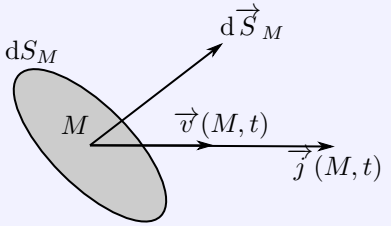
<table>
<tr><th>Notions et contenus</th><th>Capacités exigibles</th><th>Détail</th></tr>
<tr><td>Vecteur densité de courant volumique. Intensité du courant. Distributions de courant volumique et linéique.</td><td>Relier l'intensité du courant et le flux du vecteur densité de courant volumique.</td><td>
Définir le vecteur densité de courant.

On définit le vecteur densité de courant volumique $\overrightarrow{j}(M,t)$ tel que la charge élémentaire qui traverse la surface orientée $\mathrm{d}\overrightarrow{S}_M$ pendant $\mathrm{d}t$ s'écrit :
$$\mathrm{d}^2q(M,t) = \overrightarrow{j}(M,t)\cdot\mathrm{d}\overrightarrow{S}_M\,\mathrm{d}t$$


$\overrightarrow{j}(M,t)$ est en $\mathrm{A\,m^{-2}}$.

Dans le cas où il n'y a qu'un seul type de porteur de charge, on a $\boxed{\overrightarrow{j}(M,t) = \rho(M,t)\overrightarrow{v}(M,t)}$, avec $\rho(M,t)$ la densité volumique de charges.

S'il y a plusieurs porteurs de charge numérotés i, alors $\boxed{\overrightarrow{j}(M,t) = \sum_i \left[\rho_i(M,t)\overrightarrow{v}_i(M,t)\right]}$.

Définir l'intensité à partir du flux du vecteur densité de courant volumique.

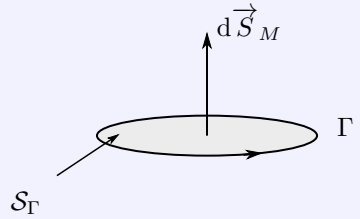
L'intensité électrique correspondant au débit de charges à travers une surface macroscopique Σ s'écrit
$$\boxed{I(t) = \frac{\mathrm{d}q}{\mathrm{d}t} = \iint_{M\in\Sigma}\overrightarrow{j}(M,t)\cdot\mathrm{d}\overrightarrow{S}_M}$$
Il s'agit du **flux du vecteur densité de courant** à travers la surface Σ orientée.
</td></tr>
<tr><td>Symétries et invariances des distributions de courant.</td><td>Exploiter les propriétés de symétrie et d'invariance des sources pour prévoir des propriétés du champ créé.</td><td>
Préciser le lien entre les symétries de la distribution de courant et celles du champ magnétique. Que dire de l'étude des invariances ?

Soit Π un plan de symétrie de la distribution de courant $\overrightarrow{j}$, alors c'est un plan d'antisymétrie du champ $\overrightarrow{B}$.

Soit Π^* un plan d'antisymétrie de la distribution de courant $\overrightarrow{j}$, alors c'est un plan de symétrie du champ $\overrightarrow{B}$.

Par conséquent, $\overrightarrow{B}(M)$ est perpendiculaire à tous les plans de symétrie de la distribution de courants **passant par** M, et $\overrightarrow{B}(M)$ est contenu dans tous les plans d'antisymétrie de la distribution de courants **passant par** M**.**

Le champ magnétique a les mêmes invariances que la distribution de courant.
</td></tr>
</table>

Notions et contenus	Capacités exigibles	Détail
Propriétés de flux et de circulation. Théorème d'Ampère.	Identifier les situations pour lesquelles le champ magnétostatique peut être calculé à l'aide du théorème d'Ampère. Choisir un contour, une surface et les orienter pour appliquer le théorème d'Ampère en vue de déterminer l'expression d'un champ magnétique. Utiliser une méthode de superposition. Citer quelques ordres de grandeur de valeurs de champs magnétostatiques.	Que dire du flux du champ magnétique à travers une surface fermée ? Le champ magnétique est à flux conservatif, i.e. que le flux du champ magnétique à travers n'importe quelle surface fermée est nul : $\boxed{\oiint_{M\in\Sigma} \overrightarrow{B}(M)\cdot \mathrm{d}\overrightarrow{S}_M = 0}$. Une conséquence est que le long d'un tube de champ, le flux du champ magnétique à travers une section se conserve. Donc le champ est plus intense là où les lignes de champ sont plus resserrées. Énoncer le théorème d'Ampère. D'après le théorème d'Ampère, la circulation du champ magnétique $\overrightarrow{B}$ dans le vide le long d'un contour fermé et orienté Γ est égale à l'intensité enlacée multipliée par la perméabilité magnétique du vide μ_0 : $\boxed{\oint_{M\in\Gamma} \overrightarrow{B}(M)\cdot \mathrm{d}\overrightarrow{\ell}_M = \mu_0\, i_{\text{enlacée}}}$  avec • $\mu = 4\pi\,10^{-7}$SI la perméabilité magnétique du vide ; • $i_{\text{enlacée}}$ est l'intensité du courant par le contour d'Ampère Γ. C'est l'intégrale du vecteur densité de courant à travers une surface $\mathcal{S}_\Gamma$ qui s'appuie sur Γ et orientée corrélativement avec Γ : $$i_{\text{enlacée}} = \iint_{M\in\mathcal{S}_\Gamma} \overrightarrow{j}(M)\cdot \mathrm{d}\overrightarrow{S}_M$$ Définir le principe de superposition. Soit une distribution de courant $\mathcal{D} = \mathcal{D}_1 \cup \mathcal{D}_2$ décrite comme la somme de deux distributions $\mathcal{D}_1$ et $\mathcal{D}_2$ de courant. Alors le champ magnétique $\overrightarrow{B}(M)$ en un point M est la somme des champs produits par chaque distribution, explicités en l'absence de l'autre distribution : $\overrightarrow{B}_{\mathcal{D}}(M) = \overrightarrow{B}_{\mathcal{D}_1}(M) + \overrightarrow{B}_{\mathcal{D}_2}(M)$. Ainsi la présence de la distribution $\mathcal{D}_2$ ne change pas l'expression $\overrightarrow{B}_{\mathcal{D}_1}(M)$ du champ créé par la distribution $\mathcal{D}_1$. Donner des OG de champ magnétique. • champ magnétique terrestre : $5\times10^{-5}\,\mathrm{T}$ • champ magnétique à l'intérieur d'un solénoïde : $10^{-2} - 10^{-3}\mathrm{T}$ • champ magnétique d'un aimant : $0,1 - 1\mathrm{T}$ • champ magnétique créé par un électroaimant : qqs teslas

