

# LP n° 12 : Premier principe de la thermodynamique.

NIVEAU : CPGE

Programme de PCSI.

PRÉREQUIS : \_\_\_\_\_

•

PLAN : \_\_\_\_\_

1.

BIBLIOGRAPHIE : \_\_\_\_\_

- [63] Physique, tout-en-un PCSI (5eme édition)
- [67] *Physique, 1ere année*, Dunod (2ème édition, 2003)
- *Thermodynamique*, B. Diu (2007)

IDÉES À FAIRE PASSER : \_\_\_\_\_

**Introduction :** [67], p. 769 - Historique pour arriver au 1er principe, discuter des notions de chaleur et de travail. On a déjà étudié les notions de travail mécanique et de transfert thermique qui sont les échanges d'énergie existant au sein d'un système non isolé, comment décrire l'énergie de ce système, quelles sont ses caractéristiques?

## 1 Energie d'un système

### 1.1 Définition

[63], p. 839 & [67], p. 828 - Définition de l'énergie interne et donner ses propriétés. [63], p. 899 - Définition de l'énergie d'un système thermo. Bien distinguer les énergies micro et macro et leur attribuer le mouvement qui les caractérisent. Rq : Energie définie à une constante près.

Transition : pour faire le bilan d'énergie d'une transformation il faut évaluer une variation d'énergie.

### 1.2 Premier principe

[67], p. 829 Enoncé du premier principe de la thermo avec son expression. [63], p. 887 définition du transfert thermique. Le travail est celui défini en mécanique (il contient le travail des forces de pression qu'il y a en prérequis.) Le premier principe est un principe de conservation de l'énergie et s'applique entre 2 états d'équilibre (donc pas grave s'il est défini a une cste près). [63], p.900 Insister sur le fait que le travail et le transfert thermique sont des grandeurs algébrique. Equivalence chaleur-travail : animation, expérience de Joule.

### 1.3 Capacités thermiques

[63], p. 840 - définition de la capacité thermique à volume constant en lien avec l'énergie interne, expression dans le cas d'un gaz parfait monoatomique et diatomique. [63], p. 841 - Première loi de Joule + variation d'énergie interne molaire (loi de Dulong et Petit)

**Transition :** ce principe permet de réaliser des bilans d'énergie au cours de transformation

## 2 Expression du premier principe lors des transformations usuelles

### 2.1 Détente de Joule-Gay Lussac

[67], p. 855 - Définir les états initial et final à l'aide de schémas. Donner les différentes hypothèses de travail (adiabatique, pas de travail extérieur) donc la détente est une transformation à énergie constante. L'énergie interne du gaz parfait ne dépendant que de la température, la détente se fait a température constante. CCL : un gaz qui subit une détente de JGL sans variation de température suit la première loi de Joule. Permet de déterminer qu'on a un GP.

Transition : si on n'a pas un système isolé?

## 2.2 Système avec une source de travail

[63], p. 903 - Étude de l'échauffement d'un gaz par compression. Description du système et de l'expérience. [slide](#) Appliquer le 1er principe au système constitué d'air (gaz parfait diatomique). Donner les hypothèses : pas de variation d'énergie cinétique macroscopique, transformation brutale = adiabatique. Exprimer le travail, l'énergie interne et ainsi remonter à la température final dans le piston. Cet exemple illustre le fait que la température peut augmenter sans qu'il y ait un transfert thermique, quand le système reçoit l'énergie correspondante sous forme de travail. Faire l'application numérique : on trouve 700 K!! Si on place un morceau de papier dans le tube il peut prendre feu. [slide](#) photo (sur l'image c'est fait avec du papier flash dont la température d'auto inflammation est de 160°C, celle du papier normal est de 233 C°).

## 2.3 Evolution isochore

Application du 1er principe à l'échauffement isochore d'un gaz sans variation d'énergie mécanique. [63], p.883 Montrer que le travail des forces de pression est nul lors d'une transformation isochore. [63], p. 902 ou [67], p. 849 - Donner le premier principe dans le cadre de ces hypothèses. Exprimer le transfert thermique en fonction des températures et de la capacité thermique. Avec la mesure de 2 températures on peut trouver le transfert thermique qui a lieu.

---

**Transition :** [67], p. 840 - Étude d'une autre transformation : monobare. Schéma de la situation initiale et finale. Appliquer le premier principe et trouver l'expression de Q. On aimerait trouver une fonction dont la variation est égale au transfert thermique. On pose  $H^*$ . Le problème c'est que cette fonction dépend de la pression extérieure. On change de cadre : en se plaçant dans le cas d'une transformation isobare. On introduit ainsi une nouvelle fonction noté H!

---

# 3 Enthalpie

## 3.1 Définition

[63], p.906-907 - Définition de l'enthalpie + unité. Donner aussi l'enthalpie massique et molaire. Premier principe pour une transformation monobare avec équilibre mécanique à l'EI et l'EF. L'intérêt de cette formule est qu'elle évite le calcul du travail des forces de pression pour évaluer le transfert thermique. Définir la capacité thermique à pression constante et donner la formule qui relie H à  $C_p$ .

[63], p. 908 Expliciter le cas du GP : la deuxième loi de Joule. Déterminer la relation de Mayer et en déduire la capacité thermique à pression constante d'un gaz mono puis polyatomique. Enfin donner l'enthalpie d'une phase condensée indilatable et incompressible.

Transition : comment trouver la valeur de la capacité thermique d'un matériau?

## 3.2 Application à la calorimétrie

[63], p.915-916 + [Annexe] Définir le système, expliquer la nécessité de définir la masse en eau du calorimètre et donner un OdG. Détermination de la capacité thermique massique d'une statuette en or. Donner un schéma de l'état initial et final. Donner les hypothèses d'évolution du système (monobare, adiabatique, pas de travail...) donc  $\Delta H = 0$ . Donner l'expression des enthalpies de l'eau, calorimètre et Or. Faire le calcul et remonter à la valeur de la capacité thermique massique de l'or puis la masse molaire de la statuette. Conclure que ce n'est pas de l'or.

Transition : le calorimétrie permet l'étude d'une autre grandeur : l'enthalpie de changement d'état.

## 3.3 Enthalpie de changement d'état

[63], p. 911 On considère un système diphasé à définir. Définir l'enthalpie molaire et massique de changement d'état. Traiter l'exemple de la machine thermique : on se place à 100° et à 1 bar, on va avoir une vaporisation de manière isobare et isotherme de l'eau afin de récupérer un travail. Afin d'obtenir la valeur de l'enthalpie de vaporisation on peut utiliser un diagramme  $(\ln(P), h)$ , diagramme dit des frigoristes. (Placer les points de la pression et la température pour le changement d'état considéré lire les valeurs d'enthalpies et en déduire l'enthalpie de changement d'état). Faire l'application numérique et en déduire le travail.

---

**Conclusion :** Récap + on a fait l'étude de bilan énergétique uniquement mais on ne connaît pas de critère d'évolution. Il faut un 2ème principe.

**BONUS :** \_\_\_\_\_

---

- Mouvement oscillant en méca mais pas en thermo car l'entropie créée est source d'irréversibilité, le lien entre la méca et la thermo est les frottements. En thermo,  $V$  ne peut que décroître et est borné, on aura converti l'énergie potentielle en chaleur.
- TD Matthieu Pierce 1 pour la démo des lois de joule et de l'équivalence loi de joule = gaz parfait

