



Université
Gustave Eiffel



Electrocinétique 1

Electrocinétique 1

Syllabus

Prérequis

- Aucun

Volume horaire

- 10h CM, 12h TD et 4h TP
- 13 séances de 2h

Notation

- Contrôle continu : 2 contrôles sur le premier semestre + TPs notés

Contacts

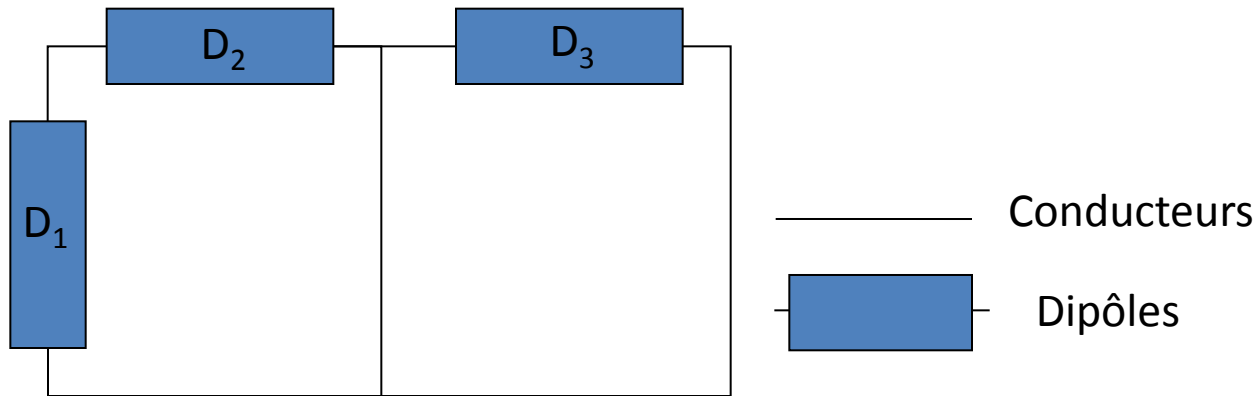
- TD1 : Maha Ben Rhouma (maha.benrhouma1987@gmail.com Copernic: 2B035)
- TD2 : Benoit Poussot (benoit.poussot@univ-eiffel.fr Copernic: 2B025)
- TD3 : Elodie Richalot (elodie.richalot-taisne@univ-eiffel.fr Copernic : 2B071)
- TD4 : Naida Hodzic (naida.hodzic@esiee.fr)
- TD5 : Shermila Mostarshedi (shermila.mostarshedi@univ-eiffel.fr Copernic: 2B025)
- TD6 : Cyrille Sylvestre (cyrille.sylvestre@univ-eiffel.fr Copernic : 2B023)

Electrocinétique 1

Introduction

Définition d'un circuit électrique

- Un circuit électrique ou réseau est constitué d'un ensemble de dipôles (éléments à deux bornes) connectés les uns aux autres.



Exemple : Circuit comportant 3 dipôles interconnectés par des conducteurs

Electrocinétique 1

Introduction

Qu'est ce que l'électrocinétique ?

Electron ← **Electrocinétique**

↓
Grec ancien Kinêtikos: qui se met en mouvement

- ➔ L'électrocinétique est l'étude du mouvement de l'ensemble des porteurs de charge dans un circuit.

Objectifs

Etudier les bases et les grandeurs fondamentales de l'électrocinétique ainsi que les lois qui les concernent dans un circuit quelconque

Sommaire

1 • Grandeurs fondamentales

2 • Les dipôles

3 • Etude des circuits

4 • Théorèmes

Grandeurs fondamentales

Courant électrique



Définition

- Déplacement d'ensemble, ordonné, de porteurs de charges dans un support matériel conducteur.



Porteurs de charges

Supports	Porteurs de charges	Exemples
Métaux (Cu, Al, Au)	électrons	Câbles du réseau électrique
Semi conducteurs (Si)	électrons ou « trous »	Diodes, Transistors
Électrolytes	ions (anions ou cations)	Batteries

Grandeurs fondamentales

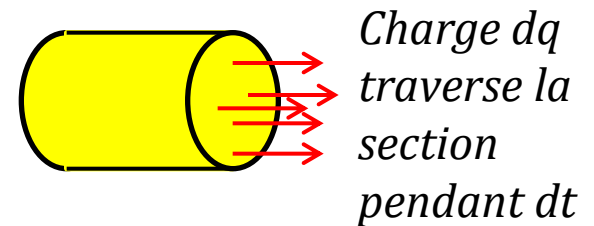
Courant électrique

■ Charge électrique : on note q la quantité de charges électriques

- Unité : coulomb (C)
- Multiple de la charge élémentaire e ($e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$)
 - Ex : Charge électrique d'un électron : $q_e = -e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$

■ Intensité du courant électrique : quantité d'électricité (Coulomb) traversant la section d'un conducteur par unité de temps (seconde)

- Débit de charges $i(t) = \frac{dq(t)}{dt}$



- Unité : Ampère (A) $1\text{A} = 1\text{C} \cdot \text{s}^{-1}$

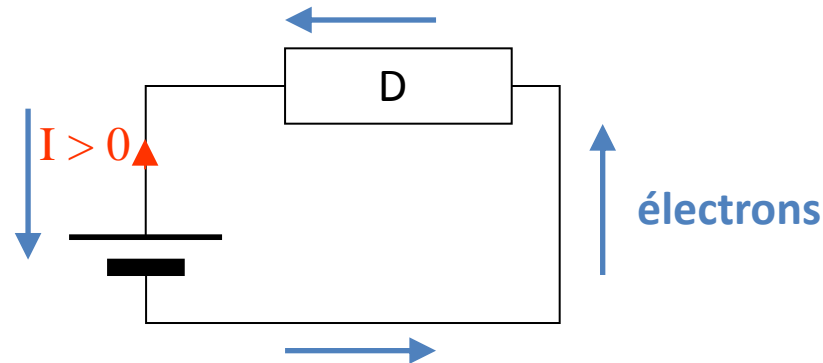
- Cas particulier où $i(t)$ est constant $i(t) = I = \text{cste}$

Grandeurs fondamentales

Courant électrique

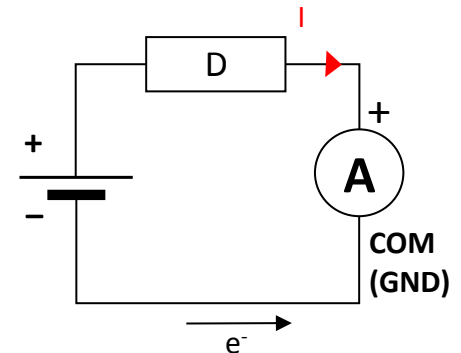
Sens conventionnel du courant

- On définit un courant d'intensité positive lorsqu'il circule dans le sens opposé au sens de circulation des électrons



Mesure de l'intensité du courant électrique

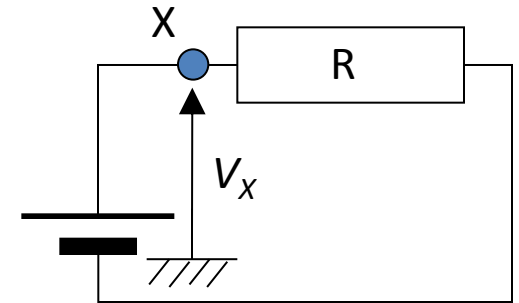
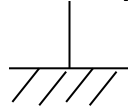
- Mesure directe : ampèremètre branché en série
Borne COM vers borne – du générateur



Grandeurs fondamentales



Tension électrique

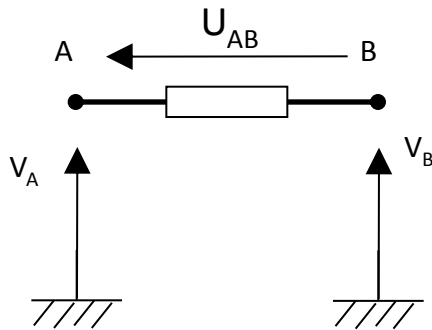
- Potentiel électrique
- Défini en un point X d'un circuit : V_X
 - Exprimé en Volt (V)
 - Déterminé à une constante près / une référence
(Masse M : $V_M = 0V$)



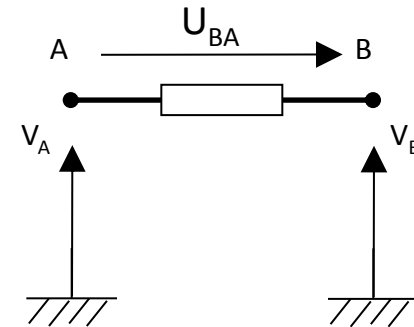
- On admettra qu'une particule élémentaire de charge q placée en un point X de potentiel V_X possède une énergie potentielle : $E_p = q * V_X$ [J]
- Pour une quantité de charge Q , l'énergie potentielle est : $E_p = Q * V_X$ [J]
⇒ Notions de puissance et d'énergie électriques traitées ensuite.

Grandeurs fondamentales Tension électrique

- 
Tension électrique : différence de potentiel entre deux points du réseau
 - La tension est donc une grandeur algébrique
 - A l'origine du déplacement des charges, donc du courant électrique
 - Exprimée en Volt (V)
- 
Une tension doit être associée à deux points du circuit



$$U_{AB} = V_A - V_B$$



$$U_{BA} = V_B - V_A = -(V_A - V_B) = -U_{AB}$$

U_{AB} : flèche d'origine B et d'extrémité A

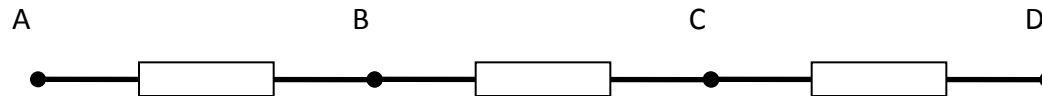
U_{BA} : flèche d'origine A et d'extrémité B

Grandeurs fondamentales

Tension électrique



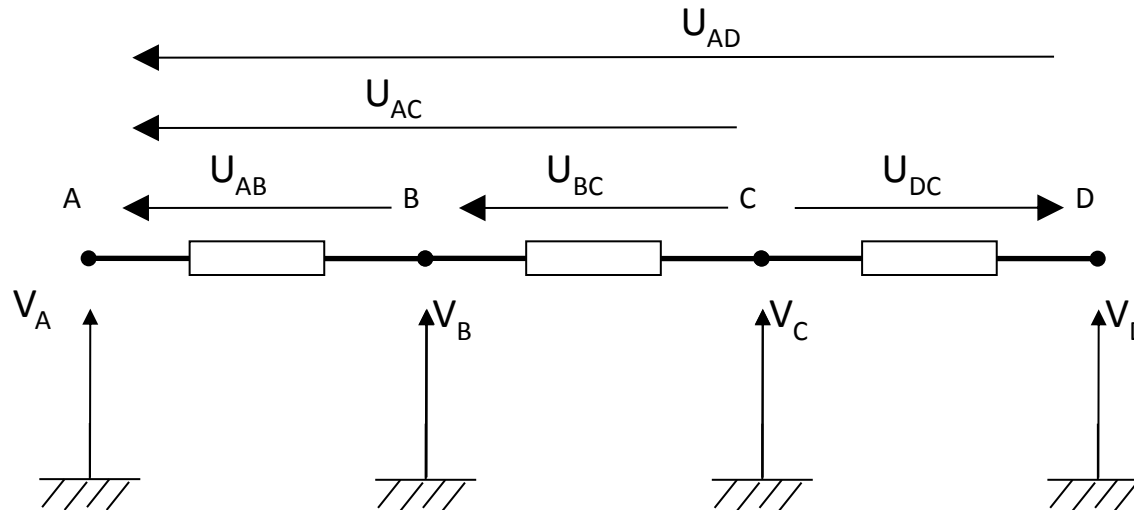
Exercice



- Reporter sur la figure :
 - les potentiels V_A , V_B , V_C et V_D
 - Les tensions U_{AB} , U_{BC} , U_{DC} , U_{AC} et U_{AD}

