

# LP12 : Premier principe de la thermodynamique

Correcteurs : Alain Miffre, Alain Villaume ; leçon présentée par Léa Lachaud

## Commentaires généraux

La présentation est claire, dynamique et soignée pour la forme. Le plan retenu est pertinent pour cette leçon.

La leçon gagnerait à être davantage illustrée avec des ordres de grandeurs divers et variés. on peut aussi discuter de ce qu'est 1 Joule : est-ce beaucoup ou pas, selon le système considéré, quelles sont les autres unités (calorie par exemple), à quels ODG correspondent-elles ?

Soulignons aussi qu'une leçon sur le premier principe de la thermodynamique est une leçon sur l'énergie et il convient de montrer l'actualité du sujet au sein de la leçon, par exemple en matière de climat, de combustion des énergies fossiles : le premier principe est le principe fondamental qui régit ces échanges d'énergie.

## Leçon présentée

La petit "manip" introductive (frottements des mains) permet d'illustrer la nécessité de faire intervenir une nouvelle grandeur énergétique. On peut donner d'autres exemples (craie qu'on lâche, cycliste qui freine, etc..)

### I Le premier principe : un principe de conservation

#### 1 Construction du premier principe

La démarche adoptée est originale et permet de mettre en évidence l'origine microscopique de  $Q$ . Elle est cependant sujette à caution : on a l'impression que l'on interprète ici  $Q$  exclusivement comme un terme de travail de forces non conservatives. Or il peut correspondre à autre chose (cf question posée sur le rayonnement thermique). Ce paragraphe "construction du premier principe" est de plus critiquable car, par définition, un principe n'a pas pour but d'être démontré. De plus, si la chaleur est définie à partir des forces, comme le travail en somme, il s'en suit qu'il n'y a donc qu'un seul mode de transport de l'énergie...

En revanche, introduire le premier principe via l'expérience de Mayer est bienvenu. De même, souligner à quel point il a résisté à l'usure du temps (170 ans de découvertes scientifiques) et souligner son actualité est bienvenu.

Sans doute vaudrait-il mieux poser le premier principe, dire que  $Q$  est finalement tout sauf le transfert par travail, et ensuite discuter ou interpréter les termes? Cette démarche est du reste celle suivie par un très grand nombre d'ouvrages, certains allant même jusqu'à définir la chaleur comme le mode de transfert de l'énergie qui s'effectue sans déplacement du point d'application des forces (Livre de J. Ph. Pérez, Thermodynamique).

Par ailleurs attention à la cohérence avec les prérequis : si on place le niveau en CPGE, le théorème de König n'est plus au programme. Il faut soit l'ajouter, soit se placer niveau L2, c'est plus sûr.

Enfin il serait judicieux en fin de cette sous partie de reparler de la "manip" de frottement des deux mains, en expliquant à quel terme elle fait référence (le terme  $Q$ ).

### 2 Énoncé du premier principe

L'énoncé est clair, il faut bien prendre garde de mentionner que les états initial et final sont des états d'équilibre. La discussion sur la condition d'extensivité de  $U$  est intéressante.

Citer ici l'ensemble des unités d'énergie et en particulier le kWh très utilisé!

## II Échanges d'énergie

### 1 Équivalence travail-chaleur

L'expérience de Joule aurait pu servir d'introduction au premier principe plutôt que dans qu'ici. Il a du reste bien été expliqué que c'est un travail qui a créé une élévation de température. Bien préciser ici que le travail mécanique a permis une "agitation" thermique qui correspond à un terme de "chaleur".

### 2 Transfert thermique

Il convient d'être ici plus précis : le transfert thermique est l'un des deux modes de transfert thermique, le travail étant le second. Il faut également détailler les trois modes de transfert thermique.

La notion d'adiabaticité dépend du rapport du temps caractéristique d'échange thermique par rapport aux autres temps d'échanges : cela a été signalé ici sans démo, mais a été creusé lors des questions sur l'expérience de Clément et Désormes (dernière partie). Il peut être intéressant de le faire sur une manip lors de la LP, pour montrer sur un cas pratique un critère d'adiabaticité concrète.

### 3 Échange de travail

Bien distinguer ici forme différentielle et différentielle totale, non pas pour l'aspect mathématique mais pour l'aspect dépendance ou pas vis à vis du chemin suivi.

Il convient également de tracer le diagramme de Clapeyron : c'est ainsi qu'on calcule un travail dans l'industrie. De plus, cela se défend très bien pédagogiquement : un schéma vaut mieux que de longs discours.

Des exemples de cas concrets de ce qui est sous-entendu par Pex gagneraient à être introduits ou mentionnés.

Sur le schéma fait au tableau, bien préciser toutes les notations (volume élémentaire, déplacement). Il a été correctement précisé que c'était bien la pression extérieure qui importait ici.

### 4 Contact mécanique avec un pressostat, notion d'enthalpie

RAS. La distinction monobare/isobare est bien faite, on définit  $\Delta H$ .

## III Applications du premier principe

### 1 Capacité thermique et calorimétrie

L'aspect notation doit ici être explicité : différentielle totale, forme différentielle, dépendance ou pas vis à vis du chemin suivi

$C_p$  et  $C_v$  sont bien introduite, mais il faut insister sur le fait que ce sont des grandeurs thermodynamiques intéressantes, et relativement facilement mesurables (voire donner une illustration rapide?) : cela donnera des infos sur le système (capacité à "absorber la chaleur", et surtout existence de transition de phase d'ordre 2).

L'application proposée en calorimétrie (détermination de la capacité d'un calorimètre) est un peu académique. On pourrait plutôt considérée comme connue la masse en eau du calorimètre et faire un "vraie" mesure de capacité thermique (de l'eau, d'un solide)

Lors de la manip, bien penser à agiter avant de noter la valeur obtenue. Ici la masse en eau était bien trop élevée pour un calorimètre avec cette mesure erronée. Au minimum, le signaler lors de l'oral pour montrer que vous voyez qu'il y a là un souci.

Enfin de manière générale, il apparaît utile de montrer l'actualité de la leçon et non de se restreindre à des cas d'école comme la calorimétrie. Le premier principe sert à faire des bilans d'énergie : introduire des capacités thermiques dans ce contexte est hautement souhaitable mais il faut en montrer l'intérêt et proposer un bilan d'énergie.

### 2 Mesure de $\gamma$ par la méthode de Clément et Désormes

La manip est plus visuelle que la précédente. Il aurait été intéressant de s'appuyer ici sur un diagramme de Clapeyron. D'autant plus que les Lois de Laplace ont été montrées en début de partie : on discute ainsi plus visuellement de la manip, on place les pentes de l'adiabatique, de l'isotherme. On voit que les pentes sont assez proches, et que la manip n'est pas si simple à mettre en oeuvre.

## IV Conclusion

On peut évoquer ici un cas concret d'insuffisance du premier principe (pourquoi faut-il payer EDF pour faire marcher un frigo ou une pompe à chaleur)?

## Questions/ Commentaires

D'autres manip ou exemples peuvent être choisis pour la dernière partie (Applications du premier principe) : par exemple on peut traiter un exemple en système ouvert. A priori, le titre ne l'exclut pas. La détente de Joule Thomson en est un exemple relativement économe en calculs. On peut aussi rapidement et simplement montrer l'impossibilité du moteur monotherme.