Université de Jijel
Faculté des sciences et de la technologie
1 er année ST 2022/2023
Matière: Physique 2: Electricité et Magnétisme
Série de TD N° 04

Exerecice 1:

Un courant électrique $I = 5\ (A)$ traverse un fil de cuivre de diamètre $D = 1,8\ (mm)$ et de masse volumique $\rho' = 10\ \left(\frac{g}{cm^3}\right)$. Les porteurs de charges sont les électrons ou un atome de cuivre Cu libère 2 électrons de conduction. On donne: La masse molaire du cuivre $M_{Cu} = 63\ \left(\frac{g}{mol}\right)$, la résistivité du cuivre $\rho_0 = 1,8 \times 10^{-8}\ (\Omega.m)$ et le nombre d'Avogadro $N_A = 6,02 \times 10^{23}\ \left(mol^{-1}\right)$.

1) Calculer la densité de courant j dans le fil.
2) Calculer la vitesse moyenne ϑ des porteurs de charges.
3) Calculer la conductivité σ du fil.
4) Calculer le champ électrique E et la mobilité μ des porteurs dans le fil.

Solution de l'exerecice 1:

1) Le calculer la densité de courant j dans le fil, on a

$$I = \int\int \overrightarrow{j} \bullet \overrightarrow{ds} = j\,S \Rightarrow j = \frac{I}{S} = \frac{I}{\pi r^2} = \frac{I}{\pi\left(\frac{D}{2}\right)^2} = \frac{4I}{\pi D^2} = \frac{20 \times 10^6}{3,14 \times 1,8^2} = 1,96 \times 10^6 \left(\frac{A}{m^2}\right).$$

2) Calculer la vitesse moyenne ϑ des porteurs de charges.da charge volumique du milieu

$$j = q\,\vartheta\,n_{e^-} = \rho\,\vartheta.$$

$$\begin{cases} n_{e^-}\,est\,la\,densité\,des\,éléctrons. \\ q\,est\,la\,charge\,des\,éléctrons. \\ \vartheta\,est\,la\,vitesse\,des\,éléctrons. \\ \rho\,est\,la\,densité\,de\,charge\,volumique. \end{cases}$$

$n_{e^-} = 2\,n_{Cu^{+2}}$ ou $n_{Cu^{+2}}$ est la densite des atomes de $n_{Cu^{+2}}$ et 2 c'est le nomber des électrons de conduction libre.

La densite des atomes

$$n_{Cu^{+2}} = \frac{\rho'\,N_A}{M_{Cu^{+2}}} = \frac{10 \times 10^3 \times 6,023 \times 10^{23}}{163} = 0,37 \times 10^{26}\ \left(m^{-3}\right) \Rightarrow n_{e^-} = 0,74 \times 10^{26}\left(m^{-3}\right).$$

la densité de charge volumique est $\rho = n_{e^-}q_{e^-} = 0,74 \times 10^{26} \times \left(-1,6 \times 10^{-19}\right) = -1,184 \times 10^7\left(C\,m^{-3}\right)$.

danc la vitesse moyenne $\vartheta = \frac{j}{|\rho|} = \frac{1,96\times10^6}{-1,184\times10^7} = 0.165\ (m/s)$

les éléctrons déplacent dans le sens invers du sens conventionnel de courant.

3) Calculer la conductivité σ du fil. $\sigma = \frac{1}{\rho_0} = \frac{1}{1,8\times10^{-8}} = 0,55 \times 10^8\left(\frac{1}{\Omega.m}\right)$.

4) Calculer le champ électrique E et la mobilité μ des porteurs dans le fil.

$$j = \sigma\,E \Rrightarrow E = \frac{J}{\sigma} = \frac{1,96 \times 10^6}{0,55 \times 10^8} = 0,035\ (V/m)$$

$$\mu = \frac{\vartheta}{E} = \frac{0.165}{0,035} = 4,71\left(\frac{m^2}{V.s}\right)$$

aussi

$$\mu = \frac{1}{\rho\,\rho_0} = \frac{1}{1,184 \times 10^7 \, 1,8 \times 10^{-8}} = 4,70 \left(\frac{m^2}{V.s}\right)$$

Exerecice 2:

Dans le circuit schématisé par Figure (1), qui composé par un générateur non typique de force électromotrice $e = 6\,V$ et une résistance interne $r = 1\,\Omega$ et des conducteurs ohmiques qui sont en série et parallèle. On donne $R_1 = R_3 = 1\,\Omega$, $R_2 = R_5 = 6\,\Omega$, $R_4 = 3\,\Omega$. Calculer :

1) La résistance équivalente R_{eq} entre A et B.
2) L'intensité du courant circulant dans chacune des résistances.
3) La diférence de potentiel aux bornes de chaque résistance.
4) La diférence de potentiel aux bornes du générateur.
5) La puissance fournie et la puissance dissipée par le générateur.
6) La puissance fournie par le générateur au conducteurs ohmiques.