Grandeurs fondamentales Tension électrique

Exercice

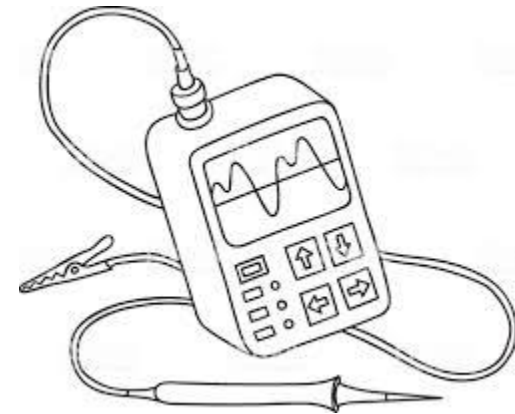
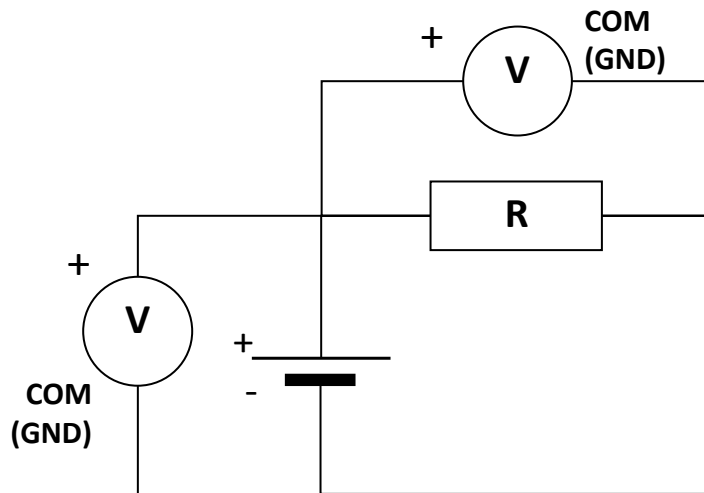
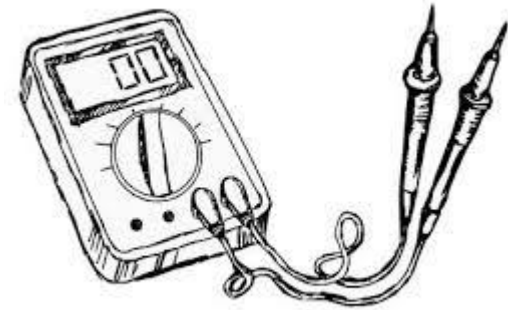


- Exprimer en fonction du potentiel associé à chaque point les tensions :
 - U_{AB} , U_{BC} et U_{AC} En déduire la relation entre ces tensions
 - U_{DC} , U_{AD} et U_{AC} . En déduire la relation entre les tensions U_{AB} , U_{BC} , U_{CD} et U_{AD}
- Conclusion ?

Grandeurs fondamentales Tension électrique

Mesure

- Voltmètre placé en dérivation :
 - grandeur continue
- Observation à l'oscilloscope :
 - Évolution temporelle



Exercice



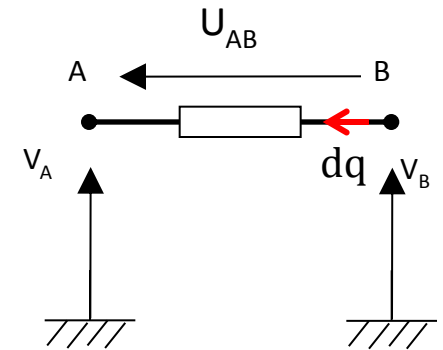
Application : Charge d'une batterie

- Pour recharger une batterie, un générateur délivre pendant 12 heures un courant d'intensité de 3A sous une tension constante de 12V.
 - Donner le régime de fonctionnement de cette opération.
 - Quelle quantité d'électricité a circulé dans les fils d'alimentation lors de la charge de la batterie ?
 - Calculer le nombre d'électrons ayant circulé dans le circuit pendant cette charge.

Grandeurs fondamentales Puissance électrique

Calcul de la puissance

- Pendant un intervalle dt , une quantité de charge $dq(t)$ traverse de B vers A un dipôle soumis à une ddp : $U_{AB} = V_A - V_B$



- Les énergies potentielles liées à $dq(t)$ aux points A et B peuvent s'écrire :

$$de_{p_A}(t) = dq(t) \times V_A [J]$$

$$de_{p_B}(t) = dq(t) \times V_B [J]$$
- La différence d'énergie potentielle entre les points A et B est donc :

$$de_{p_{AB}}(t) = de_{p_A}(t) - de_{p_B}(t)$$

$de_{p_{AB}}(t)$ est la quantité d'énergie (positive ou négative) transférée de B vers A

Grandeurs fondamentales

Puissance électrique

$$de_{p_{AB}}(t) = dq(t) \times (V_A - V_B) = dq(t) \times U_{AB}$$

- On sait que $dq(t) = I \times dt$ (On suppose un courant constant)
- Il vient : $de_{p_{AB}}(t) = U_{AB} \times I \times dt$ [J]
- Nous pouvons définir la puissance électrique comme la quantité d'énergie transférée par unité de temps :

$$P = \frac{de_{p_{AB}}(t)}{dt}$$

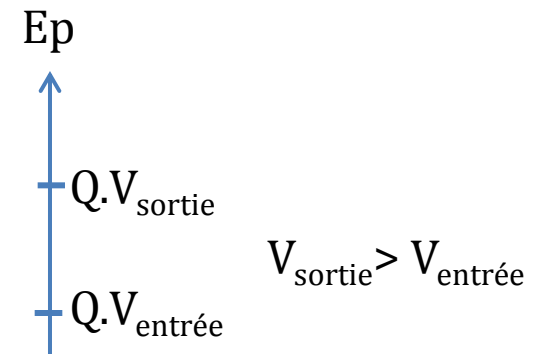
$$P = U_{AB} \times I$$

Puissance et énergie électrique

■ Du point de vue de la puissance et de l'énergie, deux catégories de dipôles existent :

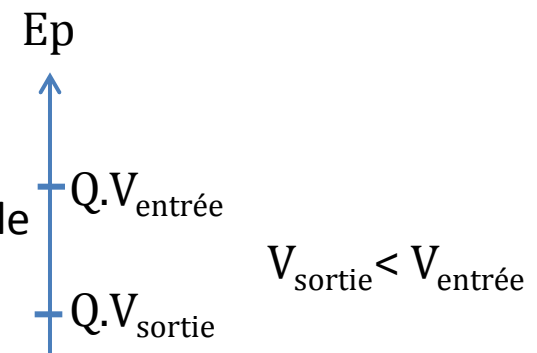
■ Générateur

- Fournit de l'énergie au circuit
- Le courant positif circule dans le sens des potentiels croissants : les charges gagnent de l'énergie potentielle



■ Récepteur

- Reçoit de l'énergie du circuit
- Le courant positif circule dans le sens des potentiels décroissants : les charges perdent de l'énergie potentielle

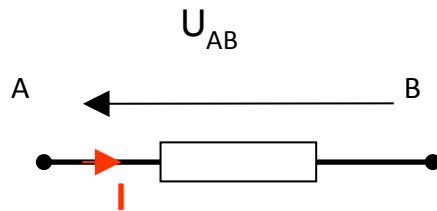


Convention

La puissance est-elle absorbée ou fournie par le dipôle ?

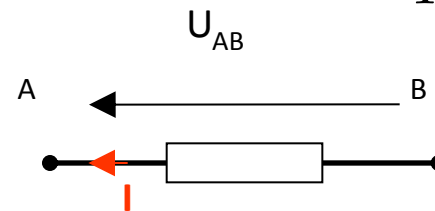
- **Etape 1 :** Choisir une convention quelconque

$$P = U_{AB} \times I$$



Convention récepteur

I et U sont orientés en sens inverse



Convention générateur

I et U sont orientés dans le même sens

- **Etape 2 :** Analyser les signes pour déterminer la nature du dipôle

— Si en convention récepteur :

- ✓ I et U sont de même signe ($P > 0$)
- ✓ I et U sont de signes différents ($P < 0$)

Energie absorbée

Energie fournie

— Si en convention générateur :

- ✓ I et U sont de même signe ($P > 0$)
- ✓ I et U sont de signes différents ($P < 0$)

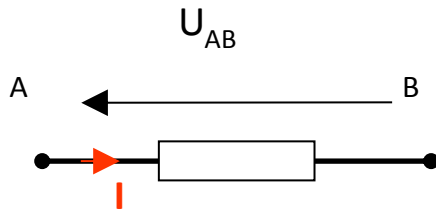
Energie fournie

Energie absorbée

Grandeurs fondamentales

Convention

Cas pratique :



- Quelle convention ?
- On mesure :
 - $I = 1\text{A}$ et $U_{AB} = 10\text{V}$
- Analyse :
 - I et U de même signe
 - $U_{AB} = V_A - V_B > 0$ donc $V_A > V_B$
 - I positif
- Conclusion ?

