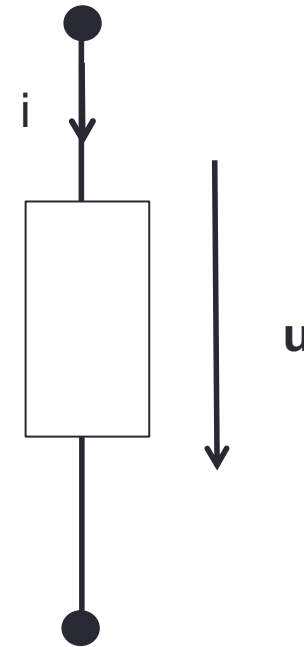


2 ELÉMENTS DES CIRCUITS LINÉAIRES

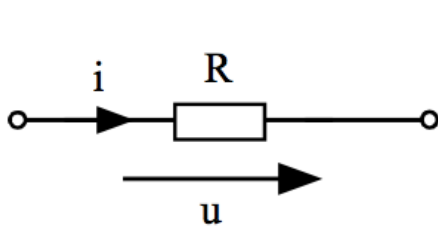
Résistances
Eléments linéaires
Sources
Reseaux Resistifs

Élément à deux bornes ou **dipôle**:

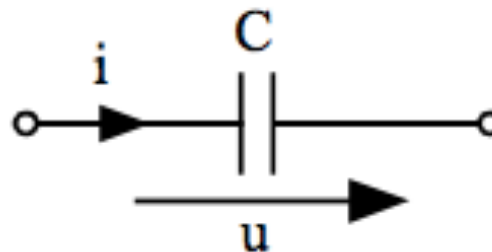
Dipôle linéaire: la tension et le courant du dipôle sont reliés par une équation différentielle à coefficients constants ou par une constante.



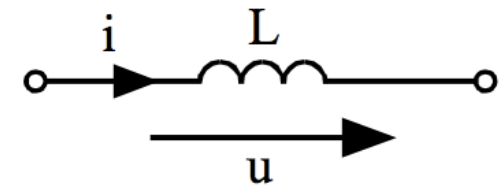
Éléments passifs linéaires



Resistance

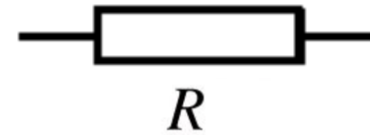


Capacitance

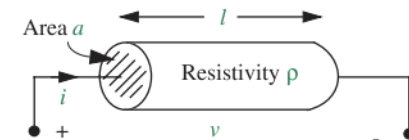


Inductance

Résistances

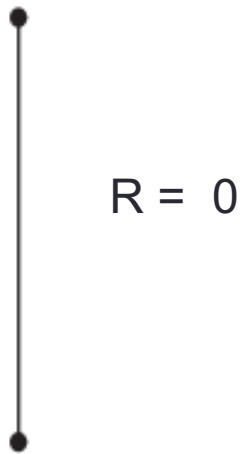


- Les résistances obéissent à la loi d'Ohm $u = R i$
 - R est la résistance. Elle est toujours positive.
 - ρ est la résistivité ($\text{ohm} \cdot \text{m}$) du matériel résistif et elle est toujours positive. Son inverse est la conductivité: σ (S/m).
 - Pour un système donné traversé par un courant, la valeur de R dépend de la façon du courant de traverser le matériel.
 - $R = \rho l/A$ pour un cylindre quand la direction du débit du courant est normale à la base du cylindre.
- $R = \rho l/w h$ pour un parallélépipède où w et h sont les cotées de la section traversée par le courant et l est la dimension dans la même direction du courant.

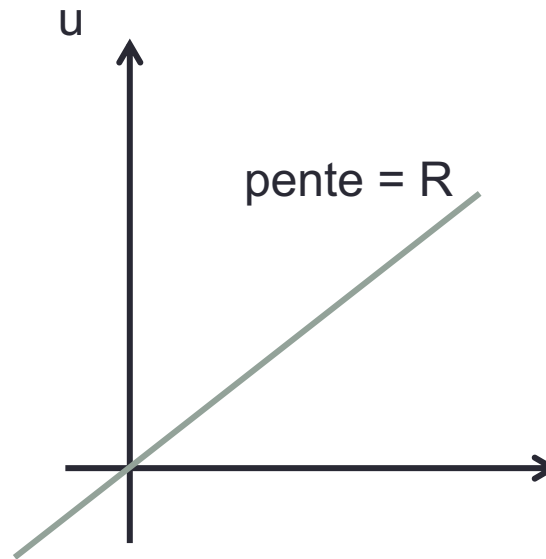


Conducteur idéal, diagramme de la relation i-u

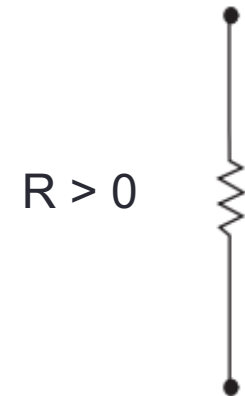
Conducteur parfait



Conducteur idéal



Câble avec
résistance
non-nulle



Résistance $R = u/i$ [Ohm]

Conductance G [Siemens S] = i/u

Conducibilité des solutions ioniques

Table I. Conductivity of PBS solutions.

