

## Chapitre S-3- Circuits électriques

\*\*\*\*\* relations entre les grandeurs électriques\*\*\*\*\*

### A- Dipôle électrocinétique

Définition

Conventions générateur et récepteur

Caractéristique courant-tension

### B- Lois de Kirchhoff

Loi des nœuds

Loi des mailles, additivité des tensions

### C-Dipôle résistif

Résistance, loi d'Ohm

Association de résistance

Division de tension

### D- Alimentation d'un circuit, source de tension

Types de générateurs

Source idéale, représentation

Modèle de Thévenin

### E- Puissance électrique

Puissance électrique reçue par un dipôle. Récepteur, générateur. Effet Joule

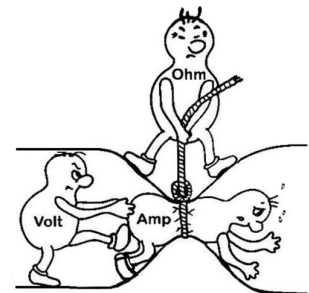
Puissance fournie par une source

### F- Exemples

Montages diviseurs de tension

Réseau à une maille, loi de Pouillet

Circuit avec deux nœuds

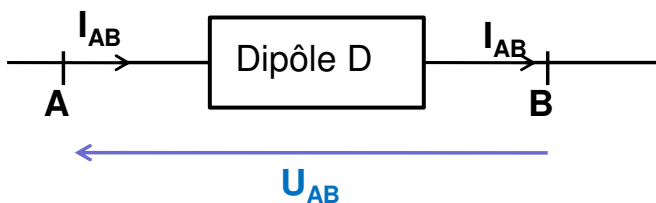


1

## A- Dipôle électrocinétique

### 1- Définition

Un dipôle est un composant électrique possédant deux bornes (ou pôles). On le schématise ci-dessous avec les bornes **A** et **B**.



➤  $U_{AB}$  et  $I_{AB}$  sont algébriques

➤  $U_{AB} = - U_{BA}$  et  $I_{AB} = - I_{BA}$

**Très important :**

- $U_{AB}$  et  $I_{AB}$  ne sont pas indépendantes, elle dépendent totalement l'une de l'autre.
- On peut imposer une tension aux bornes du dipôle : le dipôle impose alors l'intensité.
- On peut imposer l'intensité qui traverse le dipôle : le dipôle impose alors la tension.
- **On ne peut pas imposer les deux (tension et intensité) simultanément.**
- La relation (mathématique) entre  $U_{AB}$  et  $I_{AB}$  est caractéristique du dipôle.



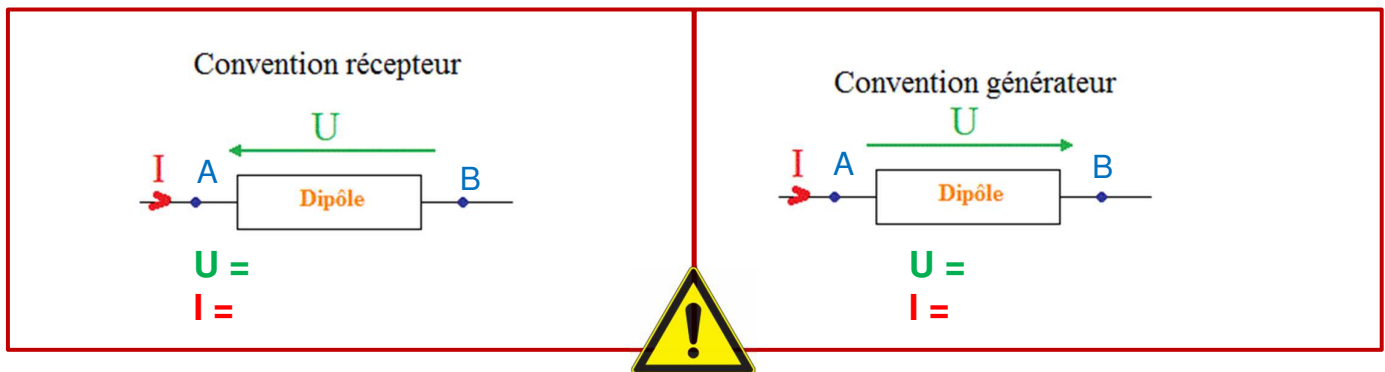
On peut noter plus simplement **U** et **I** les tensions ou intensités. Dans ce cas un schéma (avec des flèches !) est indispensable pour préciser clairement dans quel sens sont ces grandeurs.

