Programme de colle 23

S. Benlhajlahsen → *PCSI*$_1$

Semaine du lundi 1 avril 2024

Sommaire

Au programme cette semaine :

I Champ magnétostatique

1. Vrais vecteurs et pseudo-vecteurs
   (a) Vrais vecteurs
   (b) pseudo-vecteurs
2. Distribution de courant
   (a) distribution discrète de charge en mouvement
   (b) distribution continue et volumique
   (c) distribution continue et surfacique
   (d) distribution continue et linéique
   (e) Invariance et symétrie pour une distribution de charge

   > **Capacité exigible :** Exploiter les propriétés de symétrie et d'invariance des sources pour prévoir des propriétés du champ créé.

   (f) champ à flux conservatif

   > **Capacité exigible :** Exploiter une représentation graphique d'un champ vectoriel, identifier les zones de champ uniforme, de champ faible et l'emplacement des sources.

   > **Capacité exigible :** Tracer l'allure des cartes de champs magnétiques pour un aimant droit, une spire circulaire et une bobine longue.

   (g) propriétés de $\overrightarrow{j}$ en régime permanent
   (h) champ magnétique créé à partir d'aimants ou de courant
3. Structure du champ magnétique
   (a) symétrie des distributions de courants et champ magnétique
   (b) topographie du champ magnétique

   > **À retenir :** On retiendra quelques idées simples :
   > - le champ magnétique est un champ à flux conservatif. Une des conséquences est que l'évasement des lignes de champs est associé à une diminution de B (zone de champ faible). À l'inverse, si les lignes de champ se concentrent alors B augmente (zone de champ intense).
   > - les lignes de champ sont en accord avec les symétries et invariances des courants.
   > - les lignes de champ magnétique ont tendance à tourner autour des courants selon la règle de la main droite.

   (c) champ créé par un spire (voir figures 1 et 2)
   (d) champ créé par les bobines de Helmholtz (voir figures 3 et 4)

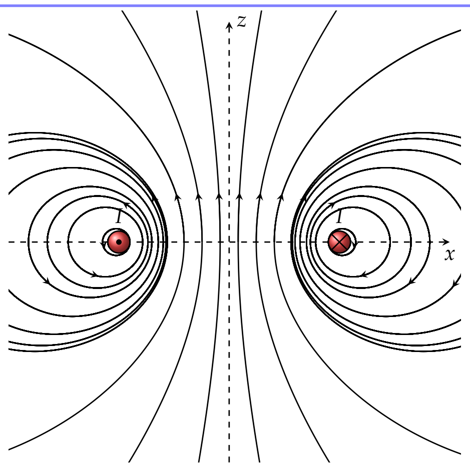


FIGURE 1 – Carte de champ pour une spire circulaire parcourue par un courant I. On s'est placé dans un plan contenant l'axe (Oz).

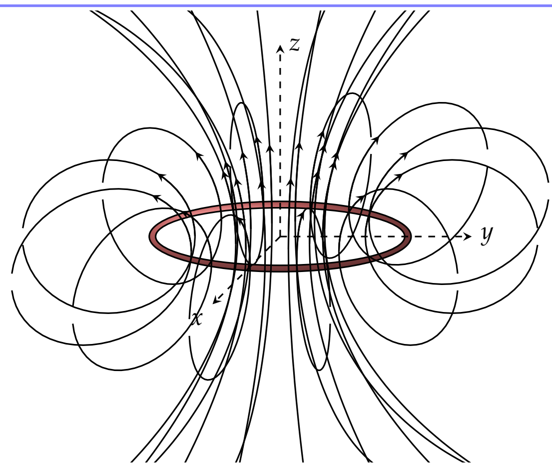


FIGURE 2 – Carte de champ pour une spire circulaire parcourue par un courant I.

