

---

# Chapitre 1 :

## Rappels d'électricité



---

## Plan du chapitre

- 1. Circuit électrique
  - 2. Lois de Kirshhoff
  - 3. Dipôles électriques
  - 4. Le régime DC
-

---

# Plan du chapitre

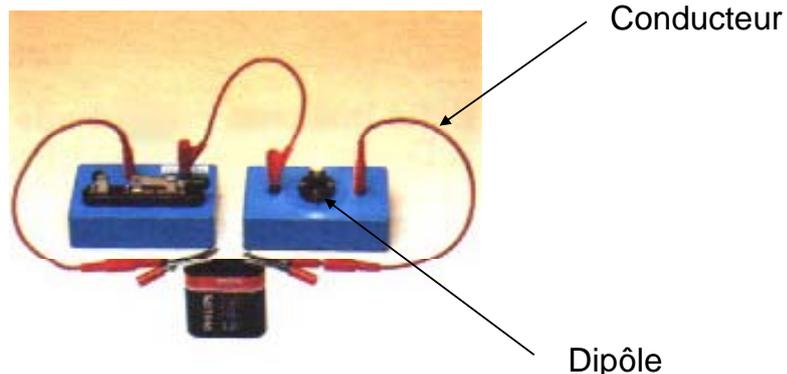
- 1. Circuit électrique
  - 2. Lois de Kirshhoff
  - 3. Dipôles électriques
  - 4. Le régime DC
- 

---

## 1. Circuit électrique

### 1.1 Généralités

- Notion de circuit électrique :
  - Un circuit électrique est un ensemble de **composants électriques** interconnectés d'une manière quelconque par des **conducteurs**.

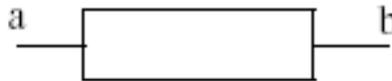


---

# 1. Circuit électrique

## 1.1 Généralités

- Les composants électriques sont :
  - dans le cas le plus simple un élément à deux bornes (on dit aussi un dipôle), que l'on représente sous la forme suivante :



- dans certains cas un élément à plus de deux bornes. Par exemple, un transistor possède 3 bornes, un transformateur peut en avoir 4 voire 6. Un composant à quatre bornes est appelé *quadripôle*.
- 

---

# 1. Circuit électrique

## 1.1 Généralités

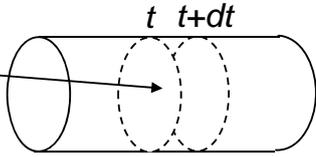
- Un conducteur est constitué d'un matériau transportant bien le courant électrique :
    - Pour des raisons physiques, un bon conducteur électrique est également un bon conducteur thermique. On en trouve ainsi réalisé en métal, et surtout en cuivre.
    - Mais il est également possible d'utiliser un liquide conducteur, appelé électrolyte : l'exemple le plus classique est l'eau salée.
-

# 1. Circuit électrique

## 1.2 Courant, tension, puissance

### ■ Courant électrique:

- Un courant électrique est un déplacement d'ensemble ordonné de charges électriques dans un conducteur. On le caractérise par une grandeur, **l'intensité**, définie comme étant le débit de charges (en Coulomb C)<sup>1</sup> électriques dans le conducteur (ou débit d'électrons).
- Cette grandeur est souvent notée ***I***. Quand, pendant un temps  $dt$ , il passe  $dq$  Coulombs, l'intensité vaut :

$$I(t) = \frac{dq(t)}{dt}$$


<sup>1</sup>NB: la charge élémentaire vaut  $-1,6 \cdot 10^{-19}$  C (c'est celle de l'électron  $e^-$ )

# 1. Circuit électrique

## 1.2 Courant, tension, puissance

### ■ Courant électrique :

- L'unité légale dans laquelle s'exprime l'intensité du courant électrique est l'*ampère* (symbole A).
- Le courant dans le schéma d'un circuit électrique est représenté par une flèche. Il est à noter que du fait de la définition de l'intensité ( $I = +dq/dt$ ) et de la charge de l'électron (charge négative), le sens de déplacement effectif des électrons est l'opposé du sens positif du courant.