N'utilisez jamais « **U** » ou « **I** » sans les avoir totalement définies !!!

2

## 2- Conventions de représentation

Les notations «  $U_{AB}$  » et «  $I_{AB}$  » sont explicites mais un peu lourdes à écrire. On préfère souvent des notations simplifiées «  $U$  » et «  $I$  ». Problème, comment orienter les flèches sur les schémas ? Deux **conventions** sont possibles :



Ces schémas n'indiquent absolument pas si le dipôle est effectivement un générateur ou pas. On peut utiliser n'importe quelle convention pour n'importe quel dipôle.  $U$  et  $I$  sont **algébriques**.

A retenir absolument :

- Ne **jamais** évoquer un «  $U$  » ou un «  $I$  » sans schéma qui précise **clairement** les sens de ces deux grandeurs. **Schéma indispensable** !!
- Bien **vérifier les sens** avant d'écrire une relation mathématique entre «  $U$  » et «  $I$  ».

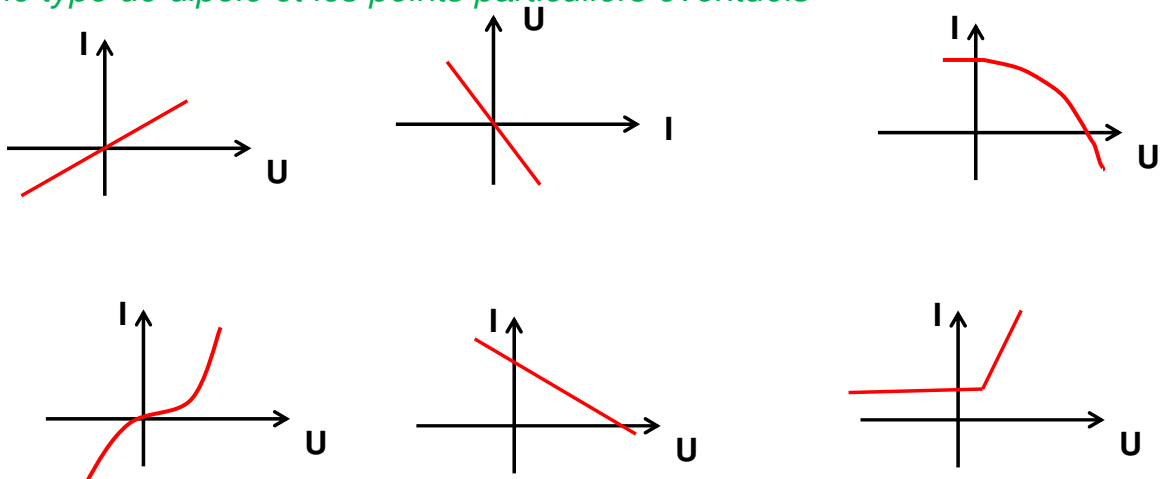
3

## 3- Caractéristique courant-tension et type de dipôle

La caractéristique courant tension d'un dipôle est la courbe qui donne l'évolution de la tension  $U$  aux bornes du dipôle en fonction de l'intensité  $I$  du courant qui le traverse. C'est donc la courbe  $I(U)$  (ou éventuellement  $U(I)$ ). Chaque point est un **point de fonctionnement** du dipôle. Selon l'allure de la courbe, on distingue plusieurs types :

