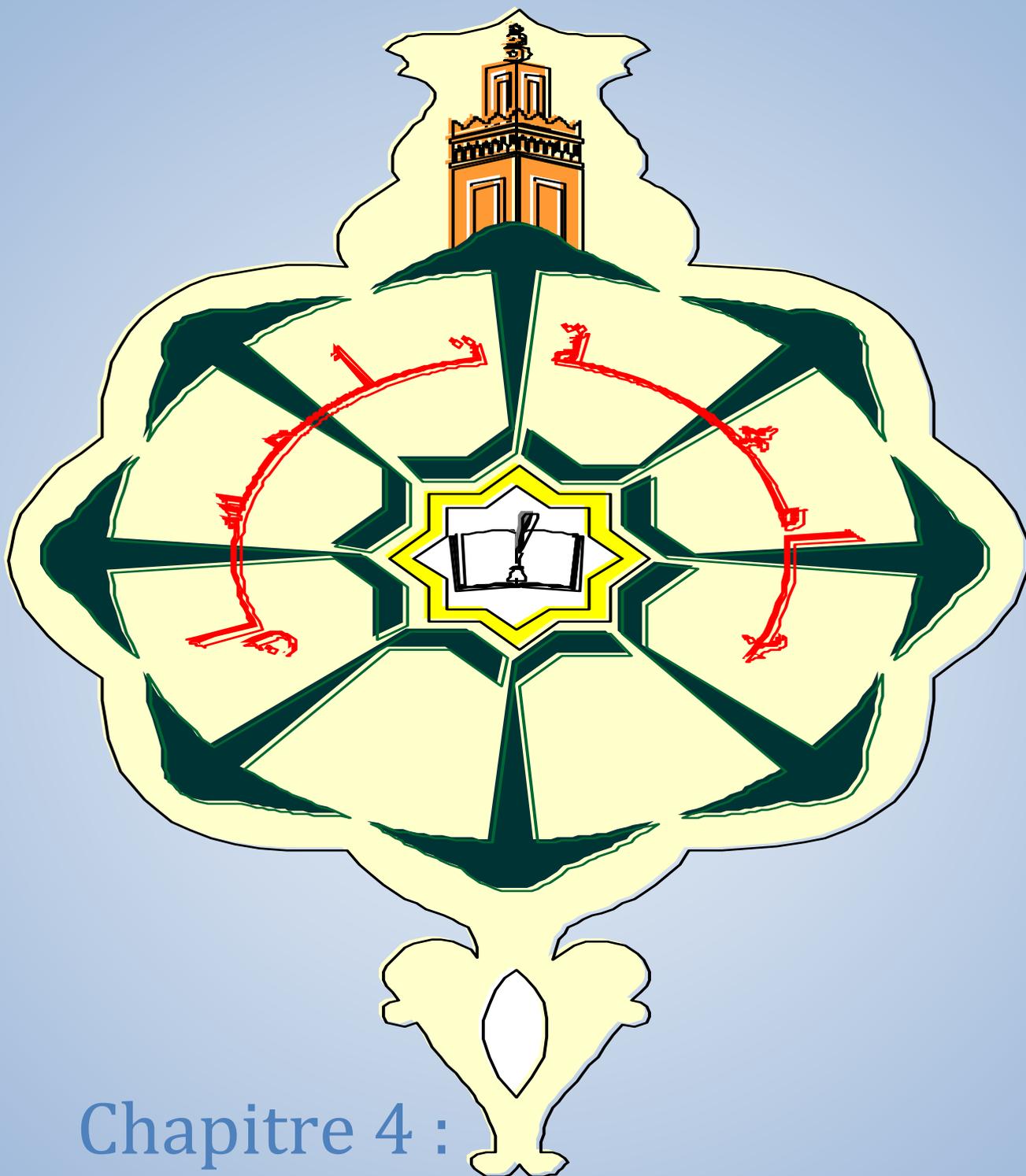


Université de Tlemcen  
Faculté des sciences

Année Universitaire 2022/2023  
Département de Mathématiques



# Chapitre 4 : Electrocinétique

Préparé par : Mme Nadia Bachir et Mme  
Hadjou Belaid Zakia

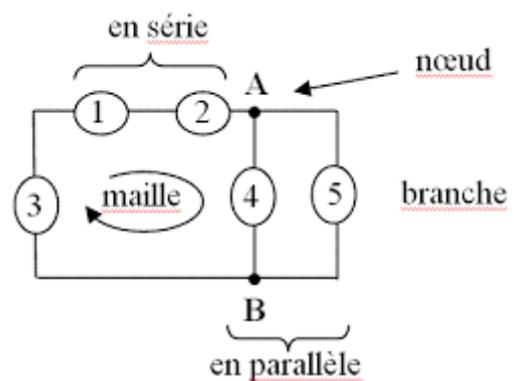
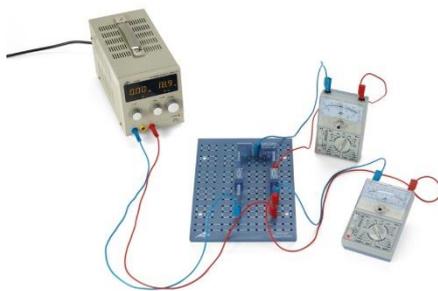
LMD Math

## 1<sup>ERE</sup> ANNEE LMD-MATH COURS D'ELECTRICITE

# Chapitre 4 : Electrocinétique

---

*Préparé par : Mme Nadia Bachir et Mme Hadjou Belaid Zakia*



### Sommaire

<b>1. Introduction</b>	<b>3</b>
<b>1.1. Origine du courant électrique</b>	<b>3</b>
<b>1.2. Le sens conventionnel du courant électrique</b>	<b>4</b>
<b>1.3. Intensité du courant électrique</b>	<b>4</b>
<b>1.4. Densité du courant électrique</b>	<b>4</b>
<b>2. Loi d'Ohm</b>	<b>5</b>
<b>2.1. Conductivité électrique</b>	<b>5</b>
<b>2.2. Résistivité électrique</b>	<b>6</b>
<b>2.3. Résistance électrique</b>	<b>6</b>
<b>2.4. Groupement des résistances</b>	<b>7</b>
<b>3. Réseau électrique</b>	<b>7</b>
<b>4. Les lois de Kirchoff</b>	<b>8</b>
<b>4.1. Loi des nœuds</b>	<b>8</b>
<b>4.2. Loi des mailles</b>	<b>9</b>

## Chapitre 4 : Electrocinétique

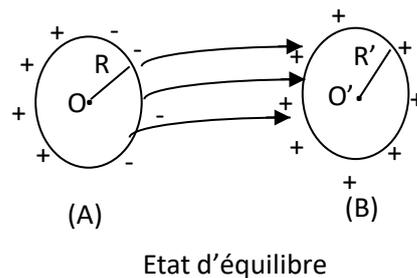