PBS concentration (times)	Calculated conductivity at 25°C (S cm ⁻¹)	Measured conductivity at 23.5°C (S cm ⁻¹)
1.0	1.59×10^{-2}	1.57×10^{-2}
0.5	8.37×10^{-3}	8.32×10^{-3}
0.1	1.81×10^{-3}	1.79×10^{-3}
0.01	1.90×10^{-4}	1.88×10^{-4}

Journal of The Electrochemical Society, 152 □ 1 □ H6-H11
□ 2005 □

Phosphate buffered saline 1X solution (PBS), Molecular Biology grade



A standard phosphate buffer used in many biomolecular procedures.
0.137M Sodium chloride, 0.0027M potassium chloride, and 0.0119M phosphates.

32

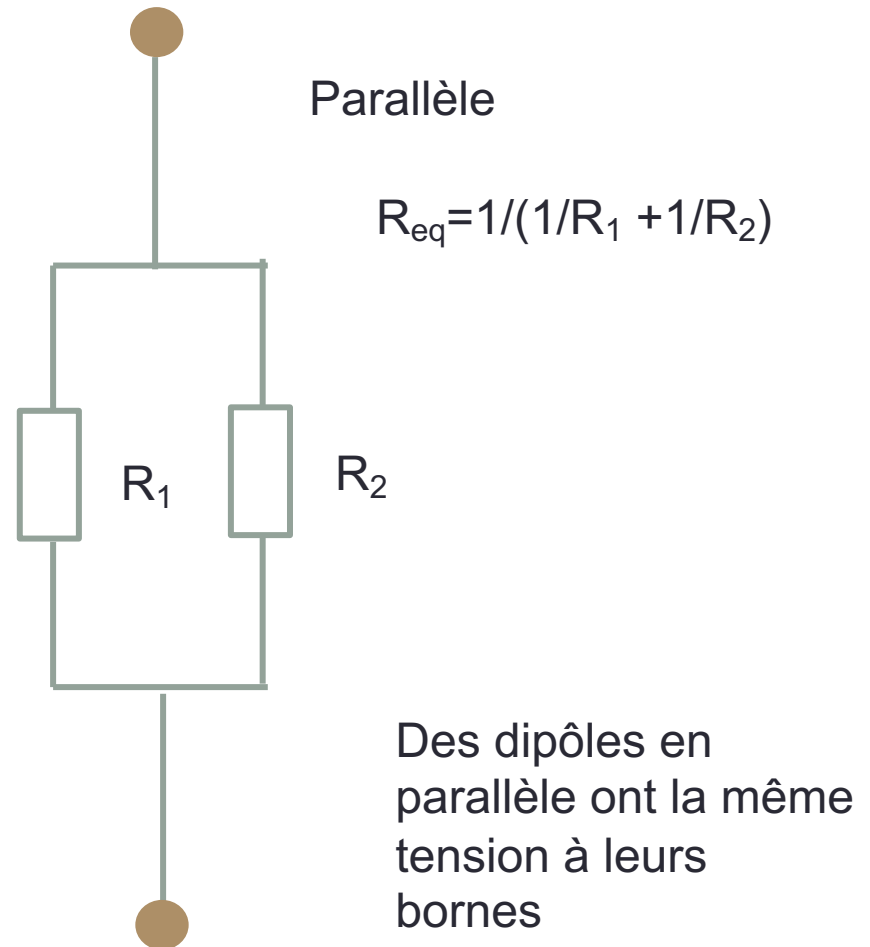
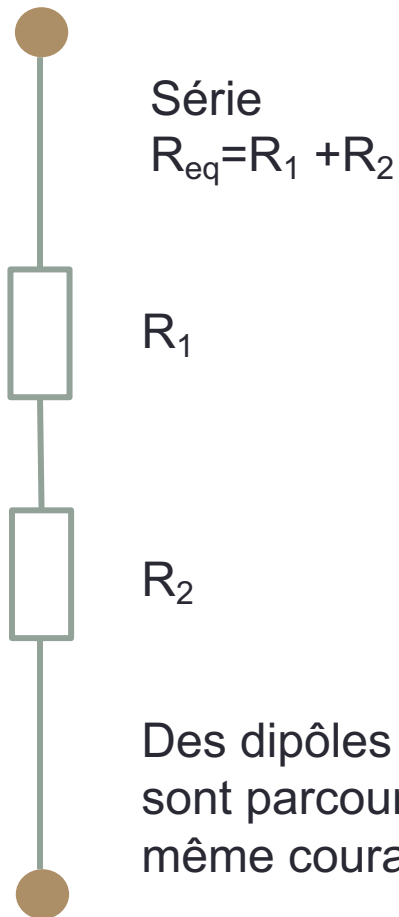
BPE2438-4 4L **PL**
BPE2438-20 20L **PL**

Product specification

pH of a 1X solution at 25°C 7.3 to 7.5
Conductivity of a 1X solution 14,000 to 17,800 μmhos/cm
Chloride concentration of a 1X solution 0.140 ± 0.004 moles/L
DNase Not detected
RNase Not detected
Protease Not detected

