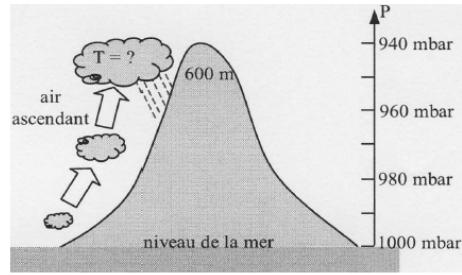


Série 07 : Pression partielle, humidité et moteurs thermodynamiques

Exercice 1 : De la pluie en montagne près de la mer ?

Une mole d'air initialement à 15 °C au niveau de la mer est entraînée par le vent et s'élève à une altitude de 600 m (sommet de la montagne). La détente subie par l'air peut être approximée par une adiabatique reversible. On considère que l'air est un gaz parfait contenant 80% de N₂ et 20% de O₂.



- Quelle est la température atteinte par la mole d'air au sommet de la montagne ?
- L'humidité relative de l'air au niveau de la mer est de 80%. On donne la pression de saturation de la vapeur d'eau à différentes températures :

T [°C]	0	2	4	6	8	10	12	14	15	16	18	20	22
p [mbar]	6.13	7.07	8.13	9.33	10.7	12.2	13.9	15.9	16.9	18.0	20.5	23.2	26.26

Calculez la pression partielle de la vapeur dans l'air au niveau de la mer.

- La vapeur d'eau que l'air contient subit ensuite la transformation précédente (détente adiabatique). Y a-t-il formation d'un nuage au sommet de la montagne (c'est-à-dire condensation de la vapeur) ? Justifiez votre réponse à l'aide d'un calcul quantitatif, avec l'approximation des molécules d'eau comme des simples molécules diatomiques.
- Si l'air est plus sec, est-ce que le nuage se formera plus haut ou plus bas ? Justifiez votre réponse.

Exercice 2 : Thermodynamique dans un moteur diesel

Le rapport de compression d'un moteur qui suit un cycle diesel qu'on considère reversible est de 12. La pression initiale d'une mole est de 1 atm (1.013×10^5 Pa) et la température initiale est de 32.0°C.

- Trouvez la pression et la température après compression en faisant l'hypothèse que vous pouvez traiter le mélange de combustion (air et vapeur de diesel) comme un gaz parfait diatomique avec un coefficient adiabatique $\gamma = 1.4$. Calculez le travail, la variation d'énergie interne et la chaleur échangée dans cette transformation.
- Quelle serait la pression finale si le processus de compression était isotherme ? Calculez le travail, la variation d'énergie interne et la chaleur échangée dans cette transformation.

En plus de cette première transformation A → B, le cycle diesel se compose d'une expansion isobare B → C, suivie d'une expansion adiabatique C → D et enfin d'une transformation isochore D → A.

- Représentez le cycle dans un diagramme p – V et calculez le travail et la chaleur échangée pour ces 3 transformations. Utilisez $V_C = 0.005$ m³.

Indication : Le rapport de compression d'une chambre de combustion est défini comme le rapport entre le volume avant la compression et le volume après la compression.

Exercice 3 : Une alternative aux combustibles fossiles ?

Un scientifique de l'EPFL a eu l'idée de construire un moteur thermique réversible exploitant la différence de température entre le fond et la surface des océans. Des mesures récentes ont donné les valeurs suivantes : $T_H = 25^\circ\text{C}$ à la surface et $T_L = 3^\circ\text{C}$ au fond.

- Pour produire 1 GW de puissance mécanique, quelle est la quantité minimale d'eau qui doit être traitée par minute ?
- On veut évaluer quel est le meilleur endroit pour utiliser le moteur. Le « Gulf Stream », dans l'Océan Atlantique, a une largeur de environ 100 km, une profondeur de 1 km et transporte 30 milliards de litres d'eau par seconde. Quelle serait la surface de l'échangeur de chaleur du moteur perpendiculaire au courant, si on ne voulait pas changer la température de l'eau utilisée par plus de 0.3°C (pour des raisons écologiques) ?

Exercice 4 : Volkswagen, das Otto

Une VW Passat a un moteur à essence à 6 cylindres. Ce moteur fonctionne selon le cycle de Otto discuté au cours qu'on considère reversible. Le rapport de compression vaut $r = 10.6$. Le diamètre d'un cylindre est de 82.5 mm. La distance parcourue par chaque piston durant chaque compression vaut 86.4 mm. La pression initiale du mélange air-essence est de $8.5 \times 10^4 \text{ Pa}$, et la température initiale est celle de l'air, qui est de 27°C . Supposons que pendant chaque cycle et pour chaque cylindre, 0.006 ml d'essence sont brûlés (le contenu énergétique de l'essence est de 34 MJ l^{-1}). On considère le mélange comme un gaz parfait avec $\gamma = \frac{7}{5}$ et $C_V = 20.5 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$.

- Calculez la chaleur ajoutée au moteur par la combustion de l'essence Q_H et les valeurs maximales de la température et de la pression du mélange T_H et p_H .
- Calculez le travail total W effectué par le moteur sur un cycle et la chaleur Q_L relâchée lorsque le mélange est de nouveau refroidi à la température de l'air.
- Calculez l'efficacité de ce cycle de Otto et comparez-la à celle d'un cycle de Carnot qui travaille entre les mêmes températures minimale et maximale.