Cette flèche indique que si les électrons passent de droite à gauche, on comptera une intensité positive ; négative s'ils vont de gauche à droite.

# 1. Circuit électrique

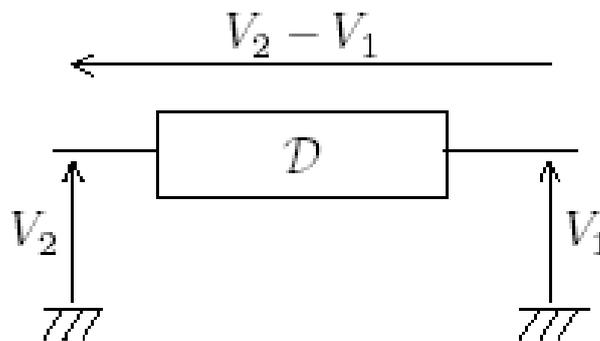
## 1.2 Courant, tension, puissance

- Tension ou ddp (différence de potentiel) :
  - Cependant, ce mouvement, à une vitesse non nulle, ne se traduit pas par un déplacement global susceptible de se traduire en courant électrique.
  - Pour mettre en mouvement ces charges dans une direction donnée, il est nécessaire d'appliquer un *champ électrique* aux bornes du conducteur. En appliquant le potentiel électrique  $V_1$  et le potentiel  $V_2$  à ces deux bornes, on crée une différence de potentiel qui met les électrons en mouvement.
  - La valeur de la différence de potentiel est appelée la tension, et son unité est le Volt (symbole V ( $1V=1J/C$ )).

# 1. Circuit électrique

## 1.2 Courant, tension, puissance

- Tension ou ddp (différence de potentiel) :
  - On représente une différence de potentiel ( $V_2 - V_1$ ) par une flèche à côté du composant, comme sur le schéma suivant :



Dans le bas de ce schéma, les symboles rayés indiquent la référence de potentiel nulle, appelée la *masse*, par rapport à laquelle sont définis les potentiels  $V_1$  et  $V_2$ .

---

# 1. Circuit électrique

## 1.2 Courant, tension, puissance

### ■ Notion de puissance :

- Ainsi qu'on l'a souligné au paragraphe précédent, l'application d'une différence de potentiel aux bornes d'un conducteur permet de mettre en mouvement les charges électriques libres qu'il renferme. Ce faisant, on leur a communiqué de l'énergie.
  
  - En se ramenant à une unité de temps, on peut introduire une puissance électrique définie comme étant le produit de la tension par le flux de charges par unité de temps dans le conducteur, autrement dit par l'intensité.
  
  - Il est facile de vérifier que ce produit est effectivement homogène à une puissance :  $1V \cdot 1A = 1(J/C) \cdot 1(C/s) = 1(J/s) = 1W$ .
- 

---

# 1. Circuit électrique

## 1.2 Courant, tension, puissance

### ■ Notion de puissance :

- Il est possible de raffiner cette notion de puissance électrique en distinguant les composants générateurs de puissance de ceux qui se contentent de la recevoir.
  
  - On parle alors respectivement de :
    - **Convention générateur (CG)**
    - **Convention récepteur (CR)**
-

