

## Semaine 11 : du 08/12 au 12/12

**Remarque importante :** cette semaine pour les groupes (1 – 5 – 9 – 13) qui n'en ont pas eu la semaine précédente, 2 questions de cours dont une détermination des champs et potentiels électrostatiques d'une distribution classique (voir les questions 2 à 4 de D2).

Le programme de colles contient :

- **cours et exercices :** le(s) chapitre(s) B2 et B3 ;
- **cours uniquement :** le(s) chapitre(s) D1, D2 et D3 ;
- les blocs **3.5**, **2.2**, **2.3** et **2.4**, du programme de PCSI Physique avec les questions de cours suivantes :

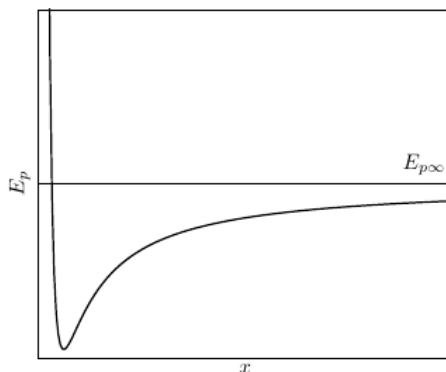
Ph 3.5.a. Rappeler le schéma synoptique puis définir et établir le rendement d'une machine cyclique ditherme (moteur, réfrigérateur, PAC) fonctionnant entre une source chaude à  $T_C$  et une source froide à  $T_F$ .

Ph 2.2.a. Dans le cas d'un mouvement de vecteur accélération constant, exprimer la vitesse et la position au cours du temps. Déterminer la trajectoire en fonction des conditions initiales. Application au mouvement de chute libre sans frottement dans le champ de pesanteur terrestre supposé uniforme.

Ph 2.2.b. Établir l'expression de la quantité de mouvement pour un système de deux points sous la forme :  $\vec{p} = m\vec{v}(G)$ .

Ph 2.2.c. Établir l'équation du mouvement du pendule simple, donner sa solution générale dans le cas des petites oscillations.

Ph 2.3.a. Pour le système unidimensionnel conservatif dont l'énergie potentielle  $E_p(x)$  est donnée ci-dessous, décrire, en fonction de la valeur de l'énergie mécanique la nature du mouvement. Reproduire la figure et indiquer graphiquement les bornes du mouvement dans les différents cas de figure.



Ph 2.4.a. Mettre en équation le mouvement d'une particule chargée dans un champ électrostatique uniforme. Effectuer un bilan énergétique pour exprimer la vitesse acquise par la particule de vitesse initiale nulle en fonction de la différence de potentiels associée au champ électrique.

Ph 2.4.b. Établir l'expression du rayon de la trajectoire supposée circulaire d'une particule chargée placée dans un champ magnétique uniforme perpendiculaire à sa vitesse initiale.

## Chapitre B2 : Cycles industriels

### Questions de cours :

- ChB2 - Soit un dispositif élémentaire (détendeur, échangeur thermique, turbine, compresseur). Appliquer le 1<sup>er</sup> PAMES au fluide traversant le dispositif en précisant les hypothèses usuelles adoptées. Préciser la courbe  $\text{iso}-f$  décrite par l'état du fluide et la tracer sur un diagramme fourni.
- ChB2 - Pour un cycle simple donné, lier les transformations aux étapes dans le diagramme. L'ensemble des dispositifs du cycle et un diagramme  $(T, s)$  ou  $(\log P, h)$  sera fourni. Seul le cycle de Rankine (sens moteur et récepteur) a été travaillé en cours, mais d'autres peuvent être proposés.

### Programme :

En bilans macroscopiques (p.18–19) :

Notions et contenus	Capacités exigibles
<b>3.2. Bilans d'énergie</b>	
Bilans thermodynamiques.	Étudier des propriétés des machines thermodynamiques réelles à l'aide de diagrammes $(P, h)$ .

## Chapitre B3 : Transfert thermique par conduction

### Questions de cours :

- ChB3 - Pour un problème unidimensionnel en coordonnées cartésiennes, cylindriques ou sphériques, établir l'équation aux dérivées partielles vérifiée par la température. Généraliser cette équation à l'aide d'un opérateur vectoriel, dont on donnera l'expression en coordonnées cartésiennes. Analyser cette équation en ordre de grandeur afin de relier les échelles caractéristiques spatiale et temporelle.
- ChB3 - Établir l'expression de la résistance thermique d'un cylindre calorifugé latéralement (conduction axiale) ou d'un cylindre calorifugé longitudinalement (conduction radiale cylindrique). Rappeler les conditions de validité de l'analogie électrocinétique.
- ChB3 - Établir la relation de dispersion des ondes thermiques en géométrie unidimensionnelle cartésienne, exprimer les ondes thermiques associées et la distance caractéristique d'atténuation.