### 1. Introduction

L'électrocinétique, c'est l'étude du mouvement des charges. Autrement dit c'est l'étude de circuits électriques et, est surtout celle du déplacement de l'électricité dans les milieux matériels conducteurs, par opposition à l'électrostatique qui étudie les phénomènes et les lois relatives à l'électricité immobile. Comme le conducteur est le milieu où les charges sont capables de se déplacer librement, on peut citer les métaux, les solutions ioniques, les semi-conducteurs. Dans les métaux seules les électrons se déplacent librement. Dans d'autres milieux, il existe différents porteurs de charges en mouvement, cas des électrolytes avec plusieurs ions positifs et négatifs cas des gaz ionisés.

On appelle courant électrique un déplacement d'ensemble de charges électriques dans un milieu conducteur.

#### 1.1. Origine du courant électrique

Soit deux conducteurs A et B en équilibre électrostatique sous influence partielle

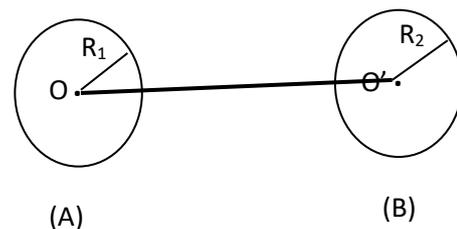


Si on relie les deux conducteurs par un fil conducteur, on aura un seul conducteur sous l'action d'un champ électrique ; on aura un

mouvement des charges passant d'un conducteur à

un autre à travers le fil conducteur, cette circulation

des charges constitue « un courant électrique ».



