

Institut Supérieur du Numérique (SupNum)

Composants Electroniques

Licence ISCA– L1

A.U : 2025-2026

Outline

- I. Contexte : Électricité, Électronique et Objets Connectés (IoT)
- II. Introduction aux circuits électriques
- III. Études des circuits électriques en régime continu
- IV. Diodes à jonction
- V. Transistors bipolaire en régime statique
- VI. Transistors bipolaire en régime dynamique
- VII. Transistor unipolaire à effet de champs

Objectifs du cours

- ❑ Fournir les bases fondamentales sur les composants électroniques utilisés dans les systèmes connectés.
- ❑ Comprendre le rôle, le fonctionnement et les caractéristiques des composants passifs et actifs (résistances, condensateurs, diodes, transistors, etc.) ainsi que leur intégration dans des circuits électroniques simples.
- ❑ Identifier, tester et utiliser ces composants dans des montages pratiques, en vue de concevoir des systèmes embarqués et autonomes.

Contexte : Électricité, Électronique et Objets Connectés (IoT)

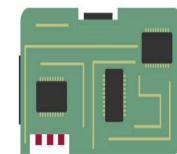
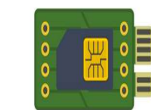
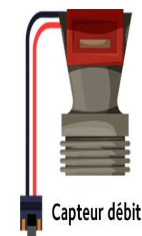
- ❑ Selon l'International Telecommunication Union, l'IoT désigne l'interconnexion d'objets physiques capables de collecter, traiter et échanger des données via Internet.
- ❑ Un objet connecté peut être :
 - ✓ Une station météo intelligente
 - ✓ Smart Home
 - ✓ Un capteur industriel
 - ✓ Une montre intelligente



Contexte : Électricité, Électronique et Objets Connectés (IoT)

- Tout objet connecté repose sur quatre couches techniques fondamentales :

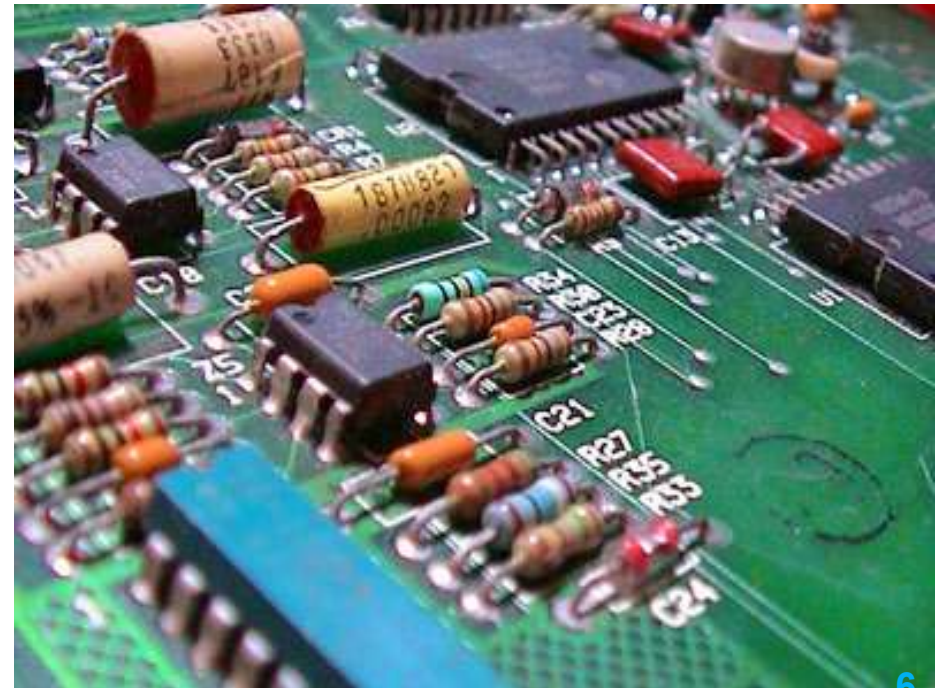
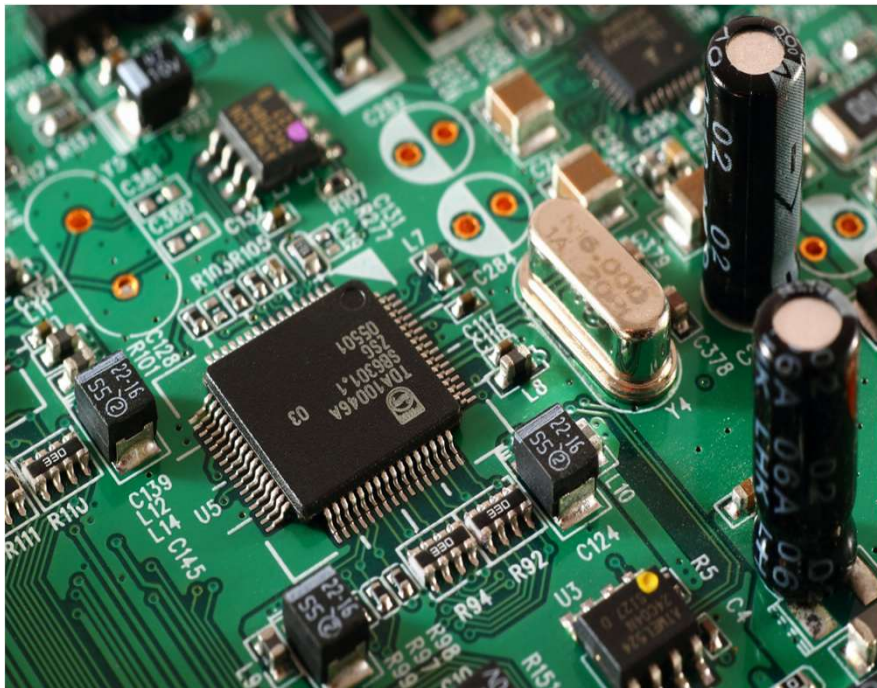
1. **Alimentation électrique**
2. **Circuit électronique**
3. Unité de traitement (microcontrôleur)
4. Module de communication



Micro ordinateur

Alimentation

Contexte : Électricité, Électronique et Objets Connectés (IoT)





Introduction aux circuits électriques



Electricité ?

- **Electricité** : produite par le mouvement d'électrons, généralement dans un conducteur.
- **Conducteur** : matériau où les électrons sont libres de se déplacer (Ex. cuivre).
- Deux caractéristiques de base :
 1. **Tension** v , dont l'unité est le Volt [V]
 2. **Courant** i , dont l'unité est l'Ampère [A]

Tension

- La tension est l'énergie nécessaire pour déplacer des charges q :

$$v = \frac{dw}{dq}$$

- Représente l'énergie nécessaire pour faire bouger des charges électriques.
- Ex : 1 Volt représente la différence de potentiel entre deux points si on utilise 1 Joule d'énergie pour déplacer une charge de 1 Coulomb.
- C'est la différence de potentiel, la tension, qui crée le courant.

Courant

- Représente la quantité de charge qui se déplace à travers une certaine surface dans un certain interval de temps :

$$i = \frac{dq}{dt}$$

- Un courant de 1 Ampère représente une charge nette de 1 Coulomb qui traverse une surface en 1 seconde (donc des Coulombs/seconde).

Courant

- Les électrons, qui sont négatifs, sont attirés par les charges positives, et donc se déplacent du $-$ vers le $+$.
- Cependant, de manière historique, on dit que le courant électrique se déplace du $+$ vers le $-$.
- **Sens conventionnel du courant** : Le courant électrique se déplace du $+$ vers le $-$

Puissance

- Par définition, la puissance est la quantité d'énergie utilisée dans un laps de temps :

$$p = \frac{dw}{dt}$$

- L'unité de la puissance est le Watt [W].
- On peut calculer la **puissance électrique en notant que :**

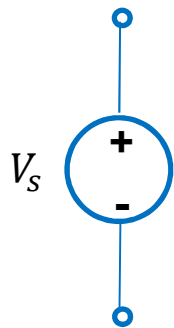
$$p = \frac{dw}{dt} = \frac{dw}{dq} \cdot \frac{dq}{dt} = v \cdot i$$

Circuit électrique

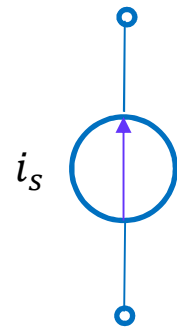
- Un circuit électrique au sens matériel est un ensemble simple ou complexe de composants électriques ou électroniques, y compris des simples conducteurs, parcourus par un courant électrique.
- Au sens de la théorie des circuits, un circuit électrique est une abstraction des configurations matérielles, un agencement d'éléments définis par des relations mathématiques, reliés par des conducteurs idéaux.

