

# Programme de colle

n° 29  
du 02 juin au 06 juin

## Cours

Les parties du cours *en italique* sont des compléments non exigibles.

### Physique:

#### Thermodynamique

##### Premier principe de la thermodynamique

###### Capacités :

- *Exploiter les conditions imposées par le milieu extérieur pour déterminer l'état d'équilibre final.*
- *Utiliser le vocabulaire usuel : évolutions isochore, isotherme, isobare, monobare, monotherme.*
- *Identifier dans une situation expérimentale le ou les systèmes modélisables par un thermostat.*
- *Proposer de manière argumentée le modèle limite le mieux adapté à une situation réelle entre une transformation adiabatique et une transformation isotherme.*
- *Définir un système fermé et établir pour ce système un bilan énergétique faisant intervenir travail  $W$  et transfert thermique  $Q$ .*
- *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  $Q$  sur un chemin donné connaissant le travail  $W$  et la variation de l'énergie interne ou d'enthalpie.*

###### Travail, cas des forces de pression

- Rappel de la notion de travail.
- Travail des forces de pression, cas d'une évolution monobare.
- Notion d'évolution quasi-statique.
- Travail des forces de pression dans une évolution quasi-statique, interprétation en diagramme de Clapeyron. Travail moteur et récepteur. Cas d'un cycle
  - calcul du travail sur une évolution isotherme, isochore et isobare. Cas d'un cycle.
- Autres types de travaux.

###### Energie interne, transfert thermique

- Approche de la notion de transfert thermique. Les différents types de transferts thermiques (conduction, convection et rayonnement). Transferts thermiques et variations de température. *Notion de flux thermique, loi de Fourier par une approche microscopique.*
- Retour sur des bilans énergétiques, rôle des frottements. Généralisation quantitative (simplifiée) du bilan énergétique d'un système.
- Introduction à l'énergie interne d'un système, définition et propriétés (fonction d'état, extensive et additive). Interprétation des transferts thermique, distinction d'un (transfert de) travail.
- Enoncé du premier principe de la thermodynamique.

###### Energie interne de systèmes modèles

- Définition de la capacité thermique à volume constant d'un système et capacités molaires et massique associées, caractère extensif de la capacité thermique d'un système. Sens de  $C_V$  : relation  $Q_V = C_V \Delta T$ .
- Expressions de l'énergie interne de quelques systèmes modèles simples :
  - gaz parfait (et rappel de la première loi de Joule)
  - phase condensée pure (indilatable, incompressible).

###### Exemples d'application du premier principe

- Etude d'un cycle à GP (étapes : isotherme, isobare, isochore): calcul des transferts thermiques sur les différentes étapes.
- Equilibre de deux corps (GP) isolés en contact thermique.

- Compression adiabatique non quasi statique d'un gaz parfait et retour à l'équilibre thermique avec l'extérieur.
- Puissance thermique par effet Joule, évolution de la température d'un fil conducteur parcouru par un courant avec fuite thermique dans l'atmosphère ( $P_{th}=k(T-T_{atm})$ ).

#### Enthalpie, capacité thermique isobare

- Définition de l'enthalpie et propriétés.
- Capacité thermique à pression constante, grandeurs molaires et massiques associées. Sens de  $C_p$  : relation  $Q_p=C_p \Delta T$ .

#### Enthalpie de systèmes modèles

- Expression de l'enthalpie pour les systèmes modèles :
  - Phases condensées, relation  $C_p \approx C_v$  pour les phases condensées.
  - GP et seconde loi de Joule. Définition de  $\gamma$ . Relation entre  $C_p$  et  $C_v$  pour les GP (relation de Mayer), expressions de  $C_p$  et de  $C_v$  en fonction de  $\gamma$ . Valeurs de  $\gamma$  pour GP monoatomique et diatomique.

#### Premier principe sur une évolution monobare

- Expression du premier principe dans le cas d'une transformation monobare avec équilibre à l'état initial et à l'état final. Cas d'une évolution isobare.
- Application : Notions brèves de calorimétrie :
  - méthode des « mélanges »
  - méthode électrique, valeur de la capacité thermique massique de l'eau liquide.

#### Loi de Laplace :

- énoncé et démonstration à partir du premier principe, les différentes formes.
- Comparaison des compressions isotherme et adiabatique quasi-statique en diagramme de Clapeyron.
- *Exemple* : petites oscillations adiabatiques d'un piston.

## Second principe de la thermodynamique

#### Capacités :

- *Définir un système fermé et établir pour ce système un bilan entropique.*
- *Relier l'existence d'une entropie créée à une ou plusieurs causes physiques de l'irréversibilité.*
- *Utiliser l'expression fournie de la fonction d'état entropie.*
- *Exploiter l'extensivité de l'entropie.*
- *Connaître la loi de Laplace et ses conditions d'application.*

#### Transformations impossibles

- Exemples de transformations spontanées impossibles.
- Notion de réversibilité, causes d'irréversibilité, transformations réversibles.

#### Second principe :

Enoncé du second principe, propriétés de l'entropie (fonction d'état, extensive et additive).

Quelques conséquences :

- l'entropie d'un système isolé est maximale à l'équilibre (brève mention du désordre), différence avec un système en évolution adiabatique.
- Première et seconde identité thermodynamique
- *Définitions thermodynamiques de P et T.*
- Sens spontané du transfert thermique entre deux corps, sens spontané du transfert de travail de pression entre deux corps.
- Sens spontané du transfert de travail de pression
- *Entropie maximale et équilibre thermique*
- ~~*Minimum de production d'entropie et loi d'évolution*~~

#### Entropie de systèmes modèles :

Expression de l'entropie pour les systèmes modèles (et mention du 3<sup>ième</sup> principe) :

- Gaz parfaits
- phases condensées.

