PROGRAMME DE COLLE DE PHYSIQUE
Semaine du 25/01 au 30/01

MF4 - Pertes de charges

Tout exercice sur le sujet.

Th9 - Conduction thermique (cours + exercices)

– Rappels sur les différents modes de transferts thermiques : conduction, convection, rayonnement.
– Vecteur densité de flux thermique ; Flux thermique. Savoir exprimer les flux dans les cas :

- ◇ 1D axial : $\phi(x,t) = j_Q(x,t)S$
- ◇ 1D radial en cylindrique : $\phi(r,t) = j_Q(r,t)\,2\pi rh$
- ◇ 1D radial en sphérique : $\phi(r,t) = j_Q(r,t)\,4\pi r^2$

– Conduction thermique : connaître la loi de Fourier et savoir l'interpréter.

$$\vec{\jmath}_{cd} = -\lambda\,\overrightarrow{\text{grad}}\,T \quad \text{avec } \lambda \text{ conductivité thermique}$$

Savoir l'exprimer dans les cas :

- ◇ 1D axial : $\vec{\jmath}_{cd} = -\lambda\frac{\partial T}{\partial x}(x,t)\vec{u}_x$
- ◇ 1D radial en cylindrique : $\vec{\jmath}_{cd} = -\lambda\frac{\partial T}{\partial r}(r,t)\vec{u}_r$
- ◇ 1D radial en sphérique : $\vec{\jmath}_{cd} = -\lambda\frac{\partial T}{\partial r}(r,t)\vec{u}_r$

– Savoir établir l'équation de la diffusion thermique 1D axiale (sans terme source) :

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\lambda}{\mu c}\frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$$

– Soit L une dimension caractéristique du système et τ le temps caractéristique de diffusion thermique. Savoir établir :

$$L^2 = D\tau \quad \text{avec } D = \frac{\lambda}{\mu c} \text{ diffusivité thermique}$$

– Cas particulier du régime stationnaire 1D axial : **en l'absence de source, le flux thermique se conserve**. Calcul du champ de température $T(x)$ à partir de la conservation du flux ou à partir de la résolution directe de l'équation de diffusion en régime stationnaire. Résistance et conductance thermique.

$$R_{\text{th}} = \frac{T_1 - T_2}{\phi} = \frac{L}{\lambda S} \qquad G_{\text{th}} = \frac{1}{R_{\text{th}}}$$

Savoir identifier les résistances thermiques en série ou en parallèle.
– ARQS : applicable si la température varie sur des échelles de temps très supérieure à $\tau = L^2/D$.
– Cas non stationnaire. Pour un forçage en surface ($x = 0$) correspondant à $T_{\text{surf}}(t) = T_0 + \theta_0\cos\omega t$, savoir établir que la température à une profondeur x est de la forme

$$T(x,t) = T_0 + \theta_0\,e^{-\frac{x}{\delta}}\cos\left(\omega t - \frac{x}{\delta}\right) \quad \text{avec } \delta = \sqrt{\frac{2D}{\omega}}$$

Estimation de δ pour des variations diurnes ou annuelles de températures.
– Transfert conducto-convectif à la paroi. Loi de Newton. Résistance thermique conducto-convective.

Transfert d'énergie par conduction thermique	
Densité de flux thermique	Définir et algébriser la puissance thermique échangée à travers une surface.
Loi de Fourier	Relier la non-uniformité de la température à l'existence d'un flux thermique et interpréter son sens. Citer des ordres de grandeur de conductivité thermique pour des matériaux dans le domaine de l'habitat.
Analogie électrique dans le cas du régime stationnaire	Définir la résistance thermique. Exploiter l'analogie électrique lors d'un bilan thermique.
Loi de Newton	Exploiter la loi de Newton fournie pour prendre en compte les échanges conducto-convectifs en régime stationnaire.
Équation de la chaleur sans terme source dans le cas d'une conduction thermique unidirectionnelle.	Établir l'équation de la diffusion thermique dans le cas unidimensionnel. Interpréter qualitativement l'irréversibilité du phénomène. Relier le temps et la longueur caractéristiques d'un phénomène de diffusion thermique au coefficient de diffusion thermique par une analyse dimensionnelle
Ondes thermiques	Établir une distance ou un temps caractéristique d'atténuation en utilisant le modèle de l'onde plane en géométrie unidimensionnelle.