# 1. Circuit électrique

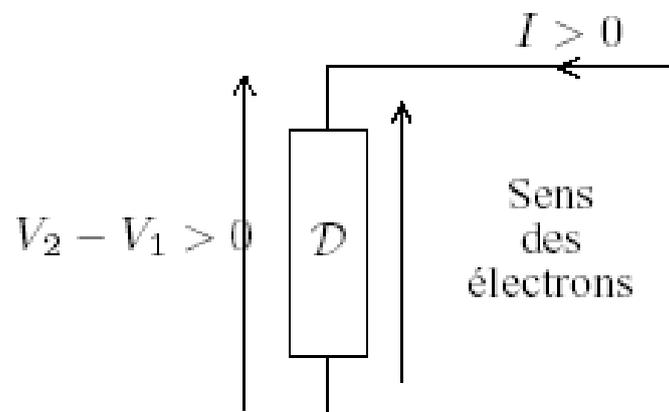
## 1.2 Courant, tension, puissance

- Notion de puissance (CR) :
  - Considérons un dipôle que l'on qualifiera de *passif*, uniquement capable de **recevoir** de **l'énergie électrique**.
  - On impose aux bornes de ce dipôle une *ddp*  $V_2 - V_1$ , avec  $V_2 > V_1$ . Les électrons, de charges négatives, vont se diriger vers le pôle de potentiel le plus élevé.
  - Par conséquent, le courant sera positif dans le sens contraire. Il s'ensuit que l'on peut définir une convention récepteur pour les sens positifs des courant et tensions.

# 1. Circuit électrique

## 1.2 Courant, tension, puissance

- Notion de puissance (CR) :



On notera que la flèche de la tension et celle du courant sont de sens opposés.

# 1. Circuit électrique

## 1.2 Courant, tension, puissance

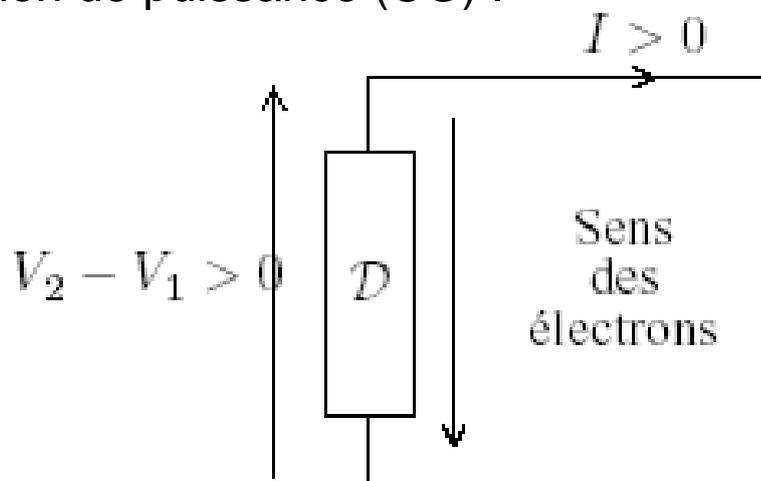
### ■ Notion de puissance (CG) :

- Cette convention est la duale de la précédente. Il s'agit cette fois-ci pour le dipôle d'imposer la tension à ses bornes et l'intensité du courant qui le traverse.
- En fait, on définit la *convention générateur* d'après la convention récepteur.
- Si l'on veut pouvoir brancher l'un en face l'autre un récepteur et un générateur, il faut nécessairement que les conventions de signe pour ce dernier soient opposées par rapport aux précédentes, pour qu'il n'y ait pas d'incompatibilité entre les définitions.

# 1. Circuit électrique

## 1.2 Courant, tension, puissance

### ■ Notion de puissance (CG) :



On notera que la flèche de la tension et celle du courant sont dans le même sens.

---

# Plan du chapitre

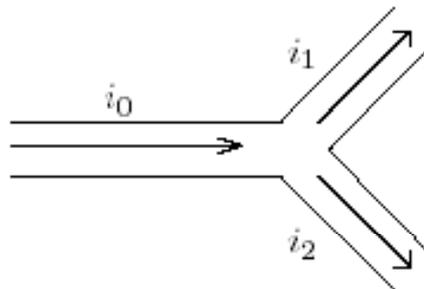
- 1. Circuit électrique
  - 2. Lois de Kirshhoff
  - 3. Dipôles électriques
  - 4. Le régime DC
- 