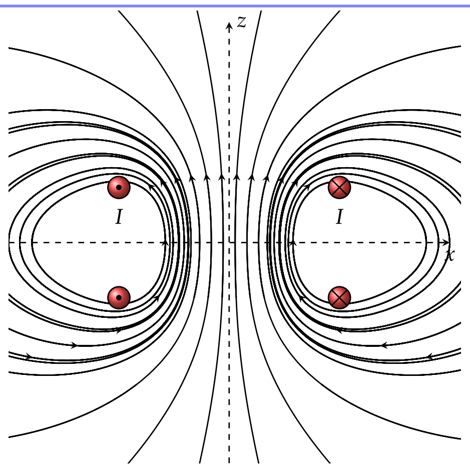


FIGURE 3 – Carte de champ pour le dispositif des bobines de Helmholtz.

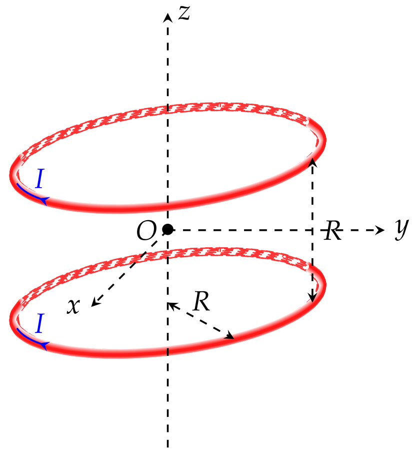


FIGURE 4 – Bobines de Helmholtz.

Capacité exigible : Décrire un dispositif permettant de réaliser un champ magnétique quasi uniforme.

Capacité exigible : Citer des ordres de grandeur de champs magnétiques : au voisinage d'aimants, dans un appareil d'IRM, dans le cas du champ magnétique terrestre.

Capacité exigible : Évaluer l'ordre de grandeur d'un champ magnétique à partir d'expressions fournies.

4. Théorème d'Ampère

Capacité exigible (PC et PSI) : Énoncer et appliquer le théorème d'Ampère.

(a) cylindre parcouru par un courant uniformément réparti (voir figure 5)

Capacité exigible (PC) : Déterminer le champ créé par un câble rectiligne infini.

(b) plan infini parcouru par des courants surfaciques (voir figures 6 et 7)

(c) enroulement torique de courant (voir figure 8 et 9)

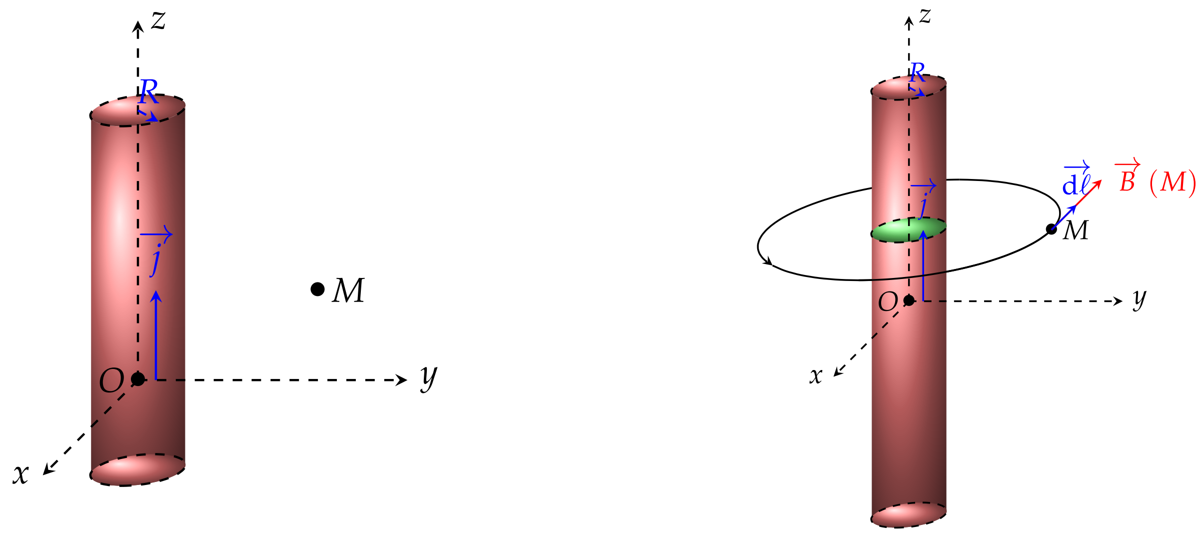


FIGURE 5 – À gauche, fil infini de rayon R. Contour d'Ampère dans les cas où $r > R$ (à droite).

