

3TSI - Physique-Chimie  
Programme de colle n°5 - Semaine du 14/10 au 18/10

**Questions de cours (P3 et P4)**

Comment écrit-on la relation de Bernoulli dans le cas général (avec pertes de charge et élément actif) ? Préciser les unités et la signification des différents termes. Comment obtient-on un bilan de puissance à partir de cette relation ?

Rappeler les relations entre les pertes de charges  $\Delta e_{\text{pertes}}$ ,  $\Delta P_{\text{pertes}}$  et  $\Delta z_{\text{pertes}}$ . Quelle est la différence entre les pertes régulières et singulières ? Expliquer comment, en pratique, on calcule les pertes de charge.

Rappeler les relations essentielles pour l'étude des gaz parfaits : équation d'état, capacités thermiques (relations avec  $\Delta U$  et  $\Delta H$ , expressions pour un G.P. mono et diatomique), coefficient  $\gamma$ , relation de Mayer, loi de Laplace.

**Exercice de Physique : Principes thermodynamiques et applications (P4)**

**Entraînement** Compression d'un gaz parfait

Un récipient fermé par un piston mobile renferme de l'hélium (considéré comme un gaz parfait monoatomique) dans les conditions  $(P_1, V_1, T_1)$ . On opère une compression adiabatique réversible qui amène le gaz dans les conditions  $(P_2, V_2, T_2)$ . On donne  $P_1 = 1,0$  bar,  $V_1 = 10$  L,  $T_1 = 20^\circ\text{C}$  et  $P_2 = 3,0$  bar.

**Donnée :**  $R = 8,31 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$

- 1) Rappeler l'expression de la capacité thermique  $C_v$  pour un gaz parfait monoatomique. En déduire la valeur du coefficient isentropique  $\gamma$  de ce gaz.
- 2) Déterminer le volume final  $V_2$  et la température finale  $T_2$ .
- 3) Calculer le travail  $W$  reçu par le gaz. Commenter le signe du résultat.
- 4) Déterminer la variation d'entropie  $\Delta S$  du gaz au cours de la transformation.

**Exercice de Physique : Relation de Bernoulli et applications (P3)**

**Entraînement** Lutte contre les incendies

Un fourgon-pompe est alimenté en eau grâce à un tuyau d'aspiration relié à un réservoir de grandes dimensions (altitude nulle, pression atmosphérique). Le fourgon est également muni d'une pompe de puissance utile  $\mathcal{P}_i = 5,0$  kW et d'un tuyau d'aspersion de diamètre  $d = 70$  mm dont l'extrémité (la lance) est dirigée vers le feu. L'eau qui sort de la lance est à la pression atmosphérique.



- 1) Exprimer le débit massique  $D_m$  de l'écoulement en faisant intervenir le diamètre  $d$  du tuyau et la vitesse  $v$  de l'eau à la sortie de la lance.
- 2) En négligeant les pertes, exprimer le travail indiqué massique  $w_i$  reçu par l'eau en faisant intervenir la vitesse  $v$  et la hauteur  $h$  qui sépare la surface du réservoir et la sortie de la lance (on s'aidera d'un schéma...)
- 3) Calculer numériquement la vitesse  $v$  pour une hauteur  $h = 15$  m. En déduire le débit massique. Quelle est l'influence de la hauteur  $h$  sur le débit massique ?
- 4) En réalité, le débit massique est inférieur à la valeur calculée ci-dessus. Quelles seraient les pertes de charge à prendre en compte pour un calcul plus précis ?
- 5) Le calcul donne  $\Delta z_{\text{pertes}} = 3,2$  m : calculer le débit massique en tenant compte de ce résultat.



**Attention colle de la semaine:**

Lundi 15h (Nottaris): groupe E

Mercredi 17h (Lauriau): groupe G

Jeudi 13h (Blondeau): groupe C

Vendredi 9h (Lauriau): groupe A

## Corrigé

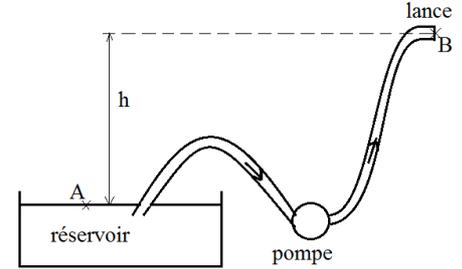
### Compression d'un gaz parfait

- 1)  $C_V$  et  $C_P$  sont à connaître pour les GP mono et diatomiques... on doit retrouver  $\gamma = 7/5 = 1,4$
- 2) Adiabatique réversible d'un GP  $\Rightarrow$  loi de Laplace  $\Rightarrow T_2 \sim 400$  K
- 3) Grâce au premier principe (transformation adiabatique) on trouve  $W = 9,2 \cdot 10^2$  J
- 4) Aucun calcul n'est nécessaire...

### Lutte contre les incendies

$$1) \quad D_m = \mu S v = \mu_{\text{eau}} \pi \frac{d^2}{4} v$$

- 2) On applique la relation de Bernoulli avec élément actif entre la surface du réservoir (A) et la sortie de la lance (B) (écoulement stationnaire, eau assimilée à un fluide parfait incompressible).



$$\left( \frac{P_B}{\rho} + \frac{1}{2} \cdot v_B^2 + g z_B \right) = \left( \frac{P_A}{\rho} + \frac{1}{2} \cdot v_A^2 + g z_A \right) + w_i \quad \text{où } P_A = P_B = P_{\text{atm}} \quad v_B = v \quad v_A = 0 \quad z_B - z_A = h$$

On obtient  $w_i = \frac{1}{2} v^2 + g h$

- 3) On a  $\mathcal{P}_i = D_m w_i = \left( \mu_{\text{eau}} \pi \frac{d^2}{4} v \right) \cdot \left( \frac{1}{2} v^2 + g h \right)$  ; on résout à l'aide de la calculatrice :  $v = 7,3 \text{ m.s}^{-1}$ .

On en déduit le débit massique  $D_m = \mu S v = \mu_{\text{eau}} \pi \frac{d^2}{4} v = 10^3 \cdot \pi \cdot \frac{(0,070)^2}{4} \cdot 7,3 = 27 \text{ kg.s}^{-1}$

D'après l'équation, si  $h$  augmente,  $v$  diminue.

- 4) Il faudrait prendre en compte les pertes régulières (le long des deux tuyaux) et les pertes singulières (rétrécissement, entrée et sortie de la pompe, élargissement à la sortie de la lance...)

$$5) \quad \left( \frac{P_B}{\rho} + \frac{1}{2} \cdot v_B^2 + g z_B \right) = \left( \frac{P_A}{\rho} + \frac{1}{2} \cdot v_A^2 + g z_A \right) + w_i - \Delta e_{\text{pertes}} \quad \text{donne ici } w_i = \frac{1}{2} v^2 + g h + g \Delta z_{\text{pertes}}$$

Il suffit donc de remplacer  $h$  par  $h + \Delta z_{\text{pertes}}$  dans l'équation qui permet de déterminer  $v$ . On obtient  $v = 6,4 \text{ m.s}^{-1}$  et  $D_m = 24 \text{ kg.s}^{-1}$