

## PROGRAMME DE COLLE DE PHYSIQUE

Semaine du 15/11 au 20/11

### Th 6 a - Bilans enthalpiques

Tout exercice de calorimétrie avec ou sans changement d'état.

### Th 6 b - Bilans enthalpiques pour les systèmes sièges de réactions chimiques

Savoir effectuer un bilan de matière lors d'une réaction chimique. et calculer la température atteinte par un système siège d'une transformation chimique supposée isobare et réalisée dans un réacteur adiabatique.

### Th7 - Second principe de la thermodynamique (cours)

- Exemples d'évolutions irréversibles.
- Les causes de l'irréversibilité : effets dissipatifs (frottements, effet Joule), inhomogénéités (de température, de pression, de concentration...)
- Transformation réversible.
- Second principe :

À tout système à l'équilibre thermodynamique on peut associer une **fonction d'état extensive**  $S$  appelée **entropie**.

Si, lors d'une transformation d'un **système fermé**, d'un état d'équilibre (1) vers un état d'équilibre (2), le système reçoit des transferts thermiques  $Q_i$ <sup>a</sup> lors de la mise en contact avec des thermostats de température  $T_{ext_i}$ , la variation d'entropie vérifie l'inégalité :

$$\Delta S \geq \sum_i \frac{Q_i}{T_{ext_i}}.$$

**L'égalité est réalisée lorsque la transformation est réversible.** Dans ce cas, lors de chaque transfert thermique la température du système est égale à la température du thermostat avec lequel il est en contact :  $T_i = T_{ext_i}$  d'où, pour une transformation réversible :

$$\Delta S = \sum_i \frac{Q_i^{rev}}{T_i}$$

---

<sup>a</sup>. Rappel :  $Q_i > 0$  si le système reçoit effectivement de l'énergie thermique,  $Q_i < 0$  si le système cède de l'énergie.

- Transformation adiabatique réversible :  $\Delta S = 0$ . **Une transformation adiabatique réversible est une isentropique.**
- Entropie d'un gaz parfait ; entropie d'une phase condensée idéale (ces expressions n'ont pas à être connues et doivent être fournies si nécessaire).
- Transformation adiabatique réversible d'un gaz parfait : lois de Laplace  $PV^\gamma = cte$ . Savoir passer aux deux autres expressions  $TV^{\gamma-1} = cte$  et  $P^{1-\gamma}T^\gamma = cte$ .
- Entropie de changement d'état. Lien entre entropie de changement d'état et enthalpie de changement d'état.
- Diagrammes  $(T, s)$  ; diagrammes  $(h, s)$ .

### Th8 - Machines thermiques (cours + exercices ne portant pas sur les systèmes ouverts)

On considère des machines dithermes fonctionnant de manière cyclique entre une source chaude et une source froide.

- Moteurs, machines frigorifiques (ou climatiseur), pompe à chaleur (PAC).
- Étude générale d'un moteur :

- d'après le second principe "*il est impossible de réaliser un processus cyclique dont le seul résultat serait de transformer intégralement en travail de la chaleur prélevée à une source unique*". La source froide est donc nécessaire pour récupérer la partie de l'énergie prélevée à la source chaude qui n'aura pas été transformée en travail.
- Rendement maximum d'un moteur ditherme

$$r \leq 1 - \frac{T_F}{T_C}$$

Le rendement maximum est atteint pour un cycle réversible (cycle de Carnot moteur).

- Cycle de Carnot moteur : tracé dans le plan  $(P, V)$  pour un gaz parfait et tracé dans le plan  $(T, S)$ . Calcul du rendement  $r_C = 1 - \frac{T_F}{T_C} = r_{\max}$ .
- Puissance d'un moteur  $\mathcal{P} = C_m \omega$ .
- Moteur à combustion interne
- moteur 4 temps : cycle Beau de Rochas. Calcul du rendement théorique.
- moteur 2 temps : description sommaire.
- cycle diesel idéal.