### Programme :

En phénomènes de transport (p.14–16) :

Notions et contenus	Capacités exigibles
<b>2.2.2. Équation de la diffusion thermique</b>	
Les différents modes de transfert thermique : diffusion, convection et rayonnement.	Décrire les trois modes de transfert thermique.
Flux thermique. Vecteur densité de courant thermique $\vec{j}_Q$ .	Exprimer le flux thermique comme le flux du vecteur $\vec{j}_Q$ à travers une surface orientée.
Équilibre thermodynamique local.	Énoncer l'hypothèse de l'équilibre thermodynamique local.  Utiliser les champs scalaires intensifs (volumiques ou massiques) associés à des grandeurs extensives de la thermodynamique.
Loi de Fourier.	Énoncer et utiliser la loi de Fourier.  Citer quelques ordres de grandeur de conductivité thermique dans les conditions usuelles : air, eau, béton, acier.
Bilan d'énergie.	Établir, pour un milieu évoluant à volume constant, l'équation locale traduisant le premier principe dans le cas d'un problème ne dépendant que d'une seule coordonnée d'espace en coordonnées cartésiennes, cylindriques ou sphériques.  Utiliser une généralisation admise en géométrie quelconque à l'aide de l'opérateur divergence et son expression fournie.
Équation de la diffusion thermique.	Établir l'équation de diffusion thermique avec ou sans terme source.  Analyser une équation de diffusion en ordre de grandeur pour relier des échelles caractéristiques spatiale et temporelle.  Relier l'équation de diffusion à l'irréversibilité temporelle du phénomène. <b>Capacité numérique :</b> à l'aide d'un langage de programmation, résoudre l'équation de la diffusion thermique à une dimension par une méthode des différences finies dérivée de la méthode d'Euler explicite de résolution des équations différentielles ordinaires.

Notions et contenus	Capacités exigibles
Conditions aux limites.	Exploiter la continuité du flux thermique.  Exploiter la continuité de la température pour un contact thermique parfait.  Utiliser la relation de Newton (fournie) à l'interface solide-fluide.
<b>2.2.3. Régime stationnaire, ARQS</b>	
Résistance ou conductance thermique.	Définir la notion de résistance thermique par analogie avec l'électrocinétique et énoncer les conditions d'application de l'analogie.  Établir l'expression de la résistance thermique d'un cylindre calorifugé latéralement.  Exploiter des associations de résistances thermiques en série ou en parallèle.
ARQS, analogie électrocinétique avec un circuit RC.	Mettre en évidence un temps caractéristique d'évolution de la température.  Justifier l'ARQS.  Établir l'analogie avec un circuit électrique RC.
<b>2.2.4. Ondes thermique</b>	
Relation de dispersion.	Établir la relation de dispersion des ondes thermiques en géométrie unidirectionnelle.
Effet de peau thermique.	Mettre en évidence le déphasage lié à la propagation.  Établir une distance caractéristique d'atténuation.

En outils mathématiques (p.41–42) :

Notions et contenus	Capacités exigibles
<b>1. Analyse vectorielle</b>	
Gradient.	Relier le gradient à la différentielle d'un champ scalaire à $t$ fixé.  Exprimer les composantes du gradient en coordonnées cartésiennes.  Utiliser le fait que le gradient d'une fonction $f$ est perpendiculaire aux surfaces iso- $f$ et orienté dans le sens des valeurs de $f$ croissantes.
Divergence.	Citer et utiliser le théorème d'Ostrogradski.  Exprimer la divergence en coordonnées cartésiennes.
Laplacien d'un champ scalaire.	Définir le laplacien à l'aide de la divergence et du gradient.  Exprimer le laplacien en coordonnées cartésiennes.

## Chapitre D1 : Transport de charges

### Questions de cours :

ChD1 - Établir l'équation de conservation locale de la charge en coordonnées cartésiennes à une dimension puis rappeler sa généralisation à l'aide d'un opérateur vectoriel dont on précisera l'expression en coordonnées cartésiennes.

### Programme :

En phénomènes de transport (p.13) :

Notions et contenus	Capacités exigibles
<b>2.1. Transport de charge</b>	
<b>2.1.1. Conservation de la charge</b>	
Densité volumique de charge électrique $\rho$ , vecteur densité de courant électrique $\vec{j}$ .	Passer d'une description microscopique (porteurs de charges, vitesse des porteurs) aux grandeurs mésoscopiques $\rho$ et $\vec{j}$ .
Intensité du courant électrique.	Écrire l'intensité comme le flux du vecteur densité de courant électrique à travers une surface orientée.
Bilan de charge. Équation locale de la conservation de la charge.	Établir, en coordonnées cartésiennes, l'équation locale traduisant la conservation de la charge électrique.  Énoncer l'équation locale et en interpréter chacun des termes.
Régime stationnaire.	Définir une ligne de courant et un tube de courant.  Exploiter le caractère conservatif du vecteur densité de courant électrique en régime stationnaire et relier cette propriété à la loi des nœuds usuelle de l'électrocinétique.