Circuit électrique

Elements de base d'un circuit



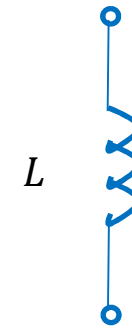
Source de tension



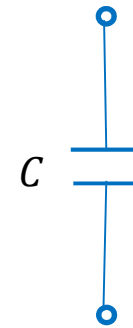
Source de courant



Résistance



Inductance



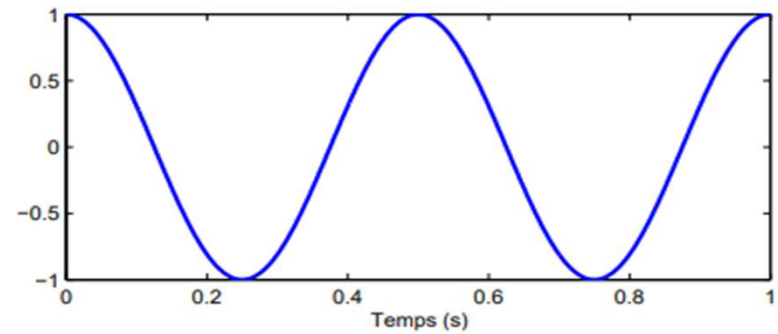
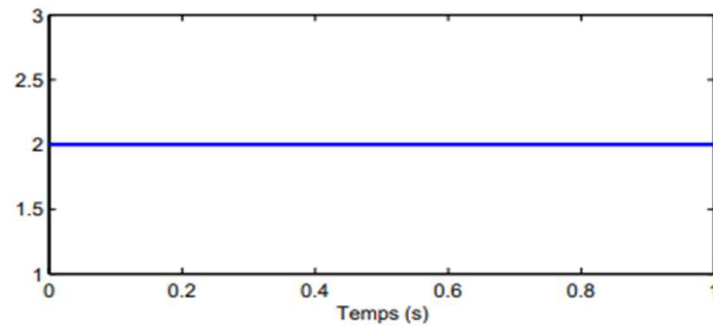
Condensateur

Source

- Source : un dispositif qui convertit de l'énergie non électrique en énergie électrique.
- Exemples :
 - ✓ Batterie : convertit de l'énergie chimique en énergie électrique
 - ✓ Génératrice : convertit de l'énergie mécanique en énergie électrique
 - ✓ Panneau solaire : convertit de la lumière en énergie électrique

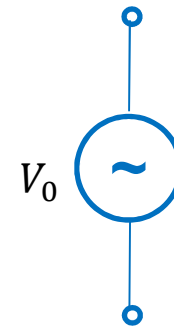
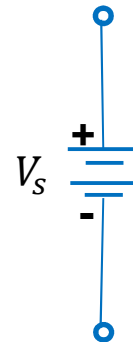
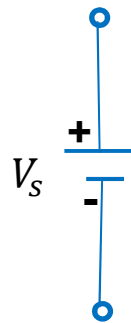
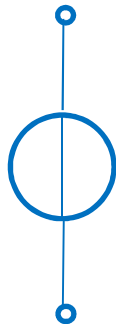
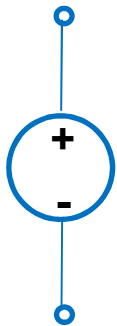
Source

- Il existe deux types de sources :
 - ✓ Source DC : Source constante dans le temps.
 - ✓ Source AC : Source variable dans le temps.



Source de tension

- Une source de tension maintient toujours la tension indiquée à ses bornes.
- Le courant qui traverse la source dépend du circuit externe.
- Quelques symboles de sources de tension:



Source de tension

Exemples

- Exemples de sources de tension :



Source de tension

Batteries

- Les batteries réelles peuvent seulement fournir une quantité fixe de courant.
- Généralement, elles ont une limite (calibre) donnée en mAh ou Ah (milliAmpères-heure). Ex. :
 - ✓ Une batterie de 2000mAh peut fournir 2000mA en continu pendant 1 heure, ou fournir 1000mA en continu pendant 2h, etc.
 - ✓ De façon générale, calibre = courant $\times$ temps.

Source de tension

Réseau électrique

- Le réseau électrique dans les maisons est un exemple de source de tension :
 - ✓ La tension est toujours 220V, peu importe ce qui y est branché.
 - ✓ Le courant dépend de ce qui y est branché ;
 - ✓ Le réseau électrique est un réseau AC (alternatif) : la tension a une fréquence de 60Hz.

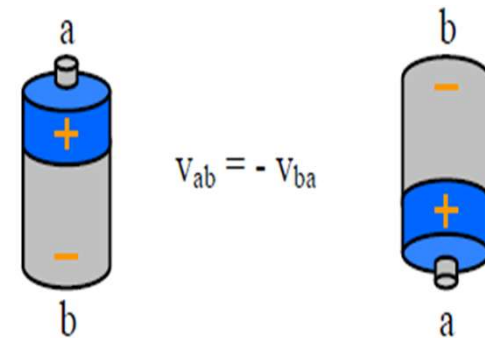
Source de tension

Tension

- La tension est une grandeur algébrique, définie entre deux points. Si la tension est positive entre deux points a et b, elle est négative entre b et a.

- La méthode d'écrire v_{ab} veut dire la tension au point a (v_a) moins la tension au point b (v_b) :

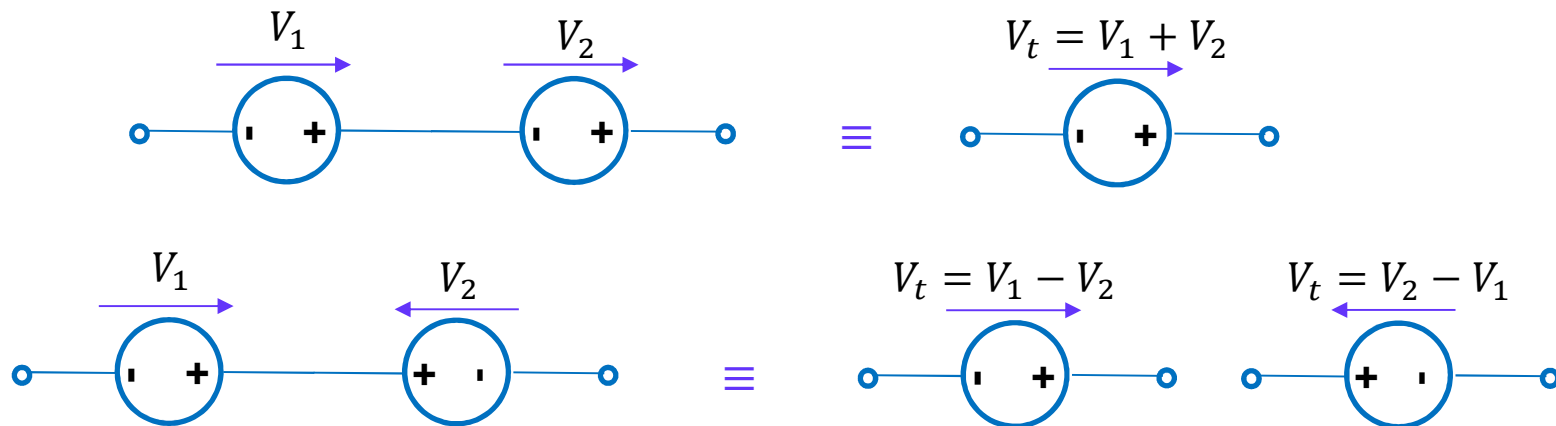
$$v_{ab} = v_a - v_b$$



Source de tension

Branchement en série

- On peut brancher des sources de tension en série : la tension totale est alors la somme des tensions individuelles, comme le montre la figure suivante.

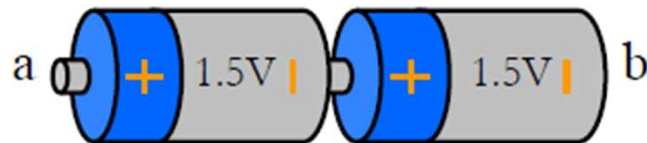


Source de tension

Branchement en série

□ Exemple :

- ✓ Chaque batterie a une tension de 1.5V ; la tension totale, v_{ab} est 3V.

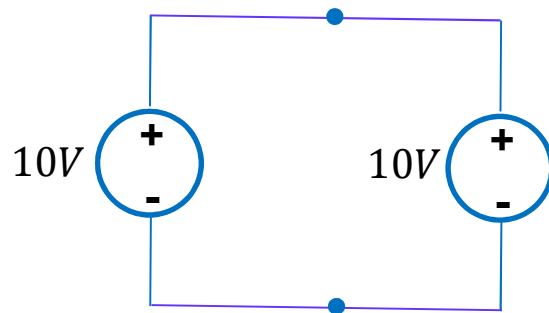


- ✓ Dans un circuit, ces deux sources agissent comme une seule source de 3V.

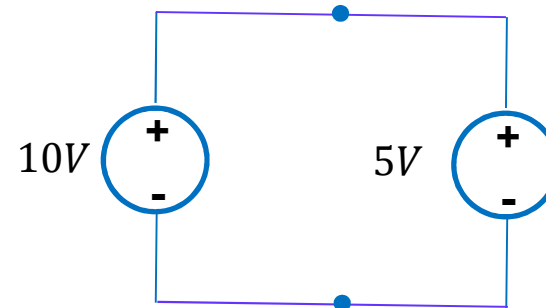
Source de tension

Branchement en parallèle

- Généralement, le branchement des sources de tension en parallèle n'est pas permis
- Possible, si les deux sources ont exactement la même valeur de tension



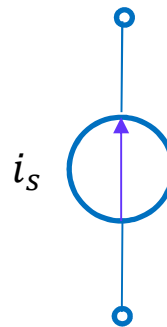
Permis



Pas permis

Source de courant

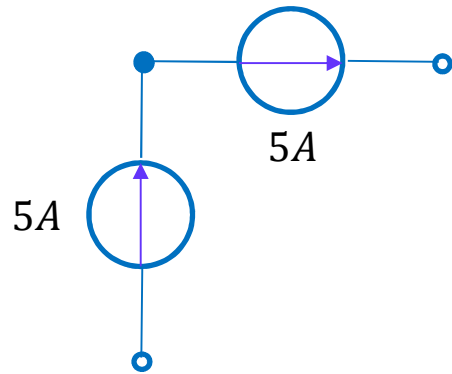
- Une source de courant est un dipôle électrique capable de fournir un courant électrique constant, quelle que soit la tension à ses bornes (dans certaines limites).
- Contrairement à une source de tension (qui impose une tension), la source de courant impose l'intensité du courant.