Convention	U et I mêmes signes (P positif)	U et I signes différents (P négatif)
Récepteur	Absorbe de l'énergie	Fournit de l'énergie
Générateur	Fournit de l'énergie	Absorbe de l'énergie

Sommaire

1 • Grandeurs fondamentales

2 • **Les dipôles**

3 • Etude des circuits

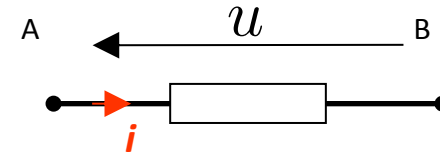
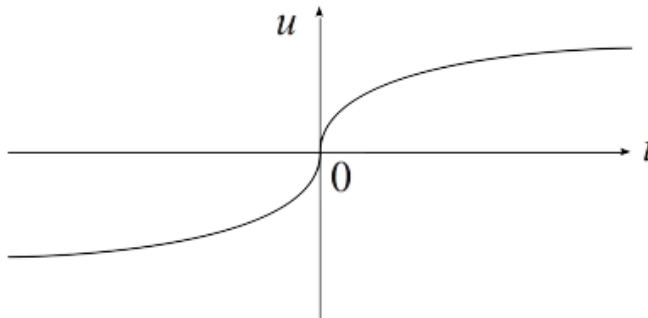
4 • Théorèmes

Les dipôles

Caractéristique statique

Définition


- Un dipôle est caractérisé en statique par $u = f(i)$ ou $i = f(u)$

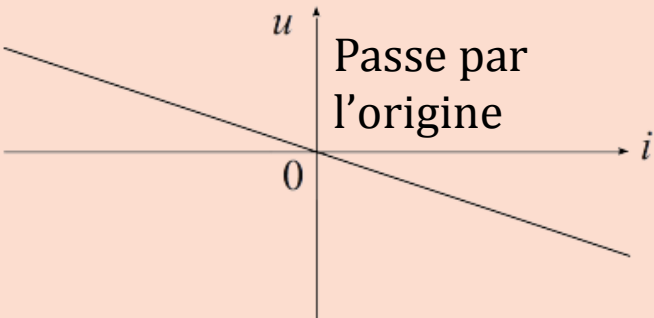
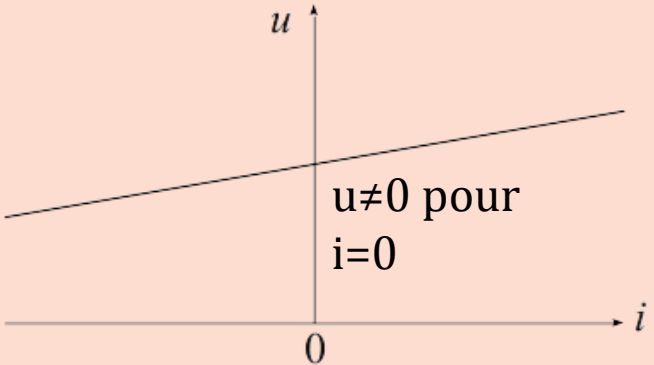
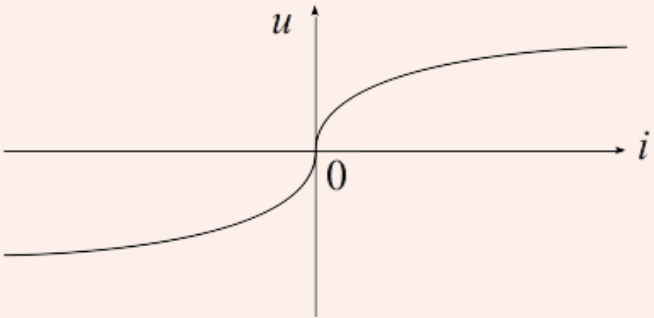
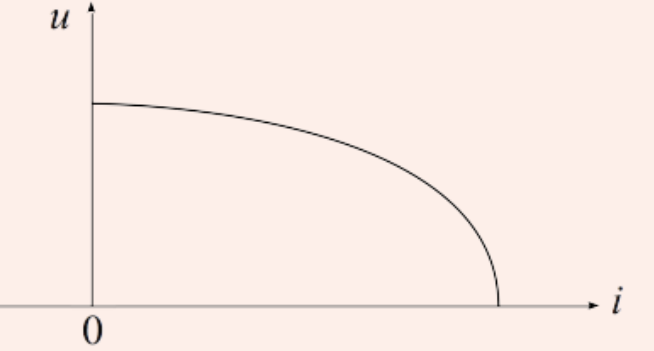


- On appelle cette courbe la **caractéristique statique**
Statique : qui n'évolue pas dans le temps, régime continu
≠ Dynamique
- Elle dépend de la convention adoptée (convention générateur ou récepteur)

Les dipôles

Linéaire / Non linéaire – Actif / Passif

- 
 Selon la caractéristique statique, on distingue plusieurs types de dipôles

	<u>Passif</u>	<u>Actif</u>
<u>Linéaire</u>	 <p>Passe par l'origine</p>	 <p>$u \neq 0$ pour $i = 0$</p>
<u>Non linéaire</u>		

Les dipôles

Les dipôles linéaires



Définition

- Sa caractéristique statique est une droite : $y = ax + b$
- Si $b=0 \rightarrow$ dipôle passif
- Si b différent de 0 \rightarrow dipôle actif



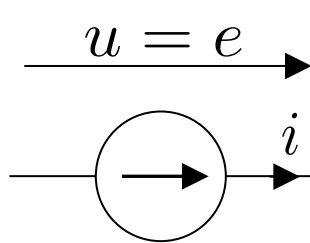
Un circuit linéaire est constitué uniquement de dipôles linéaires



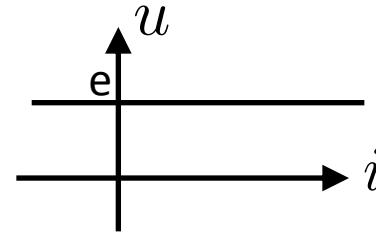
Dans la suite de ce cours, seuls les dipôles linéaires seront traités

Les dipôles Source de tension idéale

Symbole et caractéristique statique



Symbole
(convention générateur)



Caractéristique statique
(convention générateur)

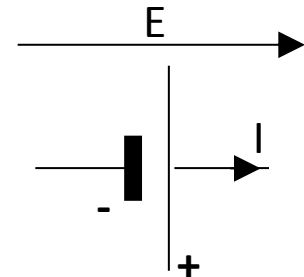
Linéaire
Actif

Impose la tension à ses bornes quel que soit le courant qui la traverse $u = e \forall i$

-  e : Force électromotrice

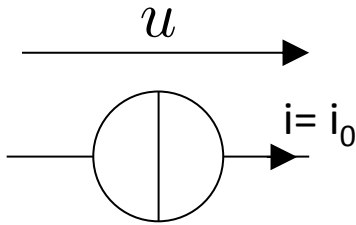
Puissance fournie $p = u \times i = e \times i$

En régime continu, on l'appelle une « Pile »

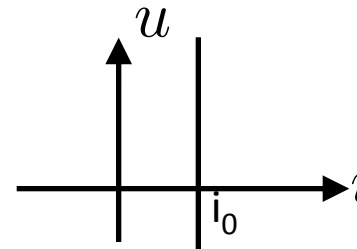


Source de courant idéale

■ Symbole et caractéristique statique



Symbole
(convention générateur)



Caractéristique statique
(convention générateur)

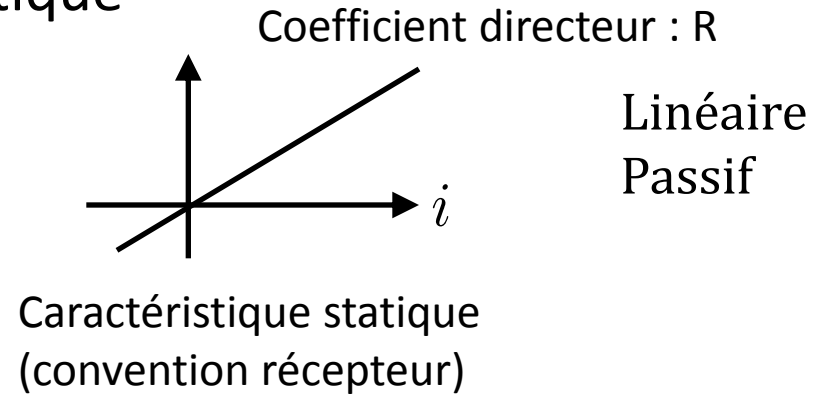
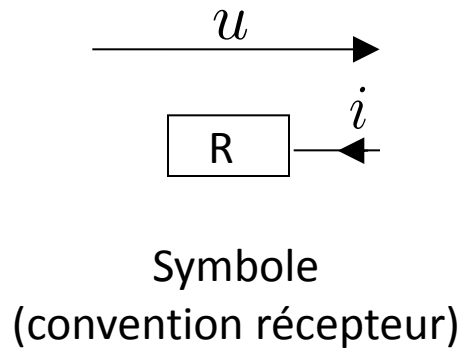
Linéaire
Actif

■ Impose le courant qui le traverse quelle que soit la tension à ses bornes $i = i_0 \quad \forall u$

■ Puissance fournie $p = u \times i = u \times i_0$


Les dipôles Le résistor


Symbole et caractéristique statique



 Le résistor est caractérisé par une résistance R en Ohms [Ω]

 Loi d'Ohm (convention récepteur) : $u = R.i$

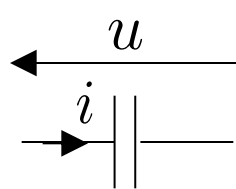
 Conductance : Inverse de la résistance $G = \frac{1}{R}$ en siemens (S)

 Puissance reçue (effet Joule : dissipation de puissance électrique sous forme thermique)

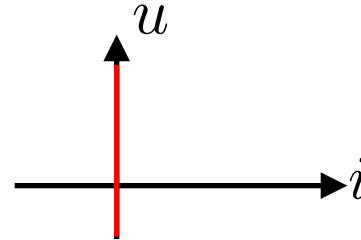
$$p = u \times i = R \times i^2 = \frac{u^2}{R}$$

Les dipôles Le condensateur

Symbole et caractéristique statique



Symbole
 (convention récepteur)

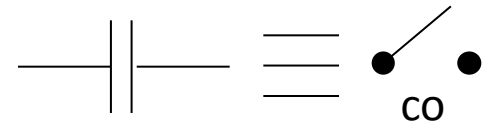


Caractéristique statique

Linéaire
 Passif

En régime continu (u constant donc $i=0$)

→ Circuit ouvert (c.o.)



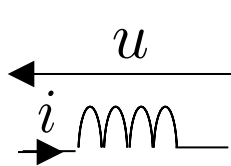
Le condensateur est caractérisé par une capacité C en Farads [F]

Caractéristique dynamique : $i = C \frac{du}{dt}$

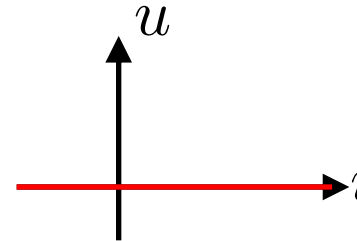
Suivant les signes de i et u , reçoit ou fournit de l'énergie (charge/décharge d'un condensateur)

Les dipôles La bobine


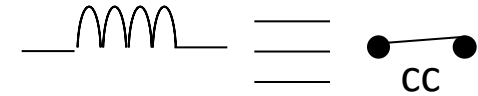
Symbole et caractéristique statique



Symbole
 (convention récepteur)




Linéaire
 Passif


 En régime continu (i constant donc $u = 0$) 

 → Court circuit (cc)


 La bobine est caractérisée par une inductance L en Henrys [H]


 Caractéristique dynamique : $u = L \frac{di}{dt}$

Suivant les signes de i et u , reçoit ou fournit de l'énergie

Les dipôles

Les dipôles linéaires

Bilan sur les dipôles principaux :

- 2 dipôles actifs :
 - Source de tension idéale : fournit de l'énergie
 - Source de courant idéale : fournit de l'énergie
 - ≠ Moteur : dipôle actif qui consomme de l'énergie

- 3 dipôles passifs :
 - Résistor (Résistance) : consomme de l'énergie (dissipation thermique)
 - Condensateur (Capacité) : en dynamique, peut absorber ou fournir de l'énergie
 - Bobine (Inductance) : en dynamique, peut absorber ou fournir de l'énergie

