

# Bases d'électrocinétique

## I Courant électrique

### 1) Définition

Un déplacement d'ensemble, ordonné, de particules chargées, est appelé courant électrique.

Exemples de particules chargées :

Electrons dans les fils électriques

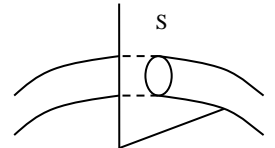
Ions en solution électrolytique

Par convention, le sens dit « conventionnel » ou « réel » du courant est le sens de déplacement des charges positives.

On prendra l'habitude de dessiner le sens conventionnel de  $i$  à côté des fils avec une petite flèche verte

### 2) Intensité du courant (cas d'un courant d'intensité constante)

Considérons un conducteur de section  $S$ , parcouru par un courant électrique. **Choisissons arbitrairement une orientation pour ce courant**, par exemple de la gauche vers la droite. L'intensité du courant électrique à travers ce conducteur avec l'orientation choisie, est égale à la quantité d'électricité qui traverse  $S$  par unité de temps, de la gauche vers la droite dans ce cas. Si une charge totale  $Q$  traverse de gauche à droite  $S$  pendant la durée  $\Delta t$ , l'intensité  $I$  à travers le conducteur est égale à (avec l'orientation choisie) :



Remarque : on utilise la notation  $I$  quand l'intensité est constante. Sinon, on utilise la notation «  $i$  ».

**ATTENTION, cela ne veut pas dire que le sens réel (c'est-à-dire le sens positif) du courant soit de gauche à droite ; choisir une orientation pour le courant n'a aucune influence sur le sens réel de ce courant car cela dépend en outre du signe des charges et du déplacement réel des charges dans le fil.**

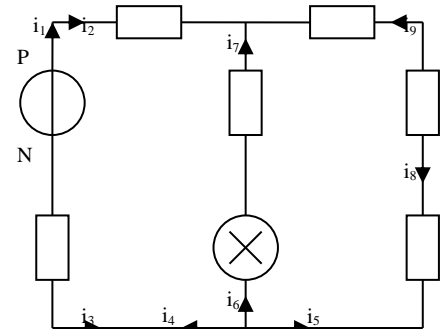
**$I$  ou  $i$  est une grandeur algébrique qui peut être positive ou négative.**

Un déplacement de charges d'un certain signe dans un sens est exactement équivalent, au niveau macroscopique, au déplacement de charges de signe opposé en sens inverse.

Finalement, une fois l'orientation de l'intensité  $i$  choisie, si le sens réel du courant correspond à cette orientation, alors  $i$  est \_\_\_\_\_, si le sens réel du courant correspond au sens inverse de l'orientation de  $i$ , alors  $i$  est \_\_\_\_\_ et vice versa. **Il n'y a pas lieu de changer d'orientation si elle ne correspond pas au sens réel du courant (sens positif).** Pour indiquer le sens réel du courant, on indiquera à côté du  $i$  de l'orientation,  $i > 0$  ou  $i < 0$  selon le cas.

### 3) Intensité dans une branche

L'intensité, en chaque point d'une branche de circuit est rigoureusement la même.

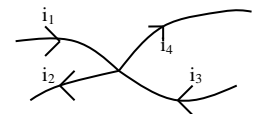


### 4) Loi des nœuds

La charge totale d'un système est toujours conservée. Aussi, la quantité de charge « arrivant » à un nœud est égale à la quantité de charge qui en « part ».

Raisonnons avec les intensités algébriques en considérant le nœud suivant avec les orientations de courant imposées :

On peut alors écrire, en utilisant les  $i_1$ ,  $i_2$ ,  $i_3$  et  $i_4$  :



Sachant que  $i_1 = 3$  A,  $i_2 = 22$  A,  $i_3 = -6$  A, calculer  $i_4$ . Indiquer en vert le sens réel du courant dans les quatre fils. Calculer la quantité de charge positive « arrivant » au nœud toutes les 10 ms et la quantité de charge qui en « part ».

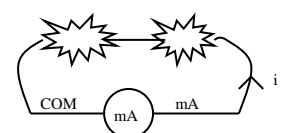
### 5) Mesure d'une intensité

Pour mesurer directement une intensité, on utilise un ampèremètre qu'il faut placer **en série** dans le circuit à l'endroit où on désire mesurer l'intensité du courant.

- Les bornes du multimètre à utiliser pour l'ampèremètre sont les bornes « mA » et « COM ».
- Il faut choisir un calibre adapté (courant continu/alternatif et valeur adaptée au calibre en commençant par les grands).

