1. ❤️ Dans le cadre du modèle de Drüde, les charges libres de masse m, de charge q, peuvent se mouvoir dans le conducteur sous l'action du champ $\vec{E}$ en subissant une force de type frottement fluide $\vec{f} = -\frac{m}{\tau}\vec{v}$. Etablir l'équation différentielle vérifiée par la vitesse $\vec{v}$ de l'électron moyen. En régime permanent, tous les porteurs de charge ayant la même vitesse $\vec{v}_{\text{lim}}$, avec une densité n de porteurs, établir la loi d'Ohm locale et indiquer l'expression de la conductivité du matériau. Rappeler dans le cas général l'expression de la puissance volumique électromagnétique reçue par les porteurs de charge ; en déduire l'expression de la puissance volumique d'effet Joule dans le cas d'un conducteur ohmique.

PFD : $m\vec{a} = q\vec{E} - \frac{m}{\tau}\vec{v}$ *soit* $\frac{d\vec{v}}{dt} + \frac{\vec{v}}{\tau} = \frac{q}{m}\vec{E}$

En régime permanent, $\frac{d\vec{v}}{dt} = 0$ *soit* $\vec{v}(t \to \infty) = \boxed{\frac{q\tau}{m}\vec{E} = \overrightarrow{v_{\ell\iota m}}}$

Charge traversant $\overrightarrow{dS}$ *pendant* dt *:* $d^2q = nq\overrightarrow{v_{\ell\iota m}}.dt.\overrightarrow{dS}.$

intensité traversant $\overrightarrow{dS}$ *:* $dI = \frac{d^2q}{dt} = nq\overrightarrow{v_{\ell\iota m}}.\overrightarrow{dS} = \vec{j}.\overrightarrow{dS}$ *soit*

$$\vec{j} = nq\overrightarrow{v_{\ell\iota m}} = nq\frac{q\tau}{m}\vec{E} = \boxed{ne^2\frac{\tau}{m}\vec{E} = \vec{j}}$$

Le vecteur densité de courant est proportionnel au champ électrique (loi d'Ohm locale) : $\vec{j} = \gamma\vec{E}$ $\Rightarrow$ $\boxed{\gamma = \frac{nq^2\tau}{m}}$.

puissance volumique électromagnétique reçue par les porteurs de charge :

$$\boldsymbol{p} \underbrace{=}_{\text{déf}} \frac{\boldsymbol{\delta P}}{\boldsymbol{d\tau}} = \vec{\boldsymbol{j}}.\vec{\boldsymbol{E}}$$

Dans les milieux ohmiques, afin de maintenir le courant dans le conducteur, le champ électrique $\vec{E}$ doit fournir de l'énergie aux charges pour compenser les pertes dues aux forces de friction.

D'après la loi d'Ohm locale : $\vec{j} = \gamma\vec{E}$ *(hypothèse ARQS)*

$$p_{Joule} = \frac{\delta P}{d\tau} = \vec{j}.\vec{E} = \frac{\|\vec{j}\|^2}{\gamma} = \gamma\left\|\vec{E}\right\|^2 > 0$$

2. ❤️ Un conducteur cylindrique infini de rayon a est parcouru par un courant d'intensité I uniformément réparti dans toute section du conducteur. Calculer le champ magnétique créé en tout point de l'espace.

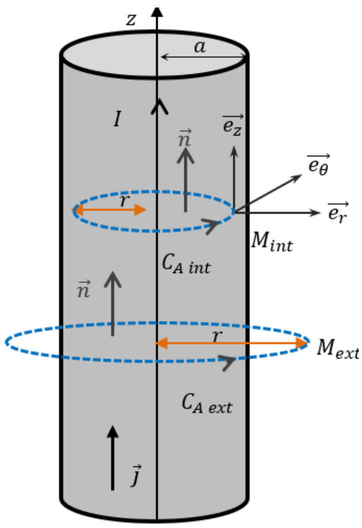

Schéma ; Choix des coordonnées cylindriques

Eude des symétries : le plan $(M, \vec{e}_r, \vec{e}_z)$ *est un plan de symétrie de la distribution de courant, or* $\vec{B}(M)$ $\perp$ *aux plans de symétrie passant par M :* $\vec{B} = B(r,\theta,z)\vec{e}_\theta$

Invariance de la distribution de courant donc, selon le principe de Curie, de $\vec{B}$ *par translation selon z et rotation selon* θ *:*

$$\vec{B} = B(r)\vec{e}_\theta$$

Contour d'Ampère : ici, cercle de rayon r *passant par le point M étudié (attention ! l'orienter ! ici choix du sens trigonométrique, soit selon* $\vec{e}_\theta$*) ;*

calcul de la circulation :

$$\oint_{(\Gamma)} \vec{B}.d\overrightarrow{OM} = \oint_{(\Gamma)} B(r)\vec{e}_\theta.r\,d\theta\ \vec{e}_\theta = 2\pi r B(r)$$

Courant enlacé : *si* $r \geq a$, $I_{enlacé} = I$;

si $r \leq a$: $I = \iint_{(\Sigma)} \vec{J}.\overrightarrow{dS} = jS = j\pi a^2$, *soit* $j = \frac{I}{\pi a^2}$ *et* $\vec{J} = \frac{I}{\pi a^2}\vec{e}_z$

On a alors $I_{enlacé} = \iint_{(\Sigma)} \vec{J}.\overrightarrow{dS} = \frac{I}{\pi a^2}\vec{e}_z.\pi r^2\vec{e}_z = \frac{Ir^2}{a^2}$

théorème d'Ampère : $\oint_{(\Gamma)} \vec{B}.d\vec{M} = \mu_0\, I_{enlacé}$

si $r \leq a$, *alors* $\vec{B} = \frac{\mu_0\, I}{2\pi}\frac{r}{a^2}\vec{e}_\theta$; *si* $r \geq a$, *alors* $\vec{B} = \frac{\mu_0\, I}{2\pi r}\vec{e}_\theta$.