Sommaire

1 • Grandeurs fondamentales

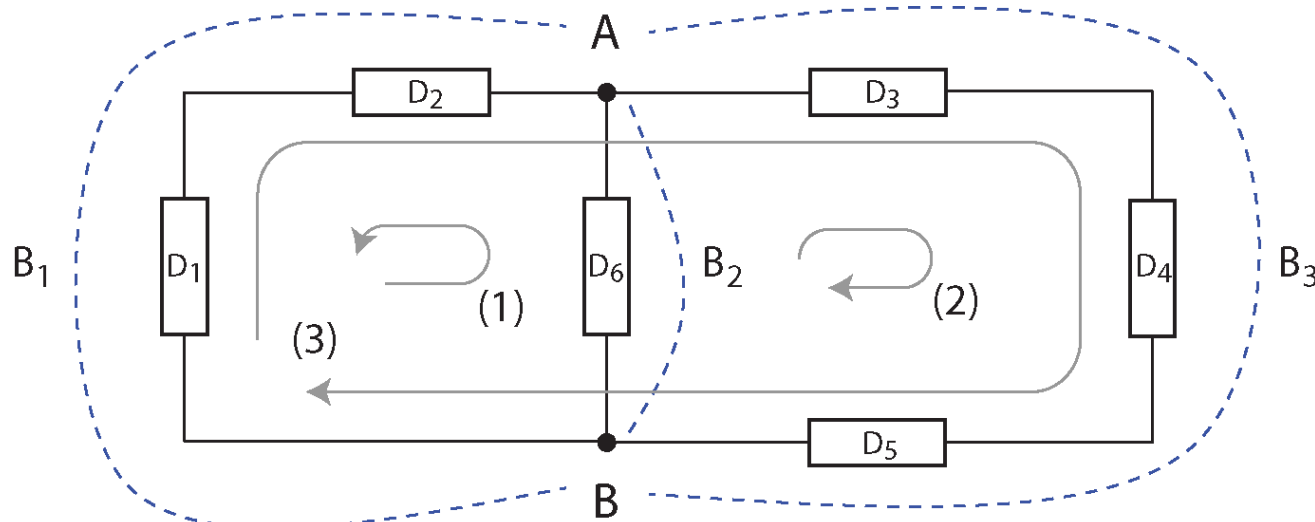
2 • Les dipôles

3 • **Etude des circuits**

4 • Théorèmes

Nœud, Branche, Maille

Un circuit ou réseau électrique linéaire est un ensemble de dipôles linéaires reliés entre eux par des fils conducteurs parfaits.



Nœud (A,B) : point du réseau où sont connectés plus de deux conducteurs.

Branche (B₁, B₂, B₃) : portion du réseau située entre deux nœuds.

Maille (1), (2), (3) : ensemble de branches formant un circuit fermé ne passant qu'une fois par un nœud donné.

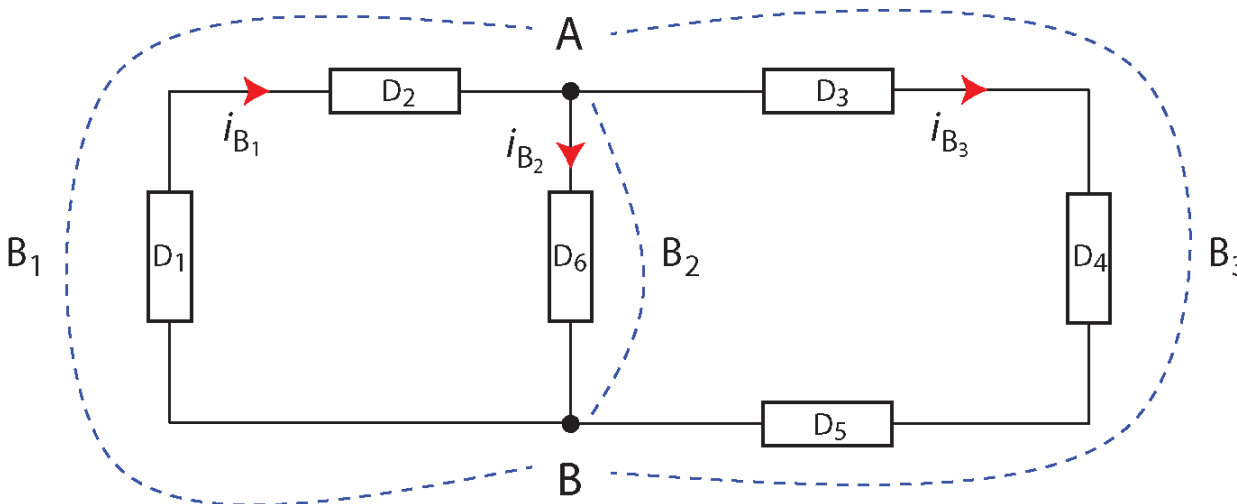
Etude des circuits Lois de Kirchhoff (1)

Lois des nœuds : loi de conservation de charge

- Principe de conservation de la charge : aucune accumulation de charges (donc de courants) n'est possible en un point du circuit.
- Au niveau d'un nœud du circuit :

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

Exemple



Nœud A

$$i_{B_1} = i_{B_2} + i_{B_3}$$

Nœud B

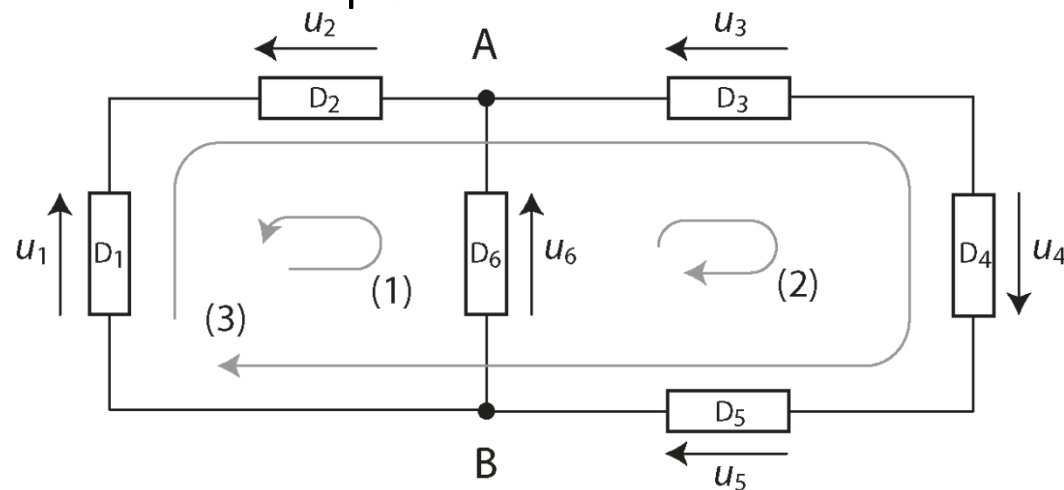
$$i_{B_2} + i_{B_3} = i_{B_1}$$

Etude des circuits Lois de Kirchhoff (2)

Loi des mailles :

- La somme algébrique des tensions le long d'une maille est nulle $\sum u_k = 0$
- Méthode
 - On choisit un sens arbitraire de parcours de la maille
 - On oriente arbitrairement les tensions aux bornes de chaque dipôle
 - Les tensions dans le sens du parcours seront comptées positivement, celles dans le sens opposé négativement

■ Exemple



Maille (1)

$$u_6 + u_2 - u_1 = 0$$



Maille (2)

$$u_6 - u_3 + u_4 + u_5 = 0$$

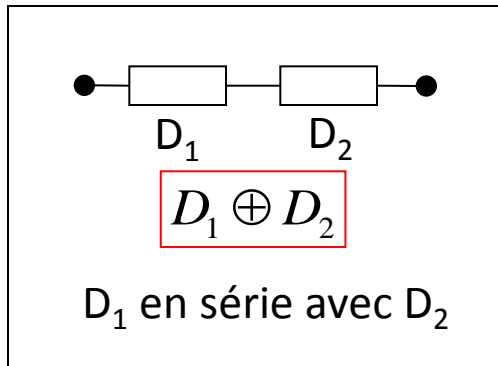
Maille (3)

$$u_1 - u_2 - u_3 + u_4 + u_5 = 0$$

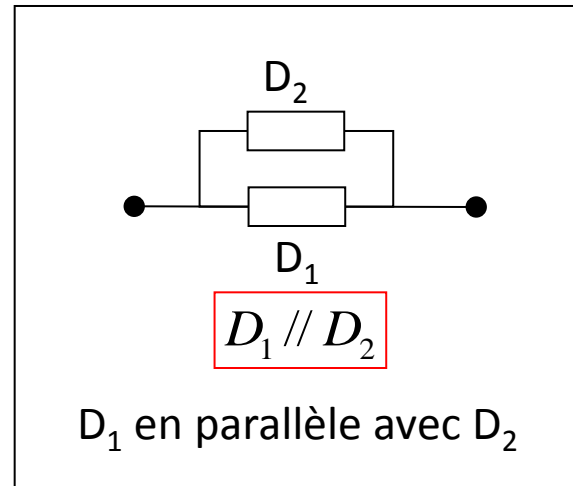
Associations de dipôles (1)

- 
Série : N dipôles sont en série s'ils sont traversés par le même courant et qu'ils appartiennent à la même branche
- 
Parallèle : N dipôles sont en parallèle si leurs deux bornes sont communes, ils ont alors la même tension à leurs bornes

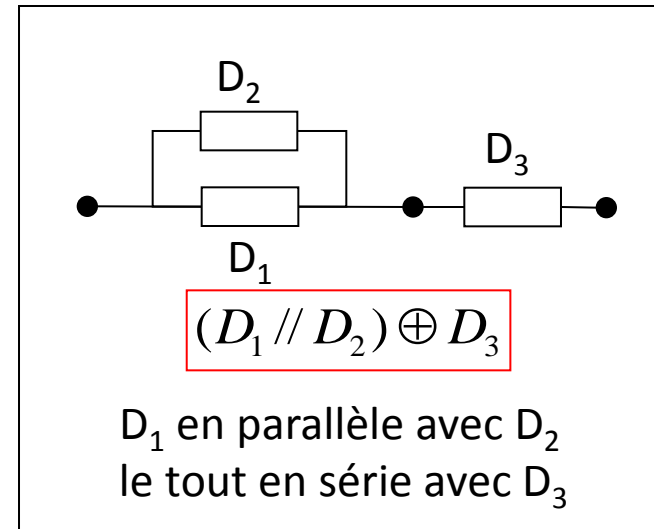
Série



Parallèle



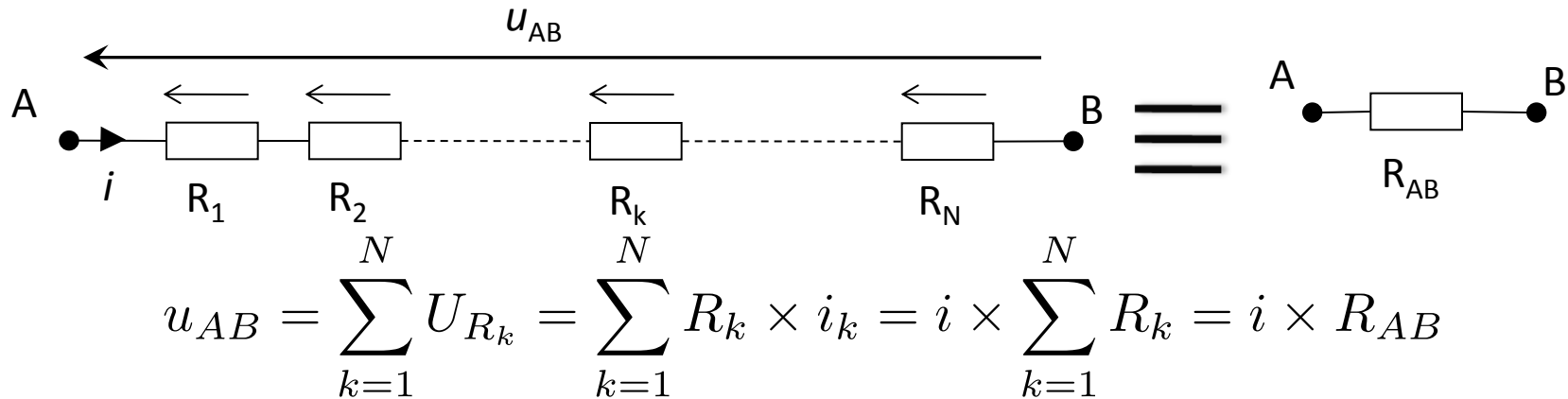
Combinaison



Associations de dipôles (2)

