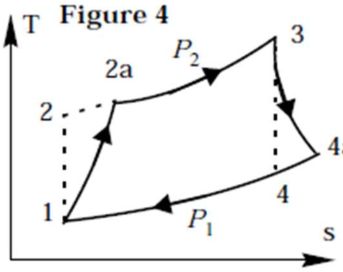
b) Calculer W_C, W_T et Q_E.

c) Calculer le rendement η

II.B - En fait, le compresseur et la turbine ont des fonctionnements irréversibles et le cycle réel des gaz dans la turbine est représenté figure 4 (états (1) et (3) inchangés) :

- $1 \to 2a$: l'évolution de l'air dans le compresseur Co n'est plus isentropique ; l'air y reçoit, par unité de masse, le travail W_{Ca}.
- $2a \to 3$: pendant la combustion, l'évolution reste isobare à la pression constante P_2 ; le gaz reçoit, par unité de masse, le transfert thermique Q_{Ea}.
- $3 \to 4a$: l'évolution des gaz dans la turbine Tu n'est plus isentropique ; les gaz brûlés reçoivent **algébriquement**, par unité de masse, le travail W_{Ta}.
- $4a \to 1$: lors de l'éjection des gaz brûlés, l'évolution reste isobare à la pression P_1 ; les gaz reçoivent **algébriquement**, par unité de masse, le transfert thermique Q_{Sa}.

Figure 4



On définit les efficacités η_C et η_T (η_C et η_T sont inférieures à l'unité) respectives du compresseur et de la turbine par :

$$\eta_C = \frac{W_C}{W_{Ca}} \text{ et } \eta_T = \frac{W_{Ta}}{W_T}.$$

(W_C et W_T ayant été définis lors de la partie II.A pour des comportements réversibles).

La relation obtenue à la question I.A.2 est toujours valable et les variations d'énergie cinétique restent négligeables.

II.B.1) Calculer les températures respectives T_{2a} et T_{4a} des points $(2a)$ et $(4a)$ en fonction des températures T_1, T_2, T_3, T_4 et des coefficients η_C et η_T.

II.B.2) Expliquer pourquoi les points $(2a)$ et $(4a)$ se situent respectivement à droite des points (2) et (4) sur la figure 4.

II.B.3) Calculer le rendement η_a de cette turbine à gaz en fonction des températures T_1, T_{2a}, T_3, T_{4a}.

II.B.4) Calculer la variation d'entropie massique Δs_{Ca} du gaz pendant l'évolution $1 \to 2a$ en fonction de T_1, T_{2a}, r, c_p et du rapport des pressions $\alpha = P_2/P_1$. Calculer de même la variation Δs_{Ta} d'entropie massique du gaz pendant l'évolution $3 \to 4a$ en fonction de T_3, T_{4a}, α, c_p et r.

II.B.5) *Application numérique* : en plus des valeurs numériques précédentes, on donne $\eta_C = 0,82$, $\eta_T = 0,85$. Calculer T_{2a}, T_{4a}, η_a, Δs_{Ca} et Δs_{Ta}.

Partie III - Étude d'un turboréacteur

La figure 5 représente la structure schématique d'un turboréacteur d'aviation, l'une des applications les plus pertinentes de la turbine à gaz.

La section centrale de l'engin comprend les trois composants déjà étudiés lors de la seconde partie (compresseur Co, chambre de combustion Ch, turbine à gaz Tu) et dans laquelle l'énergie cinétique des gaz peut être négligée. A l'entrée du turboréacteur, se trouve le diffuseur Di dont la fonction est d'accroître la pression de l'air depuis la pression d'entrée P_y jusqu'à la pression P_1 d'entrée dans le compresseur (on parle d'une compression fractionnée de P_y à P_1). Cette compression est obtenue aux dépens de l'énergie cinétique de sorte que la vitesse de l'air passe de la valeur v_y à l'entrée du diffuseur à une valeur négligeable $(v_1 \approx 0)$ en sortie du diffuseur.

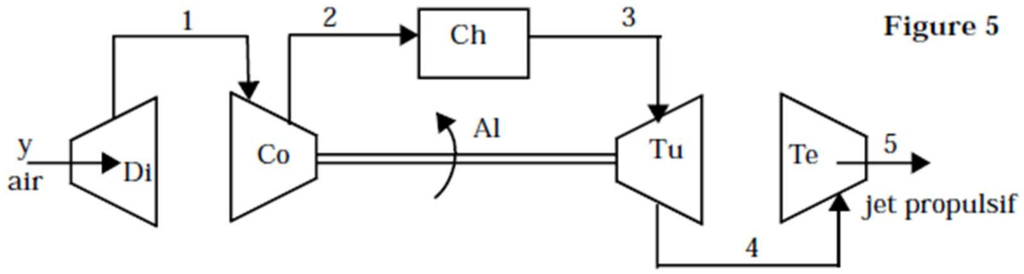
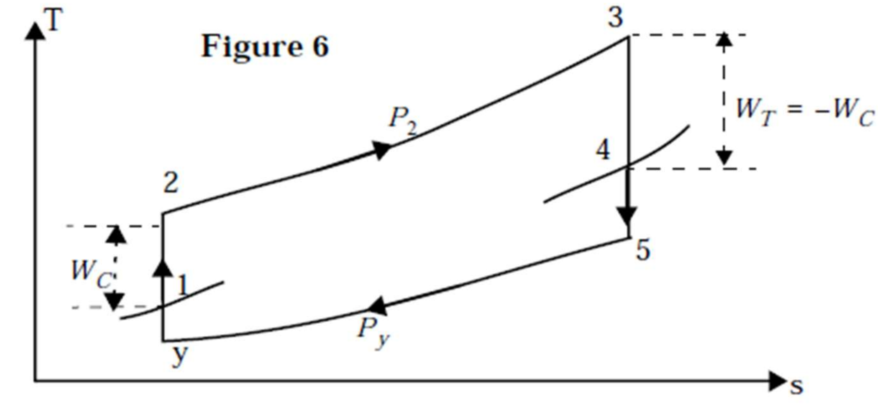


