

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, détenteur 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 Drüde, 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  $\vec{\text{div}}$ ,  $\vec{\text{rot}}$ ,  $\vec{\text{grad}}$  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.