EM1 a - Distribution de charges (cours)

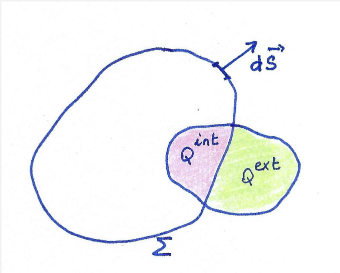
– Charge électrique. Retenir : **la charge électrique est une grandeur conservative**.
– Distribution de charges : charge ponctuelle, densité volumique, surfacique et linéique de charge.
– Invariance par translation, invariance par rotation, symétrie et antisymétrie d'une distribution de charges.
– Connaître les expressions des déplacements élémentaires dans les trois systèmes de coordonnées et savoir exprimer les éléments de surface ou de volume usuels en cylindrique et en sphérique.

EM1 b - Champ électrostatique crée par une distribution de charge (cours)

– Loi de Coulomb. Définition du champ électrique $\vec{E}$. Connaître l'ordre de grandeur du champ disruptif de l'air.
– Champ électrique créé par une charge ponctuelle.
– Théorème de superposition. Expression du champ électrique créé par un ensemble de charges ponctuelles, et par des distributions volumique, surfacique et linéique de charges.
– Ligne de champ, tube de champ. Deux lignes de champ ne se croisent pas (sauf en des points ou le champ électrique est nul). Elles divergent des charges positives et convergent vers le charges négatives.
– Principe de Curie. Le champ électrique vérifie les mêmes propriétés de symétrie que les sources. Invariance par translation, rotation. Si M appartient à un plan de symétrie alors $\vec{E}(M)$ appartient à ce plan. Si M appartient à un plan d'antisymétrie alors $\vec{E}(M)$ est perpendiculaire à ce plan.
– Théorème de Gauss

Le flux du champ électrostatique à travers une surface fermée **orientée vers l'extérieur** est égal à la charge totale Q^{int} contenue à l'intérieur du volume divisé par ε_0.

$$\oiint_{\Sigma} \vec{E} \cdot \mathrm{d}\vec{S} = \frac{Q^{\text{int}}}{\varepsilon_0}$$



conséquence : en l'absence de charge le champ $\vec{E}$ est à flux conservatif.
– Formulation locale du théorème de Gauss : équation de Maxwell-Gauss

$$\operatorname{div} \vec{E} = \frac{\rho}{\varepsilon_0}$$

En l'absence de charge $\operatorname{div} \vec{E} = 0$, en accord avec le fait que $\vec{E}$ à flux conservatif.
– Calcul du champ électrostatique créé par un plan infini uniformément chargé. Calcul de la discontinuité du champ à la traversée de la surface chargée.
– Calcul du champ électrostatique créé par un fil infini uniformément chargé.
– Calcul du champ électrostatique créé par une sphère uniformément chargée en volume. On remarque qu'à l'extérieur de la sphère, le champ est identique au champ que créerait une charge ponctuelle égale à la charge totale de la distribution et placée en son centre.
– Calcul du champ électrostatique créé par une sphère uniformément chargée en surface. Même remarque que précédemment en ce qui concerne le champ électrostatique à l'extérieur de la sphère. Calcul de la discontinuité à la traversée de la surface chargée.
– Relation de passage du champ $\vec{E}$ à la traversée d'une surface chargée
– Analogie gravitationnelle : connaître le théorème de Gauss gravitationnel ainsi que sa formulation locale :

$$\operatorname{div} \vec{g} = -4\pi G\rho$$

Tout calcul du champ électrostatique doit être précédé d'un choix cohérent d'un système de coordonnées et d'une étude préalable des invariances par translation, rotation et des symétries du problème.

Électrostatique du vide	
Description et effets électriques d'une accumulation de charges statiques	Définir et utiliser une fonction densité volumique, surfacique ou linéique de charges. Définir le champ électrostatique à l'aide de la force électrostatique ressentie par une charge ponctuelle d'essai placée dans le champ électrostatique d'une autre distribution. Citer quelques ordres de grandeurs de champs électriques. Énoncer le principe de Curie. Repérer les symétries et invariances d'une distribution. Définir la notion de ligne de champ électrostatique et prévoir la topographie des lignes de champ associées à une charge ponctuelle, un cylindrique infini, un plan infini uniformément chargés et une sphère chargée uniformément.
Équation de Maxwell-Gauss, théorème de Gauss	Énoncer l'expression du champ créé par une charge ponctuelle. Énoncer le théorème de Gauss et le relier à l'équation de Maxwell-Gauss. Utiliser le théorème de Gauss pour calculer un champ électrostatique créé par une distribution présentant un haut degré de symétrie (plan, cylindre, sphère).