– Machines frigorifiques, pompes à chaleur

- d'après le second principe : "*Il est impossible de réaliser un processus cyclique dont le seul résultat serait de transférer de la chaleur d'une source froide vers une source chaude*." Il faut alors fournir du travail pour transférer de la chaleur du froid vers le chaud.
- Principe d'une machine ditherme
- Coefficient de performance (CoP) ou efficacité d'une machine frigorifique. Savoir montrer que :

$$\text{CoP}_f \leq \frac{T_C}{T_C - T_F}$$

- Coefficient de performance (CoP) ou efficacité d'une PAC. Savoir montrer que :

$$\text{CoP}_{\text{PAC}} \leq \frac{T_C}{T_C - T_F}$$

Les valeurs maximales sont atteintes pour un cycle réversible (cycle de Carnot récepteur).

– Application du premier principe aux systèmes ouverts en **régime stationnaire**. On a établi les deux expressions équivalentes entre les grandeurs de sortie et les grandeurs d'entrée d'un système ouvert :

$$(h_s - h_e) + \frac{1}{2}(c_s^2 - c_e^2) + g(z_s - z_e) = w_u + q$$

$$D_m \left[ (h_s - h_e) + \frac{1}{2}(c_s^2 - c_e^2) + g(z_s - z_e) \right] = \mathcal{P}_u + \mathcal{P}_{th}$$

avec  $h$  l'enthalpie massique du fluide,  $\frac{1}{2}c^2$  l'énergie cinétique massique de l'écoulement,  $gz$  l'énergie potentielle massique (l'axe  $Oz$  étant orienté suivant la verticale ascendante),  $D_m$  le débit massique de l'installation,  $w_u$  le travail utile reçu par unité de masse de fluide ayant traversé la machine,  $q$  le transfert thermique reçu par unité de masse de fluide ayant traversé la machine,  $\mathcal{P}_u$  la puissance utile reçue et  $\mathcal{P}_{th}$  la puissance thermique reçue.

Lorsqu'on peut négliger l'énergie cinétique de l'écoulement et la variation d'énergie potentielle à l'échelle de l'installation, ces expressions deviennent :

$$(h_s - h_e) = w_u + q \quad \text{et} \quad D_m(h_s - h_e) = \mathcal{P}_u + \mathcal{P}_{th}$$

– Expression du débit massique dans le cas où la vitesse est supposée uniforme sur la section  $S$  de la conduite

$$D_m = \rho S c = \frac{S c}{v}$$

avec  $v$  volume massique du fluide.

– quelques éléments de base des installations industrielles : échangeur thermique, turbine, compresseur, détenteur, chambre de combustion, tuyère.

Extrait du programme :

Notions et contenus	Capacités exigibles
<b>Transferts d'énergie</b>	
Diagramme fonctionnel des machines thermiques dithermes	Prévoir les signes des transferts d'énergie Définir le rendement d'un moteur Définir les coefficients de performance d'une machine frigorifique ou d'une PAC.
<b>Second principe de la thermodynamique</b>	
	Majorer le rendement ou le coefficient de performance (CoP) des machines dithermes cycliques.
<b>Machines dithermes</b>	
Le premier principe en système ouvert	Définir un système ouvert en écoulement stationnaire. Utiliser les grandeurs massiques ; définir le travail indiqué massique sur les parties mobiles . Décrire les différents organes des machines (détendeur, compresseur, turbine, condenseur, évaporateur, chambre de combustion, etc) Appliquer le premier principe en système ouvert.
Système diphasé	Exploiter les diagrammes (T,s), (h,s) et (p,h).
Théorème des moments	Calculer ou exploiter un titre massique en vapeur.
Exploitation de diagrammes ou de tableaux de données	Calculer les transferts thermiques massiques, les travaux indiqués massiques et le coefficient de performance (CoP)..
Puissance	Utiliser le débit massique pour évaluer des puissances.
<b>Utilisation d'un modèle</b>	
Technologie des moteurs à piston	Distinguer les temps mécaniques (4 temps ou 2 temps) et identifier les temps thermodynamiques (modélisation des transformations thermodynamiques).
Puissance consommation	Lier la puissance au nombre de tours par minute.