Résistor – Configuration série

- N résistors en série



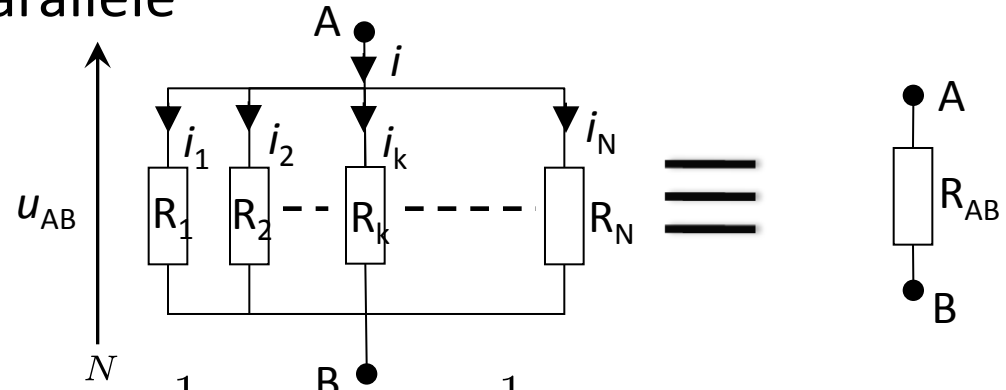
- Résistance équivalente $R_{AB} = \sum_{k=1}^N R_k \quad [\Omega]$

→ La résistance d'un ensemble de résistors en série est égale à la somme de leurs résistances

Associations de dipôles (3)

Résistor – Configuration parallèle

- N résistors en parallèle



$$i = \sum_{k=1}^N i_k = \sum_{k=1}^N \frac{u_{AB}}{R_k} = u_{AB} \times \sum_{k=1}^N \frac{1}{R_k} = u_{AB} \times \frac{1}{R_{AB}}$$

- Résistance équivalente

$$\frac{1}{R_{AB}} = \sum_{k=1}^N \frac{1}{R_k}$$


$$R_{AB} = \frac{1}{\sum_{k=1}^N \frac{1}{R_k}} \quad [\Omega]$$

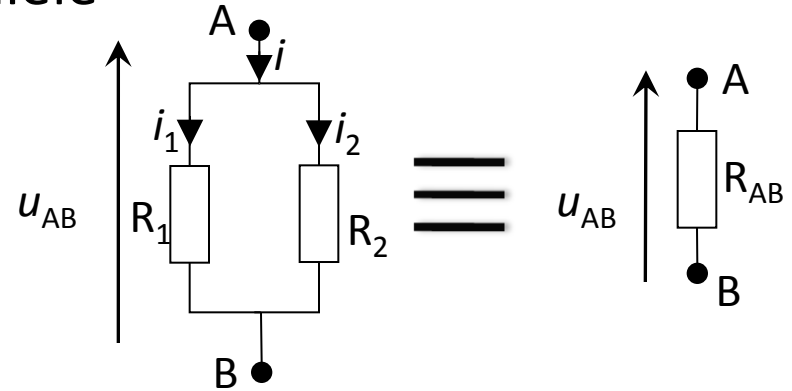
- Conductance équivalence

$$G_{AB} = \sum_{k=1}^N G_k \quad [S] \equiv [\Omega^{-1}]$$

→ La conductance d'un ensemble de résistances en parallèle est égale à la somme de leurs conductances

Associations de dipôles (4)

 Cas particulier : 2 résistors en parallèle




$$i = i_1 + i_2 = \frac{u_{AB}}{R_1} + \frac{u_{AB}}{R_2} = u_{AB} \times \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = u_{AB} \times \frac{1}{R_{AB}}$$

$$\frac{1}{R_{AB}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

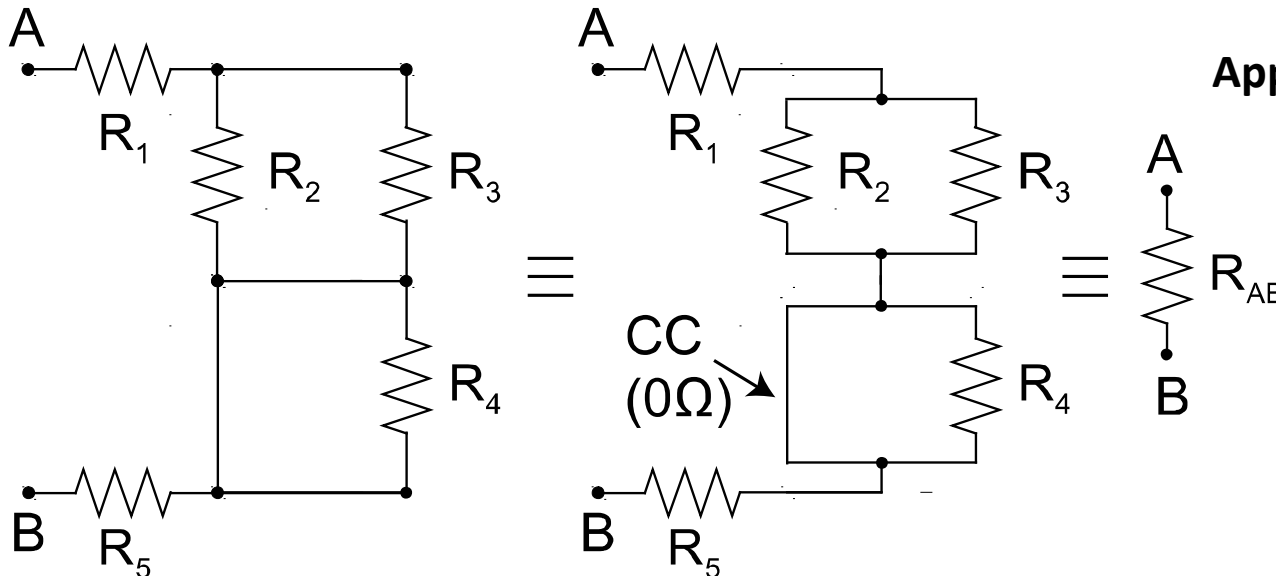
$$R_{AB} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} \quad [\Omega]$$

Associations de dipôles (5)


 Méthode pour calculer une résistance équivalente entre deux points (A et B) d'un circuit résistif passif (sans source).

- Etape 1 : Redessiner le circuit (on remarque que R_4 est court-circuitée)
- Etape 2 : Exprimer R_{AB} en fonction des résistances du circuit

$$R_{AB} = R_1 \oplus (R_2 // R_3) \oplus (R_{fils=0\Omega} // R_4) \oplus R_5$$



Application numérique :

$R_1 = 2\text{K}\Omega$,
 $R_2 = 2\text{K}\Omega$,
 $R_3 = 500\Omega$,
 $R_4 = 100\Omega$,
 $R_5 = 60\Omega$
 $R_{AB} = 2460\Omega$

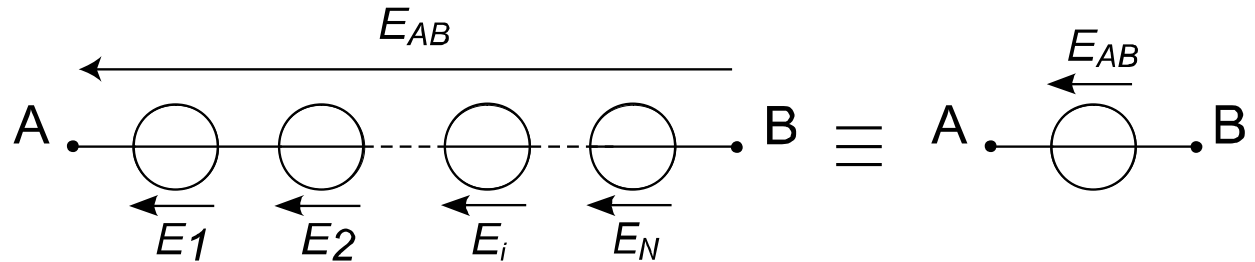
Associations de dipôles (6)



Sources de tension

- Configuration série

$$E_{AB} = \sum_{i=1}^N E_i$$



→ En série, les sources de tension « idéales » s'additionnent algébriquement

- Configuration parallèle

→ Il est interdit de placer en parallèle des sources de tension délivrant des tensions différentes (**Attention en TP !**)

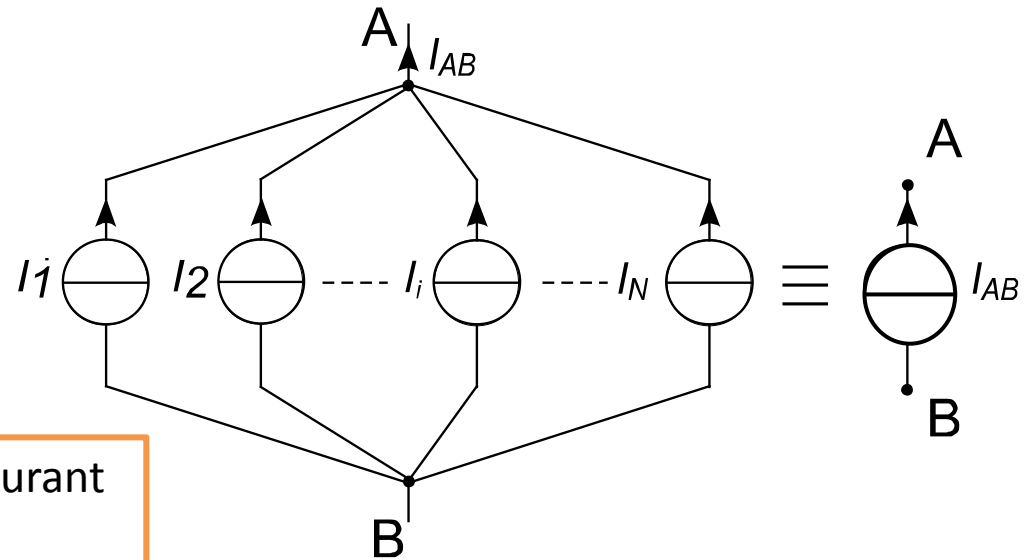
Associations de dipôles (7)