## Chapitre D2 : Champ électrique en régime stationnaire

### Questions de cours :

- ChD2 - Sur une distribution de charges fournie, exploiter les symétries et invariances pour en déduire des propriétés du champ électrique.
- ChD2 - Établir l'expression du champ électrique et du potentiel créés en tout point de l'espace par une boule uniformément chargée en volume. En déduire par analogie le champ gravitationnel créé en tout point par une boule de masse volumique uniforme.
- ChD2 - Établir l'expression du champ électrique et du potentiel créés en tout point de l'espace par un cylindre uniformément chargé en volume.
- ChD2 - Établir l'expression du champ électrique et du potentiel créés en tout point de l'espace par un plan infini uniformément chargé en surface. En déduire le champ électrique créé par un condensateur plan puis sa capacité.
- ChD2 - Rappeler l'expression de la densité volumique d'énergie électrique, et vérifier sa cohérence dans le cas du condensateur plan.

### Programme :

En électromagnétisme (p.20–21) :

Notions et contenus	Capacités exigibles
<b>4.1. Symétries des champs électrique et magnétique</b>	
Symétries pour le champ électrique, caractère polaire du champ électrique.	Exploiter les symétries et invariances d'une distribution de charges et de courants pour en déduire des propriétés des champs électrique et magnétique.
Symétries pour le champ magnétique, caractère axial du champ magnétique.	
<b>4.2. Champ électrique en régime stationnaire</b>	
Équations de Maxwell-Gauss et de Maxwell- Faraday.	Citer les équations de Maxwell-Gauss et Maxwell-Faraday en régime variable et en régime stationnaire.
Potentiel scalaire électrique.	Relier l'existence du potentiel scalaire électrique au caractère irrotationnel du champ électrique.
Propriétés topographiques.	Exprimer une différence de potentiel comme une circulation du champ électrique.
	Associer l'évasement des tubes de champ à l'évolution de la norme du champ électrique en dehors des sources.
	Représenter les lignes de champ connaissant les surfaces équipotentielles et inversement.
Équation de Poisson.	Évaluer la valeur d'un champ électrique à partir d'un réseau de surfaces équipotentielles.
	Établir l'équation de Poisson reliant le potentiel à la densité volumique de charge.

Notions et contenus	Capacités exigibles
Théorème de Gauss.	Énoncer et appliquer le théorème de Gauss.  Établir le champ électrique et le potentiel créés par une charge ponctuelle, une distribution de charge à symétrie sphérique, une distribution de charge à symétrie cylindrique.  Exploiter le théorème de superposition.
Distribution surfacique de charge.	Utiliser le modèle de la distribution surfacique de charge.  Établir le champ électrique créé par un plan infini uniformément chargé en surface.
Énergie potentielle électrique d'une charge ponctuelle dans un champ électrique extérieur.	Établir la relation entre l'énergie potentielle d'une charge ponctuelle et le potentiel.  Appliquer le théorème de l'énergie cinétique à une particule chargée dans un champ électrique.
Champ gravitationnel.	Établir les analogies entre les champs électrique et gravitationnel.
<b>4.3. Condensateur</b>	
Phénomène d'influence électrostatique.	<b>Compétence expérimentale :</b> écrire qualitativement le phénomène d'influence électrostatique.
Capacité d'un condensateur plan.	Déterminer l'expression du champ d'un condensateur plan en négligeant les effets de bord.  Déterminer l'expression de la capacité.
Rôle des isolants.	Prendre en compte la permittivité du milieu dans l'expression de la capacité.
Densité volumique d'énergie électrique.	Déterminer l'expression de la densité volumique d'énergie électrique dans le cas du condensateur plan à partir de celle de l'énergie du condensateur.  Citer l'expression de la densité volumique d'énergie électrique.

En outils mathématiques (p.42) :

Notions et contenus	Capacités exigibles
<b>1. Analyse vectorielle</b>	
Rotationnel.	Citer et utiliser le théorème de Stokes.  Exprimer le rotationnel en coordonnées cartésiennes.

## Chapitre D3 : Conduction ohmique

### Questions de cours :

ChD3 - Établir la conductivité d'un milieu dans le modèle de Drude, en rappelant les hypothèses utilisées.

ChD3 - Établir la résistance électrique d'un conducteur ohmique cylindrique parcouru uniformément par un courant parallèle à son axe.

### Programme :

En phénomènes de transport (p.14) :

Notions et contenus	Capacités exigibles
<b>2.1.2. Conducteur ohmique</b>	
Loi d'Ohm locale.	Relier le vecteur densité de courant au champ électrique dans un conducteur ohmique.  Citer des ordres de grandeur de la conductivité.
Modèle de Drude.	Établir, en régime stationnaire, une expression de la conductivité électrique à l'aide d'un modèle microscopique.
Résistance d'un conducteur cylindrique.	Établir l'expression de la résistance d'un câble cylindrique parcouru uniformément par un courant parallèle à son axe.
Puissance électrique. Effet Joule.	Établir l'expression de la puissance volumique reçue par un conducteur ohmique.  Interpréter l'effet Joule.