**Remarque :** Ce courant est temporaire, il s'arrête lorsque l'équilibre s'établit. Pour avoir un courant continu, on utilise un générateur.

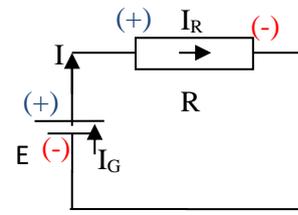
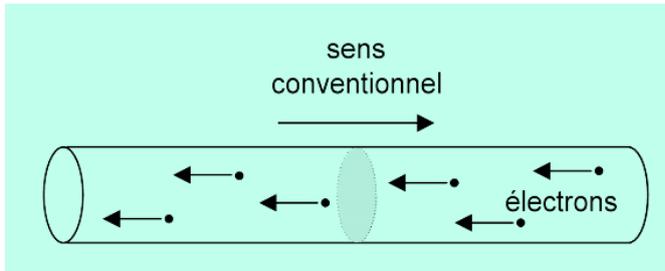
**Définition :** Un courant électrique est un mouvement d'ensemble de porteurs de charges électriques. Dans les métaux, ces porteurs sont des électrons (charge négative) et dans les liquides et les gaz, les porteurs sont des électrons ou des ions positifs ou négatifs.

## Chapitre 4 : Electrocinétique

La charge élémentaire est celle de l'électron :  $Q = e = -1,6 \cdot 10^{-19}$  Coulomb (C).

### 1.2. Le sens conventionnel du courant électrique

Le sens conventionnel du courant choisit par Ampère est opposé à celui des électrons. En effet, le courant circule du pôle positif au pôle négatif d'un générateur électrique.

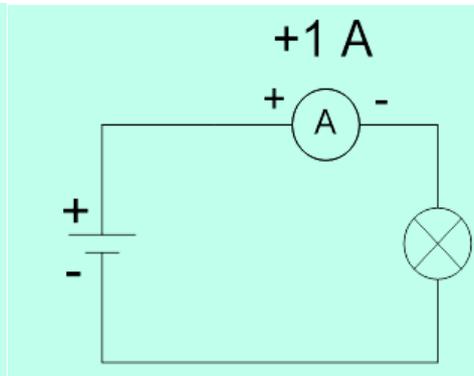


### 1.3. Intensité du courant électrique شدة التيار

L'intensité du courant mesure la quantité algébrique d'électricité (porteurs de charges) traversant une section d'un conducteur par unité de temps.  $I = \frac{dq}{dt}$

L'unité du courant est : Ampère (A)

L'outil de mesure du courant est Ampèremètre placé en série dans le circuit.



### 1.4. Densité du courant électrique كثافة التيار كهربائيا

La densité de courant notée  $\vec{j}$  représente la quantité de charge qui traverse l'unité de surface par unité de temps. C'est une grandeur vectorielle, caractérise le mouvement d'un ensemble des charges mobiles avec une vitesse moyenne  $\vec{v}$  et la densité volumique des charges  $\rho$ .

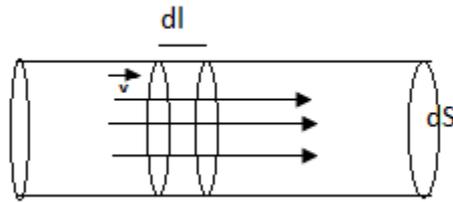
$$\vec{j} = \rho \vec{v} \text{ avec } \rho = nq = ne$$

Avec :  $n$  est le nombre d'électrons et  $\vec{v}$  est vitesse moyenne de déplacement des charges

on peut écrire donc  $\vec{j} = -ne\vec{v}$

## Chapitre 4 : Electrocinétique

Dans un conducteur de section (s),  $dl = dx$



$$\vec{v}_{cod} = \frac{dx}{dt} \text{ avec } dx = \vec{v} dt$$

$$\begin{cases} dq = \rho dv = \rho \vec{ds} \vec{dx} = \rho \vec{ds} \vec{v} dt \\ \vec{j} = \rho \vec{v} \end{cases} \text{ donc } dq = \vec{j} \vec{ds} dt \text{ alors } I = \frac{dq}{dt} = \iint \vec{j} \vec{ds}$$

Dans un conducteur cylindrique,  $I = \iint \vec{j} \vec{ds}$

**Définition :** L'intensité du courant représente le flux du vecteur densité du courant  $\vec{j}$  à travers une section « S » d'un conducteur ; son unité est  $A/m^2$ .