■ Sources de courant

- Configuration parallèle

$$I_{AB} = \sum_{i=1}^N I_i$$

→ En parallèle, les sources de courant s'additionnent algébriquement



- Configuration série

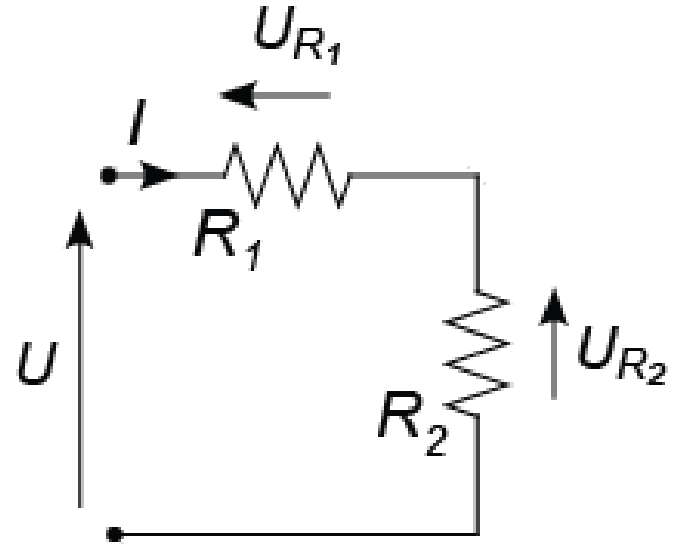
→ Il est interdit de placer en série des sources de courant délivrant des intensités différentes (**Attention en TP !**)

Les ponts diviseurs (1)

Pont diviseur de tension

- Configuration de resistances en série

$$\begin{cases} U = U_{R_1} + U_{R_2} = (R_1 + R_2) \times I \\ U_{R_1} = R_1 \times I \\ U_{R_2} = R_2 \times I \end{cases}$$



$$U_{R_1} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \times U$$

$$U_{R_2} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times U$$

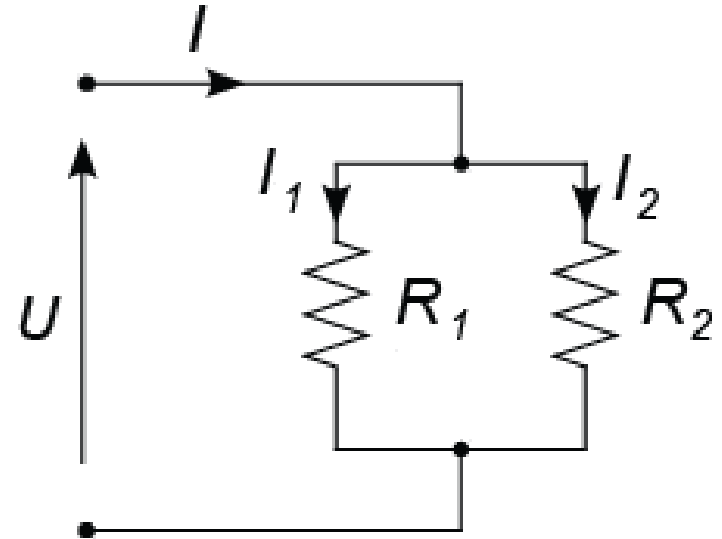
$$\frac{U_{R_1}}{U_{R_2}} = \frac{R_1}{R_2}$$

Les ponts diviseurs (2)

Pont diviseur de courant

- Configuration de resistances en parallèle

$$\begin{cases} I = I_1 + I_2 = U \times \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \\ U = R_1 \times I_1 \\ U = R_2 \times I_2 \end{cases}$$



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

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

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$$

Sommaire

1 • Grandeurs fondamentales

2 • Les dipôles

3 • Etude des circuits

4 • Théorèmes

Théorème de superposition (1)



Théorème de superposition

- **Principe** : La réponse d'un réseau **linéaire** peut se calculer en considérant séparément l'effet de chaque source indépendante

Source indépendante : dont le fonctionnement ne dépend pas du courant ou de la tension dans une autre partie du circuit

- **Enoncé** : Dans un réseau linéaire alimenté par plusieurs sources indépendantes, le courant dans une branche (resp. la tension entre deux points) est la somme algébrique des courants (resp. des tensions) produit(e)s par les différentes sources agissant séparément, toutes les autres étant éteintes

Théorème de superposition (2)

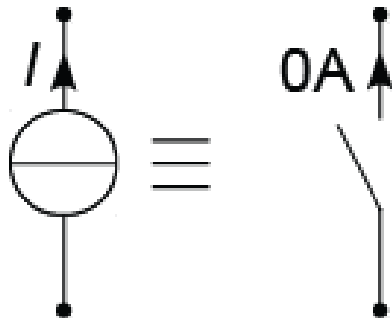
■ Application du théorème de superposition

■ Méthode

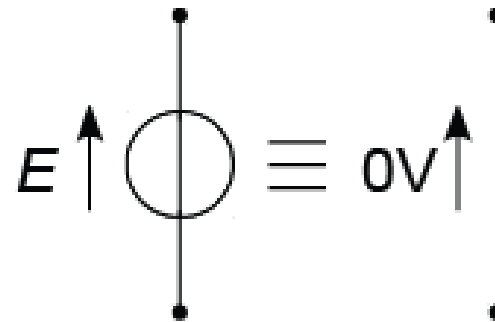
- Éteindre toutes les sources indépendantes sauf une.
- Calculer les grandeurs du circuit en réponse à cette unique source.
- Recommencer l'opération autant de fois qu'il y a de sources indépendantes.
- La réponse totale du circuit est la somme des réponses précédentes.

■ Eteindre une source annule son effet

Éteindre **une source de courant** consiste à remplacer cette source par un c.o.



Éteindre **une source de tension** consiste à remplacer cette source par un c.c.



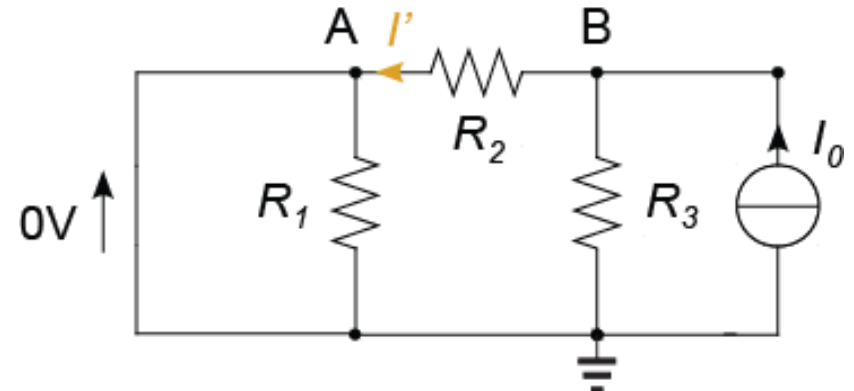
Théorème de superposition (3)

Exemple d'utilisation du théorème de superposition

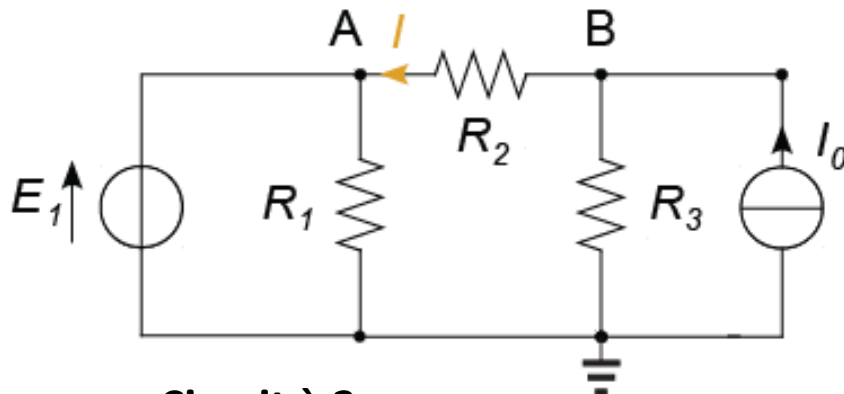
- Circuit composé de deux sources

- On considère la source I_0 :
→ calcul de I'
- On considère la source E_1 :
→ calcul de I''
- Calcul de I :

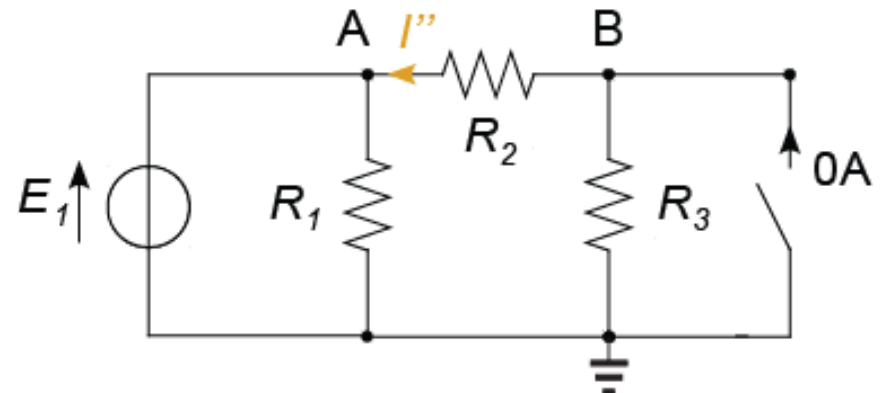
$$I = I' + I''$$



Source I_0 uniquement (E_1 éteinte)



Circuit à 2 sources



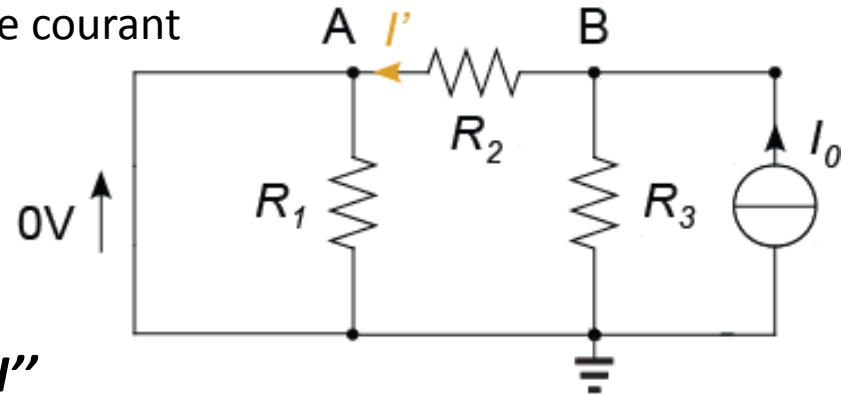
Source E_1 uniquement (I_0 éteinte)

Théorème de superposition (4)

