

# SUIS-JE AU POINT ?

## Chapitre 22 : Premier principe

💡 Une information utile, mais pas à mémoriser par cœur.

♥ Une définition/formule à connaître **PAR CŒUR**.

📖 Un savoir-faire à acquérir.

TD Un exercice du TD pour s'entraîner.

### 1 Transformations d'un système thermodynamique

#### 1.1 Transformation brutale

💡 Une transformation brutale n'est à l'équilibre qu'à l'état initial et final. Entre les deux elle est hors-équilibre.

#### 1.2 Transformation quasi-statique

♥ Définir une transformation quasi-statique.

💡 Une transformation quasi-statique peut être représentée graphiquement par un **chemin suivi** sur un diagramme d'état.

#### 1.3 Transformation infinitésimale

💡 Une transformation est infinitésimale si ses variables d'états varient infiniment peu  $(P, V, T) \rightarrow (P + dP, V + dV, T + dT)$ .

💡 Une transformation finie peut être vue comme une succession de transformations infinitésimales.

#### 1.4 Thermostat, transformation monotherme et isotherme

♥ Définir un thermostat.

♥ Définir une transformation monotherme (*système en contact thermique avec un thermostat*).

♥ Expliquer comment réaliser une transformation isotherme (*monotherme + quasi-statique = isotherme*).

#### 1.5 Pressostat, transformation monobare et isobare

♥ Définir un pressostat.

♥ Définir une transformation monobare (*système en contact mécanique avec un pressostat*).

♥ Expliquer comment réaliser une transformation isobare (*monobare + quasi-statique = isobare*).

#### 1.6 Transformation adiabatique

♥ Définir une transformation adiabatique.

#### 1.7 Transformation cyclique

♥ Définir une transformation cyclique.

#### 1.8 Résumé des transformations à connaître

♥ Définir une transformation isochore.

## 2 Échange d'énergie avec le milieu extérieur

### 2.1 Travail des forces de pression

#### 2.1.1 Cas général

♥ Donner l'expression du travail des forces de pression au cours d'une transformation  $A \rightarrow B$  ( $W_{A \rightarrow B} = - \int_{A,(C)}^B P_{\text{ext}} dV$ ).

 Calculer le travail des forces de pression pour une transformation **isochore** ou **monobare**.

#### 2.1.2 Transformation quasi-statique avec équilibre mécanique

♥ Donner l'expression du travail des forces de pression au cours d'une transformation  $A \rightarrow B$  quasi-statique avec équilibre mécanique entre le système et l'extérieur (on remplace  $P_{\text{ext}}$  par  $P$  :  $W_{A \rightarrow B} = - \int_{A,(C)}^B P dV$ ).

 Calculer le travail des forces de pression pour une transformation **isobare** ou **isotherme d'un gaz parfait**.

#### 2.1.3 Travail des forces de pression et diagramme de Watt

 Le travail des forces de pression est égal, au signe près, à l'aire sous le chemin suivi sur un diagramme de Watt.

 Le travail sur un cycle entier est égal, au signe près, à l'aire à l'intérieur du cycle.

♥ Définir un cycle moteur ( $W_{\text{cycle}} < 0$ ), un cycle récepteur ( $W_{\text{cycle}} > 0$ ). Expliquer comment reconnaître un cycle moteur à partir d'un diagramme de Watt (*cycle parcouru en sens horaire*).

TD Calcul d'un travail des forces de pression par la méthode intégrale : exercices 1, 3, 4, 6, 7.

### 2.2 Rappel : travail électrique reçu par un dipôle

#### 2.2.1 Cas général

 Le travail électrique reçu par un dipôle entre deux dates s'écrit sous forme intégrale :  $W = \int_{t_1}^{t_2} u(t)i(t)dt$  (en convention récepteur).

#### 2.2.2 Résistance chauffante parcourue par un courant continu

♥ Exprimer le travail électrique reçu par une résistance chauffante alimentée en régime stationnaire pendant une durée  $\Delta t$  ( $W = RI^2\Delta t$ ).

### 2.3 Transfert thermique

#### 2.3.1 Différence entre travail et transfert thermique

 Un travail est un transfert d'énergie *via* une action mécanique, qui peut modifier le mouvement d'ensemble du système (transfert sous forme *ordonnée*).

Un transfert thermique est un échange d'énergie qui influence l'agitation thermique du système mais ne modifie par son mouvement d'ensemble (transfert sous forme *désordonnée*).