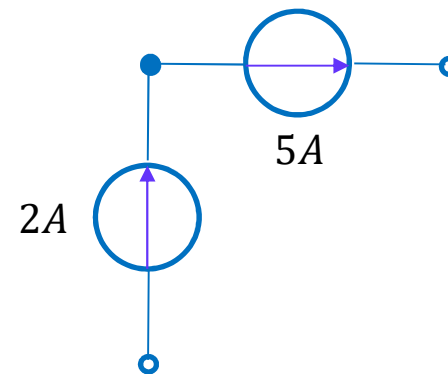
Source de courant

Branchement en série

- On peut seulement brancher des sources de courant en série si elles ont exactement la même valeur.



Permis

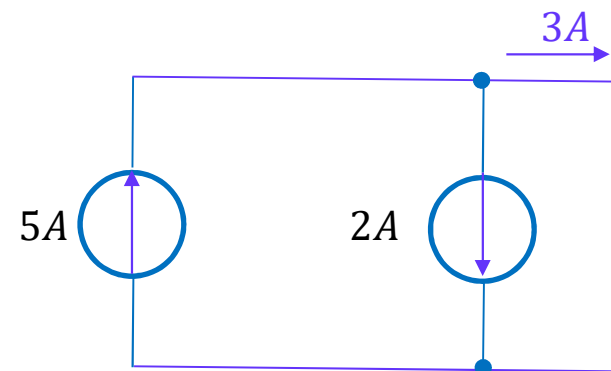
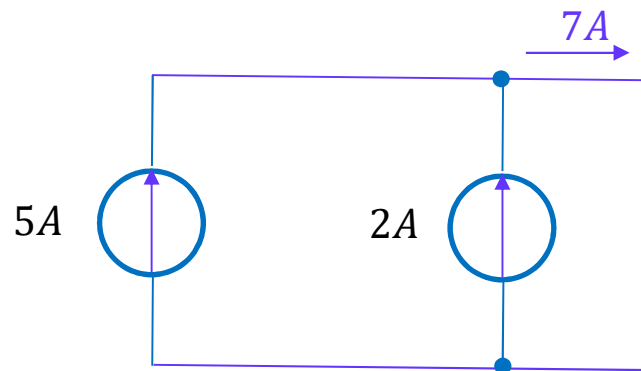


Pas permis

Source de courant

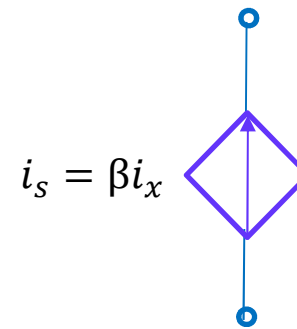
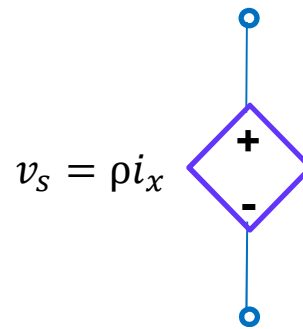
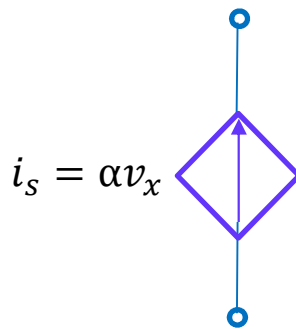
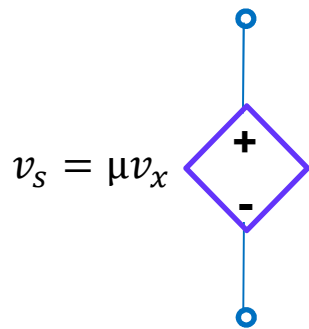
Branchement en parallèle

- En parallèle, le courant total est la somme algébrique des courants.



Sources dépendantes

- Source de tension ou courant
- La valeur dépend d'une autre tension ou d'un autre courant dans le circuit.
- Aussi appelées des sources contrôlées
- Suivent les mêmes règles que les sources de tension et de courant.



v_x et i_x viennent d'un autre élément dans le circuit

μ , α , ρ et β sont des constantes

Résistances

- La résistance électrique est la grandeur qui mesure l'opposition d'un matériau ou d'un composant au passage du courant électrique.
- L'unité de résistance est le Ohm (Ω).
- On définit la conductance G comme étant l'inverse de la resistance :

$$G = \frac{1}{R} [S, Siemens]$$

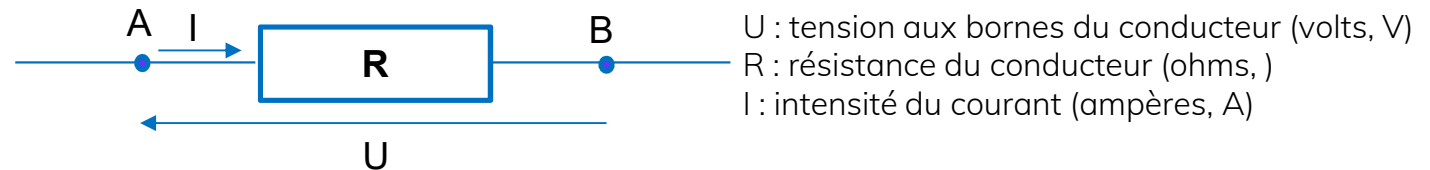


Résistances

Loi d'Ohm

- La tension et le courant dans une résistance sont reliés par la loi d'Ohm :

$$U = R.I$$



- **Exemple :**

- ✓ Résistance de 10Ω
- ✓ Courant de 2A
- ✓ Calculer la tension aux bornes de cette résistance.

Résistances

Puissance dissipée

- La puissance dissipée par effet Joule par un conducteur à un instant donné est :

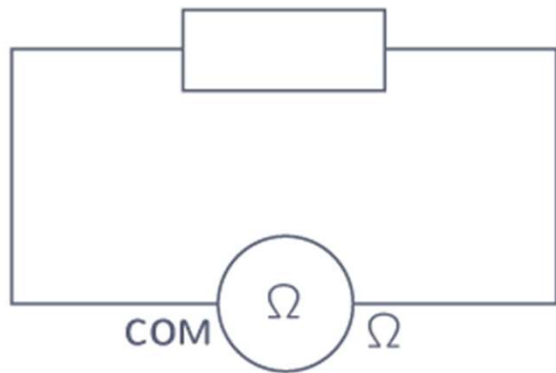
$$P = U.I = R.I^2 \text{ [W, Watt]}$$

- Une résistance consomme toujours de la puissance, qui est transformée en chaleur.

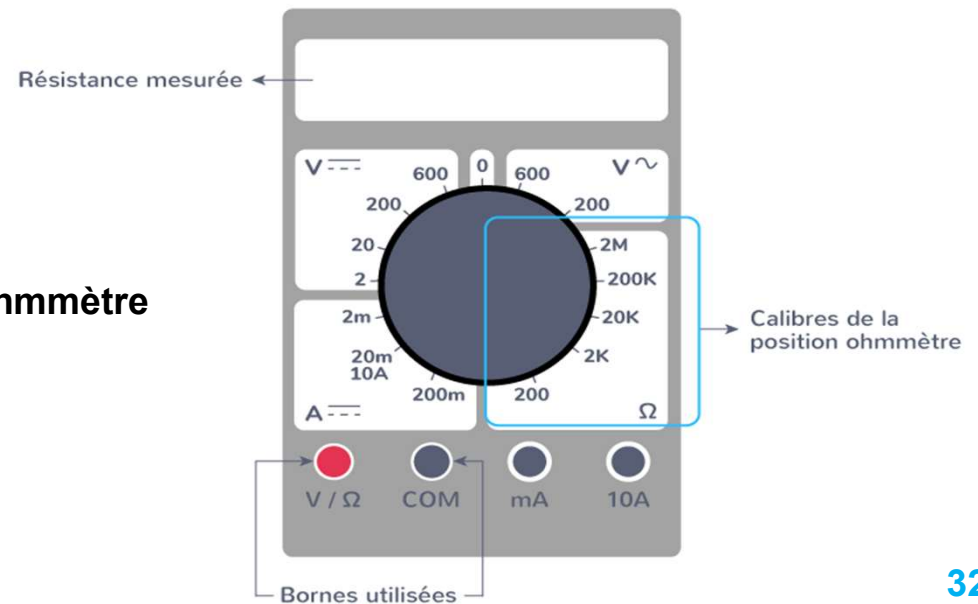
Résistances

Mesure de la résistance

- La valeur de la résistance peut être déterminée avec ohmmètre ou à l'aide du code couleur



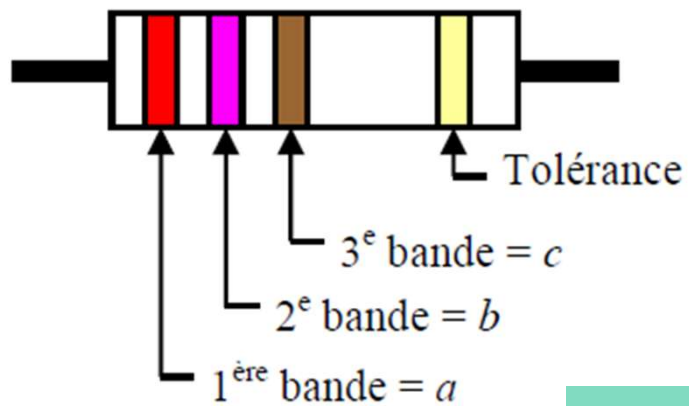
Ohmmètre



Résistances

Mesure de la résistance

- La valeur de la résistance peut être déterminée avec ohmmètre ou à l'aide du code couleur