L'ampèremètre affiche une valeur algébrique qui correspond au courant algébrique qui le traverse en rentrant par sa borne « mA » et en sortant par sa borne « COM ».

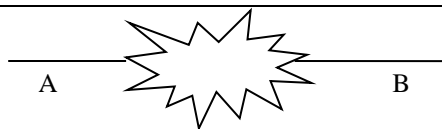
Exemple : avec l'orientation des bornes suivantes, l'ampèremètre affiche « - 3 mA ». Avec l'orientation choisie pour  $i$ , dites si  $i > 0$  ou  $i < 0$  et faire figurer le sens réel du courant sur le schéma.



## II Tension aux bornes d'un dipôle

### 1) Définition

La tension aux bornes d'un dipôle AB lorsqu'elle est symbolisée au moyen d'une flèche orientée de B vers A (pointe de la flèche sur A) est la différence entre le potentiel (électrique)  $V_A$  du point A moins le potentiel (électrique)  $V_B$  du point B ; et vice versa lorsque l'orientation de la flèche tension est inversée.



### 2) Loi des mailles

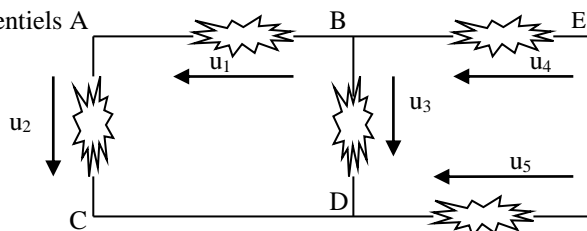
Elle correspond à une simple manipulation mathématique des potentiels A des points d'une maille.

Dans la maille de gauche :

$$(V_A - V_B) + (V_B - V_D) + (V_D - V_C) + (V_C - V_A) =$$

$$\text{Soit } u_1 +$$

Dans la maille de droite :



**Attention, le choix arbitraire d'orientation des tensions n'a aucune influence sur le signe réel de ces tensions. Il n'y a pas lieu de changer d'orientation de tension si elle ne correspond pas à une tension positive.**

### 3) Mesure d'une tension

On utilise un voltmètre qu'il faut placer *en dérivation* dans le circuit.

- Les bornes du multimètre à utiliser pour le voltmètre sont les bornes « COM » et « V ».
- Choisir un calibre adapté (tension continue/alternative et valeur adaptée au calibre en commençant par les grands).

Le voltmètre affiche la valeur « potentiel de sa borne V – potentiel de sa borne COM ». En déduire, sur le schéma ci-dessus, la place des deux bornes à brancher aux pôles A et B pour mesurer la tension  $u_1$ .

On peut également utiliser l'une des entrées de l'oscilloscope sachant que celui-ci affiche à son écran la tension égale à la différence entre le potentiel de sa borne rouge (« rouge CH1 » ou « rouge CH2 ») – le potentiel d'une de ses bornes noires (« masse »).

On peut également utiliser une interface multimédia reliée à un ordinateur. Là encore, sur l'écran s'affiche la tension égale à la différence entre le potentiel de sa borne rouge (« mesure ») – le potentiel de sa borne noire ou bleue (« référence »).

**Avant de brancher un voltmètre et/ou un ampèremètre et/ou un oscilloscope et/ou un ordinateur, faire toujours figurer sur le schéma électrique le nom des bornes (COM, V, mA, rouge CH1, masse ...) permettant de visualiser la bonne tension demandée et non son opposée.**

## III Loi des dipôles

### 1) Généralités

Il est important de connaître la loi qui relie la tension aux bornes d'un dipôle AB à l'intensité qui le traverse.

Comme on l'a vu, il convient de spécifier très clairement, lors de l'établissement de ces lois, laquelle des tensions  $u$  et laquelle des intensités algébriques  $i_{A \rightarrow B}$  (intensité orientée arbitrairement de A vers B en passant par le dipôle) ou  $i_{B \rightarrow A}$  (intensité orientée arbitrairement de B vers A en passant par le dipôle) doivent intervenir. Deux « conventions » sont adoptées. On devrait parler plutôt d'« orientation relative ».

### 2) Convention récepteur – convention générateur

Suivant l'orientation relative choisie du courant traversant un dipôle et de la tension à ses bornes, on parle de « convention récepteur » ou de « convention générateur ».

