

**Semaine 13 : du 05/01 au 09/01**

Le programme de colles contient :

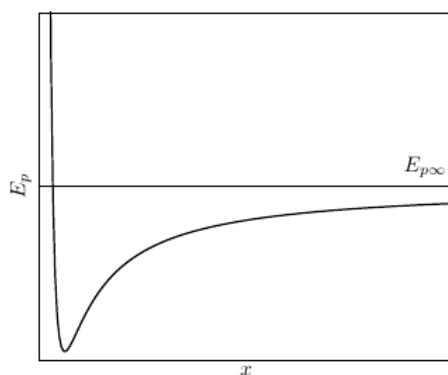
- **cours et exercices** : le(s) chapitre(s) B3, D1, D2 et D3 ;
- **cours uniquement** : le(s) chapitre(s) B4 et G1 ;
- les blocs **2.2, 2.3 et 2.4**, du programme de PCSI Physique avec les questions de cours suivantes :

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.

Ch 1.1.a. On considère la réaction chimique d'équation-bilan  $N_{2(g)} + 3 H_{2(g)} \rightleftharpoons 2 NH_{3(g)}$ , de constante d'équilibre  $K^\circ = 1,64 \cdot 10^{-4}$  (à 400°C). La composition initiale du mélange réactionnel est  $n(N_2) = 1$  mol,  $n(H_2) = 4$  mol,  $n(NH_3) = 1$  mol sous une pression  $P = 200$  bars.

- \* Écrire la composition du système à un instant quelconque en fonction de sa composition initiale et de l'avancement  $\xi$ .
- \* Déterminer les réactifs limitants si la réaction se produit dans le sens direct puis si elle se produit dans le sens inverse et les valeurs extrêmes de l'avancement.
- \* Exprimer le quotient de réaction ; en déduire le sens dans lequel la réaction tend à se produire pour les conditions initiales données.

## 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.
Loi de Fourier.	Utiliser les champs scalaires intensifs (volumiques ou massiques) associés à des grandeurs extensives de la thermodynamique. Énoncer et utiliser la loi de Fourier.
Bilan d'énergie.	Citer quelques ordres de grandeur de conductivité thermique dans les conditions usuelles : air, eau, béton, acier. 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.
Équation de la diffusion thermique.	Utiliser une généralisation admise en géométrie quelconque à l'aide de l'opérateur divergence et son expression fournie. 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.

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

En outils mathématiques (p.41–42) :

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

## 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 méso-scopiques $\rho$ 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.
Régime stationnaire.	Énoncer l'équation locale et en interpréter chacun des termes. 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 champs 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.  Exprimer une différence de potentiel comme une circulation du champ électrique.
Propriétés topographiques.	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.

<b>Notions et contenus</b>	<b>Capacités exigibles</b>
Théorème de Gauss.	<p>Énoncer et appliquer le théorème de Gauss.</p> <p>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.</p> <p>Exploiter le théorème de superposition.</p>
Distribution surfacique de charge.	<p>Utiliser le modèle de la distribution surfacique de charge.</p> <p>Établir le champ électrique créé par un plan infini uniformément chargé en surface.</p>
Énergie potentielle électrique d'une charge ponctuelle dans un champ électrique extérieur.	<p>Établir la relation entre l'énergie potentielle d'une charge ponctuelle et le potentiel.</p> <p>Appliquer le théorème de l'énergie cinétique à une particule chargée dans un champ électrique.</p>
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.
Rôle des isolants.	Déterminer l'expression de la capacité.
Densité volumique d'énergie électrique.	<p>Prendre en compte la permittivité du milieu dans l'expression de la capacité.</p> <p>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.</p> <p>Citer l'expression de la densité volumique d'énergie électrique.</p>

En outils mathématiques (p.42) :

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

## 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.

## Chapitre B4 : Diffusion de particules

### Questions de cours :

ChB4 - Énoncer la loi de Fick, en précisant tous les termes et leurs unités, puis rappeler l'expression de l'opérateur utilisé en coordonnées cartésiennes.