---

## 2. Lois de Kirshhoff

### 2.1 Loi des noeuds

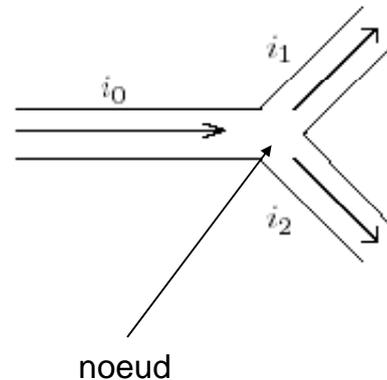
- Cette loi se déduit facilement de la notion de courant électrique. Supposons que l'on ait un flux  $i_0 = dq/dt$  d'électrons dans un conducteur arrivant à un embranchement d'un circuit électrique :



## 2. Lois de Kirshhoff

### 2.1 Loi des noeuds

- Les électrons venant de la gauche partiront soit dans la première, soit dans la deuxième branche. Mais le nombre total d'électrons par seconde restera le même que celui qui arrive en permanence par la gauche, et donc  $i_0 = i_1 + i_2$  (avec les sens des courants définis suivant la figure ci-dessous).

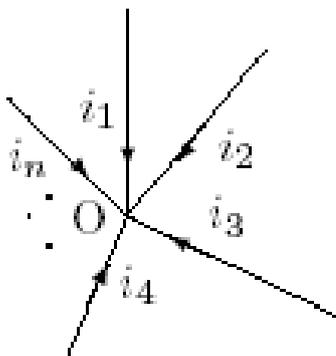


- Dans la théorie des réseaux de Kirchhoff, un noeud est un point de convergence de plusieurs conducteurs.

## 2. Lois de Kirshhoff

### 2.1 Loi des noeuds

- Plus généralement, si on considère  $n$  conducteurs arrivant au même point  $O$ , avec les sens positifs des courants  $i_n$  définis comme suit, (vers  $O$ ...) :



On a  
alors :

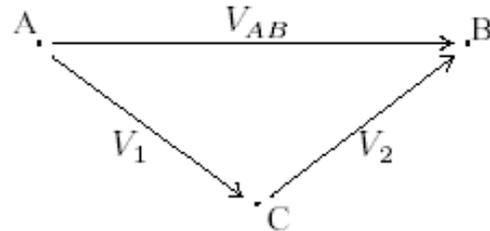
$$\sum_{k=1}^n i_k = 0$$

La somme algébrique des courants arrivant à un noeud est nulle.

## 2. Lois de Kirshhoff

### 2.2 Loi des mailles

- Cette loi découle de la remarque selon laquelle entre deux points quelconques, la différence de potentiel est bien définie.
- Considérons par exemple trois points A, B et C. On mesure entre A et B la tension  $V_{AB} = V_B - V_A$ , entre A et C la tension  $V_1$  et entre C et B la tension  $V_2$  :



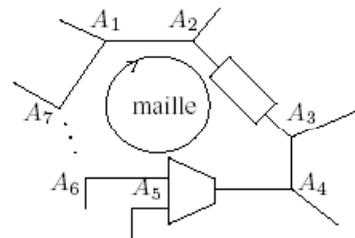
- Par définition de  $V_1$ , on a  $V_1 = V_C - V_A$  et de même pour  $V_2$ ,  $V_2 = V_B - V_C$ . Il s'ensuit que :

$$V_1 + V_2 = (V_C - V_A) + (V_B - V_C) = V_B - V_A = V_{AB}$$

## 2. Lois de Kirshhoff

### 2.2 Loi des mailles

- Dans la théorie des réseaux de Kirchhoff, une *maille* est une chaîne de conducteurs et de composants électriques, partant d'un point, et arrivant à ce même point, par exemple :



- La loi des mailles stipule que *la somme algébrique des tensions le long de la maille est constamment nulle*