En générale pour un fil la relation entre l'intensité du courant et sa densité sera :  $\vec{j} = I/s$

**Rappel :** La tension est la différence de potentiel entre deux points A et B (notée ddp) ou  $U_{AB} = V_A - V_B$  (l'unité de U est Volt).

### 2. Loi d'Ohm

#### 2.1. Conductivité électrique السماحية الكهربائية

En présence d'un champ électrique  $\vec{E}$ , il y a une densité de courant à travers un fil conducteur de longueur l et de section S donnée par la relation :

$$\vec{j} = \sigma \vec{E} \text{ avec } \sigma = \frac{n \tau e^2}{m_e}$$

avec  $\sigma$  : la conductivité électrique.

$\tau$  : temps moyen séparant deux chocs successifs entre charges.

n : le nombre de charge par unité de volume.

$m_e$  : masse de l'électron.

**Remarque :** La conductivité électrique s'exprime en Siemens/m<sup>2</sup> (Sm<sup>-1</sup>).

#### 2.2. Résistivité électrique المقاومية الكهربائية

La résistivité électrique est l'inverse de la conductivité électrique  $= \frac{1}{\sigma} = \frac{R \cdot S}{l}$ .

Elle est exprimée en  $\Omega/m$ .

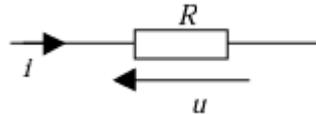
### 2.3. Résistance électrique

#### a. Définition

Le rapport entre la différence de potentiel  $U$  (ddp) entre deux points A et B d'un conducteur métallique et le courant  $I$  qui le traverse est constant à température constante. Il est noté  $R$  et il définit la résistance électrique.  $R = \frac{U}{I}$

La résistance d'un conducteur est exprimée en  $\Omega$  (Ohm)

Son symbole dans un circuit électrique est :

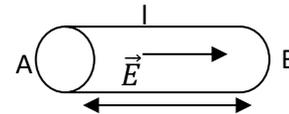


#### b. Calcul de la résistance d'un conducteur cylindrique

Soit un fil conducteur de longueur  $l$  et de section  $S$  parcouru par un courant d'intensité  $I$ .

La tension aux bornes de ce conducteur s'écrit par :

$$U = \Delta v = v_A - v_B = RI$$



Le champ s'écrit par :

$$E = -\frac{dv}{dl} \Rightarrow \int_{v_A}^{v_B} dv = - \int E dl \quad \text{donc } v_B - v_A = - \int E dl \Rightarrow U = v_A - v_B = \int E dl$$

$$I = \iint \vec{j} d\vec{s} = js \text{ avec } j = \sigma E$$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{\int E dl}{js} = \frac{E \int_A^B dl}{\sigma E s} = \frac{El}{\sigma E s} \text{ donc } R = \frac{l}{\sigma s}$$

$$\begin{cases} R = \frac{l}{\sigma s} \\ \rho = \frac{1}{\sigma} \end{cases} \text{ donc } R = \rho \frac{l}{s}$$

#### c. Calcul de la Puissance

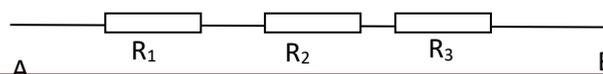
Elle s'écrit par :  $P=UI=R I^2$  son unité est watt

Cette puissance correspond à la puissance consommée lorsque qu'on a un récepteur et à la puissance fournie lorsque qu'on a un générateur.

### 2.4. Groupement des résistances

On distingue deux types de branchement des résistances dans un circuit électrique.