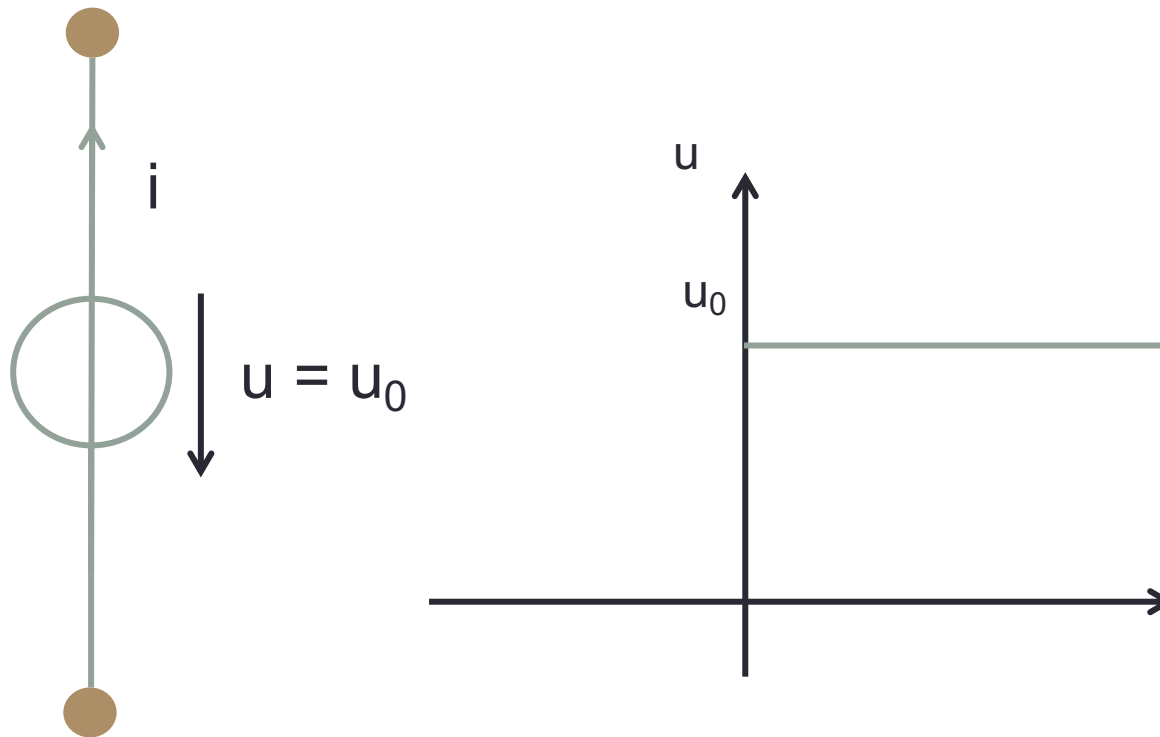


Série et parallèle

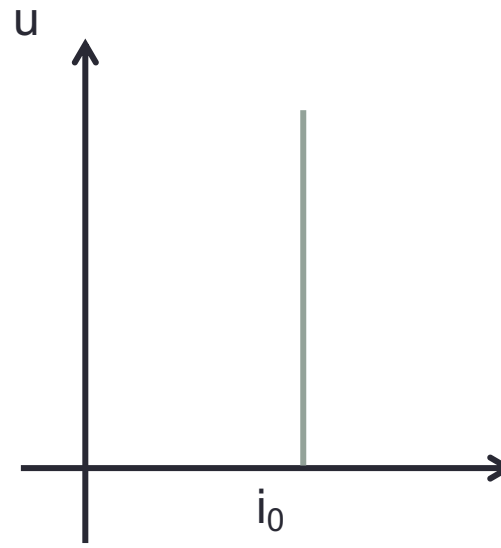
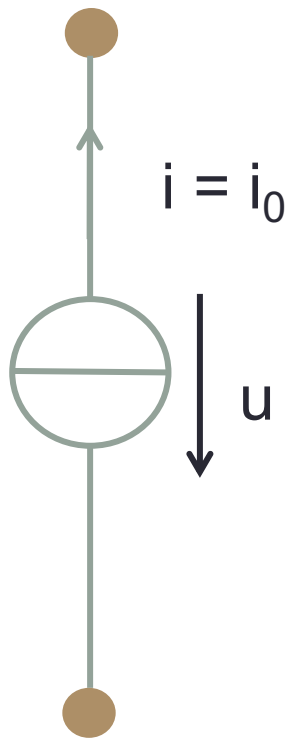


SOURCES DE TENSION ET DE COURANT

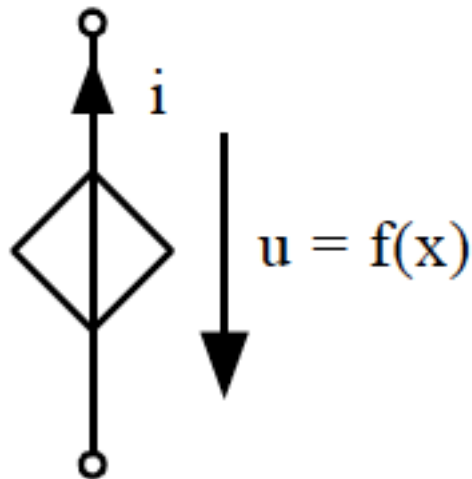
Source de tension idéale (et indépendante)



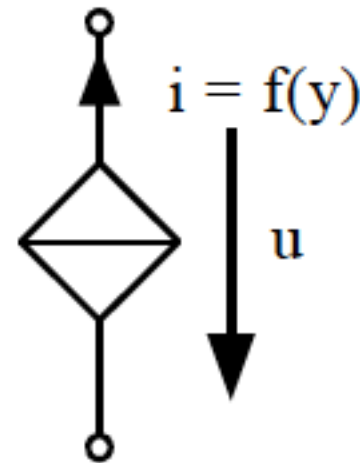
Source de courant idéale (et indépendante)



Sources idéales et dépendantes (ou commandées)



Source de tension idéale et dépendante d'une variable x qui est une tension ou un courant.