- **convention récepteur** : la flèche de la tension  $u$  et la flèche du courant  $i$  sont en sens opposé :



**Attention !!! Cela ne veut pas dire du tout que si  $u$  est positive,  $i$  est négative ou autre horreur de ce genre !**

Le calcul du produit algébrique  $u * i$  à une date  $t$  correspond alors physiquement à la **puissance algébrique  $P$  reçue** (d'où l'expression « convention récepteur ») par le dipôle à cette date.

En multipliant cette puissance  $P$  par la durée  $\Delta t$ , on obtient l'**énergie algébrique  $E$  reçue** (car convention récepteur) et utilisée par le dipôle pendant cette durée.

Si cette puissance « reçue » et donc cette énergie « reçue » sont positives (donc si  $u$  et  $i$  orientées en sens contraire ont même \_\_\_\_\_) cela signifie que le dipôle consomme réellement une puissance et une énergie, c'est un vrai récepteur.

Au contraire, si cette puissance « reçue » et donc cette énergie « reçue » est négative (donc si  $u$  et  $i$  orientées .....  
 .....ont \_\_\_\_\_) cela signifie que le dipôle cède en réalité une puissance et une énergie au  
 circuit ; c'est en réalité, dans ce cas un vrai générateur.

$$P = u * i \quad \text{Unités :}$$

$$E = u * i * \Delta t$$

- **convention générateur** : la flèche de la tension et la flèche du courant sont dans le même sens :



**Attention !!! Cela ne veut pas dire du tout que si  $u$  est positive,  $i$  est positive ou autre horreur de ce genre !**

Le calcul du produit algébrique  $u * i$  à une date  $t$  correspond alors physiquement à la **puissance algébrique  $P$  cédée** (d'où l'expression « convention générateur ») par le dipôle au reste du circuit à cette date.

En multipliant cette puissance  $P$  par la durée  $\Delta t$ , on obtient l'**énergie algébrique  $E$  cédée** (car convention récepteur) au circuit par le dipôle pendant cette durée.

Si cette puissance « cédée » et donc cette énergie « cédée » sont positives (donc si  $u$  et  $i$  orientées dans le même sens ont même \_\_\_\_\_) cela signifie que le dipôle cède réellement une puissance et une énergie, c'est un vrai générateur.

Au contraire, si cette puissance « cédée » et donc cette énergie « cédée » est négative (donc si  $u$  et  $i$  orientées .....  
 ..... ont \_\_\_\_\_) cela signifie que le dipôle capte en réalité une puissance et une énergie ; c'est en  
 réalité, dans ce cas un vrai récepteur.

$$P = u * i$$

$$E = u * i * \Delta t$$

**Bien sûr, si un dipôle a une énergie positive reçue lorsqu'il est en convention récepteur, le calcul de l'énergie cédée, en convention générateur, donnera une valeur négative. Et vice-versa car la réalité physique (vraie récepteur ou vrai générateur) ne dépend pas de l'orientation adoptée !**

### 3) Différents dipôles

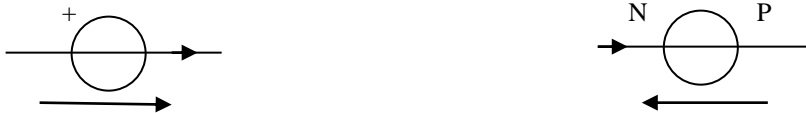
#### a) Le générateur de tension constante

symbole :

On indique ses bornes P et N. **La tension  $U$  orientée de N vers P est toujours positive et constante** choisie par l'expérimentateur sur le boîtier de l'appareil.

**Le courant sort réellement par la borne P du générateur de tension.** Cela ne signifie pas pour autant qu'on doit orienter le courant à l'extérieur de ce dipôle de P vers N. Attention, la valeur de ce courant n'est a priori pas connue à l'avance.

On a décidé d'orienter  $i$  et la tension aux bornes du générateur de deux manières différentes ci-dessous. Déterminer le signe de  $i$  et de  $u$  dans chacun des deux cas. Justifier.



Ce dipôle est un vrai générateur : il cède une puissance et une énergie au circuit. Preuve :

#### b) Le générateur de courant constant

symbole :

On indique ses bornes par P et N. **Le courant sort réellement par la borne P** et a une valeur constante choisie par l'expérimentateur sur le boîtier de l'appareil.