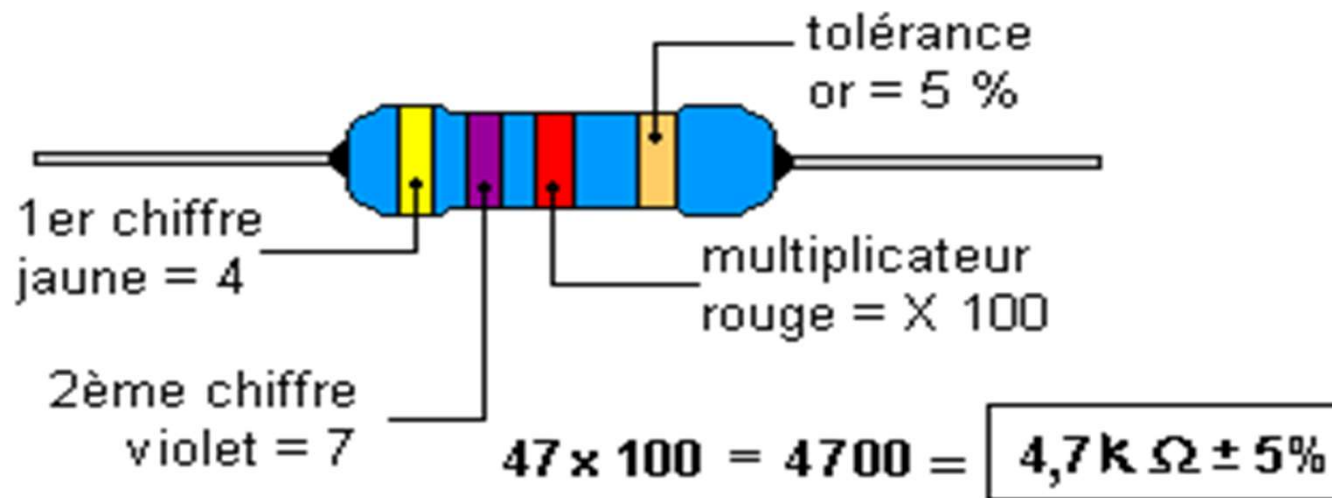
$$R = (10a + b)10^c$$

Chiffre	Tolérance
0	± 5%
1	
2	± 10%
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	

Résistances

Mesure de la résistance

- Exemple :



Résistances

Résistances en série

- Des résistances sont en série si elles sont traversées par le même courant.



- La résistance totale ou équivalente est la somme des résistances :

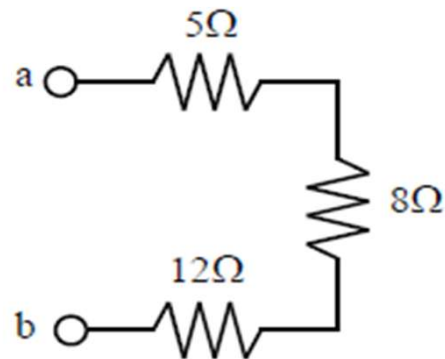
$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

- La tension totale aux bornes de l'ensemble est la somme des tensions partielles.

Résistances

Résistances en série

- **Exemple :** Calculer la résistance équivalente entre les points a et b de la figure suivante.



Résistances

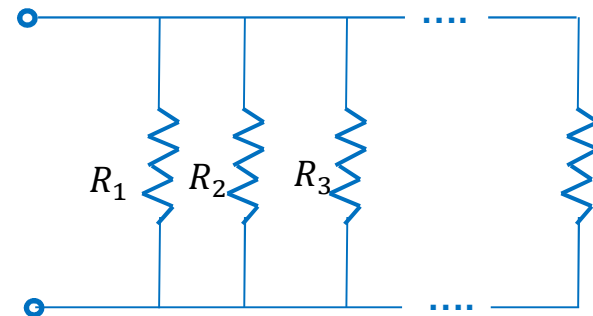
Résistances en parallèle

- Pour des résistances en parallèle, il faut additionner les conductances.
- Des éléments en parallèle auront la même tension.
- Pour des résistances en parallèle, la conductance équivalente est :

$$G_{eq} = G_1 + G_2 + G_3 + \dots$$

- La résistance équivalente est :

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



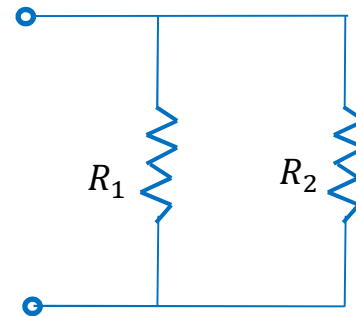
Résistances

Résistances en parallèle

- **Exemple :** calculer la résistance équivalente au montage suivant :

$$R_1 = 9\Omega$$

$$R_2 = 18\Omega$$



Résistances

Transformation triangle (Δ) $\leftrightarrow$ étoile (Y)

- Les résistances peuvent être connectées en Triangle Δ ou en Étoile (Y).
- La transformation entre ces deux configurations permet de simplifier l'analyse des circuits.
- Triangle (Δ) : résistances entre chaque paire de points.
- Étoile (Y) : résistances entre chaque point et le neutre.

Résistances

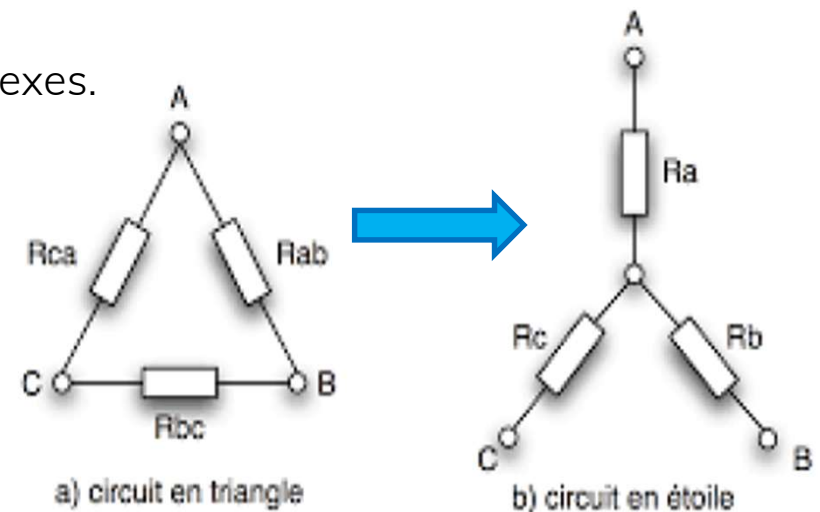
Transformation $\Delta \rightarrow Y$

- Chaque résistance en étoile est le produit des deux résistances adjacentes du triangle divisé par la somme des trois résistances.
- Permet de simplifier l'analyse des circuits complexes.

$$R_A = \frac{R_{AB} \cdot R_{CA}}{R_{AB} + R_{BC} + R_{CA}}$$

$$R_B = \frac{R_{AB} \cdot R_{BC}}{R_{AB} + R_{BC} + R_{CA}}$$

$$R_C = \frac{R_{BC} \cdot R_{CA}}{R_{AB} + R_{BC} + R_{CA}}$$



Résistances

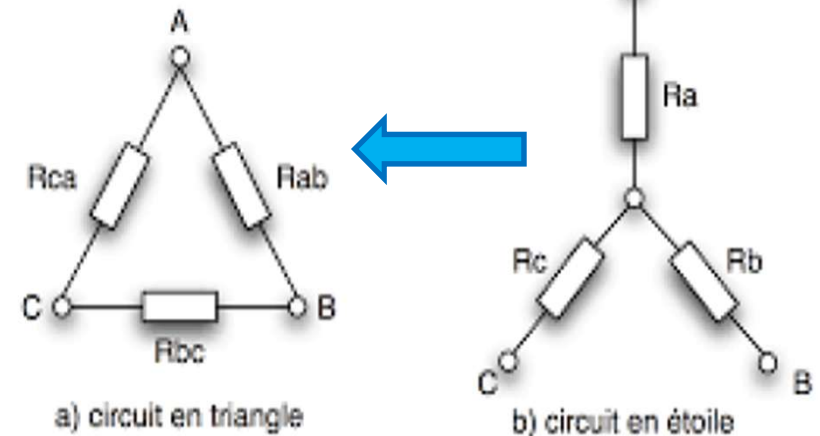
Transformation Y → Δ

- Chaque résistance du triangle est calculée à partir des résistances en étoile.
- Utilisé pour revenir à la configuration triangle lorsque nécessaire.

