

L'électricité dans l'air comprimé

Terminale spécialité Physique-Chimie · Thermodynamique et premier principe

1. Lecture microscopique de la compression

L'augmentation de température traduit une augmentation de l'agitation thermique : la vitesse moyenne des molécules augmente. La hausse de masse volumique signifie qu'un même volume contient davantage de matière ; les molécules y sont donc plus nombreuses et, en moyenne, plus rapprochées. Elles heurtent les parois plus souvent et plus vigoureusement, ce qui rend compte de l'augmentation de pression.

2. Pression dans le réservoir

La température thermodynamique de l'air refroidi vaut

$$T = 35 + 273,15 = 308 \text{ K},$$

l'addition se faisant au rang du degré, celui de la température mesurée.

La quantité de matière contenue dans le réservoir est

$$n = \frac{m}{M} = \frac{14,0 \times 10^3}{29,0 \times 10^{-3}} = 4,83 \times 10^5 \text{ mol}.$$

En assimilant d'abord l'air à un gaz parfait,

$$P = \frac{nRT}{V} = \frac{4,83 \times 10^5 \times 8,31 \times 308}{120} = 1,03 \times 10^7 \text{ Pa} = 103 \text{ bar}.$$

La pression obtenue est voisine de 100 bar : la masse annoncée permet d'atteindre la pression visée dans ce modèle.

3. Échauffement dans le compresseur

Le système est la portion d'air suivie. Elle est comprimée : elle reçoit un travail mécanique de l'extérieur, donc $\vec{W} > 0$. L'échange thermique étant négligeable, $Q \simeq 0$. Pour cette portion d'air dont les variations d'énergie mécanique macroscopique sont négligées,

$$\Delta U = W + Q \simeq W > 0.$$

Son énergie interne augmente. L'agitation microscopique devient plus intense, ce qui se manifeste par l'augmentation de température observée.

4. Limites du modèle

Avec la quantité de matière obtenue précédemment, le volume molaire dans le réservoir est

$$V_m = \frac{V}{n} = \frac{120}{4,83 \times 10^5} = 2,49 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \text{ mol}^{-1} = 249 \text{ cm}^3 \text{ mol}^{-1}.$$

Le volume propre des molécules représente donc

$$\frac{b}{V_m} = \frac{39}{249} = 0,157,$$

soit environ 16 % du volume molaire disponible. L'hypothèse de particules ponctuelles n'est plus très satisfaisante à cette pression. Le calcul de la question 2 donne un ordre de grandeur utile, mais le modèle du gaz parfait doit être employé avec prudence pour un dimensionnement précis ; un modèle de gaz réel serait alors préférable.

5. Intérêt du stockage thermique

Pendant la détente, l'air fournit du travail à la turbine : pour le système {portion d'air}, $W < 0$. Sans apport thermique notable, le premier principe conduit à $\Delta U < 0$; l'agitation moléculaire diminue et l'air se refroidit.

Le réservoir thermique est à 350 °C tandis que l'air est à 90 °C. Un transfert thermique spontané a donc lieu du réservoir vers l'air : pour l'air, $Q > 0$. Cet apport compense une partie de la diminution d'énergie interne liée au travail fourni à la turbine. L'air peut ainsi produire davantage de travail sans devoir être réchauffé par la combustion d'un combustible fossile.