**La tension  $U$  orientée de N vers P est positive** mais on ne peut connaître a priori sa valeur.

Ce dipôle est un vrai générateur : il cède une puissance et une énergie au circuit. Preuve :

#### c) Le dipôle ohmique

Symbole :

C'est un dipôle dont la loi s'écrit **en convention récepteur** :

$$u = R * i \quad \text{Unités :}$$

Si convention générateur, la loi s'écrit :

$R$  est appelée la résistance du dipôle ohmique. C'est **une grandeur caractéristique du dipôle toujours positive** (qu'on écrive en convention récepteur ou en convention générateur)

La loi n'indique pas de signe particulier pour  $u$  et  $i$ . Dans tous les cas, on trouve que le conducteur ohmique est un vrai récepteur.

Preuve :

**d) Le condensateur (idéal)**

Symbole :

C'est un dipôle dont la loi s'écrit **en convention récepteur** :

$$i = C \frac{du_c}{dt}$$

Unités :

Si convention générateur, la loi s'écrit :

C est appelée la capacité du condensateur. C'est une **grandeur caractéristique du condensateur toujours positive.**

**e) La bobine (idéale)**

Symbole :

C'est un dipôle dont la loi s'écrit **en convention récepteur** :

$$u_L = L \frac{di}{dt}$$

Unités :

Si convention générateur, la loi s'écrit :

L est appelée l'inductance de la bobine. C'est une **grandeur caractéristique de la bobine toujours positive.**

*Exemple d'application :*

On place en série un condensateur une bobine et un interrupteur. Faire un schéma en plaçant le condensateur à gauche et la bobine à droite (l'interrupteur en bas, ouvert pour l'instant)

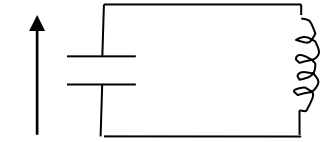
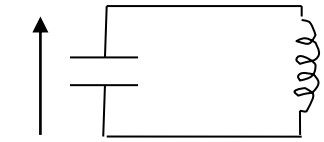
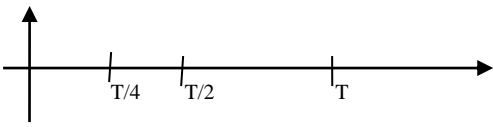
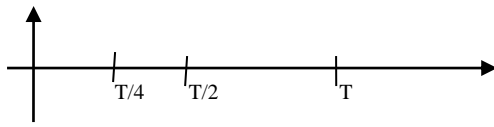
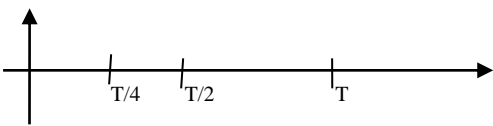
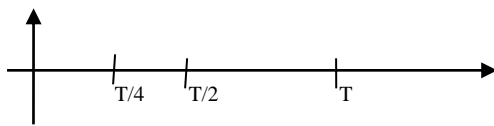
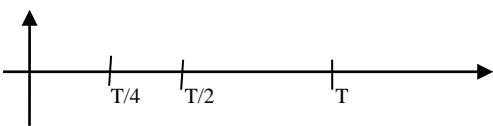
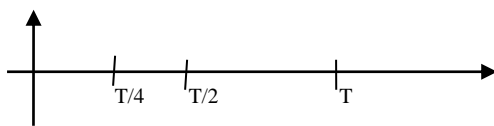
On décide de « charger » dans un premier temps le condensateur c'est-à-dire que la tension à ses bornes est portée à une valeur non nulle  $E > 0$  (la charge s'est déroulée de façon à ce que l'armature supérieure sur le schéma soit chargée positivement et l'armature inférieure négativement donc E est la valeur de la tension orientée de bas en haut sur le schéma). On décide à  $t=0$  de fermer l'interrupteur. On établit théoriquement que la tension aux bornes du condensateur orientée de bas en haut a pour expression en fonction du temps  $u_c(t) = E \cdot \cos(\omega \cdot t)$  (avec d'ailleurs  $\omega = 1/\sqrt{LC}$  )

*Question préliminaire mathématique :*

Montrer que la fonction  $f(x) = \cos(a \cdot x)$  a pour période  $T = \dots\dots\dots$

Le but est de savoir si le condensateur puis la bobine sont des vrais récepteurs ou générateurs.

Le caractère « vrai récepteur » et « vrai générateur » ne dépend pas de l'orientation choisie. Montrons le sur deux exemples :

Choix des orientations		
Expression temporelle de $u_c$		
Représentation graphique de $u_c$		
Expression temporelle de $i$ choisie		
Représentation graphique de $i$		
Expression temporelle de $u_L$ choisie		
Représentation graphique de $u_L$		
Conclusion		