ChB4 - Pour un système unidimensionnel en coordonnées cartésiennes, cylindriques ou sphériques, établir l'équation de diffusion de particules.

### Programme :

En phénomènes de transport (p.16) :

Notions et contenus	Capacités exigibles
<b>2.3. Diffusion de particules</b>	
Les différents modes de transfert de particules : diffusion et convection.	Citer les deux modes de transfert de particules.
Vecteur densité de courant de particules $\vec{j}_N$ .	Exprimer le débit de particules comme le flux du vecteur $\vec{j}_N$ à travers une surface orientée.
Loi de Fick.	Énoncer et utiliser la loi de Fick.
Bilan de particules.	Établir l'équation locale de bilan de particules avec ou sans terme source.
Équation de diffusion.	Établir l'équation de diffusion.
	Relier l'équation de diffusion à l'irréversibilité temporelle du phénomène.

## Chapitre G1 : Application du 1<sup>er</sup> principe aux transformations physico-chimiques

### Questions de cours :

ChG1 - Écrire la réaction de formation du monoxyde de carbone  $\text{CO}_{(\text{g})}$ . Les formes stables du carbone et de l'oxygène à température et pression ambiante sont le graphite (carbone solide) et le dioxygène gazeux.

ChG1 - On donne les enthalpies de réaction :  $2\text{H}_{2(\text{g})} + \text{O}_{2(\text{g})} = 2\text{H}_{2\text{O}(\text{g})}$ ,  $\Delta_rH_1^\circ$  et  $\text{H}_{2\text{O}(\ell)} = \text{H}_{2\text{O}(\text{g})}$ ,  $\Delta_rH_2^\circ$ . Exprimer l'enthalpie standard de formation de l'eau liquide  $\text{H}_{2\text{O}(\ell)}$  en fonction de  $\Delta_rH_1^\circ$  et  $\Delta_rH_2^\circ$ .

ChG1 - On effectue une réaction chimique d'enthalpie standard de réaction  $\Delta_rH^\circ$ , avec une variation d'avancement  $\Delta\xi$  dans un réacteur isobare et isotherme. Déterminer la chaleur fournie au milieu extérieur.

ChG1 - On effectue une réaction chimique d'enthalpie standard de réaction  $\Delta_rH^\circ$ , avec une variation d'avancement  $\Delta\xi$  dans un réacteur isobare et calorifugé. La capacité thermique globale du système après réaction vaut  $C_p$ , exprimer la variation de température. On précisera le signe de cette dernière en fonction du signe de  $\Delta_rH^\circ$ .

### Programme :

En transformations de la matière (p.34) :

Notions et contenus	Capacités exigibles appliquées aux transformations physico-chimiques
<b>7.1. Premier principe de la thermodynamique</b>	
État standard. Enthalpie standard de réaction.	Déterminer l'enthalpie standard de réaction à l'aide de tables de données thermodynamiques.
Loi de Hess.	Associer le signe de l'enthalpie standard de réaction au caractère endothermique ou exothermique de la réaction.
Enthalpie standard de formation, état standard de référence d'un élément.	
Effets thermiques en réacteur monobare :	
<ul style="list-style-type: none"><li>transfert thermique associé à la transformation chimique en réacteur monobare, isotherme ;</li><li>variation de température en réacteur monobare, adiabatique.</li></ul>	Prévoir, à partir de données thermodynamiques, le sens et estimer la valeur du transfert thermique entre un système, siège d'une transformation physico-chimique et le milieu extérieur.  Évaluer la température atteinte par un système siège d'une transformation chimique supposée monobare et réalisée dans un réacteur adiabatique.
	<b>Compétence expérimentale :</b> mettre en œuvre une transformation physico-chimique en réacteur adiabatique monobare pour déterminer une enthalpie standard de réaction.