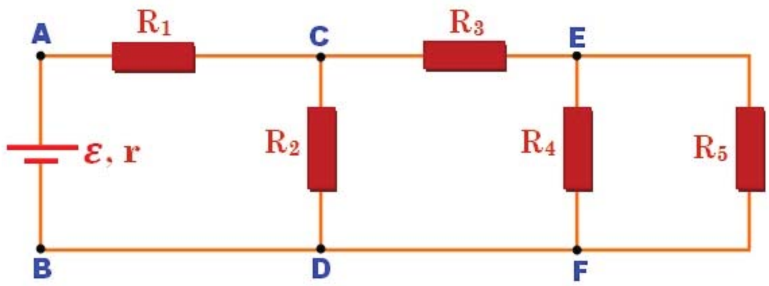

FIG. 1:

Solution de l'exerecice 2:

1) La résistance équivalente R_{eq} entre A et B.
R_4 et R_5 en paralelle, $R_{eq_1} = \frac{R_4 \times R_5}{R_4 + R_5} = \frac{3\times 6}{9} = 2\,\Omega$.
R_3et R_{eq_1}en serie, $R_{eq_2} = R_3 + R_{eq_1} = 1 + 2 = 3\,\Omega$.
R_{eq_2}et R_2 en paralelle, $R_{eq_3} = \frac{R_2 \times R_{eq_2}}{R_2 + R_{eq_2}} = \frac{6\times 3}{9} = 2\,\Omega$.
R_1et R_{eq_3} en serie, $R_{eq} = R_1 + R_{eq_3} = 1 + 2 = 3\,\Omega$.
2) L'intensité du courant circulant dans chacune des résistances.
D'apres les lois des mailles et neud, on trouve:
$I_1 = I_2 + I_3$.
$R_1 I_1 + R_2 I_2 + r I_1 - e = 0$.
$R_3 R_{eq_2} - R_2 I_2 = 0$.
Danc:
$I_1 - I_2 - I_3 = 0$.
$(R_1 + r)\, I_1 + R_2 I_2 + 0 I_3 = e$.
$0\, I_1 - R_2 I_2 + R_3 R_{eq_2} = 0$
la forme matriciel est:

$$\begin{pmatrix} 1 & -1 & -1 \\ 2 & 6 & 0 \\ 0 & -6 & 3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 6 \\ 0 \end{pmatrix}. \quad det \begin{pmatrix} 1 & -1 & -1 \\ 2 & 6 & 0 \\ 0 & -6 & 3 \end{pmatrix} = 36.$$

On utilise la methode de Kramer

$$I_1 = \frac{\begin{vmatrix} 0 & -1 & -1 \\ 6 & 6 & 0 \\ 0 & -6 & 3 \end{vmatrix}}{36} = \frac{3}{2}\ (A)\,.\ \ I_2 = \frac{\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 6 & 0 \\ 0 & 0 & 3 \end{vmatrix}}{36} = \frac{1}{2}\ (A)\,.\ \ I_3 = \frac{\begin{vmatrix} 1 & -1 & 0 \\ 2 & 6 & 6 \\ 0 & -6 & 0 \end{vmatrix}}{36} = 1\ (A)\,.$$

le calcule de I_4et I_5:

$U_4 = U_5 \Rightarrow\ R_4\, I_4 = R_5\, I_5. \Rightarrow I_4 = \frac{R_5}{R_4}\, I_5$

$I_4 + I_5 = I_3 \Rightarrow \left(\frac{R_5}{R_4} + 1\right) I_5 = I_3 \Rightarrow \left(\frac{R_5+R_4}{R_4}\right) I_5 = I_3 \Rightarrow I_5 = \left(\frac{R_4}{R_5+R_4}\right) I_3 = \frac{1}{3}\ (A) \Rightarrow I_4 = \frac{R_5}{R_4}\, I_5 = \frac{2}{3}\,(A)\,.$

3) La diférence de potentiel aux bornes de chaque résistance.