- Le dipôle est **linéaire** si la courbe est un segment de droite
- Le dipôle est **passif** si la courbe passe par l'origine. Dans ce cas,  $I = 0 \Leftrightarrow U = 0$
- Le dipôle est **actif** si la courbe ne passe pas par l'origine. Dans ce cas,  
Quand  $I = 0$ , il y a une tension même en circuit ouvert, c'est la **tension à vide**  $U_0$   
Quand  $U = 0$ , il y a une intensité, c'est **l'intensité de court circuit**  $I_{cc}$

▪ Indiquer le type de dipôle et les points particuliers éventuels



## B- Lois de Kirchhoff

### 1- Loi des noeuds

La loi des noeuds traduit la conservation de la charge électrique, on la rappelle :  
 $\sum \text{intensités qui entrent} = \sum \text{intensités qui sortent}$  d'un noeud

### 2- Additivité des tensions et loi des mailles

Considérons **A**, **B** et **C**, 3 points quelconques d'un circuit.

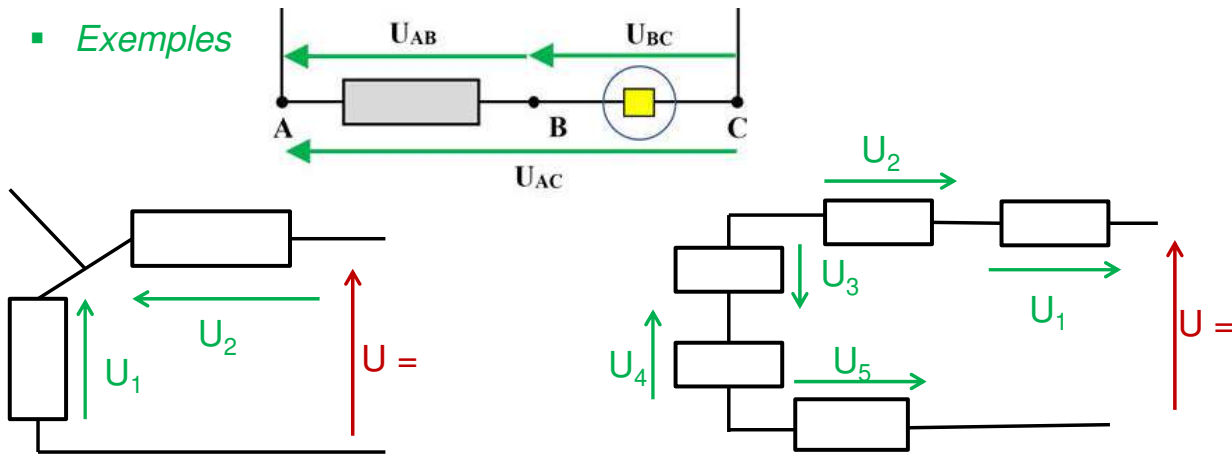
On peut toujours écrire :  $V_A - V_B = V_A - V_B + V_C - V_C = (V_A - V_C) + (V_C - V_B)$

C'est-à-dire :

$$U_{AB} = U_{AC} + U_{CB}$$

Schéma :

