

Titre : 1er Principe de la Thermodynamique

Présentée par : Jawed Damak

Rapport écrit par : Thomas Gauthier

Correcteur : Stéphane Fauve

Date : 19/01/2021

Bibliographie

Titre	Auteurs
[1]Dunod 5eme édition 2016, physique tout en un PCSI	
[2]Thermodynamique	DIU

Plan détaillé

(indiquer parties, sous-parties, 1 ou 2 phrases d'explications par sous-partie, et références)

Niveau choisi pour la leçon : CPGE

Pré-requis : Notion de fonction d'état

Modèle de Gaz Parfait

Travail des forces de pression

Transformation Thermodynamique

Introduction :

En mécanique : frottement--> Non conservation de l'énergie mécanique

La thermo donne la réponse à la question : « Comment et où est transformée cette énergie perdue ?»

et c'est ce que je vais vous présenter dans cette leçon notamment en introduisant l'énergie interne U.

1]Energie d'un système

1)Définition

Soit Σ un système thermodynamique macroscopiquement au repos

- L'énergie interne U de Σ est la valeur moyenne de l'énergie totale des particules microscopiques, elle comprend :
- $E_{C_{micro}}$ l'énergie cinétique microscopique
- $E_{P_{micro}}$ l'énergie potentielle d'interaction microscopique

$U = \sum \frac{1}{2} m_i v_{i,o}^2 + Ep_{micro}$ U est une fonction d'état extensive, c'est à dire que pour un échantillon de corps pur monophasé U proportionnelle à n (quantité de matière)

$U_{\Sigma 1+\Sigma 2} = U_{\Sigma 1} + U_{\Sigma 2}$ à condition de ne pas avoir d'interaction à longue portée (Attention électrostatique pas interaction à longue distance à cause de l'écrantage)

On a donc $E_{tot} = U + Ec_{macro} + Ep_{macro}$ Démo voir [2] page 6

2) Premier Principe

Le premier principe s'applique à un système fermé donné pour une transformation Thermodynamique, la variation de l'énergie est égale à l'énergie qu'il reçoit, somme du travail mécanique extérieur W et du transfert thermique avec l'extérieur Q soit :

$\Delta E = \Delta U + \Delta Ec + \Delta Ep = W + Q$ Le premier principe exprime la conservation de l'énergie

Remarque : Les termes $\Delta U = U_f - U_i$ ne dépendent que de l'état final et de l'état initial et ne dépendent pas du chemin suivi, en revanche les termes Q et W dépendent du chemin suivi pour aller de l'état initial à l'état final.

Equivalence chaleur travail-> animation

3) Capacité Thermique à volume constant

Définition : $Cv = \frac{\partial U}{\partial T}$

Pour un gaz parfait : $dU = Cv dT$ et donc $\Delta U = Cv \Delta T$ Première loi de Joule pour un gaz parfait
 $U = U(T)$

+Gaz Parfait monoatomique[1] page 840

$$Ec = \frac{3}{2} kT, U = NEc = \frac{3}{2} NkT = \frac{3}{2} nRT$$

et $\Delta U = Cv \Delta T = \frac{3}{2} nR \Delta T$ Finalement $Cv = \frac{3}{2} nR$

+Gaz parfait diatomique

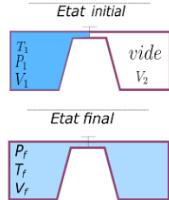
$$Cv = \frac{5}{2} nR$$

Maintenant que l'on a défini un certains nombre de grandeurs qui jouent un rôle dans le premier principe on va pouvoir l'appliquer à certaines transformations.

2) Application du premier principe à différentes transformations

1) Détente de Joule-Gay-Lussac

Détente adiabatique d'un gaz parfait sans travail extérieur



$\Delta U = 0$ ce qui implique pour un gaz parfait que $\Delta T = 0 \rightarrow$ Détente de JGL isotherme pour gp

2) Compression d'un gaz

a) Compression quasi-statique réversible

On effectue une compression lente d'un Gaz parfait, lente à tel point que le système s'équilibre thermiquement avec l'extérieur à chaque instant \rightarrow Isotherme
donc $\Delta U = 0 = W + Q$ tout le travail fournit est transformé en transfert thermique
Cela permet de faire la différence entre T et Q qui peut être une source de confusion pour les élèves, ici pas de changement de T mais Q différent de 0.

b) Compression adiabatique brutale [1] page 903

3) Transformation monobare

$P_{ext} = cst$

$\Delta U = W + Q = -P_{ext}(V_f - V_i) + Q \rightarrow \Delta(U + P_{ext}V) = Q = \Delta H^{\$}$ (pas fonction d'état ici car dépend de P_{ext})

Mais si on a transformation monobare ou isobare avec équilibre mécanique à l'état initial et final
on a
 $\Delta(U + PV) = Q$ avec $H = U + PV$ fonction d'état

3) Enthalpie

1) Définition

Définition de l'enthalpie et 1er principe relatif à H [1] page 906

2) Capacité thermique à P cste

Donner la définition de $C_p = \frac{\partial H}{\partial T}$

Application dans le cas du Gaz parfait [1] page 908

Loi de Mayer pour GP [1] page 908

$$H = U + PV = U + nRT \text{ d'où } \frac{\partial H}{\partial T} = \frac{\partial U}{\partial T} + nRT \text{ ainsi } Cp - Cv = nR$$

3) Calorimetrie [1] page 915

Conclusion : On a vu dans cette leçon que le premier principe est un principe de conservation de l'énergie et comment l'appliquer à différentes transformations.

On pourra imaginer un bateau qui aurait la possibilité de prendre l'énergie thermique de la mer pour avancer en laissant une traînée de glace sur son chemin, cependant c'est impossible car cette machine violerait un second principe de la thermodynamique qui est un principe d'évolution.

