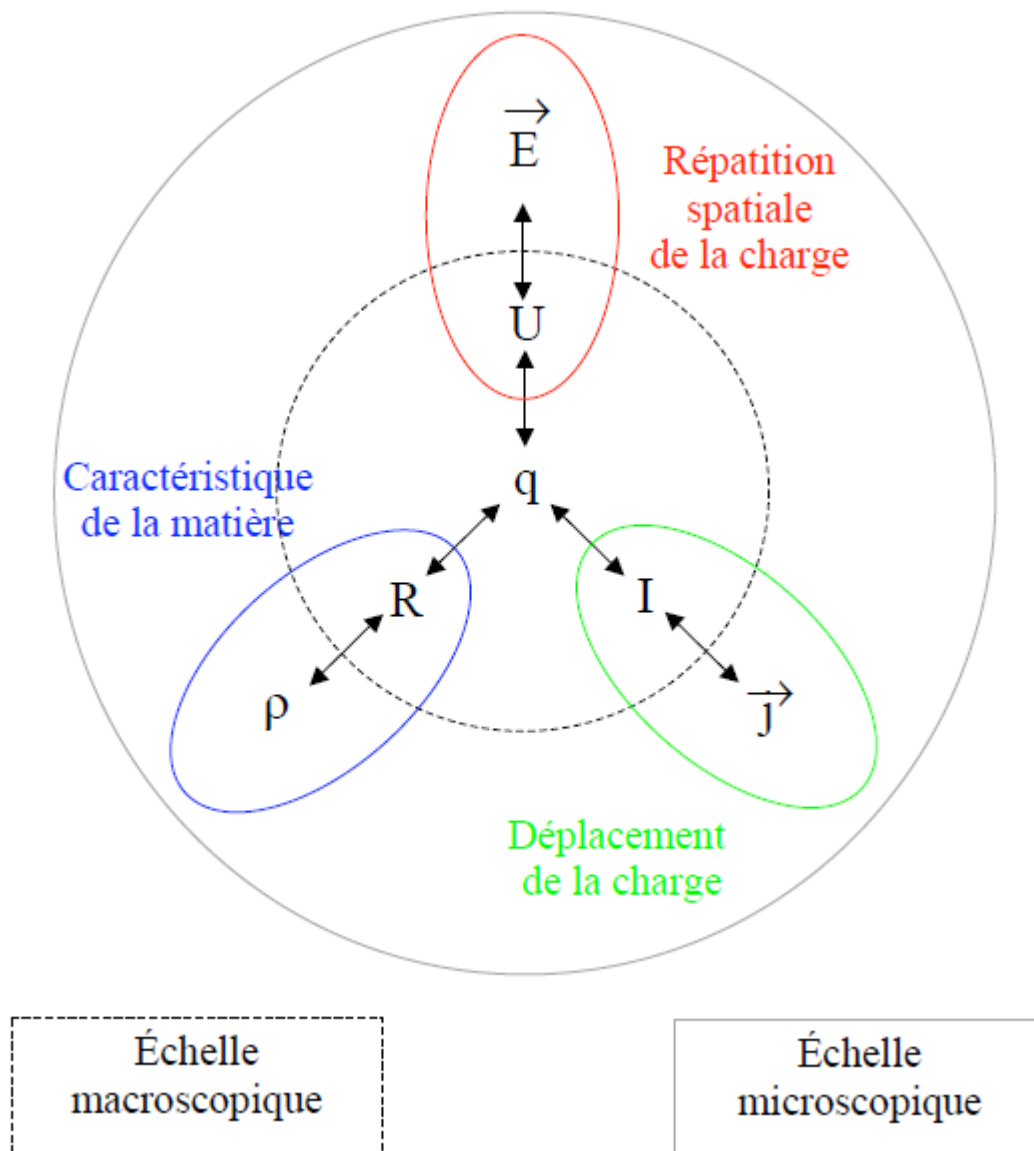


13- L-Grandeurs électriques

Intro : Carte Mentale : l'idée est bonne mais moi j'inverserai grandeur macroscopique et microscopique
Il faudrait aussi trouver un moyen de rajouter la puissance et l'énergie

Attention : Pour Thomas seul U et I sont des grandeurs électriques (R est une conséquence qui fait le lien entre ces 2 grandeur) Pour ce qui est de P et E (c'est des analogie avec la mécanique, *force* $\times$ *déplacement*) et C et L sont liée à l'électron et au phénomène magnétique)

Pour beaucoup de sites il y a 4 grandeur électrique I, U, R et P



Post Bac : Modèle de Drude

Bibliographie : J'intègre PC-PC* chapitre 16 : conduction électrique dans un conducteur ohmique p 567.