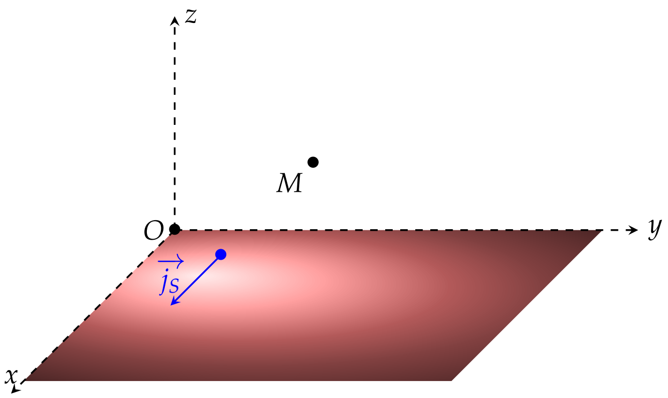


FIGURE 6 – Plan infini parcouru par des courants surfaciques.

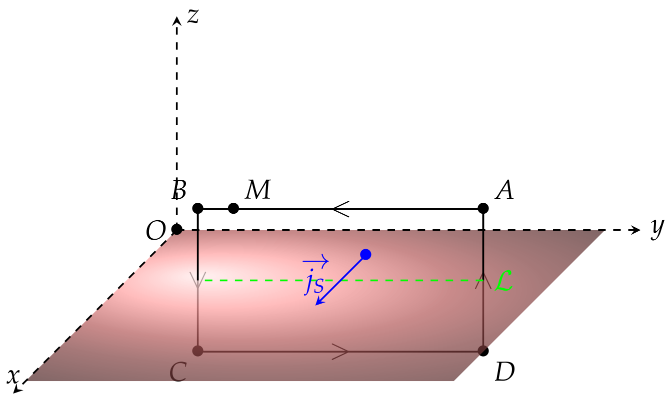


FIGURE 7 – Contour d'Ampère pour le plan infini.

> **Capacité exigible (PSI) :** Établir l'expression du champ magnétique créé par un fil épais et infini, par un solénoïde infini en admettant que le champ extérieur est nul, et par une bobine torique.

(d) solénoïde infini (voir figure 10)

> **Capacité exigible (PC) :** Établir et citer l'expression du champ à l'intérieur d'un solénoïde long, la nullité du champ extérieur étant admise.

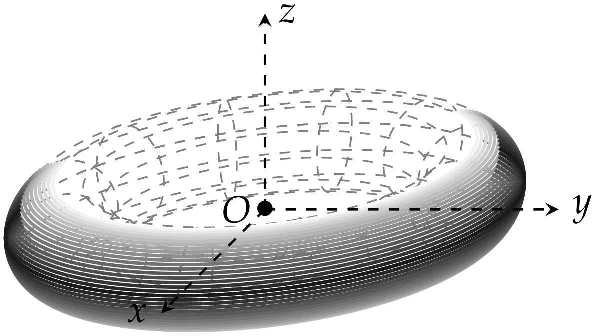


FIGURE 8 – Volume torique à section circulaire.

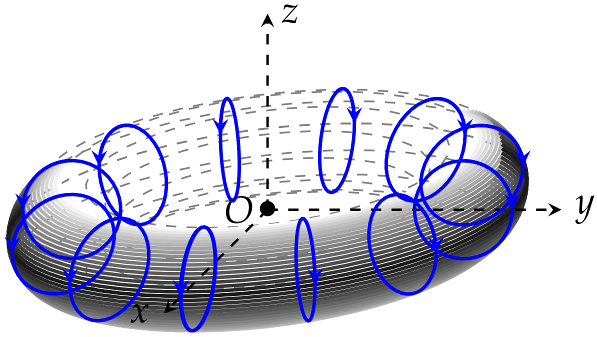


FIGURE 9 – N spires ont été enroulées sur le tore avec des courants orientés dans le même sens.