Notions et contenus	Capacités exigibles	Détail
Modèle du fil rectiligne infini de section non nulle	Établir l'expression du champ magnétostatique créé en tout point de l'espace par un fil rectiligne infini de section non nulle, parcouru par des courants uniformément répartis en volume.	On considère un fil infini de section non nulle, i.e. un cylindre d'axe (Oz), de rayon R et parcouru par un vecteur densité de courant $\overrightarrow{j} = j_0 \overrightarrow{e}_z = \overrightarrow{\text{cste}}$. Le fil est parcouru par un courant I. Établir l'expression de $\overrightarrow{B}(M)$ en tout point de l'espace.

- Symétries et invariances : $\overrightarrow{B}(M) = B(r)\overrightarrow{e}_\theta$
- Choix du contour d'Ampère : cercle d'axe (Oz) et de rayon r
- Circulation : $\mathcal{C} = 2\pi r B(r)$
- Courant enlacé :
  - si $r \geq R$, alors $i_{\text{enlacée}} = I$
  - si $r < R$, alors

$$i_{\text{enlacée}} = \iint_{M \in \mathcal{S}_\Gamma} \frac{I}{\pi R^2} \, \mathrm{d}S_M = \frac{I r^2}{R^2}$$

- Th d'Ampère :

$$\overrightarrow{B}(M) = \begin{cases} \dfrac{\mu_0 I r}{2\pi R^2} \overrightarrow{e}_\theta & \text{si} \quad r \leq R \\ \dfrac{\mu_0 I}{2\pi r} \overrightarrow{e}_\theta & \text{sinon} \end{cases}$$

On vérifie l'homogénéité : $[B] = [\mu_0 I / r]$

On constate que le champ magnétique est continu en $r = R$ et il est défini en $r = 0$.

Notions et contenus	Capacités exigibles	Détail
Modèle du solénoïde infini.	Établir l'expression du champ magnétostatique créé en tout point de l'espace par un solénoïde infini en admettant que le champ est nul à l'extérieur.	On considère un solénoïde infini d'axe (Oz), de rayon R, constitué de n spires par unité de longueur et parcourues par un courant d'intensité I. On suppose que le champ est nul à l'extérieur du solenoïde. Établir l'expression du champ magnétique à l'intérieur du solénoïde. Commenter. • Symétries et invariances : $\overrightarrow{B}(M) = B(r)\overrightarrow{e}_z$ • Choix du contour d'Ampère : rectangle entre $r < R$ et $r > R$ de longueur h • Circulation : $\mathcal{C} = hB(r)$ • Courant enlacé : $i_{\text{enlacée}} = nhI$ • Th d'Ampère : $$\overrightarrow{B}(M) = \begin{cases} \mu_0 nI\overrightarrow{e}_z & \text{si} \quad r < R \\ \overrightarrow{0} & \text{si} \quad r > R \end{cases}$$ On vérifie l'homogénéité : $[B] = [\mu_0 I/r]$ On constate que le champ magnétique est discontinu en $r = R$, normal car le conducteur est filiforme. On constate que le champ magnétique est uniforme dans le solénoïde.
Lignes de champ, tubes de champ.	Orienter les lignes de champ magnétostatique créées par une distribution de courants. Associer les variations de l'intensité du champ magnétostatique à la position relative des lignes de champ. Vérifier qu'une carte de lignes de champ est compatible avec les symétries et les invariances d'une distribution	Donner les propriétés des lignes de champ et tubes de champ de $\overrightarrow{B}$. Les lignes de champ magnétique sont toujours fermées et entourent les sources. Le long d'une ligne de champ, la norme du champ magnétique décroit quand les lignes de champ s'écartent et augmente quand les lignes de champ se rapprochent. Le flux du champ magnétique à travers un tube de champ est nul.