3.1 — Étude d'un champ électrostatique

► **Notions abordées :** électromagnétisme (champ électrique, théorème de Gauss)

On considère deux plans infinis parallèles entre eux. En munissant l'espace d'un repère cartésien, on définit ces deux plans par les équations $x = a$ et $x = -a$. La portion d'espace contenue entre ces deux plans contient une densité volumique de charge ρ. On s'intéresse au champ électrique $\overrightarrow{E}$ généré par cette distribution de charge.

1. Justifier que le champ électrique $\overrightarrow{E}$ est nul en tout point d'abscisse $x = 0$.

2. Déterminer l'orientation et la dépendance de $\overrightarrow{E}$ en tout point de l'espace tel que $x \neq 0$.

3. Établir l'expression de la norme de $\overrightarrow{E}$ en tout point de l'espace et la représenter graphiquement.

On considère désormais trois plans infinis parallèles entre eux, définis par les équations $x = a$, $x = 0$ et $x = -a$. La densité volumique de charge présente dans l'espace vaut ρ si $x \in]0, a[$ et $-\rho$ si $x \in]-a, 0[$. On s'intéresse au champ électrique $\overrightarrow{E'}$ généré par cette distribution de charge.

4. Déterminer le champ électrique $\overrightarrow{E'}$ régnant dans les régions d'espace $x < -a$ et $x > a$.

5. Déterminer le champ électrique $\overrightarrow{E'}$ régnant dans la région d'espace $-a < x < a$.

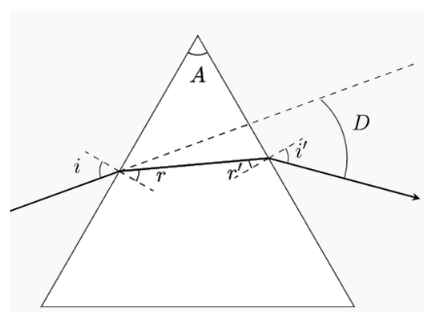
6. Établir l'expression de la norme de $\overrightarrow{E'}$ en tout point de l'espace et la représenter graphiquement.

7. Étudier le mouvement d'un électron se déplaçant avec une vitesse dirigée selon l'axe des abscisses en différenciant le cas où il arrive depuis $x = -\infty$ et le cas où il arrive depuis $x = +\infty$. Donner un exemple de système qui pourrait être modélisé par cette situation.

3.2 — Déviation par un prisme

► **Notions abordées :** optique (lois de Snell-Descartes, dispersion)

On considère un prisme d'angle au sommet A traversé par un rayon lumineux. On introduit les angles orientés i, i', r et r' conformément au schéma ci-contre.



1. Montrer que $A = r + r'$

2. Déterminer l'expression de i' en fonction de i.

3. Déterminer l'expression de la déviation D figurant sur le schéma.

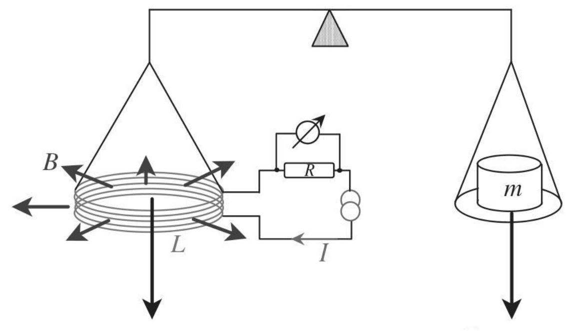
4. Représenter graphiquement D en fonction de i.

5. Déterminer la valeur i_0 assurant le minimum de déviation du rayon lumineux.

3.3 — Force de Laplace et équilibre

▶ **Notions abordées :** électromagnétisme (forces de Laplace), mécanique (lois de Newton)

Considérons une balance à fléau portant sur l'un de ses plateaux un solide de masse m et sur son second plateau un enroulement de spires circulaires de rayon $R = 10$ cm que l'on peut faire traverser par un courant électrique d'intensité constante à l'aide d'un circuit électrique dont la masse n'est pas prise en compte. La spire est plongée dans un champ magnétique stationnaire radial d'intensité $B = 1$ T. En l'absence de solide et de courant électrique, le fléau de la balance est parfaitement à l'horizontale.



1. Dresser le bilan des actions mécaniques extérieures s'exerçant sur la balance et exprimer les forces associées.

2. Déterminer le sens de parcours du courant électrique dans la bobine permettant de maintenir le fléau de la balance à l'horizontale en présence du solide de masse m.

3. Établir la condition sur m et $|I|$ qui assure l'équilibre de la balance.

4. Calculer l'intensité électrique $|I|$ nécessaire pour équilibrer une masse $m = 0,5$ kg.

3.4 — Étude d'un filtre

▶ **Notions abordées :** électronique (régime forcé, filtrage)

On considère un circuit RLC en série que l'on alimente avec une tension $e(t)$. On mesure la tension aux bornes du conducteur ohmique.

1. Proposer un schéma électrique de ce circuit en précisant où sont placées les voies de l'oscilloscope si l'on souhaite mesurer simultanément la tension du générateur et celle du conducteur ohmique.

2. Déterminer la nature du filtre.

3. Établir la fonction de transfert $\underline{H}(\omega)$ du filtre.

4. Montrer qu'il existe une pulsation ω_0 pour laquelle le gain est maximal, et déterminer sa valeur pour une résistance de 500 Ω, une indcutance de 300 mH et une capacité de 300 μF.

5. Représenter graphiquement le diagramme de Bode en gain.

3.5 — Zoologie marine

▶ **Notions abordées :** thermodynamique (conduction, diffusion thermique)

On considère un mammifère comme une sphère de muscle de rayon R, de puissance volumique $\mathcal{P}_v$ et de température T_0. On plonge l'animal dans un milieu de conductivité κ et assez loin de l'animal la température est T_∞.

1. Établir la relation liant les grandeurs R, κ, $\mathcal{P}_v$, T_0 et T_∞.

2. Sachant que $\kappa_{\text{eau}} = 500\ \kappa_{\text{air}}$, justifier qu'il n'existe pas de mammifère marin de petite taille.