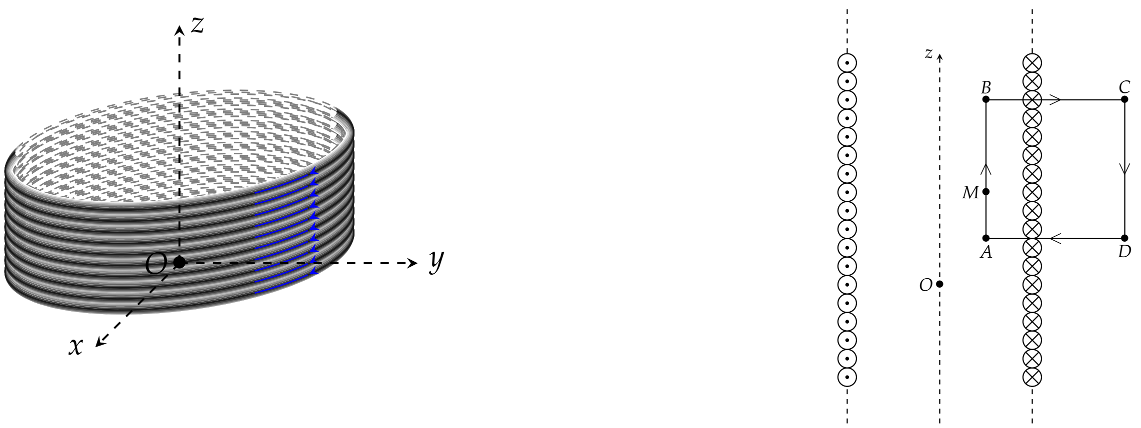


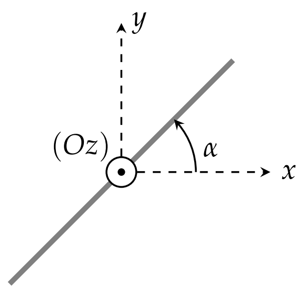
FIGURE 10 – Solénoïde en trois dimensions (à gauche) et en vue en coupe radiale (à droite).

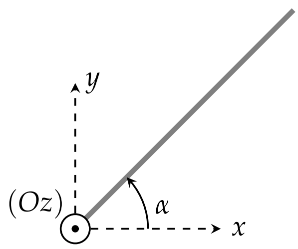
II Solide en rotation autour d'un axe fixe

1. Éléments de cinématique des solides
   (a) Centre de masse
   (b) quantité de mouvement
   (c) moment cinétique
   (d) énergie cinétique
2. Cinématique d'un solide en rotation autour d'un axe fixe
   (a) torseur cinématique
   (b) moment d'inertie

> **Capacité exigible :** Exploiter, pour un solide, la relation entre le moment cinétique scalaire, la vitesse angulaire de rotation et le moment d'inertie fourni.
> Relier qualitativement le moment d'inertie à la répartition des masses.

> **Réponse :** Le moment d'inertie est d'autant plus grand que la distribution de masse est éloignée de l'axe de rotation. Par exemple, une tige de masse de masse m et de longueur L aura un moment d'inertie $J_1 = \frac{mL^2}{12}$ (cas de gauche où l'axe de rotation passe par le centre de masse) et $J_2 = \frac{mL^2}{3}$ (cas de droite où l'axe de rotation passe par l'extrémité de la tige).





3. Actions mécaniques extérieures
   (a) forces volumiques ou surfaciques
   (b) moment de force

> **Capacité exigible :** Définir un couple.

> **Réponse :** Si un solide est soumis à un ensemble de forces dont la résultante est nulle, alors le moment résultant est appelé couple.