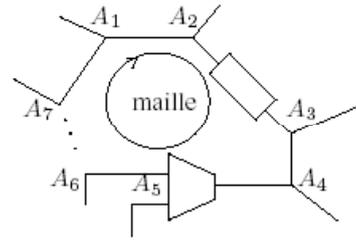
$$\sum_{k=2}^n V_{A_k A_{k-1}} = 0$$

---

## 3. Lois de Kirshhoff

### 2.2 Loi des mailles

- Dans la théorie des réseaux de Kirshhoff, une *maille* est une chaîne de conducteurs et de composants électriques, partant d'un point, et arrivant à ce même point, par exemple :



- La loi des mailles stipule que *la somme algébrique des tensions le long de la maille est constamment nulle*

$$\sum_2^n V_{A_k A_{k-1}} = 0$$

---

---

## Plan du chapitre

- 1. Circuit électrique
  - 2. Lois de Kirshhoff
  - 3. Dipôles électriques
  - 4. Le régime DC
-

---

## 3. Dipôles électrique

### 3.1 Le résistor

#### ■ L'effet Résistif

- On considère un conducteur, aux bornes duquel on impose une différence de potentiel.
  - On a déjà indiqué que ce conducteur serait alors traversé par un courant électrique, un flux d'électrons.
  - Cependant, tous les matériaux ne conduisent pas l'électricité aussi facilement : certains offrent plus ou moins de **résistance** au passage des électrons. **C'est ce phénomène que l'on appelle l'effet résistif.**
- 

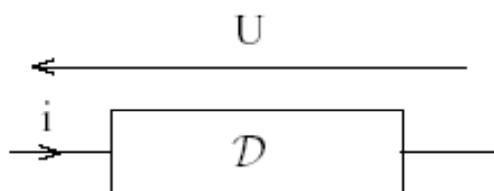
---

## 3. Dipôles électrique

### 3.1 Le résistor

#### ■ Loi d'Ohm

- Cette loi exprime que certains matériaux ont une réponse linéaire en courant à une différence de potentiel imposée.
- Si l'on considère un tel dipôle, noté  $D$  aux bornes duquel on impose la différence de potentiel  $U$ , et traversé par le courant  $i$ , ce dipôle est un résistor :



---

## 3. Dipôles électrique

### 3.1 Le résistor

#### ■ Loi d'Ohm

- Quel que soit l'instant  $t$ ,  $U$  et  $i$  vérifient la relation de proportionnalité suivante :

$$U(t) = R.i(t)$$

- où  $R$  est appelée *résistance* du résistor, et s'exprime en *Ohms*, en abrégé *W*. L'inverse de la résistance est la *conductance*, souvent notée  $G$ , et s'exprime en *Siemens* (S) :  $G = 1/R$ .
- 

---

## 3. Dipôles électrique

### 3.1 Le résistor

#### ■ Aspect énergétique

- On a déjà dit que la résistance traduisait la difficulté avec laquelle les électrons peuvent circuler dans le matériau. Cette difficulté s'accompagne d'un échauffement : c'est ce qu'on appelle l'*effet Joule*. Cet échauffement, du point de vue du circuit électrique, est une perte d'énergie par dissipation thermique. Pour une résistance  $R$ , parcourue par un courant  $i$  et aux bornes de laquelle on mesure la tension  $U$ , cette puissance perdue  $P_J$  est égale à :

$$P_J = R.I^2 = \frac{U^2}{R}$$

---

## 3. Dipôles électrique

### 3.1 Le résistor

#### ■ Associations de résistors

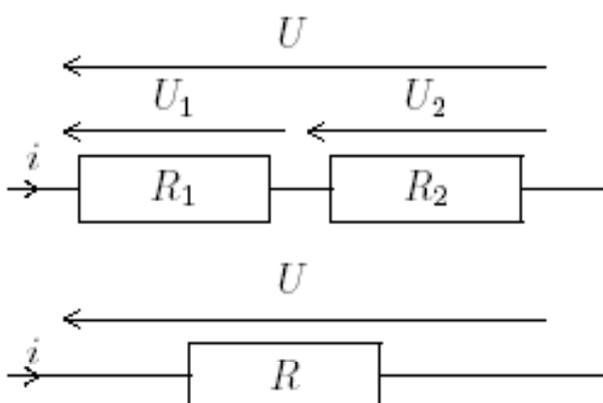
- Considérons deux résistances  $R_1$  et  $R_2$ . On peut les associer de deux manières : soit elles sont parcourues par le même courant (association en **série**), soit elles sont soumises à la même différence de potentiel (association en **parallèle**).
- On cherche dans chaque cas la résistance  $R$  équivalente à l'ensemble de  $R_1$  et  $R_2$ .

