



BLAISE PASCAL
PT 2023-2024

Programme des colles semaine 5 : du 2 au 6 octobre

Thermodynamique

La colle commence par une question de cours extraite de la liste ci-dessous et se poursuit par un exercice.
Je rappelle que vous trouverez sur mon site la version complétée du poly de cours,
ainsi que les corrigés des TD et des DM. N'hésitez surtout pas à me signaler s'il en manque !

Au programme

Chapitre 3 : Retour sur les principes thermodynamiques

Questions de cours et exercices.

- ▷ Ce chapitre contient des révisions sur la totalité du programme de PTSI, qui peut donc faire l'objet d'exercices.
- ▷ Des machines thermiques ont été retravaillées en TD en tant qu'exemples, mais aucun rappel « général » n'a été fait sur le sujet. Les colleurs seront donc légèrement plus indulgents sur les questions relatives p.ex. au sens des échanges selon les types de machine ou aux définitions des rendements et efficacités.
- ▷ Les formulations infinitésimale et en puissance des principes thermodynamiques sont le cœur du chapitre, en revanche je n'ai parlé ni de l'enthalpie libre ni des identités thermodynamiques pour l'instant.

Chapitre 4 : Enthalpie de réaction

Questions de cours et exercices.

Questions et applications de cours

Seuls les étudiants du groupe PT* (trinômes 7 à 12) seront interrogés sur les questions marquées d'une étoile, car elles sont plus techniques et/ou moins essentielles ... mais tous les étudiants sont bien sûr invités à les travailler !

(★) **3.1** - Établir l'expression des capacités thermiques d'un gaz parfait en fonction de R et γ . La relation de Mayer devra être redémontrée.

3.2 - Rappeler les lois de Laplace et leurs hypothèses d'application. En déduire le travail W reçu au cours d'une compression d'un volume V_I à un volume V_F telle que les lois de Laplace s'appliquent.

3.3 - Un glaçon, de masse m_1 et température T_1 , est sorti du congélateur pour être mis dans un verre contenant une boisson au choix de l'étudiant, de masse m_2 et température T_2 (la boisson, pas l'étudiant). On suppose que le glaçon fond totalement et rapidement, ce qui permet de négliger les transferts thermiques avec l'air. Déterminer la température finale T_F du breuvage. Comment déterminer la masse minimale du glaçon pour qu'il ne fonde pas totalement ? Le résultat sera donné en fonction de l'enthalpie de fusion $\Delta_{\text{fus}}h$ de l'eau et des capacités thermiques massiques c_{sol} et c_{liq} , supposées égales pour le glaçon et la boisson.

Pour déterminer la masse minimale à partir de laquelle le glaçon ne fond pas complètement, il faut être conscient que le calcul ci-dessus repose sur l'hypothèse que l'état final est complètement liquide, ce qui impose au final d'avoir $T_F > T_{\text{fus}}$. Si jamais le calcul numérique donne $T_F < T_{\text{fus}}$, alors il y a contradiction entre l'hypothèse initiale et le résultat final : la vraie température finale ne sera pas le T_F calculé de cette façon. Cela signifie que l'hypothèse initiale est fautive et que le résultat final n'a pas de sens. La masse limite est donc celle qui donne $T_F = T_{\text{fus}}$.

3.4 - Le même étudiant qu'à la question précédente souhaite toujours refroidir la même boisson de masse m_2 et température T_2 en y ajoutant des glaçons de masse m_1 et température T_1 . Sauf que cette fois ... il en met trop, si bien qu'à l'état final il reste de la glace dans sa boisson. Déterminer la masse m_f de glace qui a fondu en fonction des mêmes paramètres qu'à la question précédente. On négligera toujours les transferts thermiques avec l'air. Comment déterminer la masse minimale du glaçon pour qu'il ne fonde pas totalement ?

Cette fois, on sait que le mélange est diphasé à l'état final, ce qui nous donne sa température : la coexistence n'est possible que si $T_F = T_{\text{fus}}$. Le bilan d'enthalpie s'écrit comme à la question précédente, sauf que :

- ▷ seule la masse m_f fond ;
- ▷ comme $T_F = T_{\text{fus}}$, la glace fondue ne change pas de température.

Le bilan d'enthalpie s'écrit donc :

$$\Delta H = \underset{\substack{\uparrow \\ \text{1er } P}}{0} + \underset{\substack{\uparrow \\ \text{transf}}}{0} = \underbrace{m_2 c_{\text{liq}} (T_{\text{fus}} - T_2)}_{\text{boisson}} + \underbrace{m_1 c_{\text{sol}} (T_{\text{fus}} - T_1) + m_f \Delta_{\text{fus}} h}_{\text{glaçon}}$$

Il reste alors à isoler m_f dans cette équation.

Cette fois, l'hypothèse est que l'état final est une coexistence solide-liquide, qui permet de calculer la masse de glace fondue. Or la masse de glace fondue ne peut évidemment pas être supérieure à la masse initiale du glaçon : si jamais le calcul numérique donne $m_f > m_1$, alors le résultat final n'a pas de sens, ce qui indique que l'hypothèse initiale est fautive. La masse limite est donc celle qui donne $m_f = m_1$. On retrouve la même masse limite qu'à la question précédente, ce qui est logique.

3.5 - Considérons une casserole contenant une masse m d'eau à la température T . La plaque de cuisson lui transmet une puissance thermique constante \mathcal{P}_0 , et elle est refroidie par contact avec l'air. On note R_{th} la résistance thermique décrivant ce refroidissement. Établir l'équation différentielle vérifiée par la température T de l'eau dans la casserole.

(★) **3.6** - Considérons un gâteau (un moelleux au chocolat !) de capacité thermique C , sorti d'un four à la température T_{four} et laissé à refroidir dans la cuisine de température T_0 . Procéder au bilan entropique de la transformation. Commenter le signe de l'entropie créée.

Donnée : inégalité de convexité du logarithme, $\forall x > 0, \ln x \leq x - 1$; l'expression de l'entropie d'une phase condensée est à connaître par l'étudiant.

4.1 - Établir le lien entre le transfert thermique libéré par une transformation chimique et son enthalpie de réaction. Définir les termes endo- et exothermique et donner le lien avec le signe de $\Delta_r H^\circ$.

4.2 - On réalise la combustion isobare de n_0 mol de monoxyde de carbone CO par $2n_0$ mol de dioxygène O₂, introduit par apport d'air dans le réacteur. Écrire l'équation de réaction et construire le tableau d'avancement. Déterminer la température de flamme T_F en fonction de l'enthalpie standard de réaction $\Delta_r H^\circ$ et des capacités thermiques isobares molaires $C_{P,m}^\circ$ des différents constituants. Quelle est la signification physique de T_F ?

Et après ?

- ▷ Chapitre 5 : Amplificateur linéaire intégré ;
- ▷ Chapitre 6 : Oscillateurs auto-entretenus.