$$R_{AB} = \frac{R_A \cdot R_B + R_B \cdot R_C + R_C \cdot R_A}{R_C}$$

$$R_{BC} = \frac{R_A \cdot R_B + R_B \cdot R_C + R_C \cdot R_A}{R_A}$$

$$R_{CA} = \frac{R_A \cdot R_B + R_B \cdot R_C + R_C \cdot R_A}{R_B}$$



Résistances

Transformation $Y \rightarrow \Delta$

- Soit un triangle de résistance avec les résistances suivantes :

$$R_{AB} = 6\Omega$$

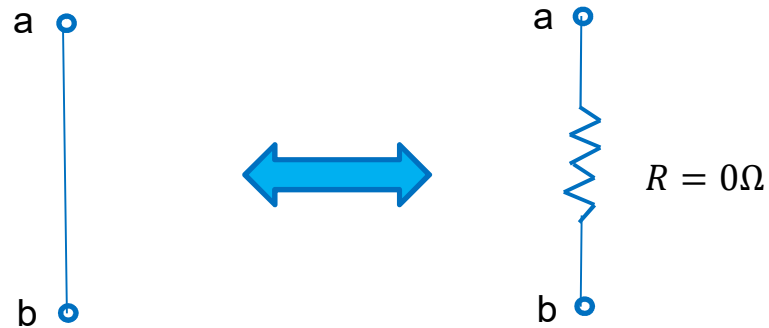
$$R_{BC} = 3\Omega$$

$$R_{CA} = 2\Omega$$

- Calculer les résistances de son équivalent en étoile

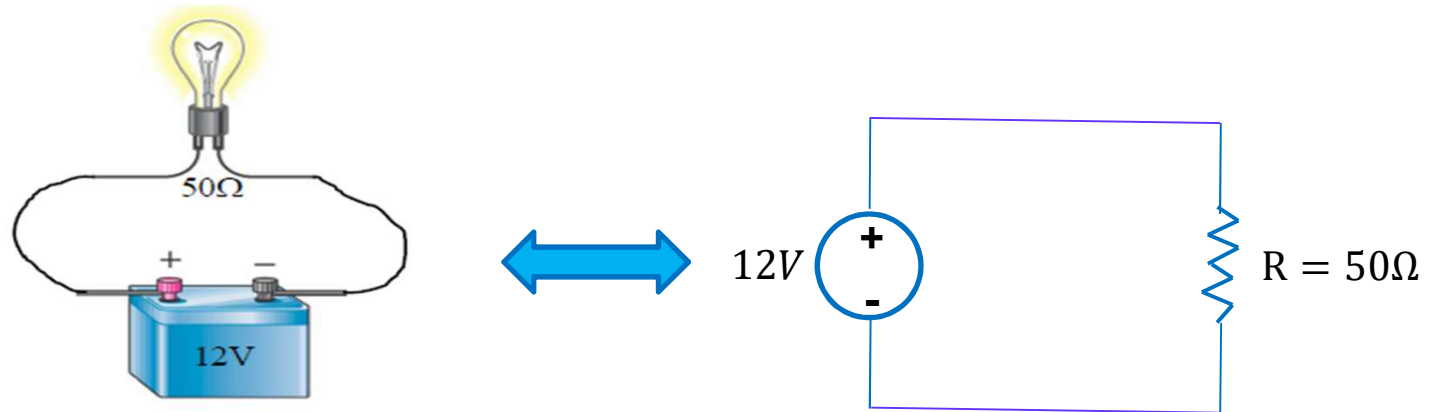
Court-circuit

- Court-circuit : résistance nulle entre deux points



Circuit simple

- Exemple : une batterie avec une ampoule peut être modélisé par une source de tension et une résistance. L'ampoule agit comme une résistance.

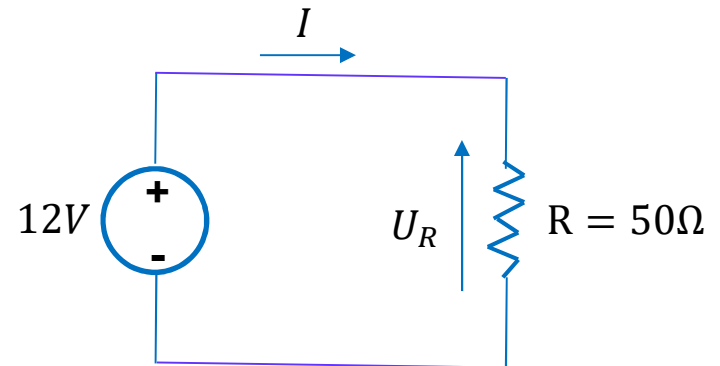


On veut calculer le courant qui traverse l'ampoule.

Circuit simple

Étapes :

1. Supposer un sens pour le courant.
2. Effectuer les calculs appropriés.
3. Si on trouve un courant positif, ceci veut dire que le sens supposé au début est correct. Sinon, ça veut juste dire que le sens du courant est l'opposé.



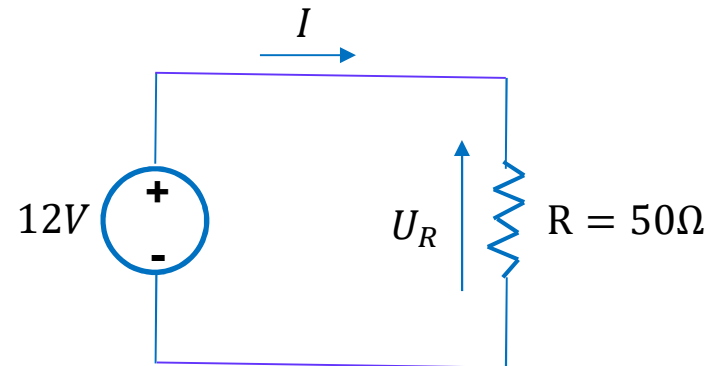
Loi d'Ohm :

Circuit simple

Puisqu'il n'y a pas d'autre élément dans le circuit, la tension aux bornes de la résistance est celle de la source, puisqu'ils sont en parallèle.

On applique la loi d'Ohm à la résistance, pour obtenir :

$$I = \frac{U_R}{R} = \frac{12}{50} = 0,24A = 240\text{ mA}$$



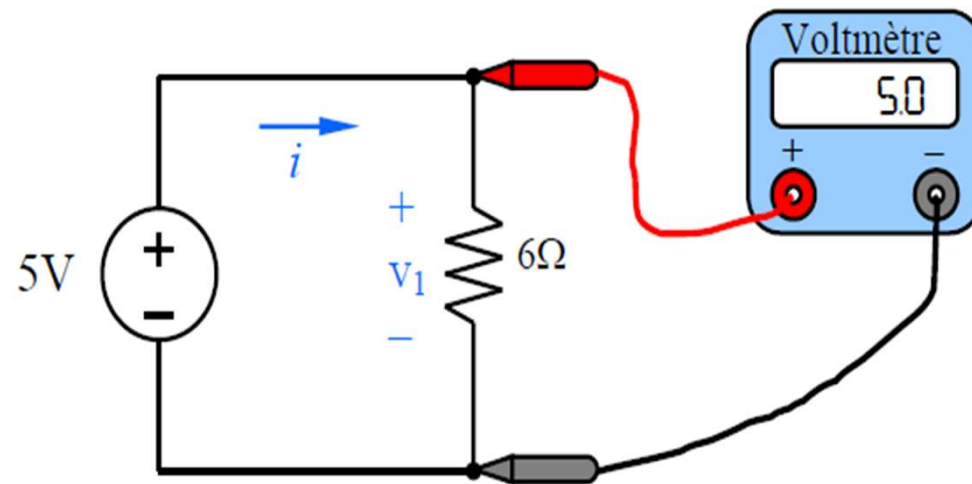
Mesure de tension et de courant

- Mesure de tension :
 - ✓ Voltmètre : placé en parallèle avec l'élément
- Mesure de courant :
 - ✓ Ampèremètre : placé en série avec l'élément
- Souvent, ces deux instruments sont combinés en un seul, le multimètre.

Mesure de tension et de courant

Le voltmètre

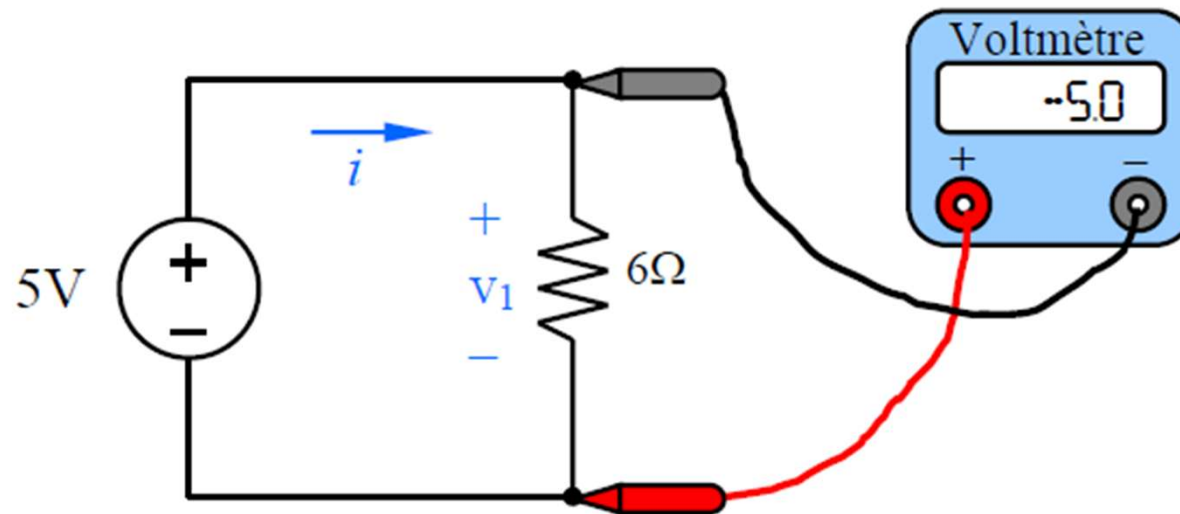
- Le voltmètre doit être utilisé en parallèle avec l'élément auquel on veut mesurer la tension.
- les mesures sont prises aux bornes de la résistance, de façon parallèle.