## 3. Dipôles électrique

### 3.1 Le résistor

#### ■ Associations de résistors

##### □ **Association en série**



- La loi des mailles nous permet d'écrire  $U = U_1 + U_2$ . Or on a aussi  $U_1 = R_1 \cdot i$  et  $U_2 = R_2 \cdot i$ . Il vient donc  $U = (R_1 + R_2) \cdot i$ , soit :

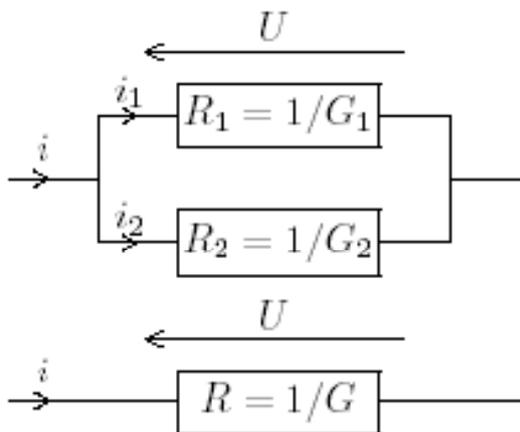
$$R = R_1 + R_2$$

## 3. Dipôles électrique

### 3.1 Le résistor

#### ■ Associations de résistors

##### □ Association en parallèle



- La loi des nœuds nous permet d'écrire  $i = i_1 + i_2$ . Or on a aussi  $i_1 = G_1 \cdot U$  et  $i_2 = G_2 \cdot U$ . Il vient donc  $i = (G_1 + G_2) \cdot U$ , soit :

$$G = G_1 + G_2 \Leftrightarrow \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

## 3. Dipôles électrique

### 3.2 La bobine

#### ■ Effets inductif et auto-inductif

- Considérons deux conducteurs. On fait circuler dans l'un de ces conducteurs un courant électrique :



- Ce courant crée un champ d'induction magnétique. Si de plus le courant est variable, le champ ainsi créé est lui-même variable et est responsable de l'apparition d'un courant dit *induit* dans le deuxième conducteur : c'est l'effet inductif.
- Dans le même temps, le champ d'induction magnétique rétroagit sur le courant qui l'a créé, en ralentissant sa vitesse de variation. C'est l'effet auto-inductif.

## 3. Dipôles électrique

### 3.2 La bobine

#### ■ Caractéristique tension/courant

- On définit le coefficient d'induction magnétique de la bobine par le rapport entre le flux d'induction magnétique à travers le circuit<sup>2</sup>, et le courant qui lui donne naissance ; on le note  $L$  :

$$L(t) = \frac{\Phi(t)}{i(t)}$$

- Or la différence de potentiel  $u$  apparaissant grâce à l'effet auto-inductif aux bornes de la bobine est égale à  $u(t) = d\Phi/dt$ . Il vient donc:

$$u(t) = L \frac{di(t)}{dt}$$

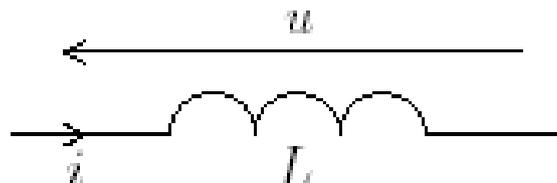
<sup>2</sup>**NB:** En résumé, le produit du champ magnétique par la surface enserrée par le circuit ( $\Phi_{\max} = B \cdot I_{\max}$ )