Nous allons étudier l'interaction d'un champ électrique (E) avec les porteurs de charges d'un milieu conducteur. Ce qui va nous permettre d'établir la loi d'Ohm locale : relie la densité volumique de courant $j(M, t)$ en un point M à l'intérieur du conducteur au champ électrique $E(M, t)$ en ce point.



Modèle : Un métal est modélisé par un réseau cristallin d'ions positifs fixes dans lequel des électrons de conduction se déplacent librement. La densité d'électrons de conduction dans le métal est n .

L'agitation thermique des électrons et leurs collisions incessantes sur les ions du réseau et entre eux sont un frein à l'établissement d'un mouvement d'ensemble des électrons. Nous modélisons cela en introduisant une force de frottement égale à $\vec{f}_f = -\frac{m}{\tau} \vec{v}$ où τ est une constante de temps et v la vitesse moyenne des électrons.

Nous supposons pour simplifier que chaque électron à la vitesse v .

- Système = électron de masse m et de vitesse v
- Référentiel terrestre galiléen.
- Bilan des forces : force électrique $\vec{f}_e = q\vec{E} = -e\vec{E}$
la force de frottement $\vec{f}_f = -\frac{m}{\tau} \vec{v}$

On néglige le poids devant ces forces.

- PFD : Dans le référentiel d'étude supposé galiléen :

$$m\vec{a} = q\vec{E} - \frac{m}{\tau} \vec{v}$$

On obtient l'équation différentielle du 1^{er} ordre :

$$\frac{d\vec{v}}{dt} + \frac{1}{\tau} \vec{v} = \frac{q}{m} \vec{E}$$

Solution de l'équa diff: $\frac{d\vec{v}}{dt} + \frac{1}{\tau} \vec{v} = \frac{q}{m} \vec{E}$

Solut° du 2nd membre: $\int \frac{d\vec{v}}{\vec{v}} = -\frac{1}{\tau} dt \Rightarrow \vec{v}_1 = v_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$

Solut° de la forme du 2nd membre: Si $\vec{E} = \vec{E}_0 e^{i\omega t}$ (piste)
alors $\vec{v}_2 = \frac{q\tau}{m} \vec{E}$

$$\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2 = v_0 e^{-\frac{t}{\tau}} + \frac{q\tau}{m} \vec{E}$$

Régime transitoire
d'une durée de quelque τ

Régime permanent

$$\vec{v}_{lin} = \frac{-e\tau}{m} \vec{E}$$

Vecteur densité de courant: $\vec{J} = nq\vec{v}_{lin}$ avec n : densité volumique de porteurs
 $\Rightarrow \vec{J} = -ne\vec{v}_{lin}$ (cation immobile, seul les e^- sont mobiles)

$$\Rightarrow \vec{J} = \frac{ne^2\tau}{m} \vec{E}$$

$$\Rightarrow \boxed{\vec{J} = \sigma \vec{E}} \quad \text{avec } \sigma = \frac{ne^2\tau}{m} \text{ conductivité électrique du métal.}$$

Loi d'Ohm locale

En effet on a une relation entre les grandeurs microscopiques

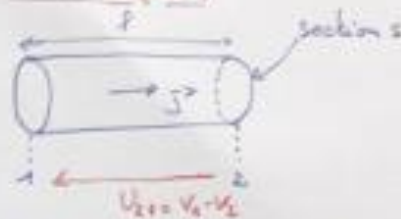
$$\vec{J} = \frac{ne^2\tau}{m} \vec{E} \quad \text{avec } \rho = nq : \text{densité volumique de charge}$$

⚠ Faire le lien avec la carte mentale. ←

Remarque: On peut estimer τ connaissant $\sigma_{cuivre} = 5,9 \cdot 10^7 \text{ S.m}^{-1}$
Régime transitoire bref $\Leftrightarrow \tau = 2,5 \cdot 10^{-14} \text{ s} \Leftrightarrow n = 8,5 \cdot 10^{28} \text{ e}^-/\text{m}^3$
 $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

2) Résistance électrique (Loi d'Ohm intégrale)

