# Programme de colle S15

**Questions de cours:**

**1.** Exprimer le champ électrique et le potentiel, et tracer les lignes de champ et les équipotentielles créés par une charge ponctuelle.

**2.** Donner la relation locale et la relation intégrale entre le champ et le potentiel électriques.

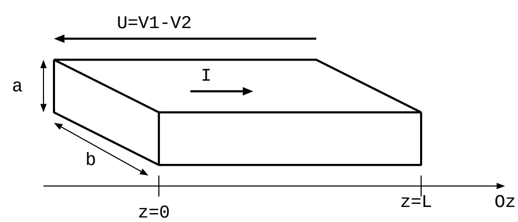
**3.** Citer les propriétés du champ électrique en un point d'un plan de symétrie $P^+$ ou $P^-$ et le propriétés du champ et du potentiel en deux points symétriques par rapport à un plan $P^+$ ou $P^-$.

**4.** Le plomb est un métal dans lequel chaque atome libère deux électrons libres pour assurer la conduction du courant électrique. On donne la masse volumique du plomb: $\rho = 11,3.10^3\ kg.m^{-3}$, la masse molaire du plomb: $M = 207\ g.mol^{-1}$, la charge d'un électron: $-e = -1,6.10^{-19}\ C$ et le nombre d'Avogadro: $\mathcal{N}_a = 6,02.10^{23}\ mol^{-1}$. Calculer le nombre d'électrons de conduction par unité de volume et la vitesse moyenne de ces électrons dans un fil électrique de rayon $R = 1\ mm$ et parcouru par un courant d'intensité $I = 2\ A$.

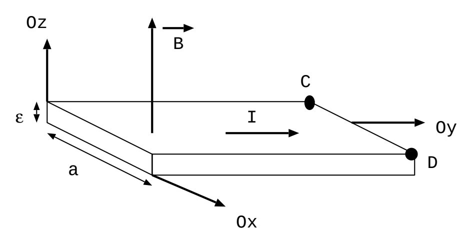
**5.** Dans un conducteur, les électrons libres de masse $m$ et de charge $-e$ se déplacent sous l'action d'un champ électrique $\vec{E}$. Les interactions des électrons avec les autres électrons et les cations du métal se traduisent par une force de type frottements visqueux de la forme $\vec{f} = -\frac{m}{\tau}\vec{v}$. Etablir l'expression de la vitesse limite des électrons et en déduire l'expression de la conductivité électrique du métal (on introduit $n^*$ le nombre d'électrons de conduction par unité de volume).

**6.** On considère un conducteur parallélépipédique de conductivité $\sigma$ parcouru par un courant d'intensité $I$ et soumis à la différence de potentiel $U = V_1 - V_2 = V(z=0) - V(z=L)$. Déterminer l'expression de la résistance de ce conducteur en fonction des longueurs indiquées sur le schéma et de $\sigma$.

Exprimer la puissance cédée aux charges par le champ électrique. Commenter.




**7.** Un ruban d'argent de largeur $a$, d'épaisseur $\epsilon$ est parcouru par un courant $I$. Ce sont les électrons libres de charge $-e$ qui assurent la conduction du courant. On note $n^*$ la densité volumique d'électrons de conduction. Ce ruban est placé dans un champ magnétique uniforme $B$, normale au plan du ruban. On mesure la différence de potentiel $U_H = V(C) - V(D)$.




**7.a.** En régime permanent les électrons se déplacent dans la direction $Oy$. Exprimer leur vitesse en fonction des données.

**7.b.** Décrire l'effet du champ magnétique et en déduire les signes des charges apparues sur les surfaces en $x = 0$ et en $x = a$ et le signe de $U_H$.

