

1 Questions de cours - Diagrammes thermodynamique

Une question de cours sur les diagrammes thermodynamiques vous sera posée en début de colle. Des exemples de question sont

- Reproduire l'allure d'un diagramme de phase (P, T) d'un corps pur. Y placer les courbes et points particuliers, et indiquer la phase du composé dans chaque domaine.
- Reproduire l'allure d'un diagramme de Clapeyron (P, v) d'un corps pur. Indiquer la phase du corps dans chaque domaine.
- Sur un diagramme enthalpique (P, h) donné, savoir lire les grandeurs pertinentes : état du fluide à une pression et température donnée, enthalpie de changement d'état à une pression donnée, titre vapeur à une pression et enthalpie donnée.

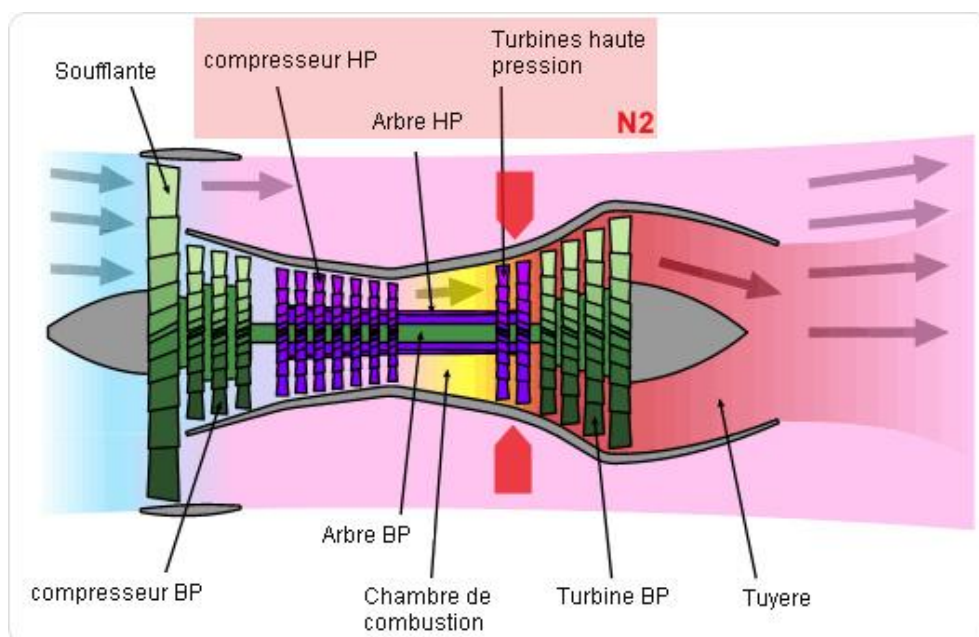
2 Sèche-cheveux

L'air est assimilé à un gaz parfait diatomique de rapport de capacités thermiques à pression constante c_p , de masse molaire M . On néglige les effets de la pesanteur. La section d'entrée S_e est très grande devant la section de sortie $S_s = S$ et on peut considérer que la vitesse d'entrée est négligeable devant celle de sortie : $c_e \ll c_s$. On impose un débit massique D_m , une température d'entrée $T_e = T_0$ et celle de sortie $T_s = T_0 + \Delta T$. La pression de l'air à la sortie vaut P_0 . On note w_u et q le travail et l'énergie thermique massiques reçus par l'air pendant son trajet dans le sèche cheveux.

1. Déterminer la masse volumique de l'air en sortie du sèche-cheveux en fonction de M , P_0 , R et T_s .
2. En déduire la vitesse de sortie c_s en fonction des données du problème.
3. À l'aide du premier principe industriel donner la relation entre c_s , ΔT , w_u et q .
4. On remarque que lorsque l'on n'utilise pas la fonction de chauffage du sèche-cheveux, l'air sort toujours à la même vitesse c_s . En déduire les expressions individuelles de w_u et q . Commenter le signe de ces grandeurs.

3 Turboréacteur d'avion

Un turboréacteur destiné à la propulsion d'avions est schématisé sur la figure suivante.



L'air traverse le compresseur centrifuge où il évolue de l'état E_1 à l'état E_2 , puis traverse la chambre de combustion où il subit un réchauffement isobare de l'état E_2 à l'état E_3 , puis il se détend dans une turbine

calorifugée où il évolue de l'état E_3 à l'état E_4 . Enfin, l'air traverse une tuyère, conduite calorifugée de section variable où il acquiert une vitesse importante c_5 et évolue de l'état E_4 à l'état E_5 .

Les données concernant les différents états sont regroupées ci-dessous :

| Etat | E_1 | E_2 | E_3 | E_4 | E_5 |
|------------|-------|-----------|-------|-------|-------|
| p en Bar | 1.0 | 5.0 | 5.0 | 2.5 | 1.0 |
| T en K | 288 | $T_2 = ?$ | 1123 | 955 | 735 |

L'installation fonctionne en régime stationnaire. On néglige l'énergie potentielle de pesanteur dans toute l'installation. On néglige l'énergie cinétique de l'air partout sauf dans l'état E_5 à la sortie de la tuyère, où la vitesse de l'air vaut c_5 . L'air est assimilé à un gaz parfait diatomique de coefficient $\gamma = 1.4$, de capacité thermique massique à pression constante $c_p = \frac{R\gamma}{(\gamma-1)M}$. La masse molaire de l'air est $M = 29$ g/mol. On rappelle que $R = 8,314$ SI.

1. Faire l'application numérique de c_p .
2. En appliquant le premier principe industriel à la tuyère, déterminer la valeur de c_5 .
3. En raisonnant de manière analogue, exprimez en fonction des températures les travaux w_{Comp} et w_{Turb} correspondant au transfert d'un kg d'air respectivement dans le compresseur et dans la turbine. Sachant que le travail récupéré dans la turbine sert exactement à entraîner le compresseur, calculer T_2 .
4. Calculer le transfert thermique q correspondant au transit d'un kg d'air dans la chambre de combustion. En déduire le rendement thermodynamique du turboréacteur défini par $r = \frac{(1/2)c_5^2}{q}$. Cette formule définissant le rendement du turboréacteur vous paraît-elle cohérente ? Justifier.

4 Découpe laser

Cet exercice est une résolution de problème type oral CCINP. Il mobilise toutes les compétences :

Faire un schéma, décrire ce qui se passe.

Proposer une stratégie de résolution, en prenant l'initiative d'approximations.

Mener les calculs.

Faire l'application numérique et juger du réalisme du résultat obtenu. Evoquer les limites de la modélisation choisie.

Un laser émet un faisceau lumineux cylindrique de section $S = 0,5 \text{ mm}^2$, de longueur d'onde $\lambda = 114 \text{ nm}$ et de puissance $\mathcal{P} = 1,0 \text{ kW}$. Il éclaire une plaque de fer d'épaisseur $e = 5,0 \text{ mm}$, et se translate à la vitesse v pour la découper.

Question : quelle valeur de vitesse choisir pour une découpe optimale ?

Données :

- masse volumique du fer $\rho = 7,8 \text{ tonnes.m}^{-3}$
- capacité thermique massique du fer $c = 440 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$
- température de fusion $T_f = 1540^\circ\text{C}$
- enthalpie de fusion du fer $L_f = 13,8 \text{ kJ.mol}^{-1}$
- masse molaire du fer $M = 56 \text{ g.mol}^{-1}$