## 3. Dipôles électrique

### 3.2 La bobine

#### ■ Représentation

- $L$  est appelée l'*inductance* de la bobine et s'exprime en Henri (H). Dans un circuit électrique, on représente une bobine sous la forme suivante :



---

## 3. Dipôles électrique

### 3.2 La bobine

#### ■ Aspect énergétique

- Le phénomène physique correspond au stockage d'énergie sous forme magnétique. Le stockage est momentané et l'énergie est restituée au circuit en courant.
- L'énergie accumulée par la bobine vaut :

$$E_{mag} = \frac{1}{2} L.i(t)^2$$

---

---

## 3. Dipôles électrique

### 3.2 La bobine

#### ■ Association de bobines

- Les règles sont les mêmes que pour les résistances.

En série :

$$L = L_1 + L_2$$

En parallèle :

$$\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}$$

---

---

## 3. Dipôles électrique

### 3.3 Le Condensateur

#### ■ Effet capacitif

- Lorsqu'on applique une différence de potentiel à deux conducteurs *isolés*, on assiste à une accumulation de charges par effet électrostatique.
  - C'est l'effet capacitif. Il peut être recherché et dans ce cas on fabrique des composants spécialisés qui lui font appel, les *condensateurs*, ou bien n'être qu'un parasite. Il tend à retarder les signaux.
- 

---

## 3. Dipôles électrique

### 3.3 Le Condensateur

#### ■ Caractéristique tension/courant

- Pour un circuit donné, on définit sa *capacité*  $C$  comme le rapport de la charge accumulée sur la tension appliquée à ses bornes :

$$C = \frac{q}{u}$$

L'unité de  $C$  est le Farad (F).

- Or le courant est la dérivée de la charge par unité de temps :  $i(t) = dq/dt$  donc il vient :

$$i(t) = C \frac{du(t)}{dt}$$

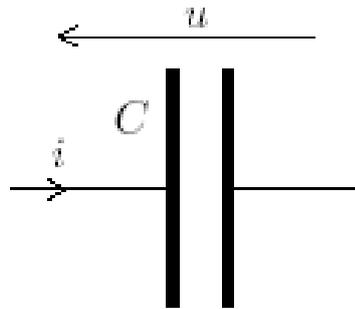
---

## 3. Dipôles électrique

### 3.3 Le condensateur

#### ■ Représentation

- On représente un condensateur sous la forme suivante :



## 3. Dipôles électrique

### 3.3 Le condensateur

#### ■ Aspect énergétique

- Le phénomène physique correspond au stockage d'énergie sous forme électrostatique. Le stockage est momentané et cette énergie est restituée au circuit sous forme de tension.
- L'énergie accumulée par le condensateur vaut :

$$E_{stat} = \frac{1}{2} C \cdot u(t)^2$$

---

## 3. Dipôles électrique

### 3.3 Le condensateur

- Association de condensateurs

- Les condensateurs se comportent à l'inverse des résistances.

En série :

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

En parallèle :

$$C = C_1 + C_2$$

---

---

## Plan du chapitre

- 1. Circuit électrique
  - 2. Lois de Kirshhoff
  - 3. Dipôles électriques
  - 4. Le régime DC
-

---

## 4. Régime DC

### 4.1. Introduction

#### ■ Les différents régimes

- La nature du régime auquel est soumis un circuit électrique dépend de la nature du générateur qui l'alimente.
  - On distingue deux grands types de générateur, donc deux grands types de régime :
    - Le régime **DC (ou Direct Courant)** *i.e. constant*, est obtenu grâce à l'utilisation de générateur de courant/tension constant(e) ;
    - Le régime **AC (ou Alternative Courant)** *i.e. alternatif*, est obtenu grâce à l'utilisation de générateur de courant/tension alternative ;
- 