On considère un conducteur filiforme de longueur l et de section s parcouru par une densité de courant $\vec{j}$ uniforme



L'intensité du courant : $I = \iint \vec{j} \cdot d\vec{s} = j \cdot s$ ($\vec{j}$ et $d\vec{s}$ colinéaire)

$$\vec{E} = -\text{grad} V \Rightarrow dV = -\vec{E} \cdot d\vec{l}$$

$$\Rightarrow \int_{V_1}^{V_2} dV = - \int_0^l \frac{j}{\sigma} dl \quad (\vec{j} \text{ et } d\vec{l} \text{ colinéaire})$$

$$\Rightarrow V_2 - V_1 = - \frac{l}{\sigma s} I$$

$$\Rightarrow \boxed{U_{21} = R I} \quad \text{avec } R = \frac{l}{\sigma s}$$

△ Relation entre grandeurs macroscopique : (lien avec la CM)

3) Loi de Joule (Si le temps)

On reprend le modèle de Drude en régime permanent

$$\vec{0} = q\vec{E} - \frac{m}{\tau} \vec{v} \quad (\times \vec{v} \text{ pour faire un bilan de puissance})$$

$$\vec{0} = q\vec{E} \cdot \vec{v} - \frac{m}{\tau} \vec{v}^2 \Rightarrow \underbrace{q\vec{E} \cdot \vec{v}}_{P_{\text{elec}}} = \underbrace{\frac{m}{\tau} \vec{v}^2}_{P_{\text{thot}}}$$

La charge mobile reçoit de la puissance du champ électrique qu'elle cède aussitôt à la matière $\Rightarrow$ l'effet Joule.

Pas le temps

$$\left(\begin{array}{l} \frac{dP}{d\tau} = \frac{qE}{d\tau} \cdot v = nqv \cdot E = \vec{j} \cdot \vec{E} \Rightarrow \boxed{\frac{dP}{d\tau} = \vec{j} \cdot \vec{E}} \text{ locale} \\ \text{élément de volume} \end{array} \right)$$

$$P = \iiint \vec{j} \cdot \vec{E} \cdot d\tau = j \cdot s \cdot l E = j \cdot s \cdot \frac{l}{\sigma} j = j^2 s^2 \cdot \frac{l}{\sigma} = R I$$

$$\boxed{P = R I} \text{ Intégrale}$$

Partie Péda.

