

Électromagnétisme Mécanique des fluides

Chapitres au programme (cours & exercices)

- Dipôles électrostatiques – Dipôles magnétostatiques
- Électromagnétisme en régime lentement variable (*l'effet de peau a été vu en cours*)
- Conducteurs ohmiques

- *Révisions : Statique des fluides (y compris en référentiel non galiléen)*
- Description cinématique d'un fluide en mouvement
- Viscosité d'un fluide : caractérisation, aspects dynamiques

Valeurs numériques & Ordres de grandeur utiles

À connaître par cœur : en plus de tous les ordres de grandeur des semaines 1 à 18

- Viscosité dynamique de l'eau $\eta \sim 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$
- Viscosité dynamique de l'air $\eta \sim 10^{-5} \text{ Pa}\cdot\text{s}$
- Viscosité dynamique d'une huile $\eta \sim 0,1 \text{ à } 1 \text{ Pa}\cdot\text{s}$

À savoir estimer rapidement : surpression statique à différentes profondeurs dans un liquide, débit de masse/de volume d'un écoulement de la vie de courante, nombre de Reynolds caractéristique d'un écoulement donné...

Détails sur le contenu des chapitres

Dipôles électrostatiques - Dipôles magnétostatiques

1. Dipôles électrostatiques	
Dipôle électrostatique. Moment dipolaire.	Citer les conditions de l'approximation dipolaire.
Potentiel et champ créés par un dipôle.	Établir l'expression du potentiel électrostatique. Comparer la décroissance du champ et du potentiel avec la distance dans le cas d'une charge ponctuelle et dans le cas d'un dipôle. Tracer l'allure des lignes de champ électrostatique engendrées par un dipôle.
Actions subies par un dipôle placé dans un champ électrostatique d'origine extérieure : résultante et moment.	Utiliser l'expression fournie de l'énergie potentielle d'un dipôle rigide dans un champ électrostatique d'origine extérieure.
Énergie potentielle d'un dipôle rigide dans un champ électrostatique d'origine extérieure.	Prévoir qualitativement l'évolution d'un dipôle rigide dans un champ électrostatique d'origine extérieure.
Interactions ion-molécule et molécule-molécule.	Expliquer qualitativement la solvation des ions dans un solvant polaire.
Dipôle induit. Polarisabilité.	Associer la polarisabilité et le volume de l'atome en ordre de grandeur.
2. Dipôles magnétostatiques	
Moment magnétique d'une boucle de courant plane.	Relier le moment magnétique d'un atome d'hydrogène à son moment cinétique.
Rapport gyromagnétique de l'électron. Magnéton de Bohr.	Construire en ordre de grandeur le magnéton de Bohr par analyse dimensionnelle. Évaluer l'ordre de grandeur maximal du moment magnétique volumique d'un aimant permanent.
Actions subies par un dipôle magnétique placé dans un champ magnétostatique d'origine extérieure : résultante et moment.	Utiliser les expressions fournies de la résultante et du moment des actions subies par un dipôle magnétique placé dans un champ magnétostatique d'origine extérieure. Décrire l'expérience de Stern et Gerlach et expliquer ses enjeux.

Énergie potentielle d'un dipôle magnétique rigide placé dans un champ magnétostatique d'origine extérieure.	Utiliser l'expression fournie de l'énergie potentielle d'un dipôle rigide dans un champ magnétostatique d'origine extérieure. Prévoir qualitativement l'évolution d'un dipôle rigide dans un champ magnétostatique d'origine extérieure.
---	---

Électromagnétisme en régime lentement variable

Équations de propagation des champs électrique et magnétique dans le vide.	Établir les équations de propagation des champs électrique et magnétique dans le vide. Expliquer le caractère non instantané des interactions électromagnétiques.
ARQS magnétique.	Discuter la légitimité de 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.

Conducteurs ohmiques

Loi d'Ohm locale. Conductivité électrique.	Établir l'expression de la conductivité électrique à l'aide d'un modèle microscopique, l'action de l'agitation thermique et des défauts du réseau étant décrite par une force de frottement fluide linéaire. Discuter de l'influence de la fréquence sur la conductivité électrique. Établir l'expression de la résistance d'une portion de conducteur filiforme.
Effet Hall.	Interpréter qualitativement l'effet Hall dans une géométrie parallélépipédique.
Effet thermique du courant électrique : loi de Joule locale.	Exprimer la puissance volumique dissipée par effet Joule dans un conducteur ohmique.

Description cinématique d'un fluide en mouvement

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 de masse. Débit de volume.	Définir le débit de masse et l'écrire comme le flux du vecteur densité de courant de masse à travers une surface orientée. Définir le débit de volume 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 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 $(\vec{v} \cdot \overrightarrow{\text{grad}}) \vec{v}$. Utiliser l'expression fournie de l'accélération convective en fonction de $\overrightarrow{\text{grad}} v^2/2$ et $(\overrightarrow{\text{rot}} \vec{v}) \wedge \vec{v}$.
Écoulement irrotationnel défini par la nullité du rotationnel du champ des vitesses en tout point ; potentiel des vitesses.	Traduire localement, en fonction du champ de vitesses, le caractère irrotationnel d'un écoulement et en déduire l'existence d'un potentiel des vitesses.

Viscosité d'un fluide : caractérisation, aspects dynamiques

Forces de pression. Équivalent volumique.	<p>Exprimer la force de pression exercée par un fluide sur une surface élémentaire.</p> <p>Exprimer l'équivalent volumique des forces de pression à l'aide d'un gradient.</p>
<p>Contraintes tangentielles dans un écoulement $\vec{v} = v_x(y) \vec{e}_x$ au sein d'un fluide newtonien ; viscosité.</p> <p>Équivalent volumique des forces de viscosité dans un écoulement incompressible.</p>	<p>Utiliser l'expression fournie $d\vec{F} = \eta \frac{\partial v_x}{\partial y}(y) dS \vec{e}_x$.</p> <p>Établir l'expression de l'équivalent volumique des forces de viscosité dans le cas d'un écoulement de cisaillement à une dimension et utiliser sa généralisation admise pour un écoulement incompressible quelconque.</p>