

THERMODYNAMIQUE :**Thermodynamique 1****INTRODUCTION A LA THERMODYNAMIQUE***EN TD UNIQUEMENT.*

Notions et contenus	Capacités exigibles
Échelles microscopique, mésoscopique, et macroscopique. Libre parcours moyen.	Définir l'échelle mésoscopique et en expliquer la nécessité. Citer quelques ordres de grandeur de libres parcours moyens.
Système thermodynamique.	Identifier un système ouvert, un système fermé, un système isolé.
Etat d'équilibre d'un système soumis aux seules forces de pression. Pression, température, volume, équation d'état. Grandeur extensive, grandeur intensive. Exemples du gaz parfait et d'une phase condensée indilatable et incompressible.	Calculer une pression à partir d'une condition d'équilibre mécanique. Déduire une température d'une condition d'équilibre thermique. Citer quelques ordres de grandeur de volumes molaires ou massiques dans les conditions usuelles de pression et de température. Citer et utiliser l'équation d'état des gaz parfaits.
Du gaz réel au gaz parfait.	Comparer le comportement d'un gaz réel au modèle du gaz parfait sur des réseaux d'isothermes expérimentales en coordonnées de Clapeyron ou d'Amagat.

Thermodynamique 2**ENERGIE INTERNE ET CAPACITE THERMIQUE A VOL CST***EN TD UNIQUEMENT.*

Notions et contenus	Capacités exigibles
Etat microscopique et état macroscopique.	Préciser les paramètres nécessaires à la description d'un état microscopique et d'un état macroscopique sur un exemple.
Distribution des vitesses moléculaires d'un gaz (homogénéité et isotropie). Vitesse quadratique moyenne. Température cinétique. Exemple du gaz parfait monoatomique : $E_c = 3/2 kT$.	Calculer l'ordre de grandeur d'une vitesse quadratique moyenne dans un gaz parfait.
Énergie interne d'un système. Capacité thermique à volume constant dans le cas du gaz parfait.	Exprimer l'énergie interne d'un gaz parfait monoatomique à partir de l'interprétation microscopique de la température. Exploiter la propriété $U_m = U_m(T)$ pour un gaz parfait.
Énergie interne et capacité thermique à volume constant d'une phase condensée considérée incompressible et indilatable.	Exploiter la propriété $U_m = U_m(T)$ pour une phase condensée incompressible et indilatable.

Thermodynamique 3 LE PREMIER PRINCIPE DE LA THERMODYNAMIQUE

EN COURS ET TD.

Notions et contenus	Capacités exigibles
3.2. Énergie échangée par un système au cours d'une transformation	
Transformation thermodynamique subie par un système. Évolutions isochore, isotherme, isobare, monobare, monotherme.	Définir un système adapté à une problématique donnée. Exploiter les conditions imposées par le milieu extérieur pour déterminer l'état d'équilibre final.
Travail des forces de pression. Transformations isochore, monobare.	Évaluer un travail par découpage en travaux élémentaires et sommation sur un chemin donné dans le cas d'une seule variable. Interpréter géométriquement le travail des forces de pression dans un diagramme de Clapeyron.
Transferts thermiques. Transformation adiabatique. Thermostat, transformations monotherme et isotherme.	Distinguer qualitativement les trois types de transferts thermiques : conduction, convection et rayonnement. Identifier dans une situation expérimentale le ou les systèmes modélisables par un thermostat.
3.3. Premier principe. Bilans d'énergie	
Premier principe de la thermodynamique.	Définir un système fermé et établir pour ce système un bilan énergétique faisant intervenir travail et transfert thermique. Utiliser le premier principe de la thermodynamique entre deux états voisins. Exploiter l'extensivité de l'énergie interne. Distinguer le statut de la variation de l'énergie interne du statut des termes d'échange. Calculer le transfert thermique sur un chemin donné connaissant le travail et la variation de l'énergie interne.
Enthalpie d'un système. Capacité thermique à pression constante dans le cas du gaz parfait et d'une phase condensée incompressible et indilatable.	Exprimer le premier principe sous forme de bilan d'enthalpie dans le cas d'une transformation monobare avec équilibre mécanique dans l'état initial et dans l'état final. Exprimer l'enthalpie $H_m(T)$ du gaz parfait à partir de l'énergie interne. Justifier que l'enthalpie H_m d'une phase condensée peu compressible et peu dilatable peut être considérée comme une fonction de l'unique variable T . Citer l'ordre de grandeur de la capacité thermique massique de l'eau liquide.