#### Notions de thermostats :

- définition d'un thermostat (physique), conséquence
- réalisation pratique (mise en contact thermique de deux corps, comparaison des capacités thermiques)

### Quelques applications :

- Une transformation isentropique d'un GP est équivalente à la loi de Laplace.
- Isobare en diagramme entropique.
- Oscillations adiabatiques
- Cycle d'un GP avec évolutions adiabatique réversible

### Exemples de bilans entropiques :

- mise en contact thermique d'un GP avec un thermostat sur une évolution isochore : caractère irréversible de l'évolution. Cas d'un faible écart de température, csq sur la réversibilité d'une transformation avec écart fini de températures.
- création d'entropie dans une résistance électrique dans les deux cas suivants :
  - a) elle est thermostatée,
  - b) elle est thermiquement isolée.
- entrée d'air dans un récipient.

### Interprétation statistique de l'entropie :

- micro-états et macro-états
- équiprobabilité des micro-états d'un système isolé
- nombre de complexions et macro-état observé. Probabilité d'observer d'autres états macroscopiques. Analyse simplifiée de l'expérience de Joule-Gay Lussac.
- Formule de Boltzmann, vérification des propriétés de l'entropie (homogène, additive, extensive et maximale à l'équilibre)
- Retour se le bilan entropique de l'expérience de Joule Gay Lussac avec la formule de Boltzmann, cohérence avec le bilan « classique ».
- Brève notion d'information manquante (« désordre »)
- Mesure d'une grandeur (moyenne temporelle, moyenne d'ensemble, hypothèse ergodique).

## Chimie:

## Math pour la physique :

## Informatique physique :

## Questions de Cours sur 7 points

- Travail des forces de pression.
- Interprétation du travail des forces de pression en diagramme de Clapeyron dans le cas quasi statique, aspect moteur ou résistant. Cas d'un cycle.
- Calcul du travail sur une (ou des) transformation(s) pour un fluide donné : isochore, isotherme, isobare.
- Définition de l'énergie interne, propriétés et énoncé du premier principe.
- Définition de la capacité thermique isochore, expression de l'énergie interne pour un GP, une phase condensée.
- Interprétation de  $C_v$  en termes de transfert thermique.
- Un calcul de travail et/ou de transfert thermique sur un des exemples du cours.
- Définition et propriétés de l'enthalpie, de la capacité thermique isobare.
- Expression de l'enthalpie pour un GP, une phase condensée.
- Expression du premier principe dans le cas d'une transformation monobare.
- Interprétation de  $C_p$  en termes de transfert thermique.
- Relation de Mayer et expression des capacités thermiques isochore et isobare en fonction de  $\gamma$ .
- Énoncé et démo de la loi de Laplace à partir du premier principe (il faut pouvoir passer rapidement d'un jeu de paramètres à un autre).
- Notion d'évolutions réversibles, irréversibles.
- Énoncé du second principe.
- Entropie de systèmes modèles (GP, phases incompressibles) : il faut savoir les obtenir pour les colles.
- Sens spontané du transfert thermique entre deux corps (démo).

- Définition (simple) d'un thermostat. Réalisation pratique d'un thermostat (démonstration).
- Etablir le caractère irréversible de la mise en équilibre thermique d'un corps avec un thermostat.
- Loi(s) de Laplace à partir du second principe (énoncé et démonstration).

Informatique :

**Rem :** suivant la longueur (et ou la difficulté de la question de cours), celle-ci peut comporter un ou plusieurs des points précédents...ou d'autres, au choix de l'interrogateur.

## Travaux Pratiques

*Capacités : cf texte TP.*

## Exercices

- Tout exercice sur l'oxydoréduction, y compris l'utilisation des diagrammes E-pH (ou équivalent) – prévision par superposition de diagrammes incluse –.
- Tout exercice sur le premier principe (sans écoulement de fluide).
- Début des exercices sur le second principe (en second exercice).

### Sanctionner

- La méconnaissance des définitions, des énoncés des théorèmes ou expressions fondamentales et plus généralement du cours.

### Valoriser

- La prise d'initiative dans la recherche d'une solution.
- La justification soignée des arguments développés.
- La qualité de l'expression.
- Les figures soignées.
- Les calculs justes !

Informatique :

- Vous pouvez utiliser du code python dans vos exercices.

## Compte rendu

Dès lors que le colleur attribue une **note inférieure ou égale à 10** à un étudiant, celui-ci (l'étudiant) doit me faire un rapport de colle donnant la question de cours et l'énoncé de l'exercice. Il doit sur ce rapport rédiger la question de cours et la solution à l'exercice.

Je remercie donc **les colleurs de dire aux étudiants en fin de colle s'ils ont un rapport à faire.**

**Avertissement aux étudiants :**

**si vous ne faites pas le rapport dans la semaine qui suit la colle, la note sera divisée par 2 !**

### Rappels :

- Les programmes de colles sont valables 2 semaines (cours et exercices).
- Les parties du cours en italique ne sont pas exigibles en question de cours, mais peuvent faire l'objet d'exercices, en rappelant certains résultats ou en guidant pour les retrouver.
- Les points indiqués « question de cours » ne sont que des suggestions pour le colleur et des exemples pour les étudiants. En aucun cas ils n'indiquent que les points de cours à savoir !

### Précisions :

- Il n'y a pas de barème pour l'exercice. L'examineur dispose en effet de points supplémentaires qu'il affecte selon la prestation de l'étudiant dans la limite toutefois d'une note globale ne dépassant pas 24, ramenée au final sur 20 bien entendu.