Source de courant idéale et dépendante de une variable y qui est une tension ou un courant.

Source de tension réelle et indépendante

Source de tension réelle et indépendante: -

- ensemble en série d'un générateur idéal de tension et d'une résistance, dite interne.
- La résistance interne R ne peut pas être négligée (elle est toujours majeure de 0).
- Contrairement à une source idéale (toujours capable de maintenir sa tension, peu importe le courant demandé), une **source réelle** voit sa tension **chuter** quand un courant circule, à cause de sa résistance interne.

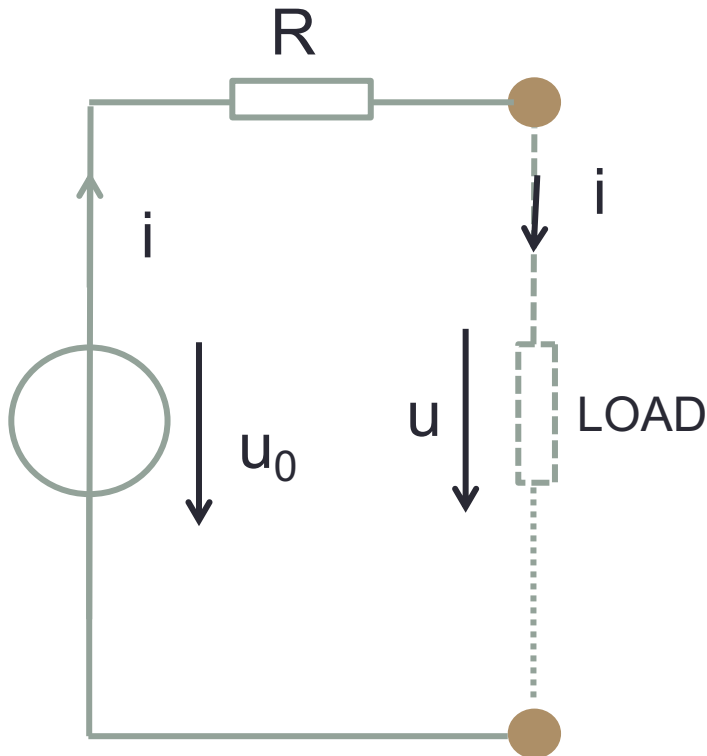
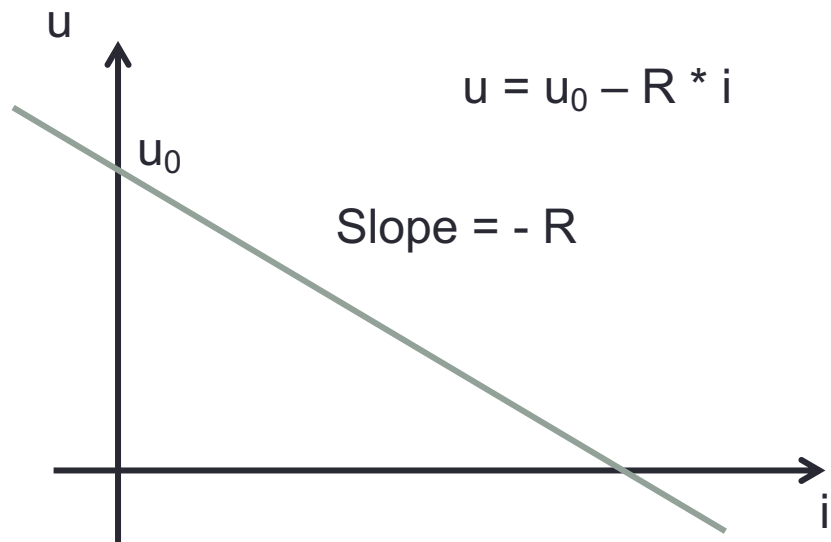


Diagramme de la relation u - i qui voit un élément quelconque ((élément de charge – LOAD) branché aux bornes de la Source de tension réelle



Source de courant réelle et indépendante

Source de courant réelle et indépendante:

- ensemble en parallèle d'un générateur idéal de courant et d'une résistance, dite interne.
- Cette résistance interne est **finie** : elle **ne peut pas être infinie**, donc elle ne peut pas être négligée.