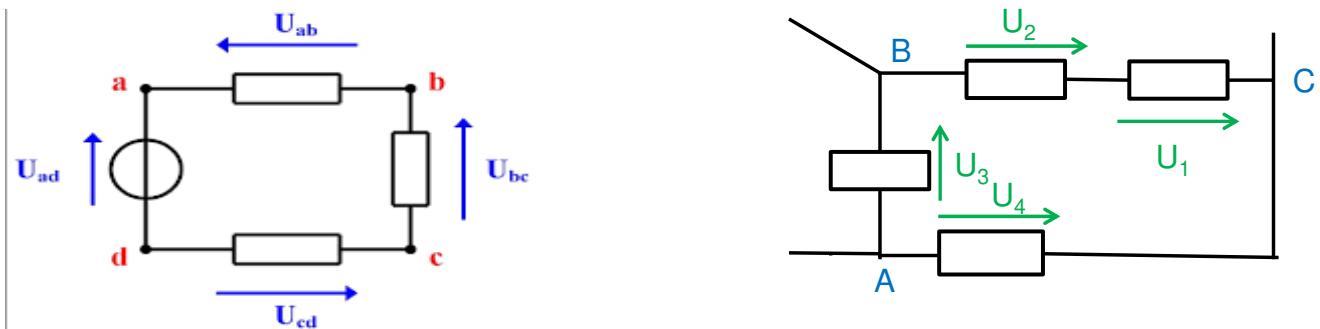
#### Exemples



5

Conséquence, **loi des mailles** : Dans une maille, **la somme des tensions algébriques prises dans le même sens le long de la maille est nulle.**

#### Écrire la loi des mailles dans les mailles ci-dessous



6

## C- Dipôle résistif

### 1- Définition et loi d'Ohm

Si la tension aux bornes d'un dipôle est directement proportionnelle à l'intensité qui le traverse, on a un dipôle résistif.

*Schéma en convention récepteur :*



Loi d'Ohm :

$$U = R I$$

Unités

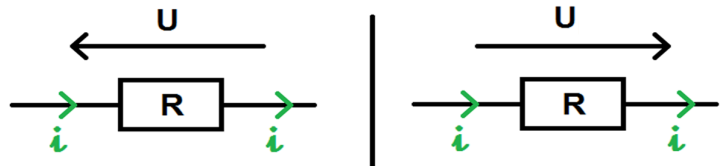
On a aussi défini la conductance électriques **G** par : **G** =

Unités

La loi d'Ohm peut donc aussi s'écrire :

*Pourquoi ça s'appelle résistance? Plus **R** est grand, plus le dipôle « résiste » au passage des charges. C'est-à-dire que pour une même différence de potentiel, le débit de charge (= l'intensité) est plus faible*

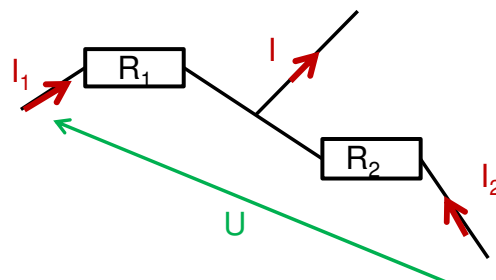
- *Ecrire la loi d'Ohm dans les deux cas ci-contre*
- *Repérer les résistances dans les caractéristiques vues p4 et indiquer comment en déduire R*



7

*A noter : **tous** les objets ont une résistance électrique (sauf les matériaux supraconducteurs, cas très particulier). Un être humain équivaut à une résistance de l'ordre de 1000  $\Omega$ . Un objet en verre est au contraire très isolant, sa résistance est très élevée, il ne laisse pas passer le courant. Inversement, un objet en métal est très conducteur, sa résistance est très faible. Pour un fil de cuivre de 1 mm<sup>2</sup> de section, c'est autour de 0,2  $\Omega$  par mètre de fil. A l'échelle des TP, on considère que la résistance des fils électriques est nulle. La tension aux bornes d'un fil est donc :*

- *Exprimer U et I en fonction des résistances et de  $I_1$  et  $I_2$*



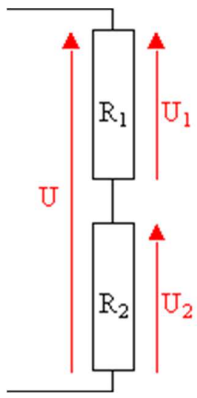
### 2- Association de résistances

#### a) Association en série

Des résistances sont en série quand elles sont dans la même branche d'un circuit électrique. Elles sont alors parcourue par la même intensité **I**.

- *Commençons avec deux résistances*

On étudie d'abord un système composé de deux résistances **R<sub>1</sub>** et **R<sub>2</sub>** en série. A quoi correspond ce système?



