BLAISE PASCAL
PT 2021-2022

Programme des colles semaine 15 : du 3 au 7 janvier

Électrostatique et conduction électrique

*La colle commence par une question de cours extraite de la liste ci-dessous et se poursuit par un exercice.
Je rappelle que vous trouverez sur mon site la version complétée du poly de cours,
ainsi que les corrigés des TD et des DM. N'hésitez surtout pas à me signaler s'il en manque !*

Au programme

Chapitre 11 : Champ électrostatique

Questions de cours et exercices. Ce chapitre interviendra inévitablement en lien avec les autres chapitres du programme, mais ne fera l'objet d'aucun exercice spécifique.

Chapitre 12 : Potentiel électrostatique

Questions de cours et exercices.

Chapitre 13 : Conduction électrique

Questions de cours et exercices.

Chapitre 14 : Champ magnétique

Questions de cours uniquement. **Aucun exercice cette semaine.**

Révisions R6 : Particules chargées ; satellites et planètes

Questions de cours. Les notions de PTSI pourront intervenir dans des exercices en lien avec le programme de PT mais ne feront l'objet d'**aucun exercice spécifique**.

Questions et applications de cours

Seuls les étudiants du groupe PT⋆ (trinômes 1 à 8) seront interrogés sur les questions marquées d'une étoile, car elles sont plus techniques et/ou moins essentielles ... mais tous les étudiants sont bien sûr invités à les travailler !

11.1 - Rappeler l'équation de Maxwell-Gauss puis démontrer le théorème de Gauss.

11.2 - Déterminer le champ électrostatique créé par une sphère uniformément chargée en volume.

11.3 - Déterminer le champ électrostatique créé par un cylindre infini uniformément chargé en volume.

11.4 - Déterminer le champ électrostatique créé par un plan infini uniformément chargé en surface.

> *Sur toutes les questions relatives au théorème de Gauss, la rigueur de la démarche est un point essentiel qui doit* ***très clairement*** *apparaître.*

12.1 - Considérons un cylindre de rayon R et de hauteur infinie, uniformément chargé en volume avec la densité ρ_0. En coordonnées cylindriques d'axe (Oz) confondu avec l'axe du cylindre, le champ créé par ce cylindre s'écrit

$$\vec{E} = \begin{cases} \dfrac{\rho_0 r}{2\varepsilon_0}\vec{e}_r & \text{si } r \leq R \\ \dfrac{\rho_0 R^2}{2r\varepsilon_0}\vec{e}_r & \text{si } r \geq R \end{cases}$$

Calculer en tout point de l'espace le potentiel dont dérive ce champ en supposant qu'il est nul sur l'axe du cylindre.

12.2 - Établir l'expression de la capacité d'un condensateur plan « en passant par les charges » : l'expression du champ créé par un plan infini chargé en surface avec densité σ sera rappelée sans démonstration par l'étudiant qui l'utilisera comme point de départ de la démonstration.

12.3 - Établir l'expression de la capacité d'un condensateur plan « en passant par l'énergie » : l'étudiant utilisera l'équation de Poisson pour relier le champ électrostatique à la tension aux bornes du condensateur, puis l'expression de la densité volumique d'énergie électrostatique.

13.1 - Établir le lien entre le vecteur densité volumique de courant $\vec{\jmath}$, la densité volumique de charge libre ρ et la vitesse d'ensemble des porteurs $\vec{v}$. On raisonnera sur un système unidimensionnel ne contenant qu'un seul type de porteurs libres.

> *La démonstration consiste à identifier les définitions « microscopique » (charge traversant une section) et « mésoscopique » (flux de $\vec{\jmath}$) de l'intensité pour obtenir l'identité $\vec{\jmath} = \rho \vec{v}$.*

13.2 - Établir l'équation de conservation de la charge à une dimension à partir d'un bilan mésoscopique, et la généraliser sans démonstration au cas tridimensionnel.

13.3 - Établir l'équation de conservation de la charge à partir des équations de Maxwell.

13.4 - En raisonnant sur un conducteur ohmique cylindrique, retrouver la loi d'Ohm intégrale à partir de la loi d'Ohm locale ainsi que l'expression de la résistance du cylindre.

14.1 - Établir l'expression du champ magnétostatique créé par un fil rectiligne infiniment fin parcouru par un courant d'intensité I.

14.2 - Établir l'expression du champ magnétostatique créé par un cylindre d'axe (Oz) parcouru par une densité volumique de courant $\vec{\jmath} = J_0 \vec{e}_z$ uniforme.

14.3 - Établir l'expression du champ magnétostatique créé en tout point de l'espace par un solénoïde d'axe (Oz) formé de n spires par unité de longueur et parcouru par un courant d'intensité I. Pour mener le calcul à son terme, le champ doit être partiellement fourni par l'interrogateur :

- ▷ ou bien on admettra que le champ à l'extérieur du solénoïde est uniformément nul ;
- ▷ ou bien on admettra que le champ sur l'axe du solénoïde vaut $\mu_0 n I \vec{e}_z$.

14.4 - Établir l'expression de l'inductance d'une bobine de grande longueur assimilée à un solénoïde infini « en passant par le flux propre ».

14.5 - Établir l'expression de l'inductance d'une bobine de grande longueur assimilée à un solénoïde infini « en passant par l'énergie ».

R6.1 - On considère un système de deux électrodes planes parallèles (type condensateur) distantes de L le long de l'axe (Ox). Elles sont soumises à une tension $U = V(0) - V(L)$. Une particule de charge q est lâchée sans vitesse de l'électrode située en $x = 0$, on souhaite qu'elle atteigne la deuxième. Quel doit être le signe de U pour que ce soit possible ? Déterminer la vitesse avec laquelle l'électrode située en $x = L$ est atteinte.

(★) R6.2 - On considère une particule de charge $q > 0$ dans un champ magnétostatique uniforme $\vec{B} = B\vec{e}_z$. **On admet** que la trajectoire est circulaire, parcourue **en sens horaire** autour de (Oz), et on suppose le vecteur vitesse initiale perpendiculaire au champ magnétique : $\vec{v}_0 = -v_0 \vec{e}_\theta$. Montrer que le mouvement est uniforme, puis déterminer la pulsation et le rayon cyclotron.

(★) R6.3 - Dans le cas d'un champ central quelconque, établir la conservation du moment cinétique et ses conséquences (planéité du mouvement et loi des aires).

(★) R6.4 - En considérant le champ gravitationnel, construire l'énergie potentielle effective adaptée et l'utiliser pour discuter de la nature des trajectoires en fonction de la valeur de l'énergie mécanique.

R6.5 - Dans le cas particulier d'un mouvement circulaire dans le champ gravitationnel, montrer que le mouvement est uniforme et établir sa vitesse.

R6.6 - Dans le cas particulier d'un mouvement circulaire dans le champ gravitationnel, établir la troisième loi de Kepler et la généraliser au cas d'une trajectoire elliptique. L'expression de la vitesse en orbite circulaire pourra être admise ou redémontrée.

Et après ?

- ▷ Chapitre 15 : Conduction thermique ;
- ▷ Chapitre 16 : Diagrammes et tables thermodynamiques ;
- ▷ Révisions R7 : Induction.