

Programme de colle 20

S. Benhajlahsen → PCSI₁



Semaine du lundi 11 mars 2024

Sommaire

I	Mouvement d'une particule chargée dans un champ électrique ou dans un champ magnétique	1
II	Potentiel électrostatique et théorème de Gauss	3

Au programme cette semaine :

I Mouvement d'une particule chargée dans un champ électrique ou dans un champ magnétique

1. Force de Lorentz

- (a) définition
- (b) transfert d'énergie du champ électrique à une particule

|| **Capacité exigible :** Justifier qu'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.

2. Action d'un champ électrique sur une particule chargée

- (a) accélération linéaire d'une particule chargée

|| **Capacité exigible :** Effectuer un bilan énergétique pour déterminer la valeur de la vitesse d'une particule chargée accélérée par une différence de potentiel.

- (b) mouvement d'une particule chargée dans un champ électrostatique uniforme et constant

|| **Capacité exigible :** Mettre en équation le mouvement et le caractériser comme un mouvement à vecteur accélération constant.

- (c) déviation d'un faisceau d'électron

3. Action d'un champ magnétostatique sur une particule chargée

|| **Capacité exigible :** Déterminer le rayon de la trajectoire et le sens de parcours.

- (a) équation du mouvement
- (b) nature du mouvement
- (c) application : le cyclotron

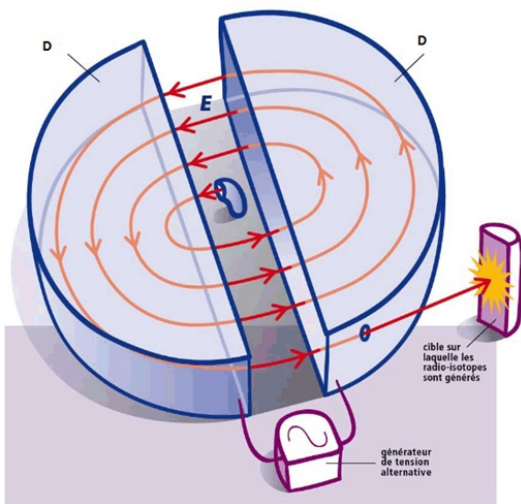


FIGURE 1 – Cyclotron

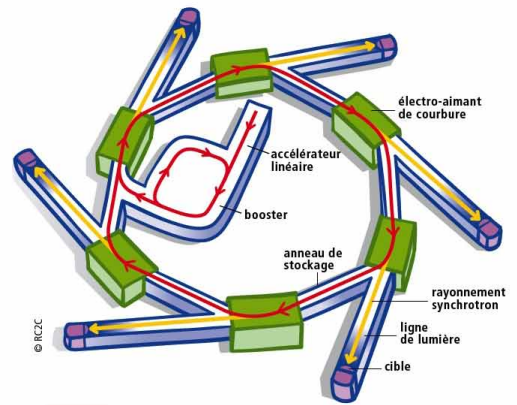


FIGURE 2 – Synchrotron soleil

II Potentiel électrostatique et théorème de Gauss

1. Circulation du champ électrostatique

(a) circulation du champ électrostatique

|| **Capacité exigible (PSI) :** Exprimer une différence de potentiel comme une circulation du champ électrique.

(b) cas d'une charge ponctuelle

|| **Capacité exigible (PSI) :** Établir la relation entre l'énergie potentielle d'une charge ponctuelle et le potentiel.

2. Potentiel électrostatique

(a) potentiel électrostatique créé par une charge ponctuelle

(b) Propriétés et surfaces équipotentielles (voir figure 3)

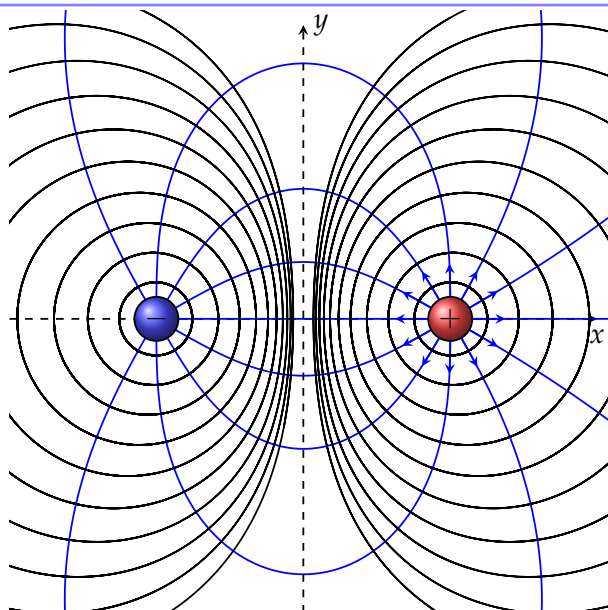
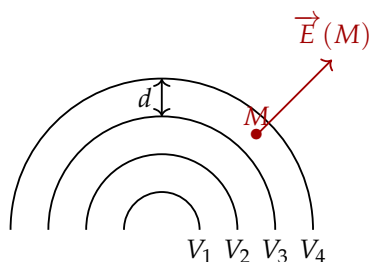