#### 2.3.2 Gas général

 Le transfert thermique reçu par le système entre deux dates s'écrit  $Q = \int_{t_1}^{t_2} \mathcal{P}_{\text{th}}(t)dt$ , avec  $\mathcal{P}_{\text{th}}(t)$  la puissance thermique reçue (en W).

#### 2.3.3 Résistance chauffante parcourue par un courant continu

♥ Exprimer le transfert thermique **fourni** par une résistance chauffante alimentée en régime stationnaire pendant une durée  $\Delta t$  ( $Q = RI^2\Delta t$  car on suppose que 100% du travail électrique reçu par la résistance est convertie en énergie thermique par effet Joule).

## 3 Premier principe de la thermodynamique

### 3.1 Enoncé(s)

- ♥ Énoncer le premier principe sous sa forme générale.
- ♥ Énoncer le premier principe dans le cas particulier d'un système au repos macroscopique ( $\Delta U = W + Q$ ).

### 3.2 Application : bilan énergétique d'une transformation

-  Réaliser un bilan énergétique pour un gaz parfait en évolution isochore, isobare ou isotherme.

## 4 Fonction d'état enthalpie

### 4.1 Définitions

- ♥ Définir l'enthalpie et la capacité thermique à pression constante d'un système thermodynamique. Connaître leur unité, ainsi que celle des grandeurs molaires et massiques associées.

### 4.2 Transformation isobare ou monobare

- ♥ Énoncer le premier principe avec l'enthalpie (**valable uniquement pour une transformation isobare ou monobare**, avec un système au repos macroscopique) ( $\Delta H = Q + W'$  où  $W'$  désigne l'ensemble des travaux *autres que ceux des forces de pression*).

TD Application du premier principe avec l'enthalpie : exercice 1.

### 4.3 Gaz parfait : 2° loi de Joule

- ♥ Énoncer la deuxième loi de Joule.
- ♥ Énoncer la relation de Mayer ( $C_P - C_V = nR$ ).

#### 4.3.1 Gaz parfait monoatomique

- ♥ Exprimer  $H$  et  $C_p$  pour un gaz parfait monoatomique.

#### 4.3.2 Gaz parfait diatomique

- ♥ Exprimer  $H$  et  $C_p$  pour un gaz parfait diatomique.

#### 4.3.3 Coefficient de Laplace

- ♥ Définir le coefficient de Laplace d'un gaz parfait.
- ♥ Dans le cas général, exprimer  $C_p$  et  $C_v$  pour un gaz parfait en fonction de  $n$ ,  $R$  et  $\gamma$ .
- ♥ Exprimer la variation d'enthalpie d'un gaz parfait entre deux états d'équilibre ( $\Delta H = C_p \Delta T$ ).

### 4.4 Phase condensée

-  Pour une phase condensée incompressible et indilatable, on fait les approximations suivantes :  $H \simeq U$  et  $C_p \simeq C_v$ . On parle alors simplement de la capacité thermique  $C$ , supposée indépendante de la température.
- ♥ Exprimer la variation d'enthalpie d'une phase condensée :  $\Delta H = C \Delta T = mc \Delta T$  avec  $c$  la capacité thermique massique.

### 4.5 Lois de Laplace

- ♥ Énoncer les lois de Laplace et leurs conditions d'application (*transformation adiabatique et quasi-statique d'un gaz parfait*). La démo n'est pas à connaître.

TD Lois de Laplace : exercice 5.

## 5 Calorimétrie

### 5.1 Introduction



Un calorimètre est une enceinte **isobare** et **calorifugée**.

### 5.2 Application : mesurage d'une capacité thermique massique par la méthode des mélanges



Définir la valeur en eau d'un calorimètre (masse d'eau liquide équivalente de capacité thermique égale à celle du calorimètre :  $C_{\text{calo}} = \mu c_e$  avec  $c_e$  la capacité thermique massique de l'eau liquide).



Réaliser le bilan enthalpique de la transformation pour relier la capacité thermique massique inconnue aux données du problème.

### 5.3 Application : mesurage d'une capacité thermique massique par la méthode électrique



Réaliser le bilan enthalpique de la transformation pour exprimer la température en fonction du temps. Relier la capacité thermique massique inconnue au coefficient directeur de  $T(t)$  et aux données du problème.