---

## 4. Régime DC

### 4.1. Introduction

#### ■ Les différents régimes

- La nature du régime auquel est soumis un circuit électrique dépend de la nature du générateur qui l'alimente.
  - On distingue deux grands types de générateur, donc deux grands types de régime :
    - □ Le régime **DC (ou Direct Courant)** *i.e. constant*, est obtenu grâce à l'utilisation de générateur de courant/tension constant(e) ;
    - Le régime **AC (ou Alternative Courant)** *i.e. alternatif*, est obtenu grâce à l'utilisation de générateur de courant/tension alternative.
-

## 4. Régime DC

### 4.2. Caractéristiques des générateurs

#### ■ Principe :

- Un générateur constant se caractérise par une tension à ses bornes dont la valeur ne varie pas au cours du temps.
- La caractéristique temporelle est donc la suivante :



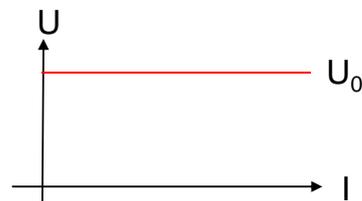
## 4. Régime DC

### 4.2. Caractéristiques des générateurs

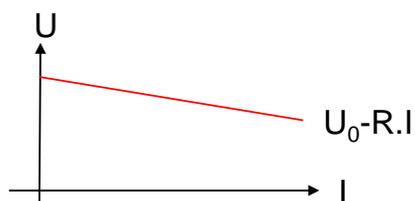
#### ■ Principe :

- Il convient de distinguer le générateur de tension idéale de celui utilisé dans la pratique :

- Le générateur idéal délivre une tension indépendante du courant appelé (donc de la charge) ;



- Le générateur réel est caractérisé par une résistance interne en série qui donne naissance à une chute de tension en fonction du courant appelé.



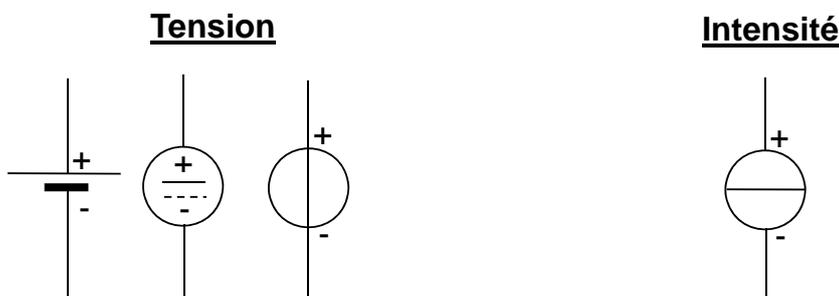
---

## 4. Régime DC

### 4.2. Caractéristiques des générateurs

#### ■ Schématisations :

- Un générateur de grandeur constante peut être représenté par les symboles suivants :



---

## 4. Régime DC

### 4.3. Exemples de générateurs

#### ■ Les piles :

- Les piles salines constituées de zinc et de charbon (dites aussi piles Leclanché).
- Les piles alcalines

#### ■ Les accumulateurs :

- Accumulateurs au plomb (1860-Planté)
- Accumulateurs alcalins (1899(Fe-Ni)/1900(Cad-Ni))

#### ■ Les machines à courant continu (mode générateur).

---

---

## 4. Régime DC

### 4.4. Notations

#### ■ Tension et intensité :

- Les grandeurs temporelles caractéristiques du circuit ne dépendant pas du temps, on les notera en majuscule :

$$u(t) = U$$

$$i(t) = I$$

#### ■ Conséquences

- La loi des nœuds et la loi des mailles s'appliquent donc à des constantes et ne nécessitent pas de précautions particulières.
- 

---

## 4. Régime DC

### 4.5. Puissance en régime DC

#### ■ Définition :

- Par définition, la puissance consommée (ou reçue) est donnée par la relation suivante :

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T u(t)i(t)dt$$

- En régime DC on a donc simplification de cette relation qui devient :

$$P = UI$$

- Il s'agit d'une **puissance active**. Elle s'exprime en Watt (W)
-