Indiquer sur ce schéma l'intensité **I**  
Déterminer une relation entre **I** et **U** et conclure

#### ■ Généralisation

Un système constitué de  $n$  résistances  $\{R_1, R_2, R_3, \dots, R_n\}$  en série équivaut à une seule résistance  $R_{eq}$  telle que

$$R_{eq} =$$

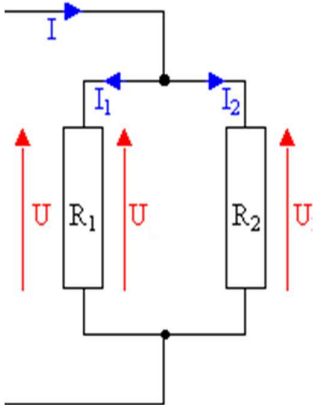
#### a) Association en parallèle

Des résistances sont en parallèle quand elles sont toutes branchées entre les mêmes points. Elles sont donc toutes soumises à la même tension **U**.

#### ■ Commençons là encore avec deux résistances

On étudie d'abord un système composé de deux résistances  $R_1$  et  $R_2$  en parallèle. A quoi correspond ce système?

9



Déterminer une relation entre **I** et **U** et conclure

#### ■ Généralisation

Un système constitué de  $n$  résistances  $\{R_1, R_2, R_3, \dots, R_n\}$  en parallèle équivaut à une seule résistance  $R_{eq}$  telle que

$$G_{eq} =$$

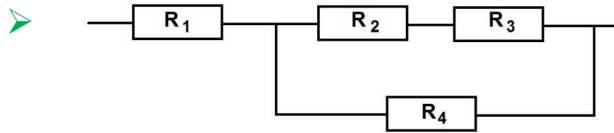
$$\frac{1}{R_{eq}} =$$



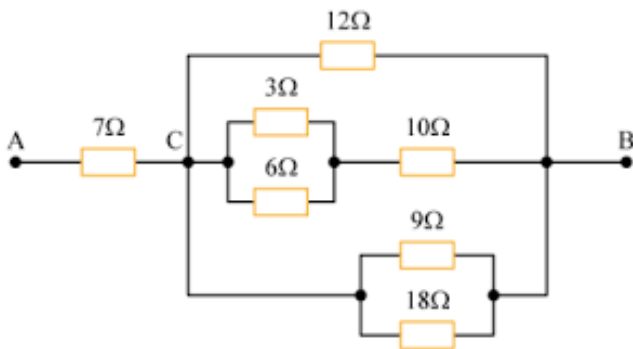
### c) Applications

Déterminer la résistance équivalente dans les cas suivants

- Trois résistances **R** en série
- Trois résistances **R** en parallèle



- Avec des AN :

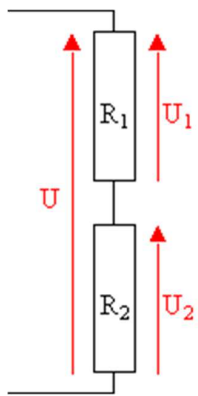


11

### 3- Division de tension, pont diviseur

Associer des résistances en série permet de diviser la tension entre les différents dipôles.

Etablir et connaître les expressions de  $U_1$  et  $U_2$  en fonction de  $U$  et des résistances



- Si  $R_1 = R_2$
- Si  $R_1 > R_2$
- Si  $R_1 \gg R_2$

### D- Alimentation électrique du circuit

Sans **générateur**, aussi appelé **source** ou **alimentation**, pas de circuit électrique. On va traiter ici le cas des générateurs linéaires. Ce sont des dipôles actifs linéaires.

Une source peut imposer soit  $U$  soit  $I$  (*et pourquoi pas les deux?*). Un générateur de tension impose la tension d'alimentation.

