

Programme de colle n°14 (20/01 au 24/01)

Attention le programme de colle comporte deux pages

Cours

Ondes acoustiques dans les fluides

Équation de propagation. Approximation acoustique. Mise en équation eulérienne : linéarisations de l'équation de conservation de la masse et de l'équation d'EULER, évolution thermodynamique. Équation de d'ALEMBERT. Célérité du son : cas des gaz, liquides et solides.

Structure des solutions. Rappels sur les OPPH. Structure des OPPH : relation de dispersion, couplage entre la surpression p_1 et la vitesse v_1 , impédance acoustique $Z_a = \frac{p_1}{v_1} = \mu_0 c$. Superposition d'OPPH : OPP, ondes stationnaires et ondes sphériques harmoniques. Aspects énergétiques. Puissance échangée à travers une surface : vecteur densité de courant d'énergie (vecteur de POYNTING sonore) $\vec{\mathcal{R}} = p_1 \vec{v}_1$ et intensité sonore (définition, intensité en décibel et OG). Bilans énergétiques local et global. Cas d'une OPPH et retour sur l'approximation acoustique. Cas d'une onde stationnaire. Cas d'une onde sphérique. Réflexion et transmission en incidence normale. Continuité de la vitesse et de la surpression. Coefficients de réflexion et transmission en amplitude et en puissance. Adaptation d'impédance.

Applications : effet DOPPLER et instruments à vent.

Sources du champ électromagnétique

Charge électrique, propriétés générales. Distribution volumique de charges (le cas surfacique et linéique a été traité en complément). Vecteur densité de courant électrique, intensité du courant électrique. Équation locale de conservation de la charge : cas 1D cartésienne, cas général (admis). Cas du régime permanent et application à la loi des nœuds.

Champ électrostatique

Charge ponctuelle : force de COULOMB, champ électrostatique, potentiel et énergie potentielle électrostatique. Distribution de charges : principe de superposition, distribution discrète, distribution volumique (champ, potentiel et lien).

Circulation du champ et équation de MAXWELL-FARADAY (version statique!). Flux du champ et équation de MAXWELL-GAUSS : forme locale, théorème de GAUSS (forme intégrale), équation de POISSON.

Cours

Champ électrostatique (suite)

Propriétés de symétries : Principe de CURIE, symétries usuelles des distributions de charges (invariance par translation, invariance par rotation, symétrie plane, antisymétrie plane, symétrie cylindrique, symétrie sphérique) et conséquences sur \vec{E} et V .

Topographie du champ électrostatique : lignes de champ et équipotentielles, les LC sont orthogonales aux équipotentielles, le potentiel décroît le long d'une LC, les LC divergent depuis une charge positive et convergent vers une charge négative, il n'y a pas d'extremum de potentiel en dehors des charges (complément non exigible), la norme du champ électrostatique diminue quand un tube de champ s'évase dans une région vide de charge, comment évaluer le champ E à partir d'un réseau d'équipotentielles, exemples de deux charges ponctuelles.

Analogies avec la gravitation (locale et globale).

Calculs de champs électrostatiques

Méthode et choix d'une surface de GAUSS.

Problème à symétrie sphérique : étude des symétries et invariances d'une boule uniformément chargée en volume, application du théorème de GAUSS (le résultat à l'extérieur de la distribution doit être connu), énergie de constitution et cas du noyau atomique.

Problème à symétrie cylindrique (exemple non exigible en question de cours) : étude des symétries et invariances, application du théorème de GAUSS, cylindre uniformément chargé en volume et passage au fil infini.

Modèle du condensateur plan : étude d'un plan infini uniformément chargé, champ créé par un condensateur plan sans effet de bord, capacité et énergie.

Exemple (non exigible) d'utilisation des lois locales : nappe plane uniformément chargée. Atome d'hydrogène (détermination de la distribution de charge à partir du potentiel).

Ordres de grandeur

- **Acoustique** : Célérité du son dans un gaz $c = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}} \approx 3.4 \times 10^2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (air à T ambiante), pour un liquide $c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \chi_s}} \approx 1.4 \times 10^3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (eau), et pour un solide $c = \sqrt{\frac{E}{\mu_0}} \approx 5.0 \times 10^3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ avec $E \approx 10^2 \text{ GPa}$ (acier) le module d'YOUNG.

Seuil d'audibilité de l'oreille humaine (0 dB) : $\langle \mathcal{R}_0 \rangle = 10^{-12} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$. Pièce au calme : 30 dB, conversation calme (à 1 m) : 60 dB, marteau piqueur (à 1 m) : 100 dB et seuil de douleur : 130 dB. Savoir retrouver : surpression, vitesse, masse volumique pour une OPPH. Bande passante (idéale) de l'oreille humaine : 20 Hz à 20 kHz.

- **Fil de cuivre usuel** : conductivité électrique $\sigma \approx 10^8 \text{ S}\cdot\text{m}^{-1}$, densité d'électrons $n^* \approx 10^{29} \text{ m}^{-3}$, rayon $a = 1 \text{ mm}$ et courant $I = 1 \text{ A}$ donnent un vecteur densité de courant $j = \frac{I}{a^2} \approx 10^6 \text{ A}\cdot\text{m}^{-2}$ et une vitesse moyenne de déplacement des électrons $v = \frac{j}{n^* e} \approx 0.1 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$. Résistance linéique $R_\ell = \frac{R}{L} = \frac{1}{\sigma S} \approx 10^{-3} \Omega\cdot\text{m}^{-1}$.
- **Électrostatique** : Permittivité diélectrique du vide $\epsilon_0 \approx 8.8 \times 10^{-12} \text{ F}\cdot\text{m}^{-1}$ ou $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9 \text{ m}\cdot\text{F}^{-1}$. Champ électrique d'un atome $E \approx \frac{e}{4\pi\epsilon_0 a^2} \approx 10^{11} \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$. Champ d'ionisation de l'air $E \approx 10^6 \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$. Capacité d'un condensateur plan $C = \frac{\epsilon_0 S}{e}$.