$U_1 = R_1\, I_1 = \frac{3}{2}\ (V),\quad U_2 = R_2\, I_2 = \frac{3}{2}\ (V)\,,\ U_3 = R_3\, I_3 = 1\ (V)\,,\ U_4 = R_4\, I_4 = 2\ (V)\,, U_5 = R_5\, I_5 = 2\ (V)\,.$

4) La diférence de potentiel aux bornes du générateur.

$U_{AB} = -r\, I_1 + e = \frac{9}{2}\ (V)\,.$

5) La puissance fournie et la puissance dissipée par le générateur.

$P_{fg} = e\, I_1 = 9\ (W)\,.$

$P_{dg} = r\, I_1^2 = \frac{9}{4}\ (W)\,.$

6) La puissance fournie par le générateur au conducteurs ohmiques.

$P = U_{AB}\, I_1 = \frac{27}{4}\ (W)\,.$

Exerecice 3:

Un générateur de force électromotrice $E = 30\,V$, et de résistance interne $r = 1\,\Omega$ débite dans le circuit Figure (2), qui composé par des associations série et parallèle de conducteurs ohmiques. On donne: $R_1 = 1\,\Omega$, $R_2 = R_3 = R_4 = 9\,\Omega$. Calculer:

1) l'intensité du courant circulant dans R_1 et chacune des trois résistances R_2, R_3 et R_4.

2) La diférence de potentiel aux bornes de R_3 .

3) La diférence de potentiel aux bornes du générateur.

4) La puissance fournie par le générateur.

5) La puissance dissipée par le générateur.

6) La puissance fournie par le générateur au conducteurs ohmiques.

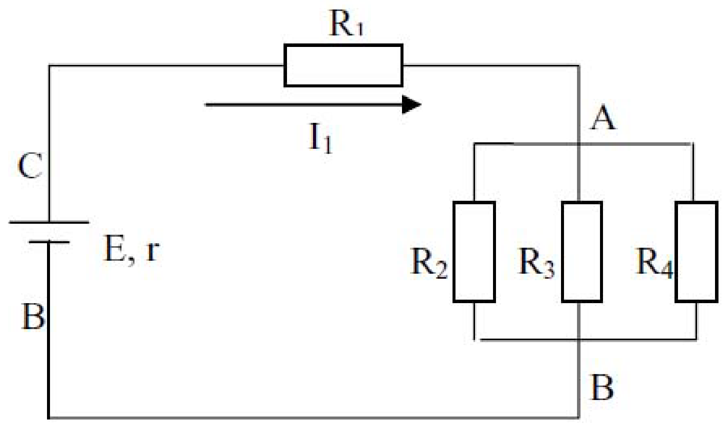

FIG. 2:

1) l'intensité du courant circulant dans R_1 et chacune des trois résistances R_2, R_3 et R_4.

R_2, R_3 et R_4 sont en parallèle, $\frac{1}{R_{eq1}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} = \frac{3}{9} \Rightarrow R_{eq_1} = 3\ (\Omega)\,.$

R_{eq_1}, R_1et r sont en série $R_{eq} = R_{eq_1} + R_1 + r = 5\ (\Omega)\,.$

Danc $E = R_{eq} I_1 \Rightarrow I_1 = \frac{E}{R_{eq}} = 6\ (A)\,.$

comme $R_2 = R_3 = R_4 = 9\,\Omega$, danc $I_2 = I_3 = I_4 = \frac{I_1}{3} = 2\ (A)\,.$

2) La diférence de potentiel aux bornes de R_3 .
R_2, R_3 et R_4 sont en parallèle, $U_2 = U_3 = U_4 = R_3\, I_3 = 18\ (V)$.
3) La diférence de potentiel aux bornes du générateur.
$U = -r\, I + E = 24\ (V)$.
4) La puissance fournie par le générateur.
$P_{fg} = e\, I_1 = 180\ (W)$.
5) La puissance dissipée par le générateur.
$P_{dg} = r\, I_1^2 = 36\,(W)$.
6) La puissance fournie par le générateur au conducteurs ohmiques.
$P = U\, I_1 = 144\ (W)$.