PROGRAMME DE COLLE DE PHYSIQUE

Semaine du 24/02 au 01/03

EM1 b - Champ électrostatique crée par une distribution de charge

Tout exercice sur le sujet.

EM2 - Potentiel électrostatique. Conducteur à l'équilibre électrostatique (cours + exercices)

– Circulation du champ électrostatique : on constate que la circulation du champ électrostatique créé par une charge ponctuelle est conservative. Le théorème de superposition permet de généraliser cette propriété à un champ créé par une distribution de charges quelconque.
– La loi de Maxwell-Faraday $\overrightarrow{\mathrm{rot}}\,\vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$ devient, dans le cas **statique** :

$$\overrightarrow{\mathrm{rot}}\,\vec{E} = \vec{0}$$

Cette loi traduit localement le fait que $\vec{E}$ soit à circulation conservative. On peut alors poser

$$\vec{E} = -\overrightarrow{\mathrm{grad}}\,V$$

on a ainsi

$$\int_A^B \vec{E} \cdot \mathrm{d}\vec{\ell} = V(A) - V(B)$$

Connaître l'expression de $\vec{E} = -\overrightarrow{\mathrm{grad}}\,V$ dans quelques géométries simples :

- Géométrie 1D axiale : $V = V(x)$ $\vec{E}(x) = -\frac{\mathrm{d}V}{\mathrm{d}x}\vec{u}_x$
- Géométrie 1D radiale cylindrique : $V = V(r)$ $\vec{E}(r) = -\frac{\mathrm{d}V}{\mathrm{d}r}\vec{u}_r$
- Géométrie 1D radiale sphérique : $V = V(r)$ $\vec{E}(r) = -\frac{\mathrm{d}V}{\mathrm{d}r}\vec{u}_r$

– Expression du potentiel électrostatique crée par une charge ponctuelle, puis par une distribution volumique, surfacique ou linéique de charges de dimension finie (avec $V = 0$ à l'infini).

– $\overrightarrow{\mathrm{rot}}\,\vec{E} = \vec{0} \Rightarrow$ les lignes de champs ne se referment pas sur elles-mêmes.
– $\vec{E} = -\overrightarrow{\mathrm{grad}}\,V \Rightarrow$ les lignes de champs sont perpendiculaires aux surfaces isopotentielles et orientées vers les valeurs du potentiel décroissantes.
– Le potentiel $V(M)$ possède les mêmes symétries que la distribution de charges qui le crée.

– Calcul du potentiel crée par
• un plan infini uniformément chargé
• un fil infini uniformément chargé
• une sphère uniformément chargée en volume
• une sphère uniformément chargée en surface
– Savoir que l'énergie potentielle d'une charge q placée dans un champ électrostatique dérivant du potentiel V vaut :

$$E_p = qV$$

– Conducteur à l'équilibre électrostatique :
• dans un conducteur à l'équilibre électrostatique $\vec{E} = \vec{0}$, $\rho = 0$. Si le conducteur est chargé alors les charges se répartissent à la surface du conducteur.
• $V = cte$ dans tout le volume du conducteur. Les lignes de champ électrique sont donc normales à la surface et le champ électrostatique infiniment près de la surface vaut

$$\vec{E} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\vec{n} \quad \text{(Théorème de Coulomb)}$$

– Cavité dans un conducteur : cage de Faraday

– Capacité d'un conducteur seul dans l'espace. Cas d'un conducteur sphérique. Effet de pointe.
– Condensateur : influence totale entre deux conducteurs. Capacité d'un condensateur.
– Calcul de la capacité d'un condensateur sphérique et d'un condensateur cylindrique assimilé à un cylindre infini.
– Calcul de la capacité d'un condensateur plan (si on néglige les effets de bord) :

$$C = \frac{\varepsilon_0 S}{e}$$

– La relation $\mathcal{E} = \frac{1}{2}CU^2$, ainsi que la relation $U = Ee$, permet d'établir dans ce cas particulier l'expression de la densité volumique d'énergie électrostatique :

$$e_m = \frac{1}{2}\varepsilon_0 E^2$$

EM3 - Conduction électrique (cours)

– Notion de conducteur. Intensité d'un courant électrique.
– Vecteur densité de courant. Savoir calculer le flux du vecteur densité de courant dans le cas de géométrie simples.
– Savoir établir l'équation de conservation de la charge à une dimension :

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial j}{\partial x} = 0$$

– Connaître sa généralisation (admise) à 3 dimensions :

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \operatorname{div} \vec{j} = 0$$

– Cas particulier du régime stationnaire : en régime stationnaire $\vec{j}$ est à flux conservatif :

$$\operatorname{div} \vec{j} = 0$$

Conséquence : l'intensité du courant est la même en tout point d'un même fil. Lois des nœuds.