#### a. Groupement en série



## Chapitre 4 : Electrocinétique

---

Soient trois résistances branchées en série.

$$I_{AB} = I_{R1} = I_{R2} = I_{R3} = I \text{ avec } U = R I$$

$$U_{AB} = U_{R1} + U_{R2} + U_{R3} \Rightarrow R_{eq} I = R_1 I_1 + R_2 I_2 + R_3 I_3 = R_1 I + R_2 I + R_3 I$$

$$\text{Donc } R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3$$

**Pour « n » résistance on a :**

$$R_{eq} = \sum_{i=1}^n R_i$$

### b. Groupement en parallèle

Soient trois résistances branchées en parallèle.

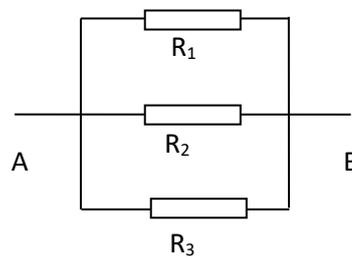
$$I_{AB} = I_{R1} + I_{R2} + I_{R3} \text{ avec } I = U / R$$

$$U_{AB} = U_{R1} = U_{R2} = U_{R3} \Rightarrow \frac{U_{AB}}{R_{eq}} = \frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2} + \frac{U_3}{R_3}$$

$$\text{Donc } \frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

**Pour « n » résistance on a :**

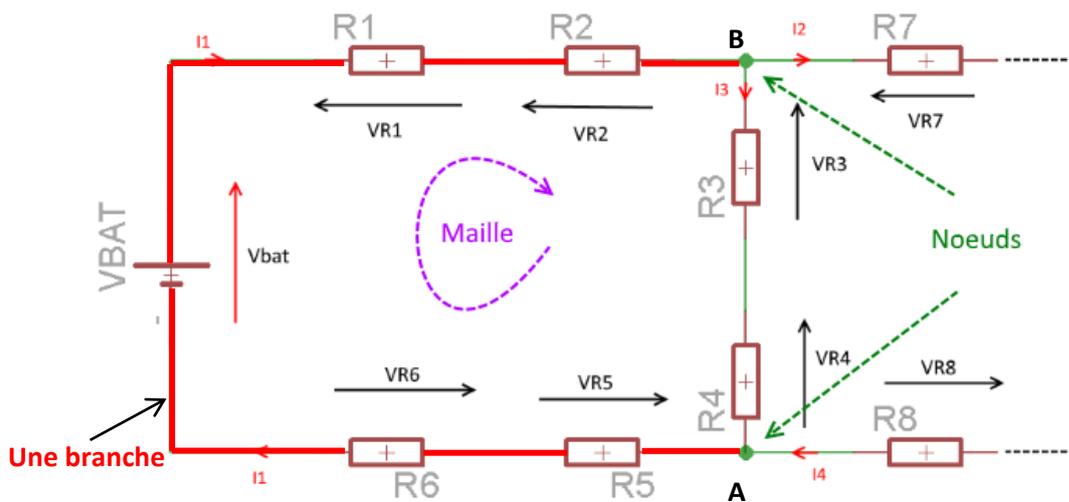
$$\frac{1}{R_{eq}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}$$



### 3. Réseau électrique

On appelle circuit ou réseau électrique un ensemble de dispositifs électriques reliés entre eux par des fils conducteurs parfaits. Dans un circuit on distingue plusieurs types de dispositifs électriques tel que la résistance, le générateur, le condensateur. ..

Un nœud est un point du circuit relié à trois dispositifs ou plus. Une branche de réseau est la partie de circuit comprise entre deux nœuds. Une maille est un parcours fermé de branches passant au plus une seule fois par un nœud donné.



On peut classer les différents types des dispositifs électriques selon deux catégories :

**Générateur** : C'est l'élément qui engendre le courant ; le courant dans cet élément sort du pôle positif et rentre par le pôle négatif. Le sens conventionnel de la différence de potentiel  $U$  (d.d.p) est du pôle négatif au pôle positif pour un générateur.

**Récepteur** : Dans un récepteur, le courant rentre par le pôle positif et sort par le pôle négatif.

**Remarque :**

\* Dans un récepteur : Le courant et la tension sont dans deux sens inverses.