Thermodynamique 4 QUELQUES TRANSFORMATIONS D'UN GAZ PARFAIT

EN COURS ET TD.

Notions et contenus	Capacités exigibles
3.3. Premier principe. Bilans d'énergie	
Premier principe de la thermodynamique.	Définir un système fermé et établir pour ce système un bilan énergétique faisant intervenir travail et transfert thermique. Utiliser le premier principe de la thermodynamique entre deux états voisins. Exploiter l'extensivité de l'énergie interne. Distinguer le statut de la variation de l'énergie interne du statut des termes d'échange. Calculer le transfert thermique sur un chemin donné connaissant le travail et la variation de l'énergie interne.
Loi de Laplace.	Citer et utiliser la loi de Laplace et ses conditions d'application.

TOURNER SVP !!

Notions et contenus	Capacités exigibles
3.4. Deuxième principe. Bilans d'entropie	
Fonction d'état entropie.	Interpréter qualitativement l'entropie en termes de désordre statistique à l'aide de la formule de Boltzmann fournie.
Deuxième principe de la thermodynamique : entropie créée, entropie échangée. $\Delta S = S_{\text{ech}} + S_{\text{créé}}$ avec $S_{\text{ech}} = \sum Q_i/T_i$.	Définir un système fermé et établir pour ce système un bilan entropique. Relier la création d'entropie à une ou plusieurs causes physiques de l'irréversibilité. Analyser le cas particulier d'un système en évolution adiabatique.
Variation d'entropie d'un système.	Utiliser l'expression fournie de la fonction d'état entropie. Exploiter l'extensivité de l'entropie.
Loi de Laplace.	Citer et utiliser la loi de Laplace et ses conditions d'application.

Questions de cours à choisir parmi les suivantes :

- ✓ **Q1 : Connaître la définition du travail élémentaire des forces de pression et savoir l'appliquer aux cas des transfos isochore, monobare, isotherme réversible d'un GP (syst fermé). Savoir interpréter graphiquement le travail des forces de pression en coordonnées de Clapeyron. Résultats pour une transformation finie et pour un cycle (§ II.2.c).**
- ✓ **Q2 : Savoir énoncer le 1^{er} principe de la thermodynamique et étudier les cas particuliers des transformations adiabatique, isochore, cyclique et le cas du système isolé (§ III. 1& 2).**
- ✓ **Q3 : Savoir définir l'enthalpie et retrouver le 1^{er} principe sous forme d'un bilan enthalpique dans le cas d'une transformation monobare avec équilibre mécanique à l'EI et à l'EF (§ IV. 1).**
- ✓ **Q4 : Cas du GP : 2^{ème} loi de Joule ;**
Cas du GP monoatomique : Expressions de H , de H_m , de C_P , de C_{Pm} molaire, de c_P massique.
Cas du GP diatomique : Expressions de H , de H_m , de C_P , de C_{Pm} molaire, de c_P massique (§ IV. 2. a & V.2).
- ✓ **Q5 : Cas des phases condensées : Propriété de H , de C et connaître un ordre de grandeur de la capacité thermique massique de l'eau liquide (§ IV. 2. b & V. 3).**
- ✓ **Q6 : Relations entre C_{pm} et C_{vm} : Relation de Mayer pour les GP, définition du coefficient γ , puis relation entre C_{pm} (et C_{vm}) en fonction de R et γ pour un GP (§ VI. 1 & 2).**
- ✓ **Q7 : Savoir refaire l'exemple de calorimétrie (§ VII).**
- ✓ **Q8 : Savoir exprimer W , Q , ΔU et ΔH pour une transfo isotherme réversible d'un GP (§ I. 2).**
- ✓ **Q9 : Savoir retrouver les lois de Laplace et connaître parfaitement les hypothèses (§ II. 2).**
- ✓ **Q10 : Savoir exprimer W pour une transformation adiabatique réversible d'un GP (§ II. 3).**
- ✓ **Q11 : Savoir faire l'exemple du cycle de Carnot : Le dessiner ; Retrouver l'identité de Carnot, la quantité de chaleur échangée au cours du cycle, le travail total et l'expression du rendement (§ III. 2).**
- ✓ **Q12 : Savoir exprimer W , Q , ΔU et ΔH pour une transformation monotherme irréversible d'un GP (§ IV. 1. b).**
- ✓ **Q13 : Savoir exprimer W , Q , ΔU et ΔH pour une transformation adiabatique irréversible d'un GP (§ IV. 2. b).**