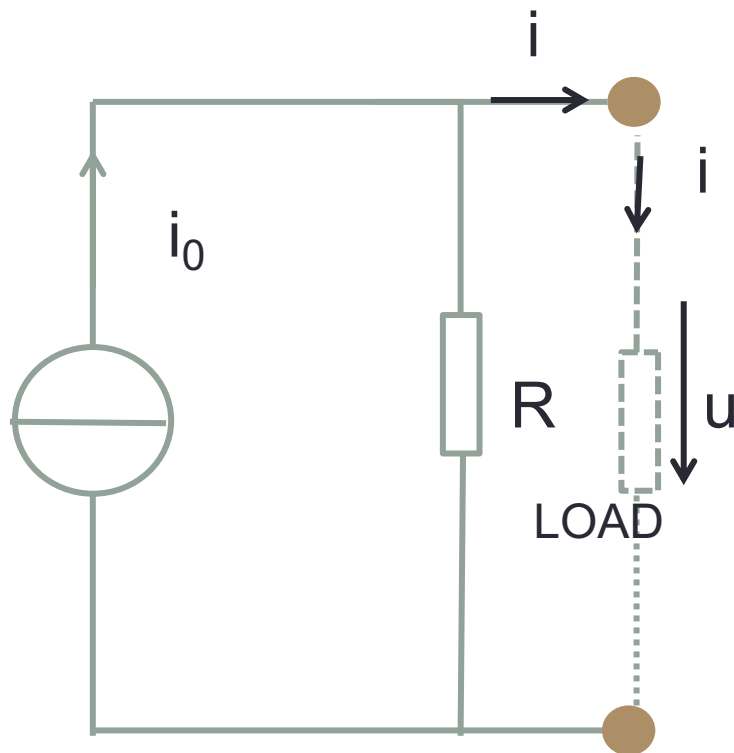
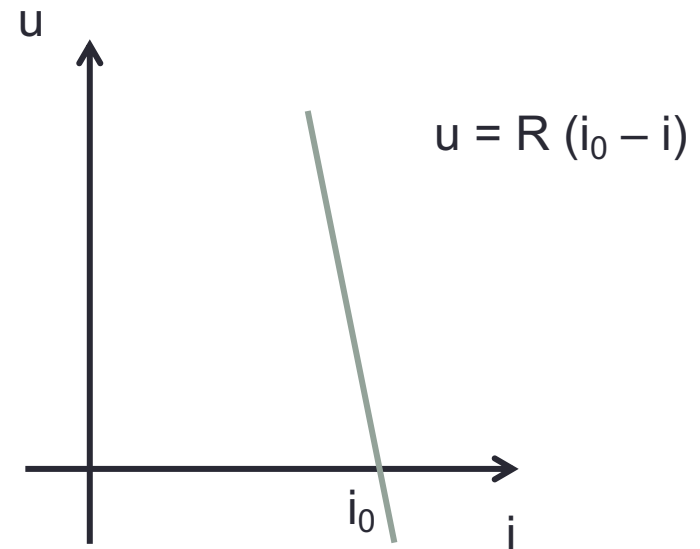
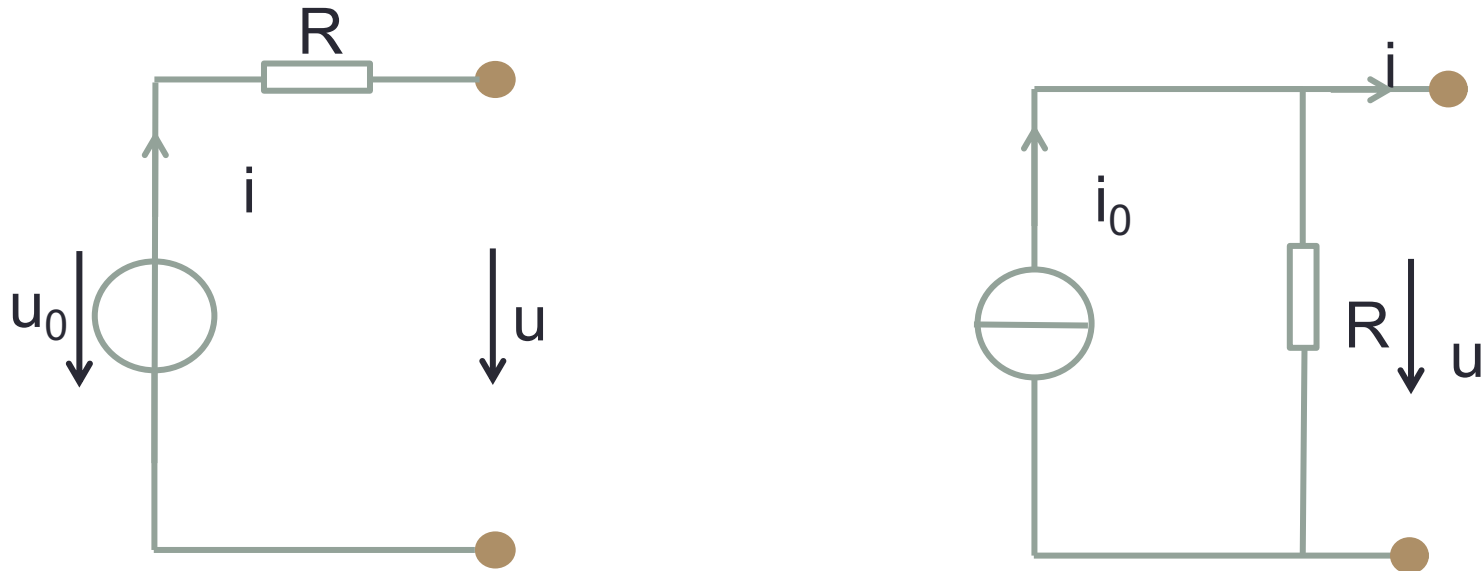


Diagramme de la relation $u-i$ qui voit un élément quelconque (élément de charge - LOAD) branché aux bornes de la source de courant réelle.



Equivalence entre deux sources réelles



Deux sources réelles sont dites équivalentes si elles établissent la **même relation** :

$$u = f(i)$$

pour toutes les charges connectées en aval.

Conditions nécessaires et suffisantes

Pour que deux sources soient équivalentes, il faut que 1 et 2 soient vérifiées :

1- Elles aient la même résistance interne.

ET que l'une des conditions suivantes soit vérifiée :

2-

- Elles ont la même tension à vide (tension aux bornes quand $i = 0$).

