5. Électromagnétisme

EM4 Équations de Maxwell

Postulats de l'électromagnétisme	
Force de Lorentz. Équations locales de Maxwell. Formes intégrales.	Utiliser les équations de Maxwell sous forme locale ou intégrale. Relier l'équation de Maxwell-Faraday et la loi de Faraday. Établir l'équation locale de la conservation de la charge à partir des équations de Maxwell. Utiliser une méthode de superposition.
Aspects énergétiques	
Vecteur de Poynting. Densité volumique d'énergie électromagnétique. Équation locale de Poynting.	Établir les équations de propagation des champs électrique et magnétique dans le vide. Expliquer le caractère non instantané des interactions électromagnétiques.
ARQS magnétique.	Discuter l'approximation des régimes quasi-stationnaires. Simplifier et utiliser les équations de Maxwell et l'équation de conservation de la charge dans l'approximation du régime quasi-stationnaire. Étendre le domaine de validité des expressions des champs magnétiques obtenues en régime stationnaire.

4. Mécanique

M02 Dynamique en référentiel non galiléen

Équilibre d'un fluide dans un référentiel non galiléen en translation ou en rotation uniforme autour d'un axe fixe dans un référentiel galiléen.	Établir et utiliser l'expression de la force d'inertie d'entraînement volumique.

MF00 Révisions : statique des fluides

MF01 Cinématique des fluides

Champ eulérien des vitesses. Lignes de champ. Tubes de champ.	Définir et utiliser l'approche eulérienne.
Écoulement stationnaire.	Discuter du caractère stationnaire d'un écoulement en fonction du référentiel d'étude.
Dérivée particulaire de la masse volumique. Écoulement incompressible.	Établir l'expression de la dérivée particulaire de la masse volumique. Utiliser l'expression de la dérivée particulaire de la masse volumique pour caractériser un écoulement incompressible.

Débit massique. Débit volumique.	Définir le débit massique et l'écrire comme le flux du vecteur densité de courant de masse à travers une surface orientée. Définir le débit volumique et l'écrire comme le flux du champ de vitesse à travers une surface orientée.
Équation locale de conservation de la masse.	Établir l'équation locale de conservation de la masse dans le seul cas d'un problème unidimensionnel en géométrie cartésienne. Citer et utiliser une généralisation admise en géométrie quelconque à l'aide de l'opérateur divergence et son expression fournie.
Caractérisation d'un écoulement incompressible par la divergence du champ des vitesses.	Traduire localement, en fonction du champ de vitesses, le caractère incompressible d'un écoulement.
Dérivée particulaire du champ de vitesse : terme local ; terme convectif.	Associer la dérivée particulaire de la vitesse à l'accélération de la particule de fluide qui passe en un point. Utiliser l'expression de l'accélération, le terme convectif étant écrit sous la forme $(\overrightarrow{v}\cdot\overrightarrow{\text{grad}})\overrightarrow{v}$. Utiliser l'expression fournie de l'accélération convective en fonction de $\overrightarrow{\text{grad}}\,(v^2/2)$ et $\overrightarrow{\text{rot}}\,\overrightarrow{v}\wedge\overrightarrow{v}$.

La description eulérienne consiste à suivre en chaque point fixe de l'espace l'évolution au cours du temps des grandeurs macroscopiques locales (masse volumique, vitesse...)

Dérivé particulaire de la masse volumique :

$$\frac{D\mu}{Dt} = \underbrace{\frac{\partial\,\mu}{\partial\,t}}_{\text{dérivée locale}} + \underbrace{(\overrightarrow{v}\cdot\overrightarrow{\text{grad}})\mu}_{\text{dérivée convective}}$$

Accélération particulaire :

$$\frac{D\overrightarrow{v}}{Dt}(M,t) = \underbrace{\frac{\partial\,\vec{v}(M,t)}{\partial\,t}}_{\text{accélération locale}} + \underbrace{\left(\overrightarrow{v}(M,t)\cdot\overrightarrow{\text{grad}}\right)\overrightarrow{v}(M,t)}_{\text{accélération convective}}$$

Opérateur "dérivée particulaire" :

$$\frac{D}{Dt} = \frac{\partial}{\partial\,t} + \left(\overrightarrow{v}\cdot\overrightarrow{\text{grad}}\right)$$

Débit massique à travers $\mathcal{S}$ orientée :

$$D_m(\mathcal{S},t) = \frac{\delta m}{dt} = \iint_{M\in\mathcal{S}} \overrightarrow{j_m}(M,t)\cdot\overrightarrow{dS_M}$$

Débit volumique à travers $\mathcal{S}$:

$$D_V(\mathcal{S},t) = \frac{\delta V}{dt} = \iint_{M\in\mathcal{S}} \overrightarrow{v}(M,t)\cdot\overrightarrow{dS_M}$$

Vecteur densité de courant de masse : $\overrightarrow{j_m}(M,t) = \mu(M,t)\overrightarrow{v}(M,t)$

Équation de conservation de la masse ou équation de continuité :

$$\frac{\partial \mu}{\partial t} + \operatorname{div} \overrightarrow{j_m} = 0$$

Écoulement stationnaire : $\operatorname{div} \overrightarrow{j_m} = 0$

Écoulement incompressible : $\operatorname{div} \overrightarrow{v} = 0$