Exemple d'utilisation du théorème de superposition

- On considère la source I_0 : calcul de I'
 - D'après le principe du pont diviseur de courant

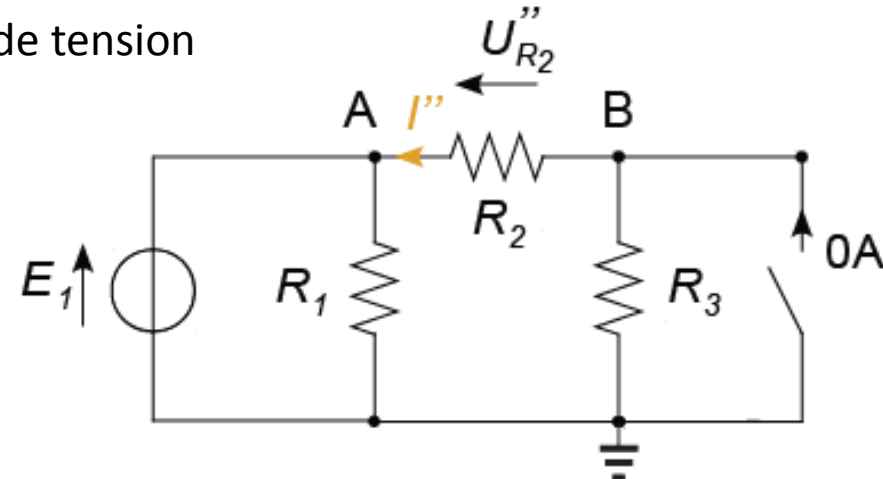
$$I' = \frac{R_3}{R_2 + R_3} \times I_0$$



- On considère la source E_1 : calcul de I''
 - D'après le principe du pont diviseur de tension

$$U_{R_2}'' = \frac{R_2}{R_3 + R_2} \times E_1$$

$$I'' = -\frac{E_1}{R_2 + R_3}$$



Théorème de superposition (5)

Exemple d'utilisation du théorème de superposition

- Circuit composé de deux sources

— On considère la source I_0 :

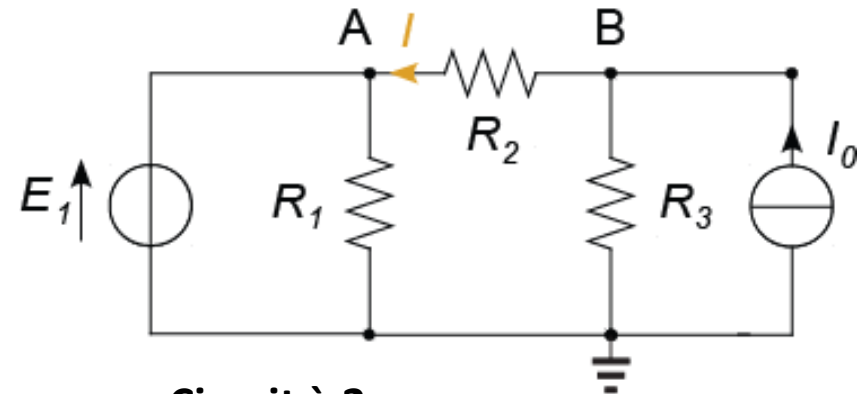
$$I' = \frac{R_3}{R_2 + R_3} \times I_0$$

— On considère la source E_1 :

$$I'' = - \frac{E_1}{R_2 + R_3}$$

— Calcul de I :

$$I = I' + I'' = \frac{R_3 I_0 - E_1}{R_2 + R_3}$$



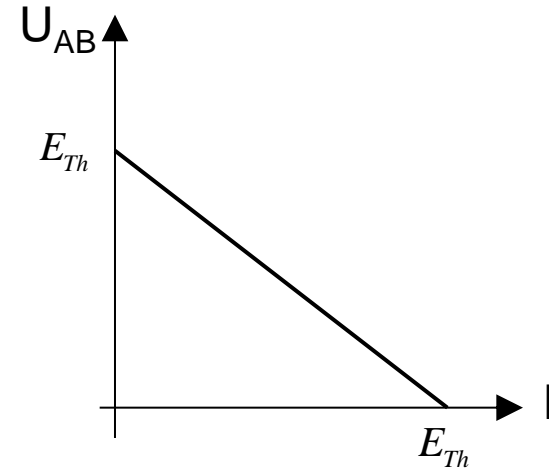
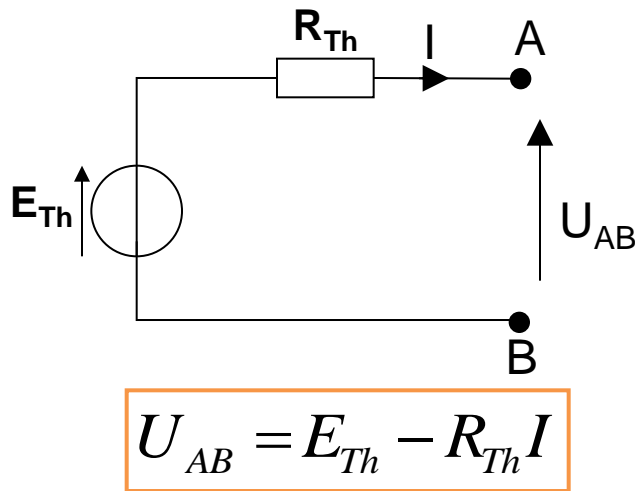
Circuit à 2 sources

Théorèmes généraux

Théorème de Thévenin (1)

Théorème de Thévenin

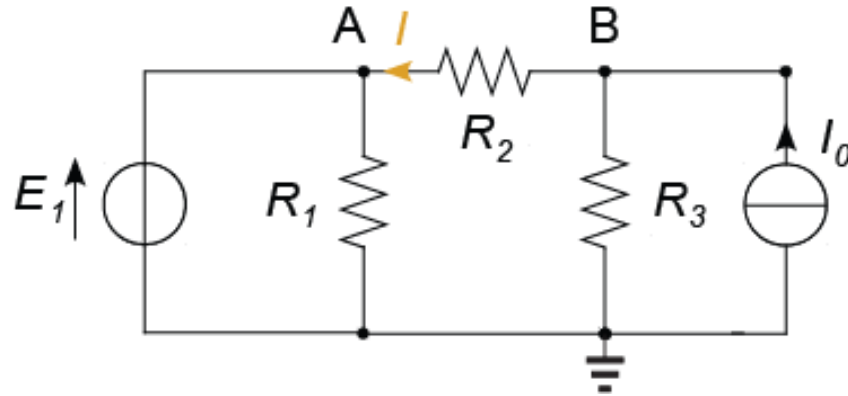
- **Modèle de Thévenin** : Modèle d'une source de tension réelle



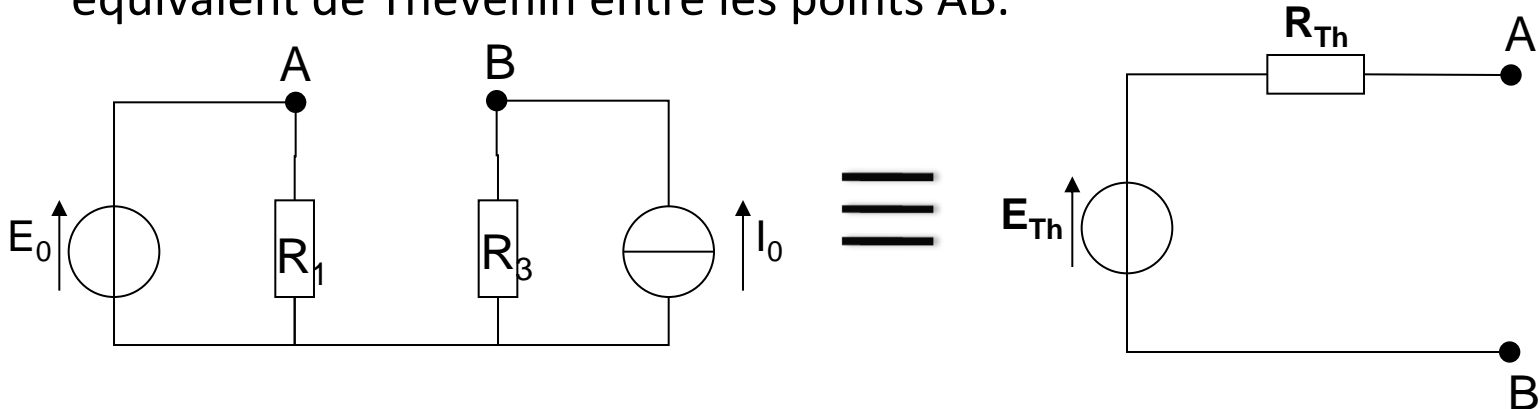
- **Enoncé** : Un réseau linéaire, vu de deux points A et B, peut être remplacé par un modèle équivalent de Thévenin de force électromotrice (fem) E_{Th} égale à la tension à vide entre les points A et B, et de résistance R_{Th} égale à la résistance entre les points A et B lorsque toutes les sources indépendantes sont éteintes

Théorèmes généraux Théorème de Thévenin (2)


 Exemple : Calculer I en utilisant le modèle équivalent de Thévenin



- On déconnecte R_2 et on remplace le reste du circuit par un modèle équivalent de Thévenin entre les points AB.

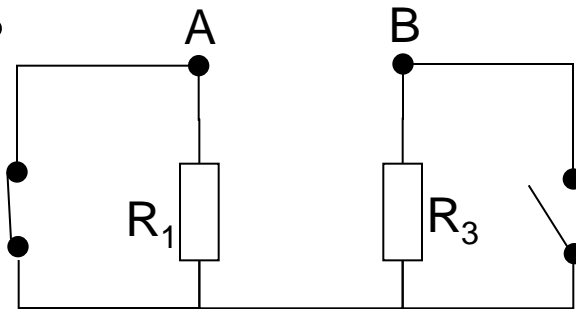


Théorèmes généraux

Théorème de Thévenin (3)

- Etape 1 : Calcul de R_{Th}

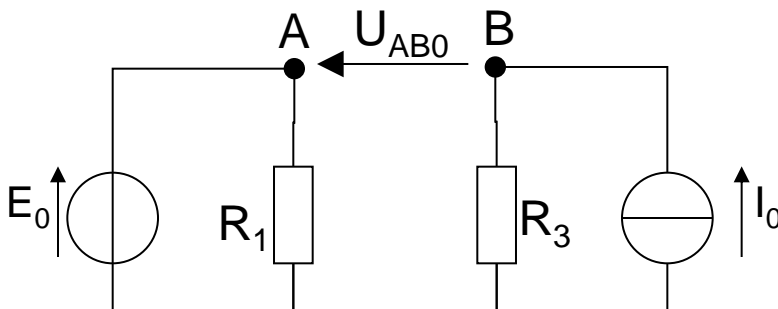
Éteindre les sources et déterminer R_{Th} la résistance « vue » entre les points A et B



$$R_{Th} = R_3$$

- Etape 2 : Calcul de E_{th}

Remettre les sources et déterminer U_{AB0} tension à vide entre les points A et B



Loi des mailles dans la maille composée de la source et de R_3 :