Chapitre 3 – Activité 2

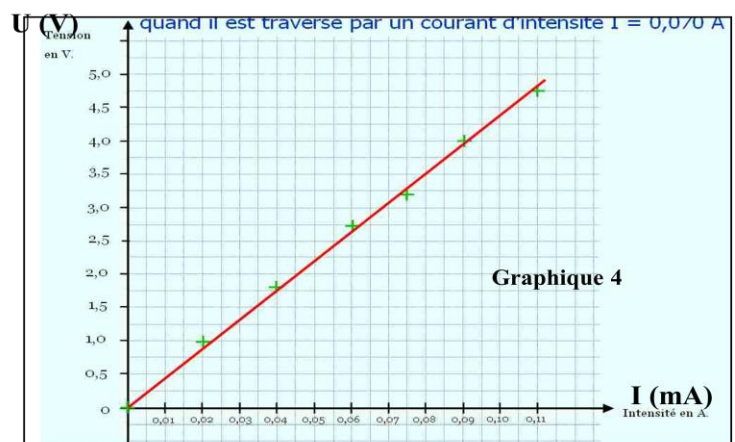
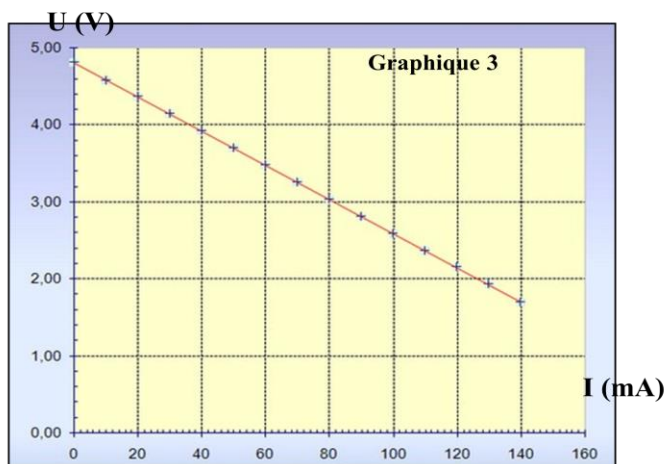
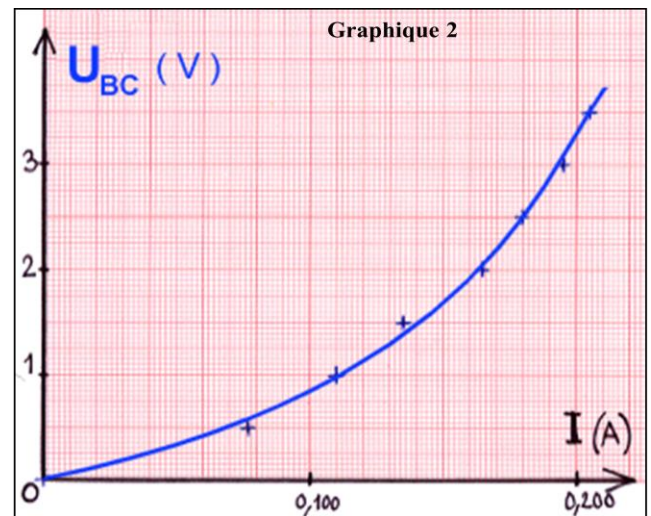
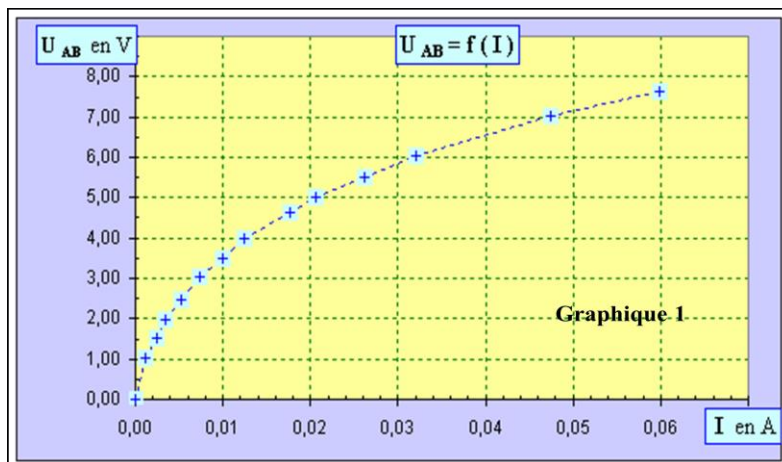
Une résistance obéit-elle à une loi en électricité ?



Le Professeur Létourdit est parti donner une conférence à New York. Hélas il s'aperçoit qu'il a oublié de prendre certains documents sur son bureau. Il envoie donc un mail à son secrétaire :

« Barney, j'ai laissé sur mon bureau le document suivant : graphique de la caractéristique d'une « résistance ». Merci de le scanner et de me l'envoyer de toute urgence. »

Le secrétaire va donc chercher le fameux graphique, mais au moment où il entre dans la pièce un courant d'air violent épargille tous les documents déposés sur le bureau. Il n'arrive plus à retrouver le bon graphique parmi les 4 qu'il a ramassés. N'osant pas prévenir le professeur de peur de se faire renvoyer à cause de sa maladresse, Barney décide de faire appel à vous, technicien, pour déterminer quel est, parmi les 4 graphiques celui qui correspond à la caractéristique d'une « résistance ».



Matériel à votre disposition :

- Un générateur dont on peut faire varier la tension
- Un voltmètre
- Un ampèremètre
- Une « résistance »
- Des fils de connexion

Items de la compétence 3 du socle commun mis en œuvre (en gras)

<u>Objectif</u> ✓ Rechercher et extraire les informations utiles afin de déterminer le problème	😊 😐 😞
<u>Expérience</u> ✓ Communiquer son idée à l'aide d'un outil adapté : faire un schéma ✓ Réaliser un circuit électrique	😊 😐 😞 😊 😐 😞 😊 😐 😞
<u>Observation</u> ✓ Tracer un graphique avec les bonnes grandeurs	😊 😐 😞 😊 😐 😞
<u>Conclusion</u> ✓ Que puis-je déduire de ces résultats ?	😊 😐 😞
<u>Organisation :</u> ✓ Nous travaillons en groupe, dans le calme, et notre compte rendu est soigné	😊 😐 😞

Conclusion :