✓ *Q14 : Savoir énoncer le 2nd principe et connaître les remarques et conséquences (§ II).*

ATTENTION pour les exemples suivants : L'expression de la fonction d'état entropie pour un gaz parfait doit être fournie.

✓ *Q15 : Savoir refaire le bilan entropique pour la compression isotherme réversible d'un GP (§ IV.3. a).*

✓ *Q16 : Savoir refaire le bilan entropique pour la compression isotherme irréversible d'un GP (§ IV.3. b).*

✓ *Q17 : Savoir refaire le bilan entropique lors de la mise en contact thermique de 2 solides (§ IV.4)*

ATTENTION : Changements d'horaires de colle (liés au lundi non travaillé) :

- *Le groupe 7 collera avec Mr GOURDET le mardi 21 mai à 16h en S204 ou autre salle du bâtiment S.*
- *Le groupe 9 collera avec Mme MAGIORANI le mardi 21 mai à 17h au bâtiment S (RV devant le tableau du 1^{er} étage du bâtiment S).*
- *Le groupe 13 collera avec Mme NICOLAS le mardi 21 mai à 16h.*

Exemple d'application de Q7 : Calorimétrie :

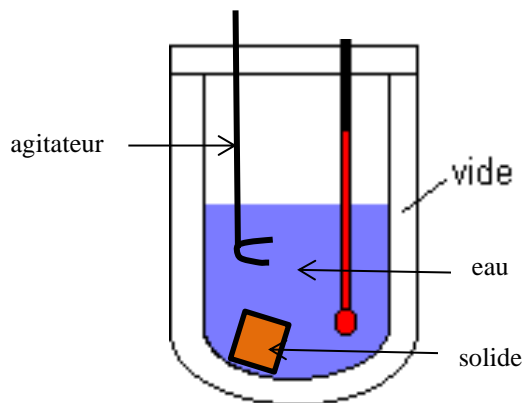
On considère un calorimètre et on cherche à mesurer par exemple, la chaleur massique c_{sol} d'un solide de masse m_{sol} .

Initialement, on dispose d'un vase calorimétrique et de ses accessoires de capacité thermique K connue et d'une masse m_{liq} d'eau de chaleur massique c_{eau} ; L'ensemble est à la température t_i .

On introduit dans le vase, le solide de masse m_{sol} et de chaleur massique c_{sol} à la température t_1 .

A l'équilibre, l'ensemble est à la température t_{eq} .

Déterminer la chaleur massique c_{sol} du solide introduit.



Exemple d'application de Q17 : Mise en contact thermique de 2 solides :

Deux solides de même masse m , de même chaleur massique c supposée constante, et de températures initiales T_1 et T_2 respectivement, sont placés dans une enceinte adiabatique. Ils sont alors mis en contact. Exprimer la température finale T_0 correspondant à l'équilibre, puis exprimer la variation d'entropie ΔS de l'ensemble. Quel est le signe de ΔS ?