

Programme de colle

Semaine 8 (du 11/11 au 15/11)

Les colles se déroulent en trois parties : une (au moins, il peut y en avoir plusieurs) question de cours tirée de la liste ci-dessous, puis un exercice imposé parmi ceux listés et enfin, si le temps le permet, un exercice au choix du colleur.

Partie 1 – Questions de cours

Électrostatique

- Énoncer la Loi de Coulomb, donner le champ et le potentiel électrostatique créés par une charge ponctuelle, énoncer le principe de superposition
- Donner la relation entre le champ électrostatique et son potentiel, conséquences sur la circulation de \vec{E}
- Énoncer les propriétés de symétries et d'invariances du champ électrostatique, exemples
- Définir les lignes de champ électrostatique et les surfaces équipotentielles, donner leur propriétés
- Définir le flux du champ électrostatique, énoncer le théorème de Gauss
- Exemples de calcul de champ :
 - boule uniformément chargée en volume
 - cylindre uniformément chargé en volume, cas du fil uniformément chargé en longueur
 - plaque infinie uniformément chargée en volume, cas du plan uniformément chargé en surface, application au condensateur plan
- Analogie gravitationnelle
- Dipôle électrostatique : définition, moment dipolaire, approximation dipolaire, calcul du potentiel créé, application d'un champ extérieur constant (résultante, moment, énergie potentielle d'interaction)

Partie 2 – Exercices imposés

Exercice 1 Accélérateur de particules

Un électron dans un accélérateur de particules est placé sans vitesse initiale entre les armatures d'un condensateur plan aux bornes duquel on applique une tension U . On appelle d la distance entre les armatures.

On admet que le champ électrique E est uniforme entre les plaques. On note (Ox) l'axe orthogonal aux armatures situées en $x = 0$ et $x = d$. À l'instant initial, l'électron est en $x \simeq 0$.

1. Comment faut-il appliquer la tension $U > 0$ pour accélérer l'électron ? On fera un schéma faisant apparaître les données du problème.
2. Déterminer la valeur du potentiel électrostatique en tout point entre les armatures. En déduire la relation liant E , U et d .
3. Quel est le mouvement de l'électron entre les armatures ? Déterminer la vitesse de l'électron lorsqu'il arrive en $x = d$.
4. Retrouver ce résultat en utilisant la conservation de l'énergie mécanique.
5. Calculer numériquement l'énergie cinétique d'un électron accéléré sous une tension de 10 MV.

Exercice 2 Condensateur sphérique

Un condensateur sphérique à air, dont la permittivité diélectrique est assimilable à celle du vide ϵ_0 , est formé de deux armatures concentriques, de rayon R_1 et R_2 , avec $R_1 < R_2$. L'armature intérieure de rayon R_1 porte une charge totale $Q > 0$ uniformément répartie. L'armature extérieure porte la charge totale $-Q$ uniformément répartie. On travaille dans la base classique des coordonnées sphériques $(\vec{u}_r, \vec{u}_\theta, \vec{u}_\varphi)$ et en régime permanent.

1. Par des arguments clairs et précis d'invariance et de symétrie, déterminer la forme du champ électrostatique entre les deux armatures.
2. Déterminer l'expression de ce champ entre les armatures, en fonction de Q et ϵ_0 .
3. En déduire la différence de potentiel $V_1 - V_2$ entre les deux armatures en fonction de Q , R_1 , R_2 et ϵ_0 .
4. Déterminer alors l'expression de la capacité de ce condensateur sphérique en fonction de R_1 , R_2 et ϵ_0 .
5. Faire l'application numérique dans le cas où les armatures de ce condensateur sont l'électrosphère (une couche de l'atmosphère) d'une part et le globe terrestre d'autre part. L'électrosphère se trouve à une altitude $h = 80$ km et le rayon terrestre vaut $R_T = 6370$ km. On rappelle également que $\epsilon_0 = \frac{1}{36\pi} \times 10^{-9} \text{F} \cdot \text{m}^{-1}$.

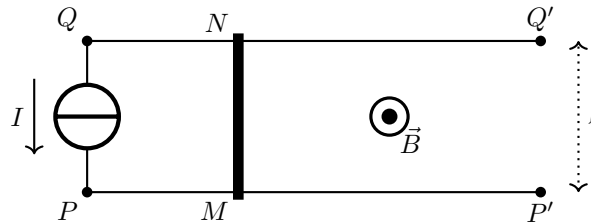
Exercice 3 Densité linéique de charges

On considère un fil infini uniformément chargé de densité linéique de charges λ .

1. Quelle est l'unité de λ ?
2. Déterminer la dépendance et la direction du champ électrostatique créé par le fil.
3. Déterminer le champ électrostatique en tout point de l'espace.
4. Donner la définition d'une ligne de champ électrostatique. Indiquer la forme des lignes de champ créées par le fil infini.
5. Donner la définition du potentiel électrostatique.
6. Déterminer, à une constante près, l'expression du potentiel électrostatique créé en un point M quelconque par le fil infini.
7. En déduire l'allure des surfaces équipotentielles. Comment sont orientées ces surfaces par rapport aux lignes de champ ?

Exercice 4 Canon magnétique

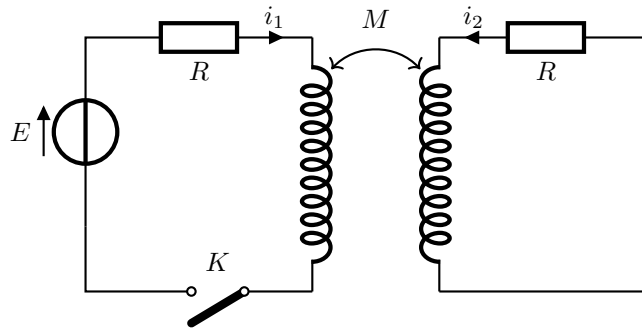
On considère le circuit électrique plan ci-dessous, dans lequel le conducteur MN de masse $m = 500$ g peut glisser sans frottement et sans que le contact électrique soit rompu, sur les conducteurs QQ' et PP' . L'ensemble est placé dans un champ magnétique uniforme \vec{B} normal au plan du circuit. La distance entre les rails est $\ell = 10$ cm.



Le circuit est alimenté par une source de courant stationnaire I . Déterminer la valeur de B pour pouvoir accélérer la masse jusqu'à une vitesse $v = 2,4 \times 10^3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ sur une distance $d = 3$ m si on peut produire un courant $I = 10^3$ A.

Exercice 5 Régime transitoire dans deux circuits couplés

On considère les deux circuits couplés suivant :



L'interrupteur est fermé à l'instant $t = 0$ et l'on suppose qu'avant fermeture les intensités étaient nulles.

1. Établir un système d'équations différentielles couplées vérifiées par les intensités $i_1(t)$ et $i_2(t)$ durant le régime transitoire.
2. Effectuer un bilan de puissance global pour les circuits couplés et interpréter physiquement les différents termes.

La symétrie de ce système différentiel permet de le découpler en introduisant les fonctions intermédiaires $S(t) = i_1(t) + i_2(t)$ et $D(t) = i_1(t) - i_2(t)$.

3. Écrire les équations différentielles vérifiées par $S(t)$ et $D(t)$.
4. Résoudre les équations différentielles précédentes. Déterminer enfin les expressions des intensités $i_1(t)$ et $i_2(t)$. Représenter l'allure des courbes de ces intensités. Commenter.

Partie 3 – Exercices supplémentaires

Tout exercice d'électrostatique.