Questions posées par l'enseignant (avec réponses)

(l'étudiant liste les questions posées, ainsi que les réponses données par l'enseignant. Si certaines réponses manquent, l'enseignant pourra compléter le document)

Q: Quel type de moyenne tu fais quand tu définis l'énergie interne ?

R: Moyenne d'ensemble

Q:Energie interne extensive, conditions ?

R:Si on néglige les interactions longues portées

Q:Energie potentielle dépend du repère choisi ?

R:En mécanique W dépend du repère sauf pour les forces interne au système

Q:Définir Cv a partir de l'entropie

R: $Cv = T \frac{\partial S}{\partial T}$

Q:condition de validité de $dU=TdS-PdV$?

R:Tout le temps valide si on a pas d'échange de particule ou de potentiel électrique

Q: dans les pré-requis vous indiquez « notion de fonction d'état » qu'est ce que vous voulez dire ?

R: Il faut juste que les élèves connaissent la différence entre dérivée droite et dérivée partielle et que ils connaissent les propriétés des fonction d'état.

Commentaires lors de la correction de la leçon

(l'étudiant note les commentaires relatifs au contenu de la leçon : niveau, sujets abordés, enchaînement, réponses aux questions, etc. L'enseignant relit, et rectifie si besoin)

Il faut plus insister sur la notion de fonction d'état, le plan est bon et la leçon bien menée.

Partie réservée au correcteur

Avis général sur la leçon (plan, contenu, etc.) :

Le plan et le contenu conviennent. Il faut être plus clair sur le choix qui a été fait quant aux prérequis : les échanges de chaleur et les coefficients calorimétriques ont-ils été présentés avant d'aborder le premier principe ?

Notions fondamentales à aborder, secondaires, délicates :

Il faut tout d'abord déterminer si l'on fait une présentation axiomatique de la thermodynamique (Callen) ou si l'on suit la présentation historique des ouvrages plus anciens. Dans le premier cas, il faut ensuite montrer que l'on peut mesurer un échange de chaleur à partir d'une mesure du travail et en exprimant que U est une fonction d'état et en utilisant un jeu de transformations appropriées. On peut ensuite discuter les coefficients calorimétriques. Dans le second cas, la chaleur et les coefficients calorimétriques ont été définis avant d'énoncer le premier principe.

Dans les deux présentations, on peut ensuite introduire l'enthalpie et discuter les lois de Joule.

Il peut être intéressant de discuter des transformations avec variation d'énergie cinétique macroscopie (écoulement dans une tuyère par exemple).

Expériences possibles (en particulier pour l'agrégation docteur) :

- Expérience de Joule : conversion de travail en chaleur par frottement. Il existe un montage dans la collection. Le point délicat est de bien expliquer comment la force de frottement travaille afin d'évaluer l'équivalence travail-chaleur.

- Expériences de calorimétrie

Bibliographie conseillée :

Bertin, Faroux, Renault, Thermodynamique, Dunod

Diu, Guthmann, Lederer, Roulet, Thermodynamique, Hermann

Callen, Thermodynamics, John Wiley

Commenté [1]: <!--[if gte mso 9]><xml><o:OfficeDocumentSettings><o:TargetScreenSize>800x600</o:TargetScreenSize></o:OfficeDocumentSettings></xml><![endif]-->

Commenté [2]: <!--[if gte mso 9]><xml><w:WordDocument><w:View>Normal</w:View><w:Zoom>0</w:Zoom><w:TrackMoves/><w:TrackFormatting/><w:HyphenationZone>21</w:HyphenationZone><w:PunctuationKerning/><w:ValidateAgainstSchemas/><w:SaveIfXMLInvalid>false</w:SaveIfXMLInvalid><w:IgnoreMixedContent>false</w:IgnoreMixedContent><w:AlwaysShowPlaceholderText>false</w:AlwaysShowPlaceholderText><w:DoNotPromoteQF/>

Commenté [3]: <!--[if gte mso 9]><xml><w:LatentStyles DefLockedState="false">

Commenté [4]: <!--[if gte mso 10]><style>

Commenté [5]: <!--[if gte mso 9]><xml><o:shapedefaults v:ext="edit" spidmax="1026"/>

Commenté [6]: <!--[if gte mso 9]><xml><o:shapayout v:ext="edit">

Commenté [7]: <!--StartFragment-->

Commenté [8]: <!--[if gte mso 9]><xml><o:OfficeDocumentSettings>

Commenté [9]: <!--[if gte mso 9]><xml><w:WordDocument>

Commenté [10]: <!--[if gte mso 9]><xml><w:LatentStyles DefLockedState="false">

Commenté [11]: <!--[if gte mso 10]><style>

Commenté [12]: <!--[if gte mso 9]><xml><o:shapedefaults v:ext="edit" spidmax="1026"/>

Commenté [13]: <!--[if gte mso 9]><xml><o:shapayout v:ext="edit">

Commenté [14]: <!--StartFragment-->

Commenté [15]: <!--[if gte mso 9]><xml><o:OfficeDocumentSettings>

Commenté [16]: <!--[if gte mso 9]><xml><w:WordDocument>

Commenté [17]: <!--[if gte mso 9]><xml><w:LatentStyles DefLockedState="false">

Commenté [18]: <!--[if gte mso 10]><style>

Commenté [19]: <!--[if gte mso 9]><xml><o:shapedefaults v:ext="edit" spidmax="1026"/>

Commenté [20]: <!--[if gte mso 9]><xml><o:shapayout v:ext="edit">

Commenté [21]: <!--StartFragment-->

Commenté [22]: <!--EndFragment-->