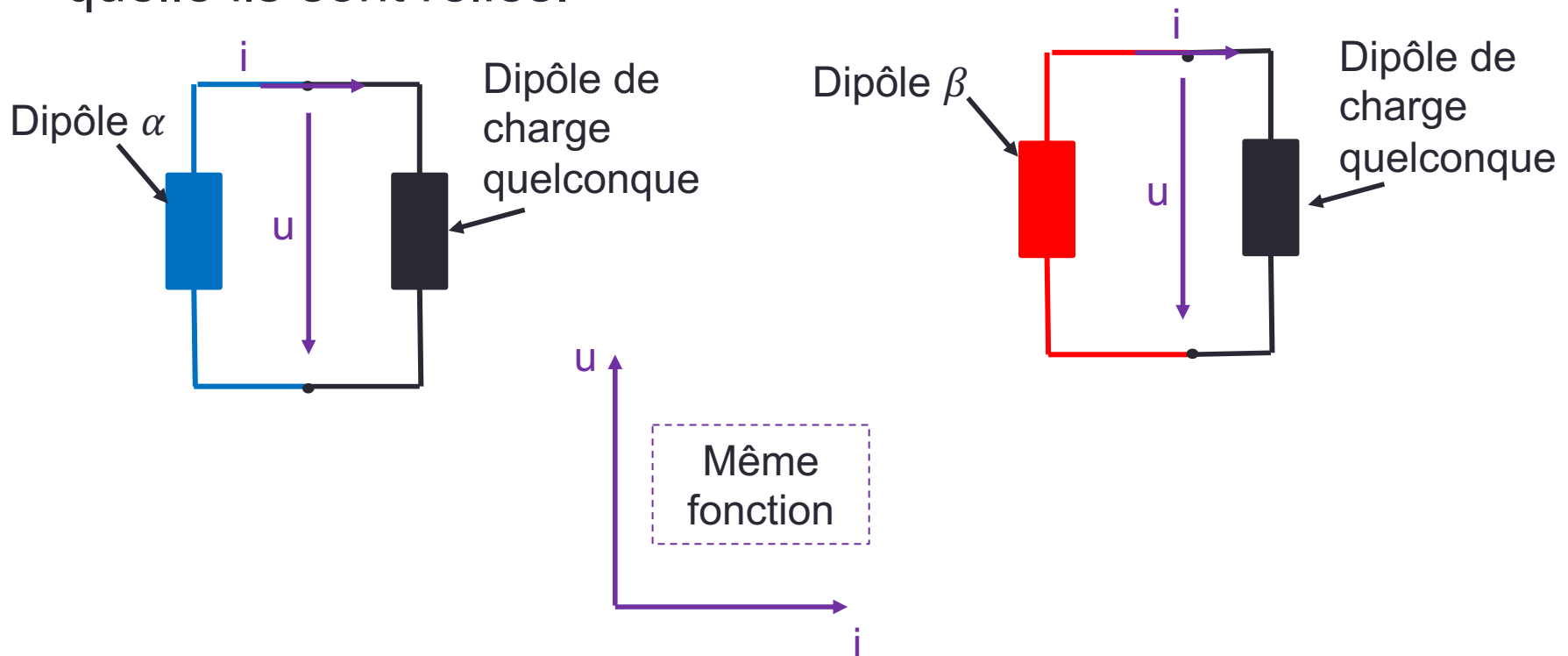
OU

- elles ont le même courant de court-circuit (courant sortant de la borne positive quand $u = 0$).

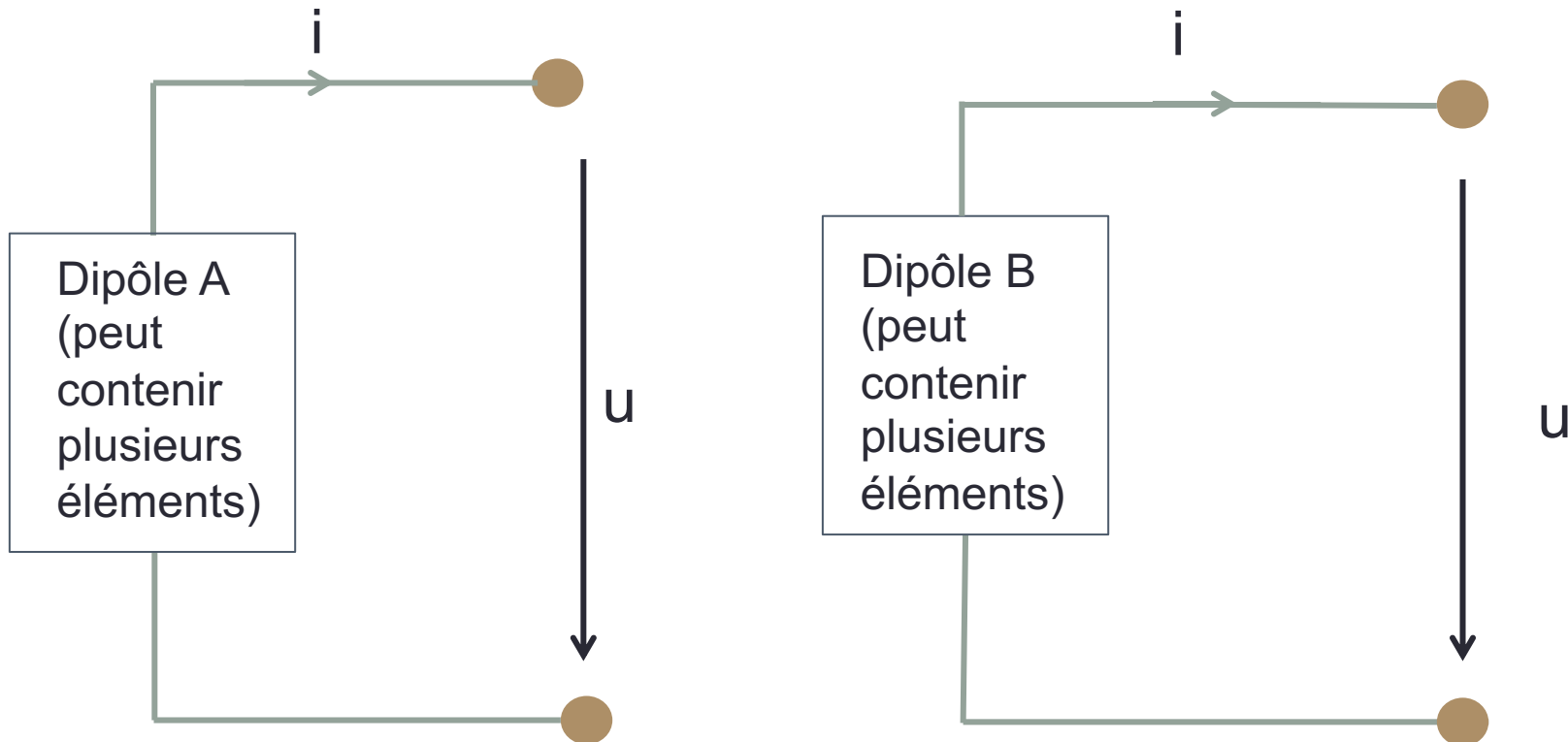
ANALYSE ET RÉSOLUTION DE CIRCUITS LINÉAIRES

