

Semestre A - Partie 2 : Mécanique 1

CHAP. 16 : MOUVEMENT DE PARTICULES CHARGÉES**Objectifs :**

- Évaluer les ordres de grandeur des forces électrique et magnétique, et les comparer à ceux des forces gravitationnelles.
- Savoir d'un champ électrique peut modifier l'énergie cinétique d'une particule alors qu'un champ magnétique peut courber la trajectoire sans fournir d'énergie à la particule.
- Mettre en équation le mouvement d'une particule chargée dans un champ électrostatique uniforme et le caractériser comme un mouvement à vecteur accélération constant. Citer une application.
- Effectuer un bilan énergétique pour calculer la vitesse d'une particule chargée accélérée par une différence de potentiel.
- Mouvement circulaire d'une particule chargée dans un champ magnétostatique uniforme dans le cas où \vec{v}_0 est perpendiculaire à \vec{B} . Déterminer le rayon de la trajectoire sans calcul en admettant que celle-ci est circulaire. Citer une application.

Rapport du jury :

Centrale Pour le mouvement d'une particule dans un champ magnétique stationnaire : Les démonstrations qui donnent le rayon, en admettant le caractère circulaire (dans l'esprit du programme) ont été valorisées. Le jury a de surcroît évalué l'appropriation des méthodes de base de la résolution, qui sont elles exigibles, nécessaires pour résoudre ces équations : découplage d'équations différentielles, intégrations en prenant en compte les conditions initiales (pour beaucoup, prendre arbitrairement $x_0 = 0$ et $y_0 = 0$ signifie annuler les constantes d'intégration). Le résultat est malheureusement bien pauvre même sur ces méthodes : ce type de résolution mathématique reste hors de portée de la grande majorité des étudiants

CCPINP 2024. Les lacunes relatives à la base de Frenet empêchent les candidats de produire une démonstration convaincante du caractère circulaire de la trajectoire. Rappelons que la base de Frenet a été introduite dans le programme de PCSI précisément pour conduire cette démonstration sans avoir à passer par les coordonnées cartésiennes. Pour les candidats qui parviennent à une expression du rayon de courbure, il faut mentionner que ce dernier est constant pour conclure que la trajectoire est circulaire.

Quelques ordres de grandeur

Champ électrique	
10^{-6} V/m	champ créé par un proton à une distance de 1 mm
10^3 V/m	champ entre 2 plaques distantes de 1 cm et soumises à 10 V
10^6 V/m	champ disruptif de l'air, pour lequel un éclair peut se propager
50 V/m	Réfrigérateur, téléviseur
Champ magnétique	
10^{-5} T	champ magnétique terrestre
0,1 T	aimant usuel
1,25 T	Aimant au néodyme de la taille d'une pièce de monnaie (peut soulever un objet de 9 kg et effacer les informations d'une carte de crédit)
10 T à 100 T	électro-aimant

Notion de produit vectoriel

Soit deux vecteurs \vec{u} et \vec{v}

le produit vectoriel $\vec{u} \wedge \vec{v}$ est l'unique vecteur tel que

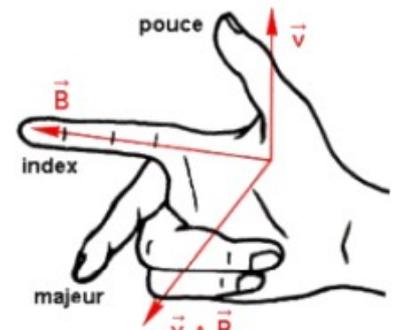
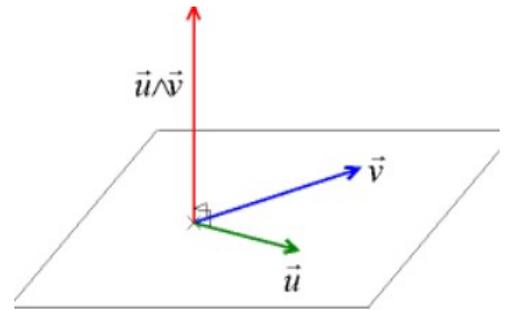
- $\vec{u} \wedge \vec{v}$ est orthogonal à \vec{u} et \vec{v}
 - $(\vec{u}, \vec{v}, \vec{u} \wedge \vec{v})$ est un trièdre directe
 - $\|\vec{u} \wedge \vec{v}\| = \|\vec{u}\| \|\vec{v}\| \sin(\alpha)$ avec α l'angle entre \vec{u} et \vec{v}
- cas des vecteurs de base cartésienne :

$$\begin{aligned} \vec{e}_x \wedge \vec{e}_y &= \vec{e}_z & \vec{e}_y \wedge \vec{e}_x &= -\vec{e}_z \\ \vec{e}_x \wedge \vec{e}_z &= -\vec{e}_y & \vec{e}_z \wedge \vec{e}_x &= \vec{e}_y \\ \vec{e}_y \wedge \vec{e}_z &= \vec{e}_x & \vec{e}_z \wedge \vec{e}_y &= -\vec{e}_x \end{aligned}$$

De façon plus générale :

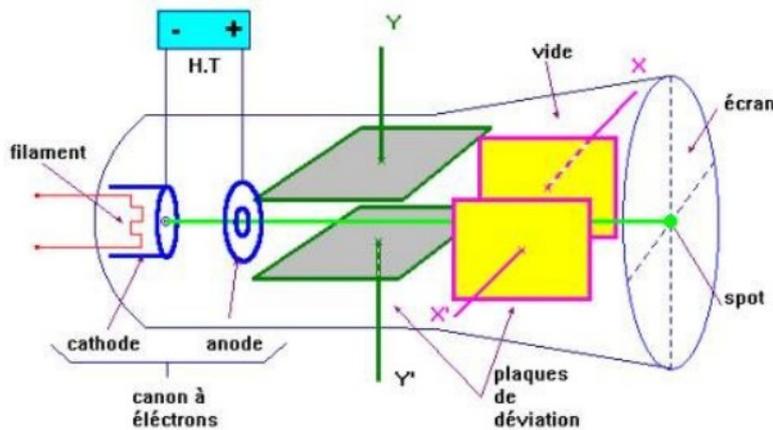
$$\vec{u} \wedge \vec{v} = \begin{pmatrix} u_x \\ u_y \\ u_z \end{pmatrix}_{\vec{e}_x, \vec{e}_y, \vec{e}_z} \wedge \begin{pmatrix} v_x \\ v_y \\ v_z \end{pmatrix}_{\vec{e}_x, \vec{e}_y, \vec{e}_z} = \begin{pmatrix} u_y v_z - u_z v_y \\ u_z v_x - u_x v_z \\ u_x v_y - u_y v_x \end{pmatrix}_{\vec{e}_x, \vec{e}_y, \vec{e}_z}$$

Pas de « x » dans la composante selon \vec{e}_x
 Pas de « y » dans la composante selon \vec{e}_y
 Pas de « z » dans la composante selon \vec{e}_z

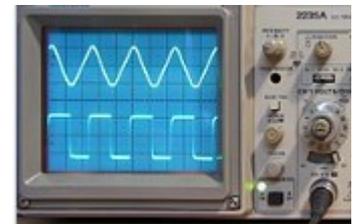


Règle des 3 doigts de la main droite

Mouvement dans un champ électrique uniforme et stationnaire



Principe de l'oscilloscope analogique



Mouvement dans un champ magnétique uniforme et stationnaire