FIGURE 3 – Surfaces équipotentielles autour d'un doublet de charge $(+q, -q)$. On a laissé en bleu les lignes du champ électrique.

|| **Capacité exigible (PC) :** Justifier l'orthogonalité des lignes de champ avec les surfaces équipotentielles et leur orientation dans le sens des potentiels décroissants.

|| **Capacité exigible (PSI) :** Évaluer la valeur d'un champ électrique à partir d'un réseau de surfaces équipotentielles.

Réponse :



Si le champ électrique est la mesure du gradient de potentiel alors, en première approximation, on a :

$$\|\vec{E}(M)\| = \|\overrightarrow{-\text{grad}}(V)\| \approx \frac{|V_3 - V_4|}{d}$$

Cela justifie de plus que le champ électrique se mesure en $V \cdot m^{-1}$.

3. Énergie potentielle électrostatique

(a) travail de la force électrostatique

(b) énergie potentielle électrostatique

4. Flux d'un champ vectoriel

- (a) vecteur surface élémentaire
- (b) flux du champ électrostatique

5. Théorème de Gauss

- (a) énoncé

|| **Capacité exigible (PC) :** Choisir une surface adaptée et utiliser le théorème de Gauss.

- (b) Calcul du champ électrique avec le théorème de Gauss

- i. champ créé par une sphère chargée uniformément en surface (voir figure 4)
- ii. champ créé par un cylindre chargé uniformément en volume (voir figure 5)
- iii. champ créé par un plan infini chargé uniformément en surface (voir figure 6)

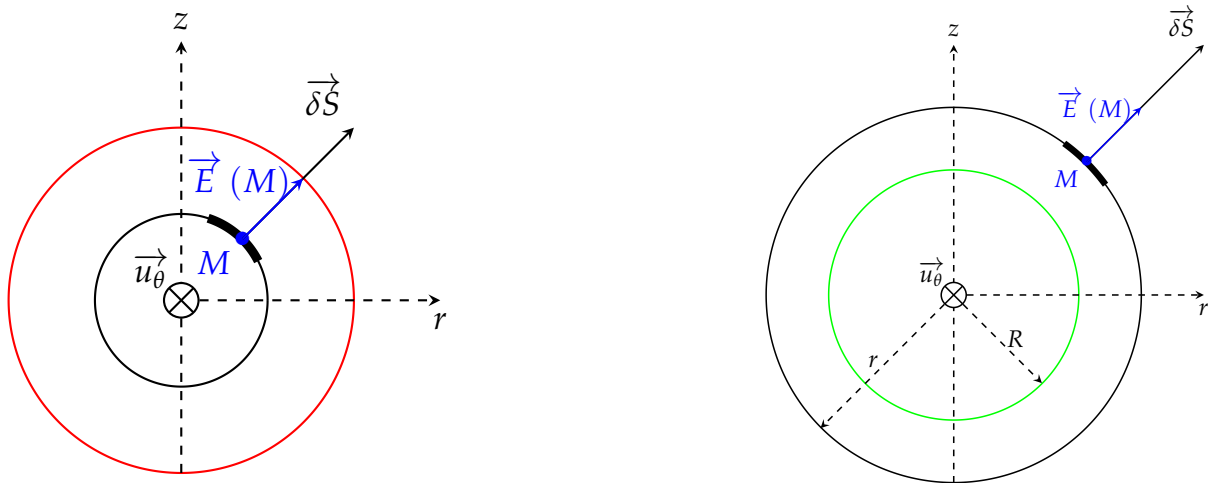


FIGURE 4 – Surface de Gauss pour la sphère. À Gauche, on s’est placé dans le cas où $r < R$ et à droite dans le cas où $r > R$. On a représenté en vert la charge intérieure à cette surface.