Concept d'équivalence

On définit l'équivalence entre deux dipôles linéaires comme ceci: deux dipôles équivalents présentent la même relation linéaire $u = f(i)$, quelle que soit la charge à laquelle ils sont reliés.



Comment déterminer si deux dipôles constitués de plusieurs éléments sont équivalents:



Deux circuits (A et B) sont équivalents (i.e.: ils ont la **même relation $u = f(i)$**) quand on observe :

- la même tension à circuit ouvert (tension à vide) (tension entre les bornes quand $i = 0$)

ET

- le même courant de court circuit (courant sortant quand $u = 0$)

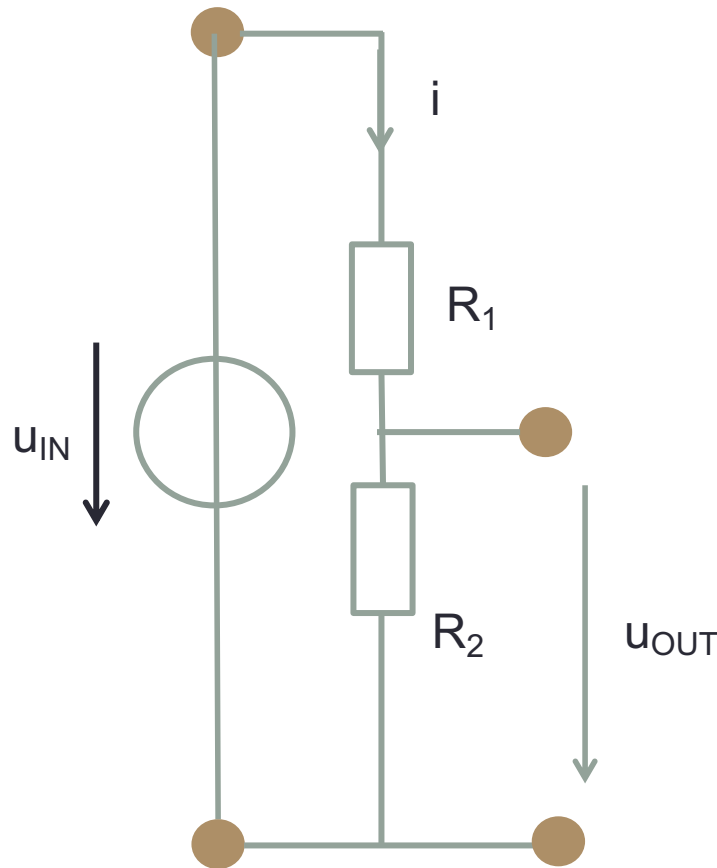
Concept d'équivalence et simplification des circuits

- Si deux dipôles sont équivalents, on peut **remplacer l'un par l'autre** dans un circuit **sans modifier le comportement global**.
- Souvent une telle opération est faite dans le but de simplifier le circuit dans son ensemble
- **Applications pratiques**
 - Une série (ou un parallèle) de dipôles du même type peut être remplacée par son **dipôle équivalent** (par ex. résistances équivalentes).
 - Une **source réelle de tension** peut être remplacée par la **source réelle équivalente de courant** (et inversement).

