

Semaine du 1 décembre 2025

**B2 - Thermodynamique des systèmes fermés (révisions PCSI-MPSI) et des systèmes ouverts****Questions de cours:**

- Différentielle d'une fonction, différentielle de  $PV = nRT$  et de  $k(\omega)^2 = \frac{\omega^2 - \omega_p^2}{c}$ .
- Lois de Laplace pour un gaz parfait : hypothèses, démonstration à partir du premier principe infinitésimal.
- Principe des machines thermiques dithermes : schéma, présentation des flux d'énergie et convention, définition et démonstration de l'expression du rendement ou du coefficient de performance maximum en fonction des températures par application des deux principes.

Proposer d'étudier un moteur, un réfrigérateur, une pompe à chaleur ou une climatisation.

- Premier principe pour un système ouvert en régime stationnaire (ou premier principe industriel) : présentation du principe de l'étude d'un système ouvert, démonstration, bilan en puissance ou en énergie massique.

Question de cours déjà évaluée en classe

- Démonstration du 2nd principe pour un système ouvert en régime stationnaire : présentation du principe de l'étude d'un système ouvert (Comment se ramener à un système fermé qui se déforme ?), bilan de masse, bilan entropique (préciser les unités).

**Savoir faire:**

- Savoir appliquer les deux principes à un système ouvert (à chaque organe d'une installation) en fonction des propriétés des machines (compresseur adiabatique, turbine adiabatique, chambre de combustion isobare, détendeur adiabatique, tuyère, ...)
- Savoir justifier par un calcul en ordre de grandeur qu'un terme (comme par exemple  $\Delta(gz)$ ) est négligeable devant un autre (comme par exemple,  $\Delta h$  ou  $w$  ou  $q$ )

**B3 - Changement d'état du corps pur (révisions PCSI-MPSI)****Questions de cours:**

- Changement d'état du corps pur : diagramme  $P = f(T)$ , diagramme de Clapeyron  $P = f(v)$  pour l'équilibre  $\ell \rightleftharpoons v$  (courbes de rosée, d'ébullition, de saturation, isotherme), titre en vapeur et théorème des moments.  
Expression de  $dH$  et  $dS$  au cours d'un changement d'état à  $(T, P)$  fixées.

**Savoir faire:**

- Savoir lire et exploiter un diagramme entropique, de Mollier, de Clapeyron,... en fonction des indications fournies. Aucune connaissance sur ces diagrammes n'est exigible.
- Savoir utiliser les relations thermodynamiques, les théorèmes des moments et le titre en vapeur.
- Savoir utiliser le premier principe pour un système ouvert en écoulement stationnaire  $(D_m(\Delta h + \Delta e_c + \Delta e_p) = \mathcal{P}_w + \mathcal{P}_q)$  pour étudier les différents organes d'une machine thermique, en particulier les évaporateurs ou condenseurs où se produisent les changements d'état.

**D2 - Électrocinétique****Questions de cours:**

- Densité volumique de porteurs de charges  $n(M)$ , densité volumique de charges électriques  $\rho(M)$ , vecteur densité de courant électrique  $\vec{j}_{\text{elec}}(M)$ , intensité du courant électrique  $I$ . Unités de chaque grandeur. Relations entre ces grandeurs. Cas où plusieurs types de porteurs de charges sont présents.  
Bilan de charges : citer l'équation locale dans le cas tridimensionnel et en interpréter chacun des termes à l'aide de

schémas.

Régime stationnaire : ligne de courant, tube de courant, conservation du flux de  $\vec{j}_{\text{elec}}$  (théorème de Green-Ostrogradski), loi des noeuds

- Conducteur ohmique : modèle de Drude, démonstration de la loi d'Ohm locale, ordre de grandeur de la conductivité électrique du cuivre.

Démonstration de la résistance électrique d'un conducteur filiforme en régime stationnaire : expression de la résistance d'un câble cylindrique parcouru uniformément par un courant parallèle à son axe.

- Démonstration de la puissance volumique cédée aux porteurs de charges par la force électrique et expression de la puissance.

Cas d'un conducteur ohmique : puissance dissipée par effet Joule

#### Savoir faire:

- Savoir passer d'une description microscopique (porteurs de charges, vitesse des porteurs) aux grandeurs mésoscopiques  $\rho$  et  $\vec{j}_{\text{elec}}$  dans le cas d'un seul type de porteur de charges ou dans le cas de plusieurs porteurs de charges (solution ionique, semi-conducteur).
- Savoir distinguer les charges mobiles et les charges fixes.
- Savoir écrire l'intensité comme le flux du vecteur densité de courant électrique à travers une surface orientée.
- Savoir réaliser un bilan de charges sur un volume infinitésimal, ou un volume fini.
- Savoir déterminer l'expression de la résistance d'un conducteur ohmique à partir de la définition ou à partir de la puissance.
- Savoir déterminer la puissance cédée aux porteurs de charges à partir de la puissance volumique.

## D3 - Magnétostatique

#### Questions de cours:

- Équation de Maxwell pour le champ magnétique (cas général, et cas particulier en régime stationnaire), Relation de Stokes-Ampère, démonstration du théorème d'Ampère.  
Plans de symétrie et d'anti-symétrie de la distribution de courant, conséquence pour le champ magnétique. Densité volumique d'énergie magnétique et énergie magnétique.
- Démonstration de l'expression du champ magnétique et inductance propre d'un solénoïde (cas du modèle d'un solénoïde infini).
- Démonstration de l'expression du champ magnétique et inductance propre d'un tore bobiné.
- Démonstration de l'expression du champ magnétique créé par un conducteur rectiligne infini.
- Démonstration de l'expression du champ magnétique créé par un conducteur cylindrique de longueur infini parcouru par un courant uniforme.
- Force de Lorentz, force de Laplace s'exerçant sur un conducteur filiforme, force volumique de Laplace (expliquer le passage d'une force à l'autre)

## D4 - Équations de Maxwell

#### Questions de cours:

- Équations de Maxwell : formulation locale, passage à la formulation intégrale.
- A.R.Q.S. magnétique : domaine de validité, simplification des équations de Maxwell, comparaison des densités d'énergie magnétique et électrique.
- Démonstration du bilan d'énergie électromagnétique. Identité de Poynting. Vecteur de Poynting. Préciser l'unité de chaque terme et sa signification physique.
- Bilan d'énergie électromagnétique : identité de Poynting, signification physique de chaque terme, passage au bilan intégral, intégration entre  $t = 0$  et  $t$  (avec des schémas).

#### Savoir faire:

- Utiliser le formulaire pour exploiter  $\text{div}$ ,  $\vec{\text{rot}}$ ,  $\vec{\text{grad}}$  et  $\Delta$ .
- Savoir comparer deux grandeurs pour en négliger une devant l'autre (faire un rapport en ordre de grandeur) ; par exemple pour déterminer si la densité de courant de conduction  $\vec{j}_{\text{elec}}$  est prédominante sur la densité de courant de déplacement  $\vec{j}_d$  afin de simplifier l'équation de Maxwell-Ampère.

- Savoir déterminer la puissance électromagnétique rayonnée à travers une surface à partir du vecteur de Poynting.
- Savoir déterminer l'énergie électromagnétique présente dans un milieu à partir de la densité volumique d'énergie.
- Savoir déterminer la puissance transmise par le champ électromagnétique aux porteurs de charge.