Mesure de tension et de courant

Le voltmètre

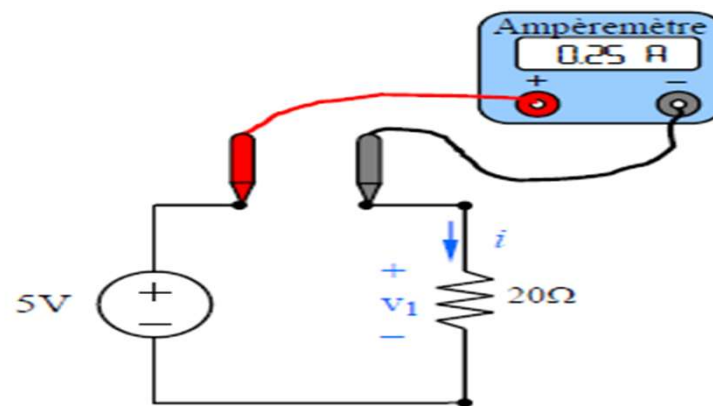
- Il faut faire attention aux bornes de ce qu'on branche. Si on inverse l'ordre, le voltmètre indiquera l'inverse du premier cas.



Mesure de tension et de courant

L'Ampèremètre

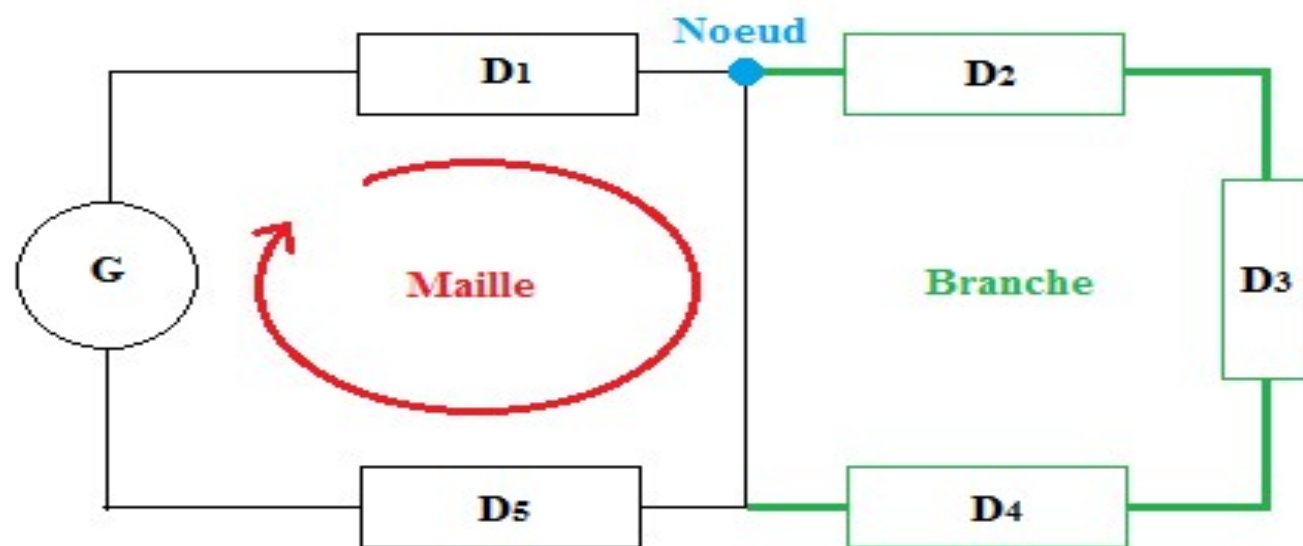
- Pour mesurer le courant, il faut placer l'ampèremètre en série avec l'élément auquel on veut mesurer le courant.
- Remarquer qu'on a ouvert le circuit pour brancher l'ampèremètre.



Quelques définitions

- **Réseau électrique linéaire** : ensemble de dipôles linéaires reliés par des conducteurs de résistance négligeable. On suppose que le réseau contient au moins un générateur.
- Un réseau est constitué de : b **branches** connectées par n **nœuds** et formant m **mailles**.
- **Nœud** : point de jonction de plusieurs conducteurs.
- **Branche** : portion de circuit entre deux nœuds.
- **Maille** : parcours fermé constitué de branches, ne passant qu'une seule fois par un nœud donné.

Quelques définitions

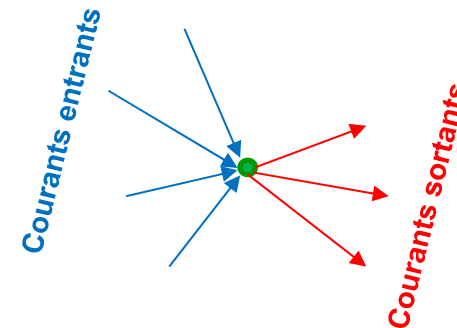


Les lois de Kirchhoff

Loi des noeuds

- La loi des nœuds est une règle fondamentale pour l'analyse des circuits électriques.
- Elle exprime la conservation de la charge dans un nœud (point de connexion) d'un circuit.
- la somme des courants qui entrent dans un nœud est égale à la somme des courants qui en sortent.

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



Les lois de Kirchhoff

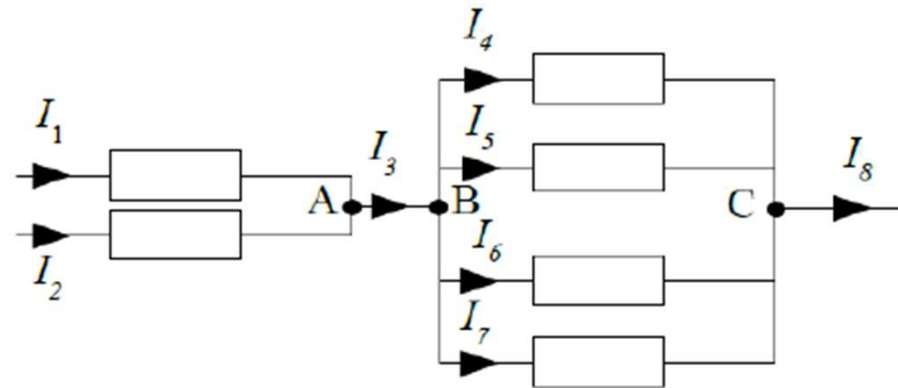
Loi des noeuds

□ Exemple :

Au nœud A : $I_3 = I_1 + I_2$

Au nœud B : $I_3 = I_4 + I_5 + I_6 + I_7$

Au nœud C : $I_4 + I_5 + I_6 + I_7 = I_8$



Les lois de Kirchhoff

Loi des mailles

- La loi des mailles, également appelée seconde loi de Kirchhoff ou loi des tensions de Kirchhoff, est une règle fondamentale de l'analyse des circuits électriques.
- Elle exprime le principe de conservation de l'énergie dans une boucle (ou maille) fermée d'un circuit.
- Cette loi permet d'analyser la répartition des tensions dans un circuit.

Les lois de Kirchhoff

Loi des mailles

- Règles de signe dans une maille :
 - ✓ On choisit un sens de parcours arbitraire de la maille et un point de départ.
 - ✓ On affecte le signe « + » aux tensions dont la flèche a le même sens que celui du parcours.
 - ✓ On affecte le signe « - » aux tensions dont la flèche a le sens contraire.

- La somme algébrique des tensions rencontrées dans une maille est nulle:

$$\sum u = 0$$

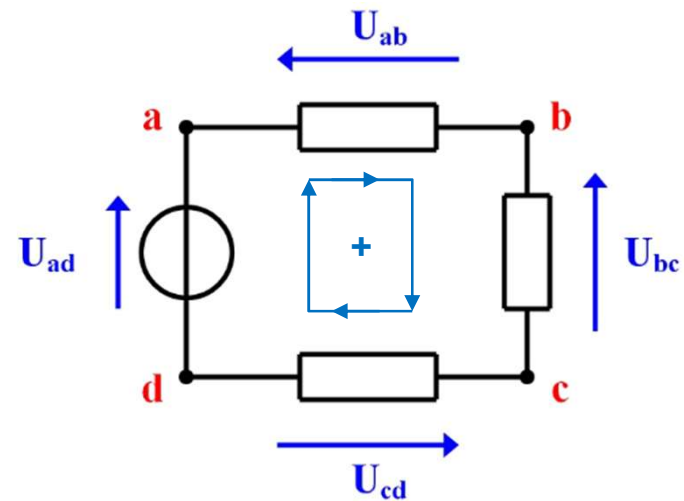
Les lois de Kirchhoff

Loi des mailles

□ Exemple :

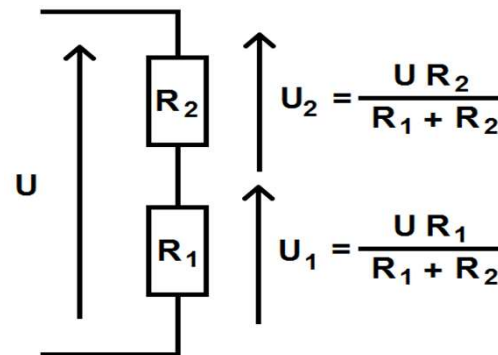
Loi des mailles appliquée sur la maille abcd

$$U_{ad} - U_{ab} - U_{bc} - U_{cd} = 0$$



Pont diviseur de tension

- Le pont diviseur de tension est un montage composé de deux résistances R_1 et R_2 montées en série, soumis à une tension totale U et parcouru par le même courant I .
- Le pont diviseur de tension est très utilisé dans les circuits électroniques.