4. Dynamique des solides en rotation autour d'un axe fixe
   (a) loi de la quantité de mouvement
   (b) loi du moment cinétique

> **Capacité exigible :** Exploiter le théorème scalaire du moment cinétique appliqué au solide en rotation autour d'un axe fixe dans un référentiel galiléen.

   (c) liaison pivot parfaite

> **Capacité exigible :** Définir une liaison pivot et justifier le moment qu'elle peut produire.

   (d) exemple du pendule de torsion (voir figure 11)

> **Capacité exigible :** Établir l'équation du mouvement.
> Établir une intégrale première du mouvement.

   (e) pendule pesant

> **Capacité exigible :** Établir l'équation du mouvement.
> Établir une intégrale première du mouvement.

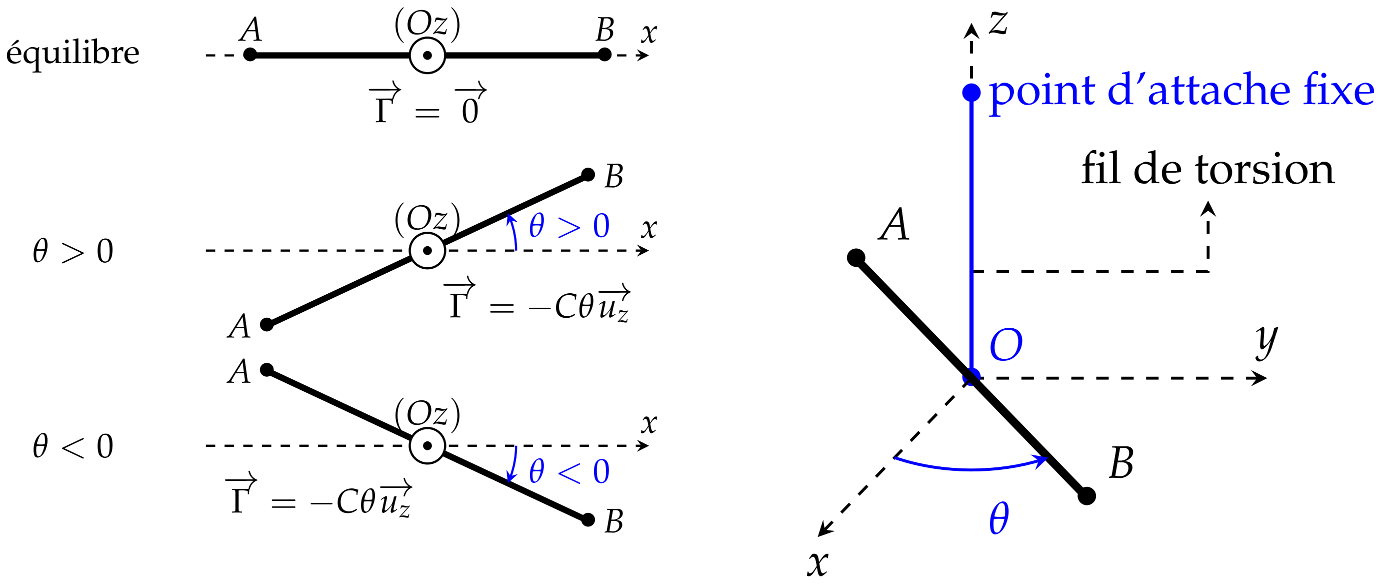


FIGURE 11 – Pendule de torsion. Celui-ci est à l'équilibre si $\theta = 0$ et subit un couple de rappel si $\theta \neq 0$.

Conseils méthodologiques : Si on étudie un solide en rotation autour d'un axe fixe, il est conseillé :

1. d'étudier les forces, moments (voire couples). Notamment, bien étudier le lieu d'application de la force : la force agit-elle sur un point du solide, sur une surface du solide ou sur l'ensemble du volume du solide.
2. d'appliquer prioritairement la loi du moment cinétique.
3. Si nécessaire, d'ajouter la loi du centre d'inertie (2ême loi de Newton) sous la forme : $m\vec{a}(G) = \sum \vec{F}_{ext}$.