

## TD DE THERMODYNAMIQUE N°5 (2H)

### Détente et compression de l'hélium. Rendements isentropique et polytropique.

Pour une plage de variation de température importante, le second facteur du développement du viriel, peut-être considéré constant pour l'hélium. On peut donc admettre une équation d'état, dérivée du développement du viriel limité à l'ordre 2, de la forme :

$$v = \frac{r T}{p} + b \quad \text{avec} \quad b = \text{Constante} \quad \text{et} \quad \frac{b}{v} \ll 1$$

On se propose d'examiner les propriétés de l'hélium lorsqu'il subit une détente de Joule ou de Joule-Thomson. Comme propriété complémentaire, on admettra que la chaleur massique à volume constant est constante :

$$C_v = 6240 \text{ J/Kg/K} \quad \text{et on rappelle que :} \quad M = 2 \text{ g/mole.}$$

1°/ Donner l'expression de la seconde équation d'état sous la forme,  $dh = dh(T,p)$

2°/ Donner la relation entre  $C_p$  et  $C_v$ . Montrer qu'on obtient l'expression classique des gaz parfaits.

3°/ **Détente** : on fait subir à l'hélium une détente de Joule-Thomson, de 100 bars à 20 bars. Montrer que la variation de température dans la détente est indépendante de la température initiale. Le gaz subit-il un refroidissement ou un réchauffement. Calculer la variation de température, sachant que la valeur molaire de  $b$  est égale à  $10 \text{ cm}^3/\text{mole}$ .

4°/ Donner dans le couple de variable  $(v,T)$ , les équations d'état exprimant la pression  $p$  et l'énergie interne  $e$ . Montrer, à partir de l'expression de  $e$ , que la détente de Joule n'est pas une expérience suffisante pour mettre en évidence le comportement de "gaz parfait".

5°/ Trouver l'équation fondamentale.

6°/ on fait subir à l'hélium une transformation isentropique. Trouver les relations  $T(p)$  et  $T(v)$ , et comparer au cas du gaz parfait. Exprimer le travail produit par une évolution isentropique dans une machine ouverte.

7°/ **Compression** : on fait subir à l'hélium une compression isentropique dans un compresseur centrifuge (machine ouverte). L'hélium rentre à la température de  $20^\circ \text{ C}$  et à une pression de 10 bars. Il sort à la pression de 30 bars. Quelle est la température à la sortie ? Quelle est la puissance mécanique nécessaire si le débit volumique à l'entrée est égal à  $3 \text{ m}^3/\text{s}$  ?

8°/ Quelles sont les relations  $T(p)$  et  $T(v)$  dans le cas où l'évolution est polytropique.

9°/ La compression réelle effectuée conduit à une température finale mesurée de  $210^\circ \text{ C}$ . Quels sont les valeurs des **rendements** isentropique et polytropique de compression ?