Figure 5

A la sortie de la turbine Tu, vient la tuyère Te qui accroît la vitesse des gaz brûlés d'une vitesse négligeable $(v_4 \approx 0)$ à la sortie de la turbine, à la vitesse v_5 (avec évidemment $v_5 > v_y$) à la sortie du turboréacteur.

III.A - La figure 6 représente l'évolution cyclique de l'unité de masse de gaz pour un **fonctionnement idéal** du turboréacteur (entropie massique s en abscisse et température T en ordonnée).



- $y \to 1 \to 2$: évolution isentropique dans le diffuseur Di et le compresseur Co ; l'air ne reçoit pas de travail dans le diffuseur et il reçoit, par unité de masse, le travail W_C dans le compresseur.
- $2 \to 3$: évolution isobare à la pression constante P_2 pendant la combustion qui fournit, par unité de masse de gaz, le transfert thermique Q_E.
- $3 \to 4 \to 5$: évolution isentropique dans la turbine Tu et la tuyère Te ; dans la turbine, les gaz brûlés reçoivent **algébriquement**, par unité de masse, le travail W_T. Dans un turboréacteur, la totalité de ce travail sert à faire fonctionner le compresseur de sorte que $W_T + W_C = 0$. Les gaz brûlés ne reçoivent pas de travail dans la tuyère.
- $5 \to y$: évolution isobare à la pression constante $P_y = P_5$ lors de l'éjection des gaz brûlés qui reçoivent **algébriquement**, par unité de masse, le transfert thermique Q_S.

III.A.1) Représenter l'évolution cyclique des gaz dans le turboréacteur en diagramme de Clapeyron (volume massique V/m en abscisse, pression P en ordonnée) en y indiquant clairement la position des différents points (y), (1), (2), (3), (4), (5).

III.A.2) **Évolution de l'air dans le diffuseur** Di .

a) En utilisant la relation obtenue à la question I.A.2, écrire une relation entre la température T_y et la vitesse de l'air v_y à l'entrée du diffuseur et la température T_1 à la sortie du diffuseur.

b) *Application numérique* : l'avion vole à la vitesse $v_y = 260 \text{ m.s}^{-1}$ à une altitude telle que $P_y = 0,67$ bar et $T_y = 266$ K .

Calculer T_1 et la pression P_1 en sortie du diffuseur. Vérifier que l'on peut raisonnablement identifier ces valeurs avec celles à l'entrée du compresseur étudié à la question II.A.7. **On adoptera ces dernières valeurs dans toute la suite de ce problème.**

III.A.3) **Évolution dans la section centrale** $(Co + Ch + Tu)$.

a) Exprimer le travail W_C en fonction du rapport de compression $\alpha = \frac{P_2}{P_1}$ dans le compresseur, de T_1 , c_p et γ.

En déduire la température T_4 en fonction de T_1 , T_3 , α et γ. Déterminer la pression P_4 .

b) *Application numérique* : en plus des valeurs précédentes, on donne $\alpha = 10$, $T_3 = 1300 \text{ K}$. Calculer W_C, T_4 , P_4 . Calculer également T_2 .

III.A.4) **Évolution des gaz brûlés dans la tuyère** Te .

a) En utilisant la relation obtenue à la question I.A.2, écrire une relation entre la température T_4 des gaz à l'entrée de la tuyère et la température T_5 et la vitesse v_5 à la sortie de la tuyère.

b) *Application numérique* : calculer T_5 et v_5 . Que pensez-vous de la valeur obtenue pour la vitesse v_5 ?

III.A.5)

a) D_m désignant le débit massique d'air entrant dans le turboréacteur, la force de poussée ou « poussée » du turboréacteur est définie par $F = D_m(v_5 - v_y)$.

Proposer une justification de cette relation et vérifier son homogénéité.

b) Calculer la puissance $\mathscr{P}_F$ de la poussée correspondant à l'avion qui se déplace à la vitesse v_y.

c) Calculer la puissance $\mathscr{P}_{QE}$ absorbée par l'air, lors de sa combustion, en fonction de D_m , c_p , T_3 et T_2 .

d) En déduire l'efficacité motrice du turboréacteur η_M en fonction de v_5 , v_y, c_p , T_3 et T_2 .

e) *Application numérique* : calculer $\mathscr{P}_F$, $\mathscr{P}_{QE}$ et η_M pour un débit $D_m = 70 \text{ kg.s}^{-1}$.