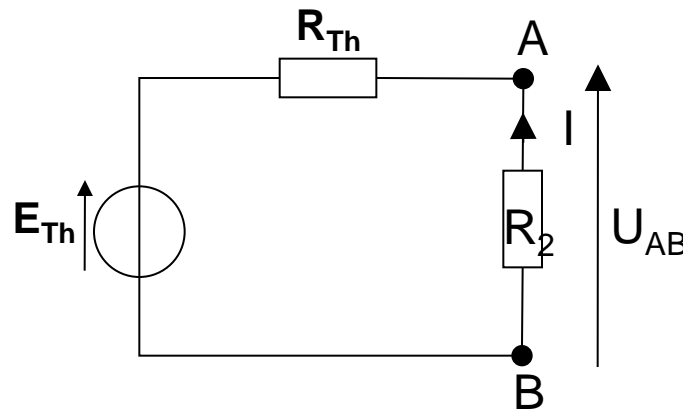
$$E_{Th} = U_{AB0} = E_0 - R_3 \times I_0$$

Théorèmes généraux

Théorème de Thévenin (4)

- Etape 3 : Calcul de I

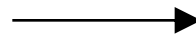
Reconnecter R_2 entre les points A et B



$$\begin{array}{l}
 \text{Pont diviseur de tension : } U_{AB} = \frac{R_2}{R_2 + R_{Th}} \times E_{Th} \\
 \text{Loi d'Ohm (convention générateur) : } U_{AB} = -R_2 \times I
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} U_{AB} = \frac{R_2}{R_2 + R_{Th}} \times E_{Th} \\ U_{AB} = -R_2 \times I \end{array}} \right\} I = -\frac{E_{Th}}{R_2 + R_{Th}}$$

$$R_{Th} = R_3$$

$$E_{Th} = E_0 - R_3 \times I_0$$

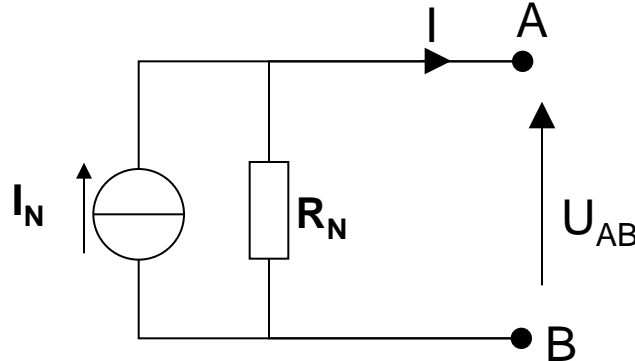


$$I = \frac{R_3 \times I_0 - E_0}{R_2 + R_3}$$

Théorèmes généraux Théorème de Norton (1)

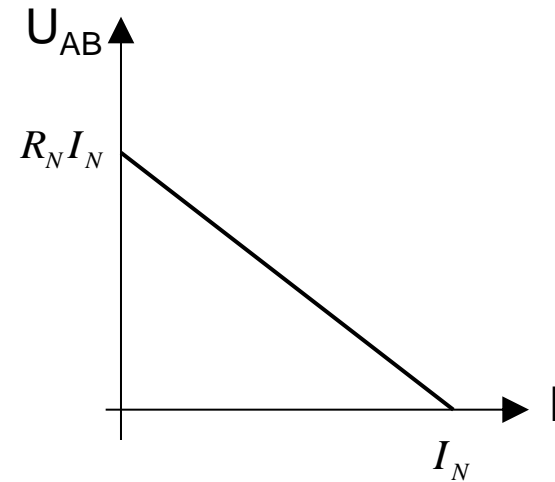
Théorème de Norton

- **Modèle de Norton** : Modèle d'une source de courant réelle



$$U_{AB} = (I_N - I) \times R_N$$

$$U_{AB} = R_N I_N - R_N I$$

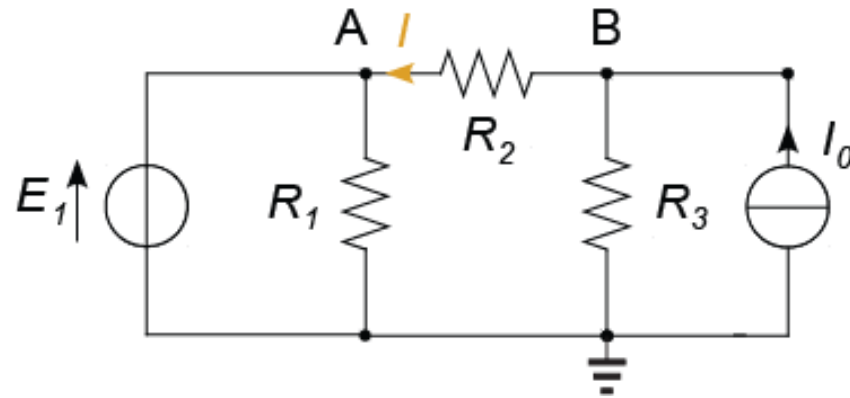


- **Enoncé** : Un réseau linéaire, vu de deux de ses nœuds A et B, peut être remplacé par un modèle équivalent de Norton de courant I_N égal au courant circulant entre A et B lorsque ces deux points sont court-circuités (I_{CC}), et de résistance R_N égale à la résistance entre les points A et B lorsque toutes les sources indépendantes sont éteintes.

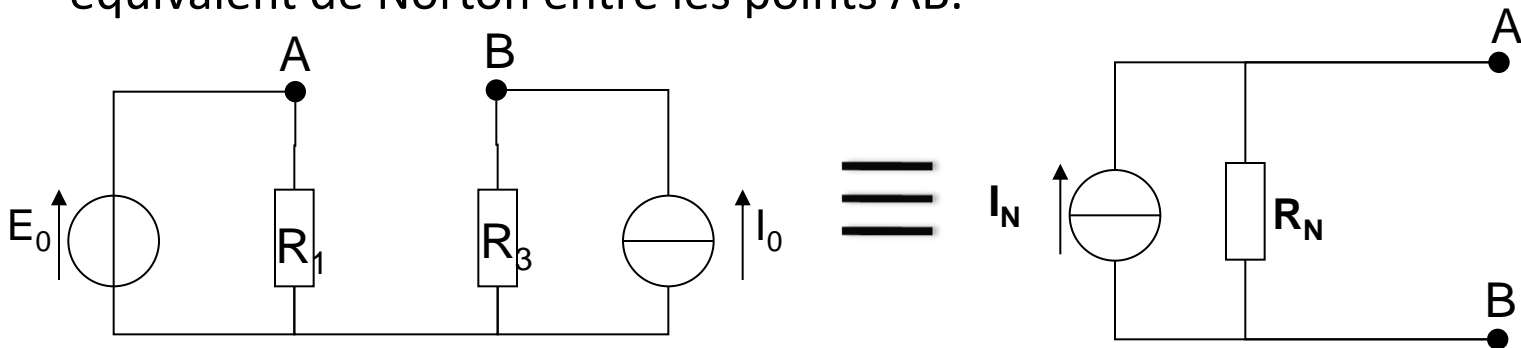
Théorèmes généraux

Théorème de Norton (2)


 Exemple : Calculer I en utilisant le modèle équivalent de Norton



- On déconnecte R_2 et on remplace le reste du circuit par un modèle équivalent de Norton entre les points AB.

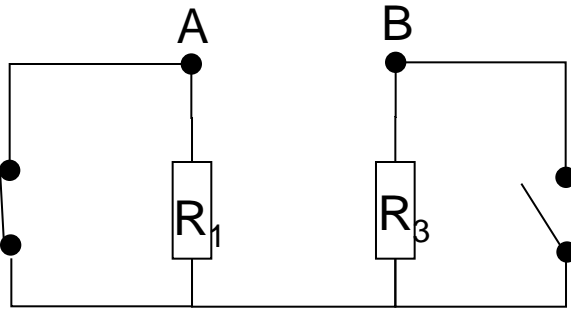


Théorèmes généraux

Théorème de Norton (3)

■ Etape 1 : Calcul de R_N

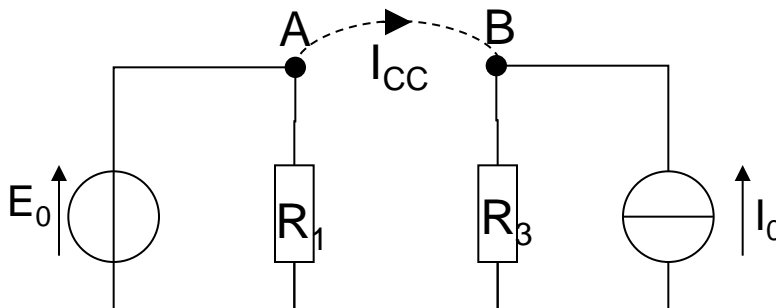
Éteindre les sources et déterminer R_N la résistance « vue » entre les points A et B



$$R_N = R_3$$

■ Etape 2 : Calcul de I_N

Remettre les sources et déterminer I_{CC} courant de court-circuit entre les points A et B



Loi des nœuds au nœud B :

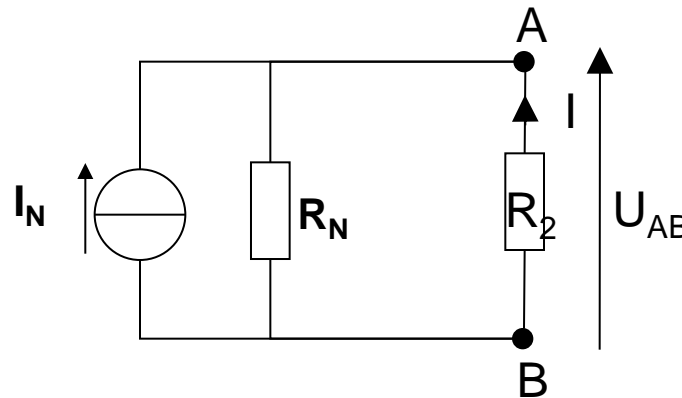
$$I_N = I_{CC} = \frac{E_0}{R_3} - I_0$$

Théorèmes généraux

Théorème de Norton (4)

- Etape 3 : Calcul de I

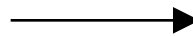
Reconnecter R_2 entre les points A et B



Pont diviseur de courant :
$$I = -\frac{R_N}{R_N + R_2} \times I_N$$

$$R_N = R_3$$

$$I_N = \frac{E_0}{R_3} - I_0$$



$$I = \frac{R_3 \times I_0 - E_0}{R_2 + R_3}$$



CONTACTS

- TD1 : Maha Ben Rhouma (maha.benrhouma1987@gmail.com Copernic: 2B035)
- TD2 : Benoit Poussot (benoit.poussot@univ-eiffel.fr Copernic: 2B025)
- TD3 : Elodie Richalot (elodie.richalot-taisne@univ-eiffel.fr Copernic : 2B071)
- TD4 : Naida Hodzic (naida.hodzic@esiee.fr)
- TD5 : Shermila Mostarshedi (shermila.mostarshedi@univ-eiffel.fr Copernic: 2B025)
- TD6 : Cyrille Sylvestre (cyrille.sylvestre@univ-eiffel.fr Copernic : 2B023)