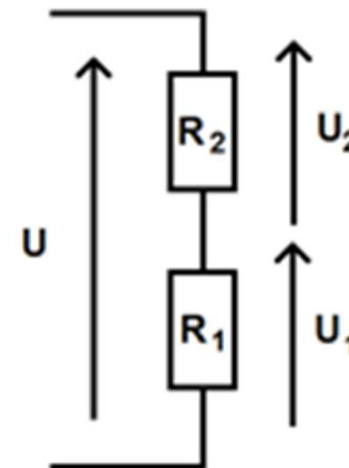


Pont diviseur de tension

□ Exemple :

$$R_1 = 1 \text{ k}\Omega, \quad R_2 = 3 \text{ k}\Omega, \quad U = 12 \text{ V}$$

Calculer les tensions U_1 et U_2

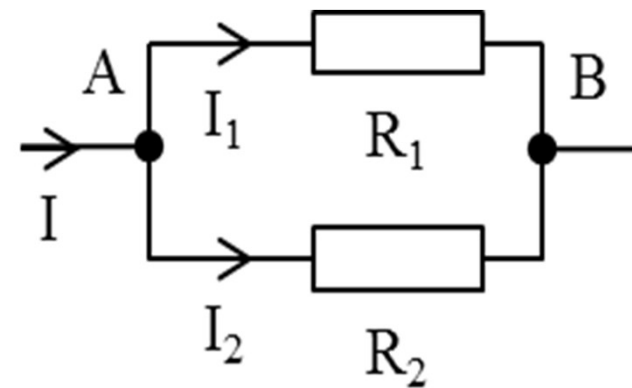


Diviseur de courant

- Le diviseur de courant est un montage électrique permettant de répartir le courant entre plusieurs résistances montées en parallèle.

$$I_1 = \frac{I \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

$$I_2 = \frac{I \cdot R_1}{R_1 + R_2}$$



Diviseur de courant

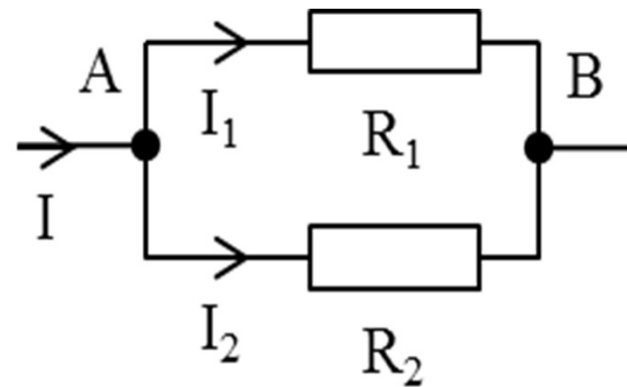
□ Exemple :

$$R_1 = 1k$$

$$R_2 = 3k$$

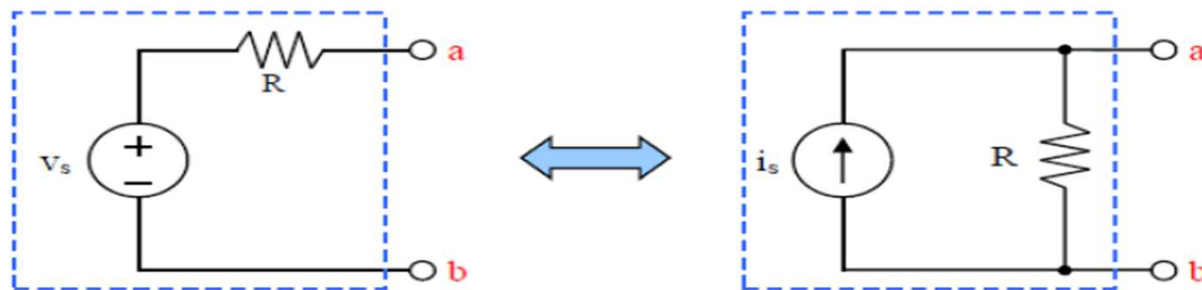
$$I = 2A$$

□ Calculer I_1 et I_2



Transformation de source

- La transformation de source permet de remplacer :
 - ✓ une source de tension E avec une résistance interne R en série,
 - ✓ par une source de courant I avec la même résistance R en parallèle.
- Les deux montages sont alors électriquement équivalents.

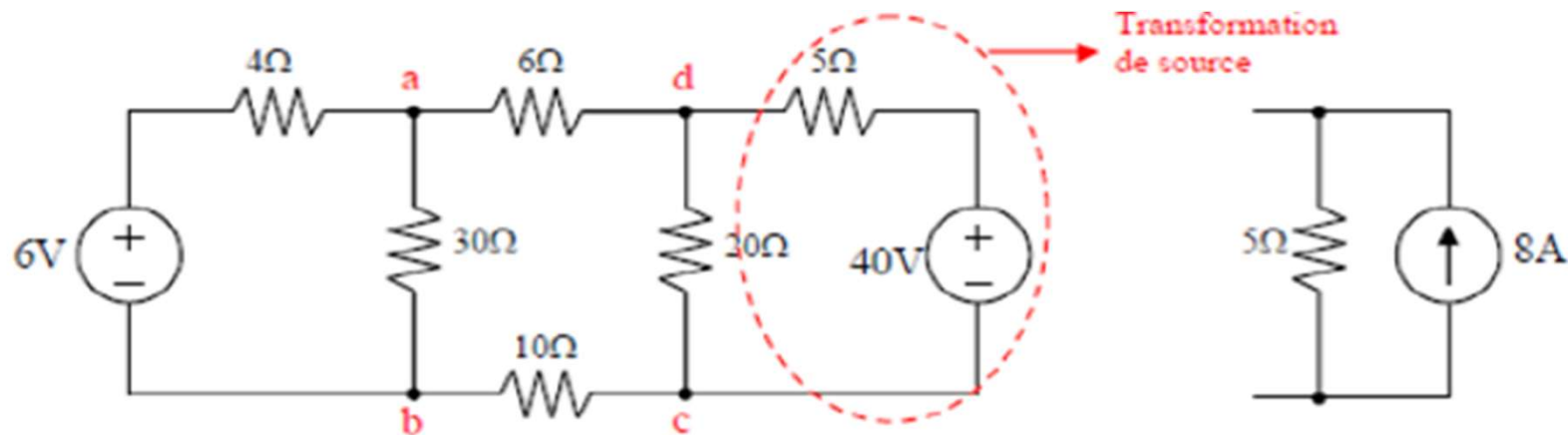


Transformation de source

- Facilite l'analyse des circuits complexes.
- Utile pour appliquer les théorèmes de Thévenin et de Norton.
- Permet de simplifier les calculs de tension et de courant.

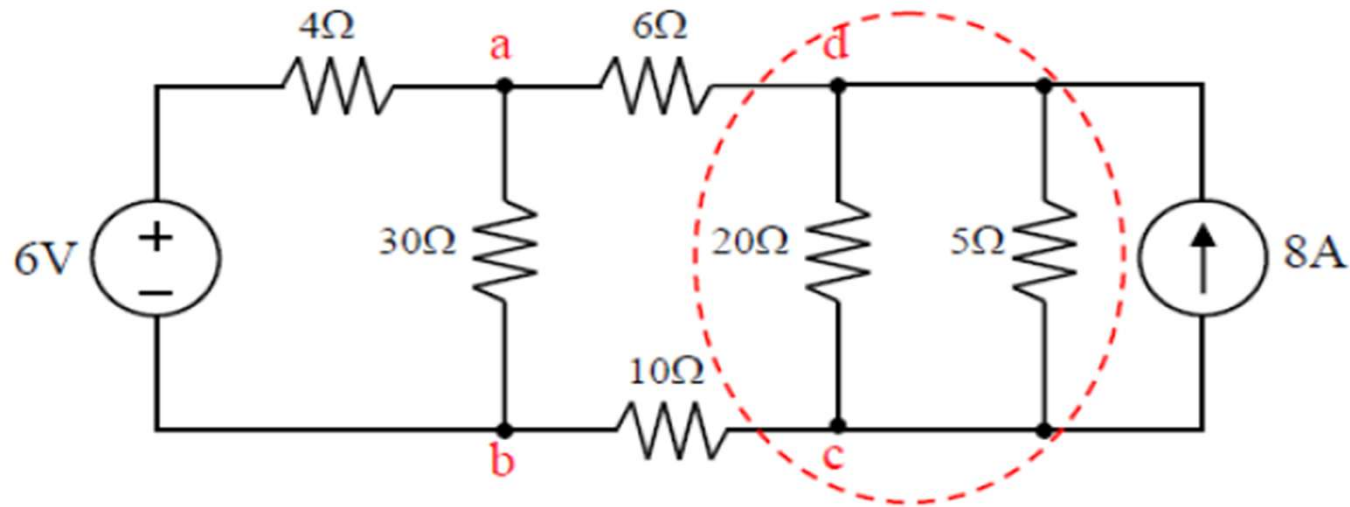
Transformation de source

- **Exemple :** on veut calculer la puissance de la source de tension 6V sur le montage suivant:



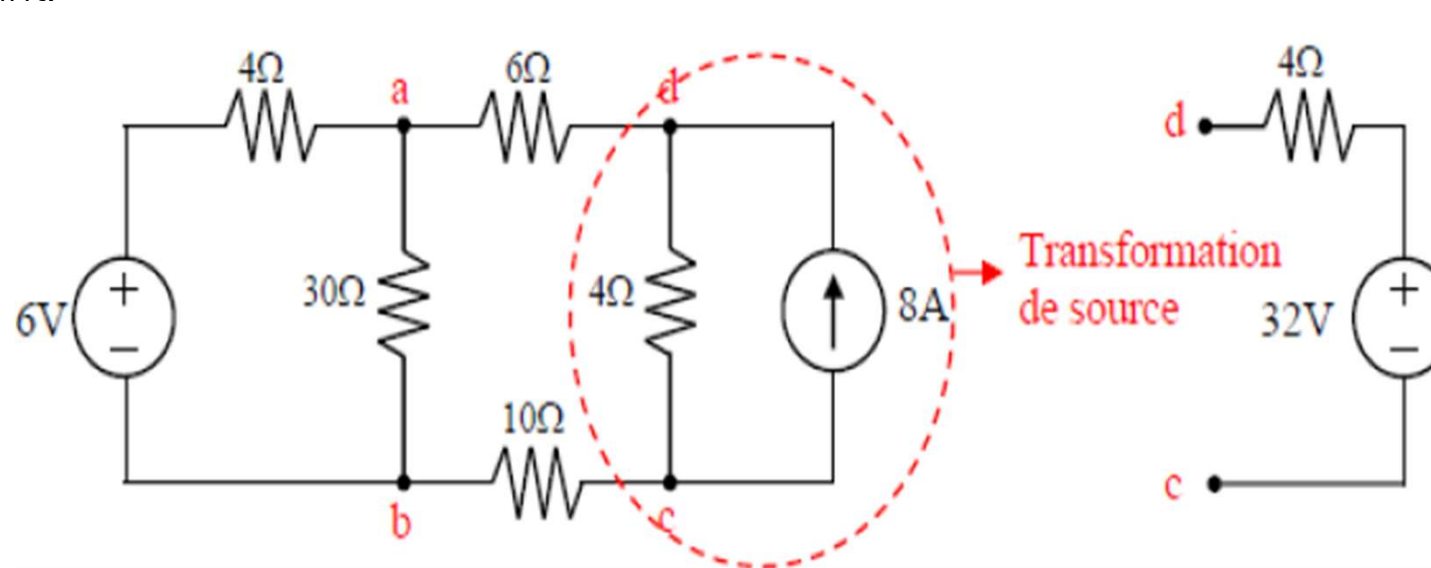
Transformation de source

- **Exemple :** on veut calculer la puissance de la source de tension 6V sur le montage suivant:



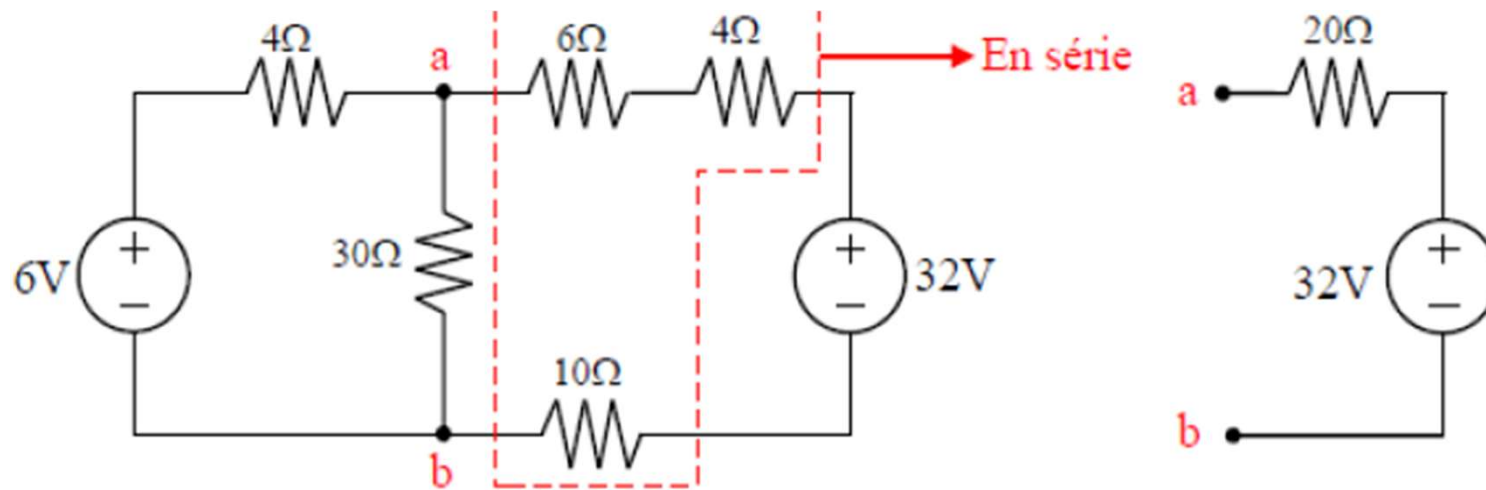
Transformation de source

- **Exemple :** on veut calculer la puissance de la source de tension 6V sur le montage suivant:



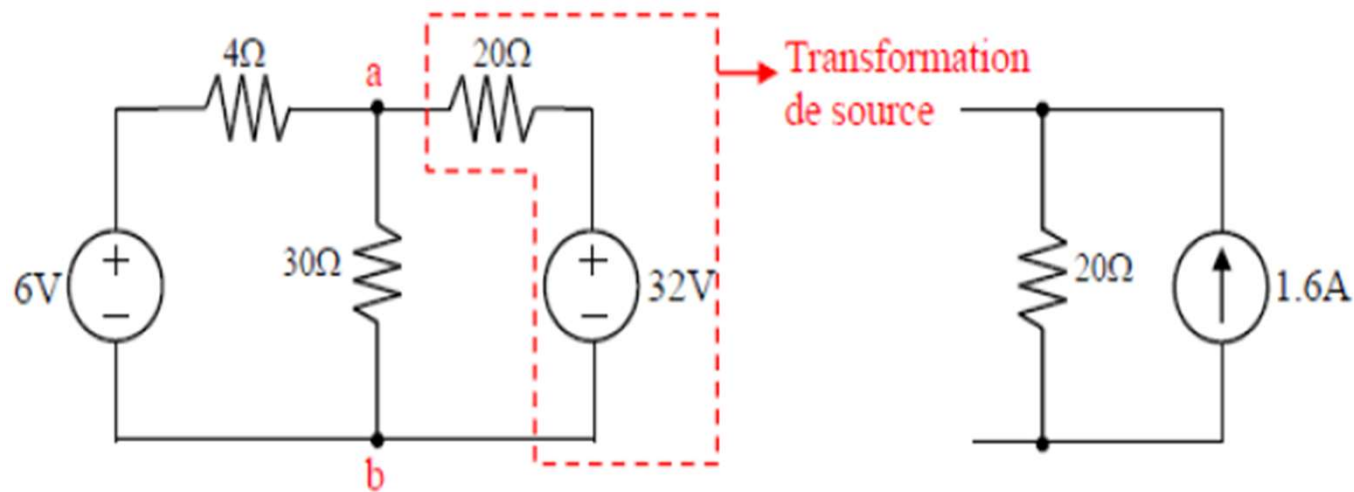
Transformation de source

- **Exemple :** on veut calculer la puissance de la source de tension 6V sur le montage suivant:



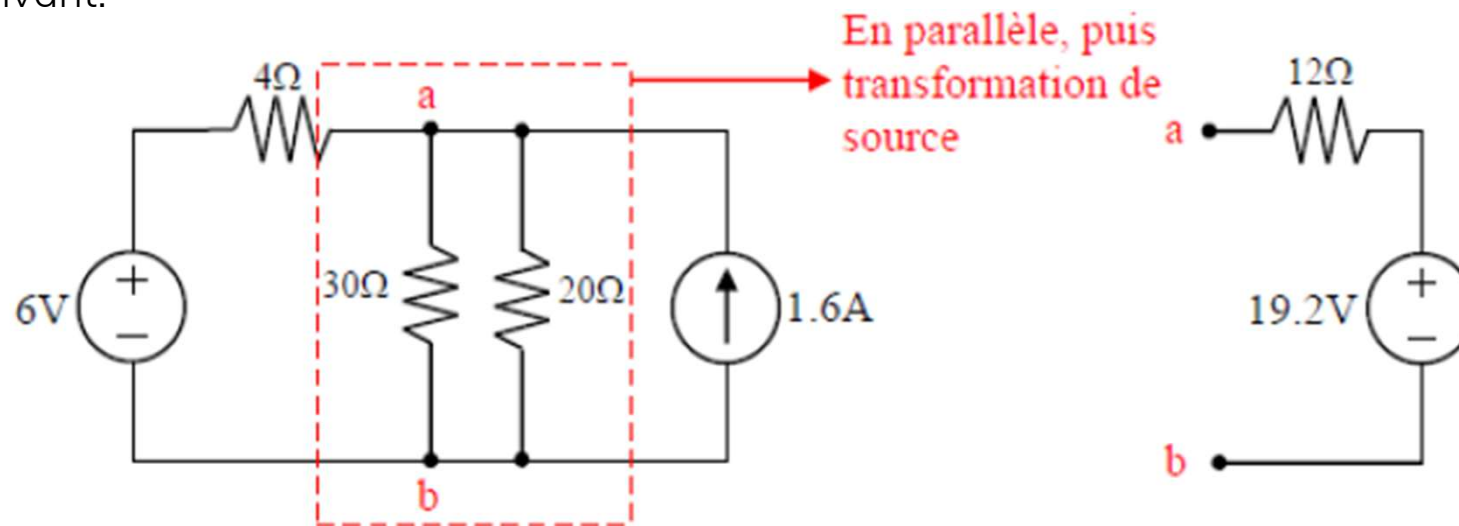
Transformation de source

- **Exemple :** on veut calculer la puissance de la source de tension 6V sur le montage suivant:



Transformation de source

- **Exemple :** on veut calculer la puissance de la source de tension 6V sur le montage suivant:



Transformation de source

- **Exemple :** on veut calculer la puissance de la source de tension 6V sur le montage suivant:

On applique la loi des mailles :

$$6V - (4 + 12)i - 19,2V = 0$$

$$i = -0,825A$$

$$p = -vi = -6V * (-0,825A) = 4,95W$$