- (c) Capacité d’un condensateur plan

|| **Capacité exigible (PC) :** Établir l’expression du champ créé par un condensateur plan. Déterminer l’expression de la capacité d’un condensateur plan.

|| **Capacité exigible (PSI) :** Énoncer et appliquer le théorème de Gauss. Établir le champ électrique et le potentiel créés par une charge ponctuelle, une distribution de charge à symétrie sphérique, une distribution de charge à symétrie cylindrique.

Exploiter le théorème de superposition. Utiliser le modèle de la distribution surfacique de charge.

|| Établir le champ électrique créé par un plan infini uniformément chargé en surface.

6. Théorème de Gauss pour le champ de gravitation

|| **Capacité exigible (PC) :** Utiliser les analogies entre les forces électrostatique et gravitationnelle pour déterminer l’expression de champs gravitationnels.

|| **Capacité exigible (PSI) :** Établir les analogies entre les champs électrique et gravitationnel.

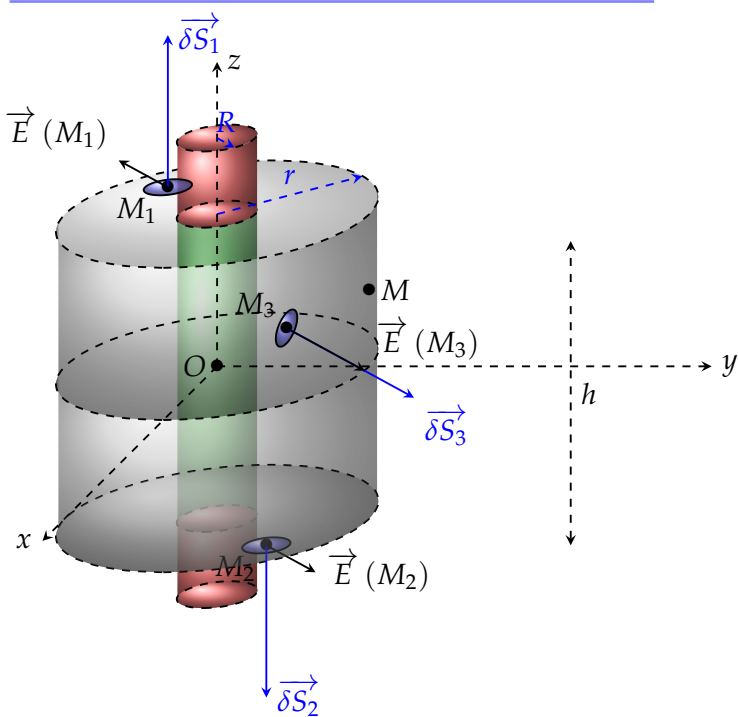


FIGURE 5 – Surface de Gauss pour le cylindre infini. On a représenté en vert la charge intérieure à cette surface.

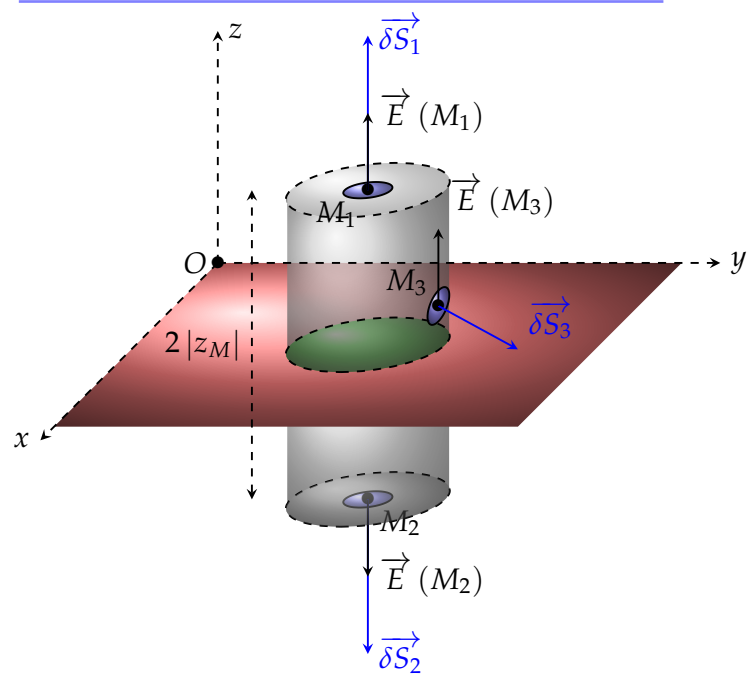


FIGURE 6 – Surface de Gauss pour le plan infini. On a représenté en vert la charge intérieure à cette surface.