

Notions sur le courant électrique

1- Définition du courant électrique continu

Dans les conducteurs, les porteurs de charge sont libres de se déplacer, sous l'action d'un champ électrique par exemple. Ces déplacements de charges forment ce qu'on appelle les courants électriques.

Le courant électrique est un mouvement d'ensemble de porteurs de charges électriques

2- Intensité du courant électrique

L'intensité I du courant électrique représente la quantité de charge électrique dQ qui traverse une section du conducteur pendant un temps dt : $I = \frac{dQ}{dt}$

L'unité de l'intensité électrique est l'Ampère (A) ou coulomb par seconde (C/s).

Par convention, le sens de I est le sens opposé du déplacement des électrons dans un conducteur métallique lorsqu'ils sont soumis à un champ électrique.

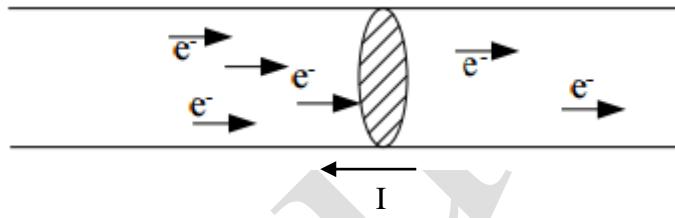


Figure1

3- Vecteur densité de courant

a- Courant volumique - Vecteur densité volumique de courant

i) Définition

Considérons une distribution de porteurs de charges mobiles de même type (exemple des électrons libres d'un métal). Sous l'action d'un champ \vec{E} , ces charges mobiles, de densité volumique ρ_m ($\rho_m = \frac{dq}{d\tau}$), se déplacent avec une vitesse moyenne \vec{v} définie en chaque point M du conducteur.

On définit le vecteur densité de courant en tout point M du conducteur par la relation:

$$\vec{j} = \rho_m \vec{v}$$

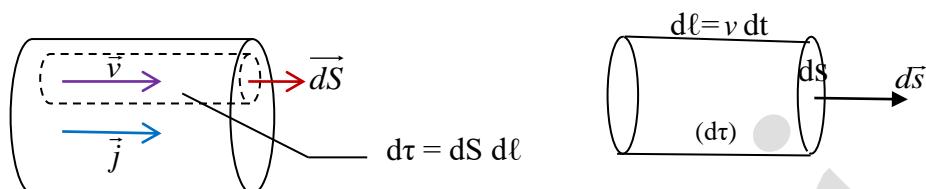
Le conducteur volumique parcouru par un courant d'intensité I de vecteur densité de courant \vec{j} est appelé distribution volumique de courant

ii) Relation entre le flux du vecteur densité volumique de courant et intensité

La charge dq qui traverse la surface ds d'un conducteur cylindrique pendant un temps dt est celle contenue dans un volume $d\tau = ds v dt$

où $d\tau$ est un cylindre de base ds et de longueur $d\ell = v dt$ (figures 2)

La charge $dq = \rho_m d\tau = \rho_m ds v dt$



Figures : 2a et 2b

L'intensité dI de courant est exprimée par la relation :

$$dI = \frac{dq}{dt} = \rho_m ds v = \rho_m \vec{v} \cdot d\vec{s}$$

On introduit le vecteur densité de courant $\vec{j} = \rho_m \vec{v}$

Et on aura : $dI = \frac{dq}{dt} = \vec{j} \cdot d\vec{s}$ le flux élémentaire du vecteur densité de courant \vec{j} à travers la surface ds

On en déduit que l'intensité I du courant électrique à travers la surface (S) du conducteur peut être écrite sous la forme :

$$I = \frac{dQ}{dt} = \iint_S \vec{j} \cdot d\vec{s}$$

dQ est la charge totale qui traverse la surface S pendant l'intervalle de temps dt

Remarque : $\vec{j} dt$ est appelé élément de courant volumique

b- Courant surfacique - Vecteur densité surfacique de courant

Si le conducteur où circule un courant d'intensité I possède une dimension très petite devant les deux autres, on peut considérer que le courant circule sur une surface: la distribution de courant peut-être assimilée à une *distribution surfacique de courant*.

On modélise la distribution de courant par une nappe de courant d'épaisseur négligeable. Le courant qui la traverse est alors un courant de surface de vecteur densité surfacique de courant noté \vec{j}_s

Dans cette modélisation, l'intensité de courant total I est considérée comme *un débit de charge à travers une ligne L (exemple de la figure 3)*.

Prenons l'exemple de la figure 3 : la distribution est une nappe de courant notée (C) de surface Σ .

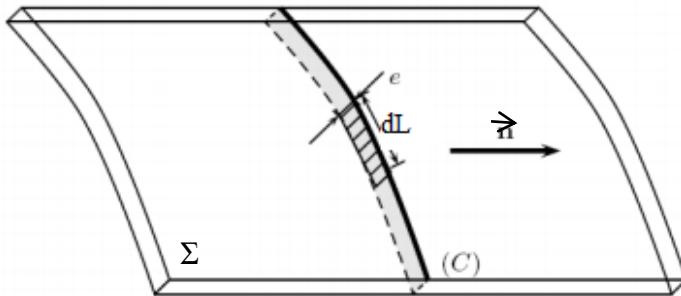


Figure 3

Le courant élémentaire dI s'exprime en fonction du flux du vecteur densité volumique de courant à travers un élément de surface $dS = e dL$, centré en un point P du conducteur (C) par :

$$dI = \vec{j}(P) \cdot d\vec{S} = \vec{j}(P) \cdot \vec{n} dS = \vec{j}(P) \cdot \vec{n} e dL$$

L'épaisseur (e) est très petite devant les dimensions de la surface Σ de la distribution de courant

$$dI = \vec{j}(P) \cdot d\vec{S} = \vec{j}(P) \cdot \vec{n} dS = \vec{j}(P) \cdot \vec{n} e dL = \vec{j}_s(P) \cdot \vec{n} dL$$

$\vec{j}_s(P)$ est le vecteur densité surfacique de courant et \vec{n} le vecteur normal à la portion élémentaire dL .

L'intensité I du courant total à travers la ligne L s'exprime en fonction du vecteur densité surfacique de courant \vec{j}_s par la relation: $I = \int_L \vec{j}_s \cdot \vec{n} dL$

Le module de \vec{j}_s s'exprime en $A m^{-1}$ si I est en ampère et L en mètre
 $\vec{j}_s(P) d\Sigma(P)$ est appelé élément de courant surfacique.

c- Courant linéique – Circuit filiforme

Un circuit électrique filiforme (ou distribution linéique de courant) est un circuit dont les dimensions transversales (section) sont négligeables devant les autres dimensions.

Dans cette modélisation la surface traversée par les charges mobiles est assimilée à un point et le circuit est caractérisé par l'intensité I qui le traverse.

Exemple : le fil électrique (figure 4)

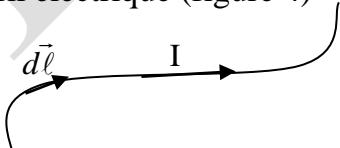


Figure4

$I d\ell$: est appelé élément de courant filiforme
 $d\ell$ est un élément de longueur du circuit filiforme