- Une pile impose une tension constante à ses bornes
- Une prise électrique impose une tension alternative sinusoïdale de valeur efficace  $230V$

## 1- Source idéale de tension

Une source est dite « idéale » si elle n'a pas de résistance interne. En pratique, ça revient à négliger la résistance du générateur

**Définition** : c'est un dipôle qui impose une tension constante à ses bornes, quelle que soit l'intensité qui la traverse. Cette tension est appelée **force électromotrice** (f.e.m.) et souvent notée **E**. **Attention au sens, dipôle polarisé !**

*Schéma conventionnel :*

(pour une pile : )

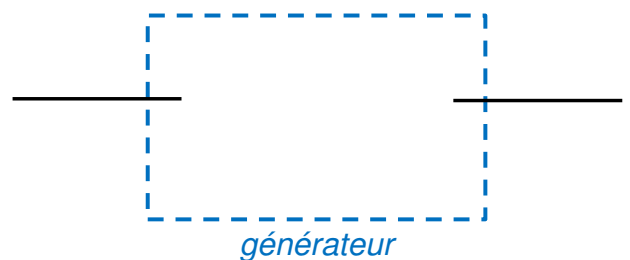
*Caractéristique :*

*Convention :*

13

## 2- Prise en compte de la résistance interne

Si on prend en compte la résistance interne  $r$  du générateur, on peut le modéliser par une source idéale de tension de f.e.m. **E** en série avec  $r$ . C'est le **modèle de Thévenin**.



On a donc  $U =$

En isolant  $I$  :  $I =$

*Caractéristique :*



Que valent **U** et **I**

- Si le générateur est débranché?

- Si on relie ses deux bornes par un fil?

*A noter : si un énoncé n'évoque pas de résistance interne, c'est que la source est idéale, toujours se conformer au schéma de l'énoncé.*

14

## E- Puissance électrique

### 1- Puissance reçue par un dipôle

Admis : une charge  $q$  placée en un point de potentiel  $V$  possède l'énergie potentielle électrique  $E_p = q \cdot V + \text{constante}$ .

Si cette charge se déplace de  $A$  à  $B$ , son énergie varie donc de :

$$\Delta E_p = E_{p(\text{finale})} - E_{p(\text{initiale})} = q \cdot (V_B - V_A) \quad (= \text{énergie reçue par } q, \text{ algébrique})$$

On fait un bilan d'énergie pendant  $dt$  pour une charge  $dq$  qui traverse le dipôle de  $A$  à  $B$  :

- La charge  $dq$  reçoit  $dE_p = dq \cdot (V_B - V_A)$ . Or, cette énergie ne peut provenir que du dipôle.
- Le dipôle « perd »  $dE_p$  ou « reçoit » l'opposée :  $-dE_p = -dq \cdot (V_B - V_A) = dq \cdot (V_A - V_B)$

La puissance  $P$  reçue par le dipôle vérifie donc :  $P = dE_{(\text{dipôle})} / dt = dq \cdot (V_A - V_B) / dt$

Il apparaît l'intensité de  $A$  vers  $B$ ,  $I_{AB} = dq / dt$  et la tension  $U_{AB} = V_A - V_B$

D'où la **puissance reçue** par un dipôle  $P = U_{AB} \cdot I_{AB} = U_{BA} \cdot I_{BA}$

Cette puissance est **algébrique**, du même signe que l'énergie reçue par le dipôle

- Si  $P > 0$ , le dipôle **reçoit effectivement de l'énergie**, c'est un **récepteur**.
- Si  $P < 0$ , le dipôle **fournit effectivement de l'énergie**, c'est un **générateur**.

15

### 2- Avec les conventions

#### a) Convention récepteur

Schéma :  Puissance **reçue** :  $P =$

Si le dipôle est effectivement un récepteur, alors  $P > 0 \Leftrightarrow$

$$I > 0 \Leftrightarrow$$

Commentaire :

#### b) Convention générateur

Schéma :  Puissance **reçue** :  $P =$

Si le dipôle est effectivement un générateur, alors  $P < 0 \Leftrightarrow$

$$I > 0 \Leftrightarrow$$

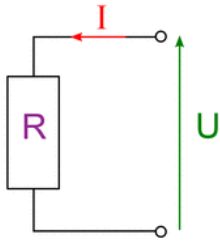
Commentaire :

Et si on change toutes les flèches de sens?