**7.c.** Montrer que $U_H = \frac{IB}{ne\epsilon}$.

**Tout exercice sur les ondes mécaniques (ondes sur une corde, dans un solide ou ondes acoustiques dans les fluides) et ondes dans un câble coaxial**

**Exercices de conduction électrique**

**Exercices simples sur les champ et potentiel électriques créés par une distribution discrète de charges: calculs directs de champs et de potentiels, utilisation des propriétés de symétrie, lecture d'une carte de champ**

**Correction questions de cours**

4- On cherche le nombre d'atomes de plomb par unité de volume soit $n^*_{Pb} = \frac{N_{Pb}}{V} = \frac{n_{Pb}\mathcal{N}_a}{V} = \frac{m_{Pb}\mathcal{N}_a}{VM} = \frac{\rho\mathcal{N}_a}{M} = 3,3.10^{28}\ atomes.m^{-3}$ (attention: $M = 207.10^{-3}\ kg.m^{-3}$).

Chaque atome libère deux électrons de conduction donc $n^* = 2n^*_{Pb} = 6,6.10^{28}\ electrons.m^{-3}$.

On utilise $\overrightarrow{j} = n^*(-e)\overrightarrow{v}$ soit $v = \frac{j}{n^*e} = \frac{I}{Sn^*e} = \frac{I}{\pi R^2 n^* e} = 60\ \mu m.s^{-1}$.

6- On applique la loi d'Ohm locale $\overrightarrow{j} = \sigma\overrightarrow{E}$ soit en norme $j = \sigma E$.

On a $I = jS = jab$ ($S$ surface perpendiculaire à I et $\overrightarrow{j}$)

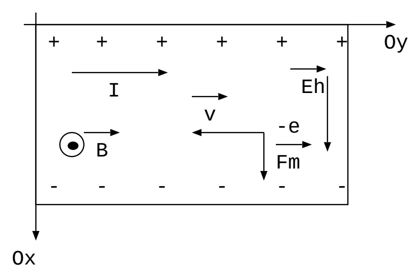
On a aussi $E = \frac{U}{L}$.

On en déduit $\frac{I}{ab} = \sigma\frac{U}{L}$ soit $U = \frac{L}{\sigma ab}I$ de la forme $U = RI$ (loi d'Ohm intégrale) soit $R = \frac{L}{\sigma ab}$: la résistance est d'autant plus grande que la conductivité est faible et que la section est petite.

La puissance cédée par le champ électrique pour mettre les charges en mouvement est $P = \iiint \overrightarrow{j}.\overrightarrow{E}d\tau = \iiint \frac{j^2}{\gamma}d\tau = \iiint \frac{I^2}{(ab)^2\gamma}d\tau = \frac{I^2}{(ab)^2\gamma}\iiint d\tau = \frac{I^2}{(ab)^2\gamma}abL = \frac{L}{\gamma ab}I^2 = RI^2$: on conclut que la puissance cédée par le champ électrique est entièrement perdue par effet Joule.

7a- Les électrons se déplacent dans le sens opposé au courant électrique. La vitesse des électrons s'écrit $\overrightarrow{v} = -v\overrightarrow{e_y}$ avec $j = n^*ev$ (en norme) et $I = ja\epsilon$ (la surface traversée par le courant $I$ est le rectangle de section $a\epsilon$) d'où $v = \frac{I}{n^*ea\epsilon}$.

7b- Les électrons subissent la force magnétique $\overrightarrow{F_m} = -e\overrightarrow{v}\Lambda\overrightarrow{B} = ev\overrightarrow{e_y}\Lambda B\overrightarrow{e_z} = evB\overrightarrow{e_x}$: ils s'accumulent sur la paroi en $x = a$ et par manque de charges négatives, il apparaît des charges positives en $x = 0$. La tension $U_H = V(C) - V(D)$ est positive. Le champ électrique de Hall est dirigé selon $+Ox$ des forts vers les faibles potentiels.




7c- En régime permanent, les forces exercées sur les électrons se compensent selon $Ox$ soit $-e\overrightarrow{E_h} - e\overrightarrow{v}\Lambda\overrightarrow{B} = \overrightarrow{0}$ soit $\overrightarrow{E_h} = -\overrightarrow{v}\Lambda\overrightarrow{B} = vB\overrightarrow{e_x} = \frac{IB}{n^*ea\epsilon}$.

La norme de ce champ électrique est de la forme $E_h = \frac{U_h}{a}$ d'où la tension de Hall $U_h = E_h a = \frac{IB}{n^*e\epsilon}$.