Corrigé de l'EC2: Sonder l'atmosphère

Énoncé

Nous allons étudier un ballon sonde déformable contenant de l'hélium (que l'on assimilera à un gaz parfait), nous supposerons que le ballon est imperméable et sphérique, nous négligerons la masse de la membrane du ballon et nous supposerons dans chacun des cas suivant le ballon à l'équilibre thermique.
Au niveau de la mer, pour une température $T = 20°\text{C}$ et une pression atmosphérique $P = 1,0$ atm, le ballon a un rayon $r = 1,0$ m. On lâche le ballon qui monte jusqu'à son altitude maximale, où la température vaut $T' = -20°\text{C}$ et son rayon est $r' = 3,0$ m.

1. Expliquer pourquoi les pressions à l'intérieur et à l'extérieur du ballon sont-elles égales au niveau de la mer et à son altitude maximale.
2. Donner la quantité de matière n d'hélium contenue dans le ballon.
3. En déduire la pression P à l'intérieur du ballon à son altitude maximale.

Correction

1. Que ce soit au niveau de la mer ou à son altitude maximale, la membrane du ballon est à l'équilibre mécanique, la somme des forces s'exerçant sur elle est donc nulle.

   Si l'on néglige la masse de la membrane du ballon, on néglige le poids qui s'y applique. Il ne reste donc comme forces que la force de pression de l'hélium sur la membrane et celle de l'air extérieur qui sont donc égales en norme. On a donc $P_{int}S_{int} = P_{ext}S_{ext}$.

   Or les surfaces extérieures et intérieures sont égales, donc $S_{int} = S_{ext}$.

   Finalement, on a bien $\boxed{P_{int} = P_{ext}}$.

   En pratique, il existe également une forme de rappel élastique que l'on néglige ici. Pour une étude thermodynamique plus poussée, voir le dernier exercice du TD de P1-2 de l'an prochain.

2. L'hélium se comportant comme un gaz parfait, on a $PV = nRT$.

   Or le ballon a la forme d'une sphère, on a donc $V = \frac{4}{3}\pi r^3$.

   Finalement, au niveau du sol, on a $\boxed{n = \frac{4\pi P r^3}{3RT}}$

   Donc $\boxed{n = 174 \text{ mol}}$.

3. À l'altitude maximale, on a $\boxed{P = \frac{3nRT'}{4\pi r'^3}}$.

   Donc $\boxed{P = 0,032 \text{ bar}}$.