\* Dans un générateur : Le courant et la tension ont le même sens.



### 4. Les lois de Kirchoff

Les deux lois de Kirchoff permettent l'analyse des réseaux électrique.

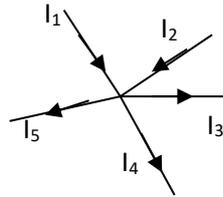
#### 4.1. Loi des nœuds

Un nœud est un point de jonction de plusieurs conducteurs électriques. La somme des intensités des courants arrivant à un nœud est égale à la somme des intensités des courants sortant du nœud :

## Chapitre 4 : Electrocinétique

$$\sum I_{entrants} = \sum I_{sortants}$$

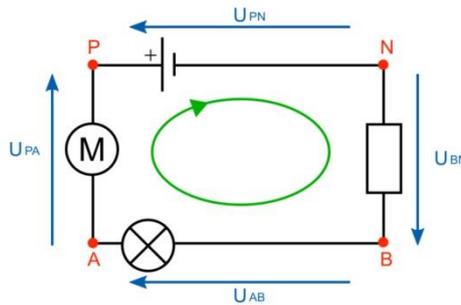
$$I_1 + I_2 = I_3 + I_4 + I_5$$



### 4.1. Loi des mailles

La somme algébrique des différences de potentiel dans une maille est égale au zéro :

$$\sum U_{maille} = 0$$



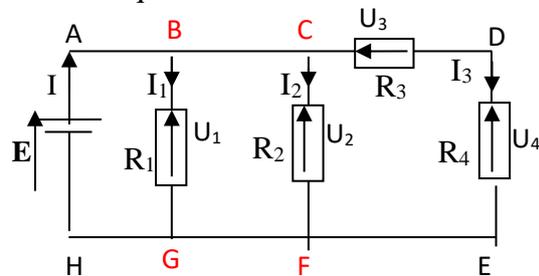
$$U_{PA} + U_{AB} + U_{BN} + U_{PN} = 0$$

### Exemple d'application:

On considère le circuit représenté ci-dessous.

1. Calculer la valeur de l'intensité du courant  $I$  en utilisant les deux lois de Kirchhoff.
2. Retrouver la valeur de  $I$ , en utilisant la résistance équivalente du circuit.

On donne :  $E=24V$  ;  $R_1=R_2=20\Omega$  ;  $R_3=R_4=5\Omega$ .



1. Nous avons dans ce montage :

4 nœuds qui sont : B, C, F, G

6 mailles : ABGHA ; BCFGB ; CDEFC ; ACFHA ; BDEGB ; ADEHA.

### Loi des nœuds :

Au point B :  $I=I_1+I'$  et au point C :  $I'=I_2+I_3$

### Loi des mailles (dans le sens des mailles):

$$ABGHA : E - R_1 I_1 = 0 \Rightarrow 24 - 20 I_1 = 0 \text{ donc } I_1 = 1,2 A$$

$$BCFGB : R_1 I_1 - R_2 I_2 = 0 \Rightarrow 20 I_1 - 20 I_2 = 0 \text{ donc } I_1 = I_2 = 1,2 A$$

$$CDEFC : R_2 I_2 - R_3 I_3 - R_4 I_3 = 0 \Rightarrow 20(1,2) - 5 I_3 - 5 I_3 = 0 \text{ donc } I_3 = 2,4 A$$

## Chapitre 4 : Electrocinétique

$$I = 1,2 + 1,2 + 2,4 = 4,8 \text{ A}$$

2. On peut calculer le courant par une autre méthode :

$R_3$  est en série avec  $R_4$  donc  $R_{34} = R_3 + R_4 = 5 + 5 = 10 \Omega$

$R_1$ ,  $R_2$  et  $R_{34}$  sont branchées en parallèle donc

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_{34}} = \frac{1}{20} + \frac{1}{20} + \frac{1}{10} = \frac{4}{20} \Rightarrow R_{eq} = 5 \Omega$$

$$E = R_{eq} I \Rightarrow I = \frac{E}{R_{eq}} = \frac{24}{5} = 4,8 \text{ A}$$