Pour un dipôle quelconque, **bien regarder le sens des flèches** de «  $U$  » et «  $I$  » avant d'exprimer la puissance reçue! Le signe de cette puissance indique s'il s'agit d'un récepteur ou d'un générateur.

16

### 3- Puissance reçue par une résistance, effet Joule



Loi d'Ohm :

Puissance reçue par **R** : **P** =

On peut donc exprimer **P** en fonction de **U** ou de **I** seulement

puissance reçue par **R** : **P** =                      =                      signe :

Une résistance est donc un récepteur électrique. La puissance reçue est dissipée sous forme de chaleur, c'est l'**effet Joule**.

❑ **Quel intérêt?** Cet effet est la propriété utile si l'appareil électrique a effectivement pour but de chauffer. *Exemples d'appareils avec résistance chauffante :*

❑ **Quels inconvénients?** Tous les appareils ont une résistance électrique, c'est inévitable, **tous dissipent donc de l'énergie sous forme de chaleur**, même si ce n'est pas du tout le but recherché. Avec deux inconvénients :

- Cette énergie est alors perdue. *Ainsi environ 10% de l'énergie électrique consommée pour recharger un téléphone est dissipée. Les pertes en ligne du réseau électrique (entre la centrale et la prise de courant) représentent 6 à 10 % de l'énergie électrique produite.*
- L'effet Joule peut provoquer un échauffement préjudiciable, notamment sur les composants électroniques. *Comment évite-t-on un échauffement trop fort?*

17

### 4- Puissance fournie par une source

Une source est un générateur, la puissance reçue par une source est donc négative, il paraît plus logique dans ce cas d'exprimer la puissance fournie : **P<sub>fournie</sub> = - P<sub>reçue</sub>**

#### a) Source idéale

source de tension de f.e.m. **E**

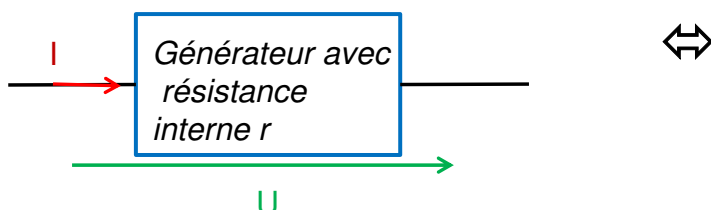
*Schéma :*

**P<sub>reçue</sub>** =

**P<sub>fournie</sub>** =

#### b) Source non idéale, de résistance interne **r**

On utilise le modèle de Thévenin :



*Quelle est la puissance dissipée sous forme de chaleur à l'intérieur même de la source?  
Quelle est la puissance disponible pour le reste du circuit?*

### Quel intérêt?

Dans un circuit, il y a en pratique au moins un générateur et un ou plusieurs récepteur. Proposer un schéma et des grandeurs électriques pour un circuit simple composé d'un générateur et d'un récepteur.

Un autre choix est-il possible?

### 5- Bilan énergétique dans un circuit

Par conservation de l'énergie, on peut écrire que la somme des puissances reçues par tous les dipôles d'un circuit vaut :

- *Considérons un circuit composé de 2 résistances  $R$  et  $R'$  et alimenté par un générateur de tension de f.e.m.  $E$* 
  1. *Faire un schéma, écrire la loi des mailles, en déduire une relation entre les puissances.*
  2. *Exprimer en fonction de  $E$  la puissance fournie par le générateur et celle reçue par chaque résistance*

19

- *Considérons un circuit où une résistance  $R$  est alimentée par un générateur de f.e.m  $E$  et de résistance interne  $r$* 
  1. *Quelle est la puissance fournie par le générateur à l'extérieur?*
  2. *Le générateur chauffe, pourquoi?*

## F- Exemples de circuits

20