RÉSEAUX DES RÉSISTANCES ET GÉNÉRATEURS

Example: Diviseur de tension

Je cherche la relation $u_{out} = f(i)$



$$i = \frac{u_{IN}}{R_1 + R_2}$$

$$u_{OUT} = R_2 i = \frac{R_2}{R_1 + R_2} u_{IN}$$

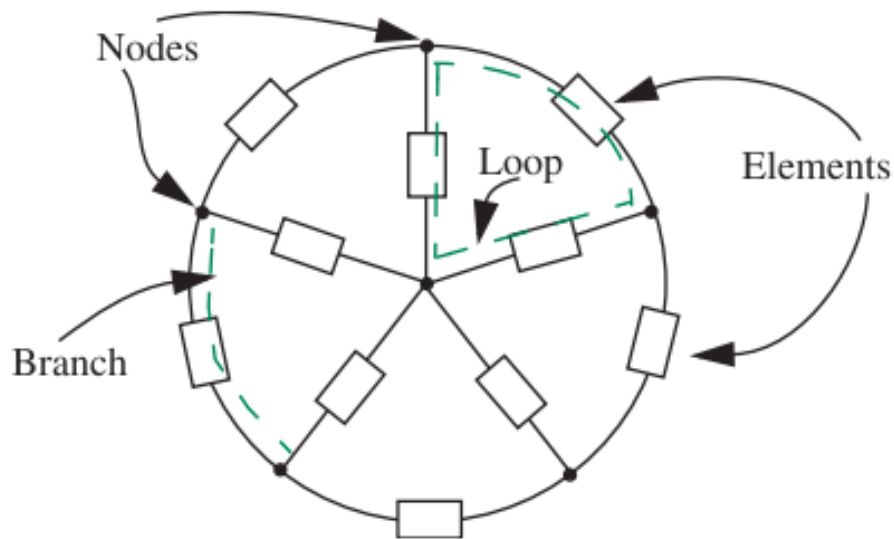
Pour d'avantage d'exemples
de diviseurs voir:

Électrotechnique.

Jufer - Perriard. **Ch5.5**

Analyse des réseaux résistifs

Analyser un circuit résistif revient à appliquer les lois de Kirchhoff et les relations $u = R \cdot i$ pour trouver toutes les **grandeurs électriques internes** (tensions et courants) à partir des **valeurs données** (sources et résistances).



loop: maille

branch: branche

1U branches \rightarrow 2U variables a determiner (les i et u de chaque élément)

Résoudre un circuit en utilisant les équations des nœuds.

Si N est le nombre des nœuds, nous pouvons écrire une équation pour chaque nœud. Par contre, seulement $N-1$ équations sont indépendants.

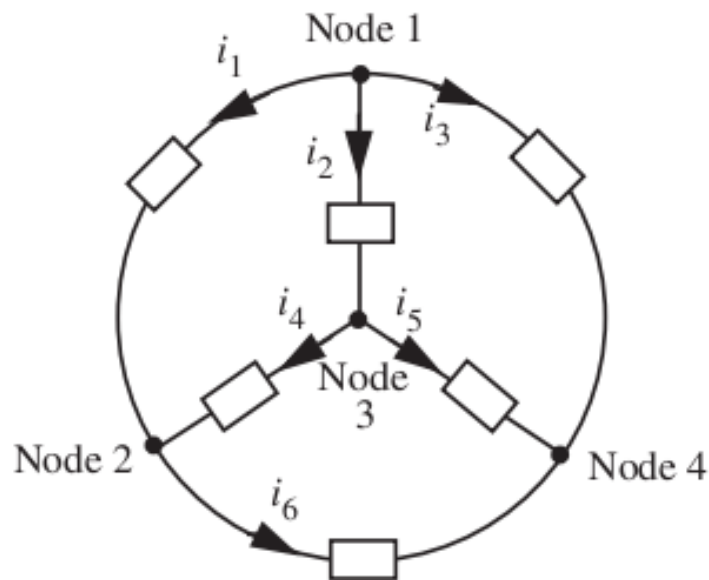
Le circuit en figure a 6 branches et donc 6 courants.

Les équations indépendantes des nœuds sont $N-1 = 4-1=3$.

Nous avons donc un système de 3 équations. En sachant 3 valeurs parmi les courants il est possible de déterminer les valeurs des autres courants.

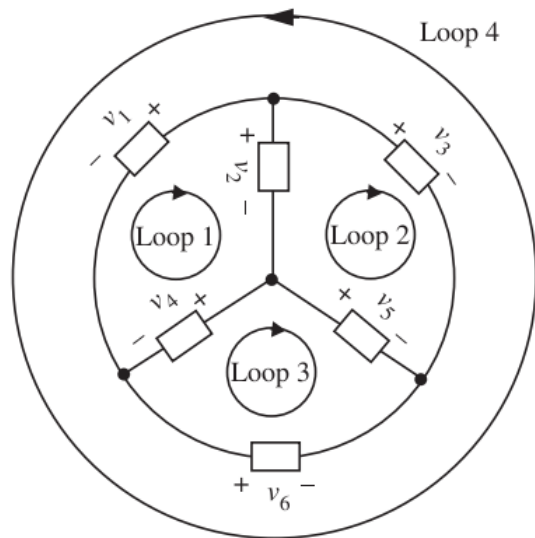
Exercice: en sachant $i_1 = 1A$, $i_3 = 3A$, $i_5 = -2A$, déterminer les valeurs des autres courants du circuit

Réponse: ($i_4 = -2A$; $i_6 = -1A$; $i_2 = -4A$)



Résoudre un circuit en utilisant les équations des mailles.

Nous pouvons écrire une équation pour chaque maille du circuit. Par contre, seulement $(B - N + 1)$ equations de maille sont indépendants (où N est le nombre des nœuds et B est le nombre de branches).



Le circuit en figure a 4 mailles. Nous avons déjà observé que il a 6 branches, et donc 6 tensions.

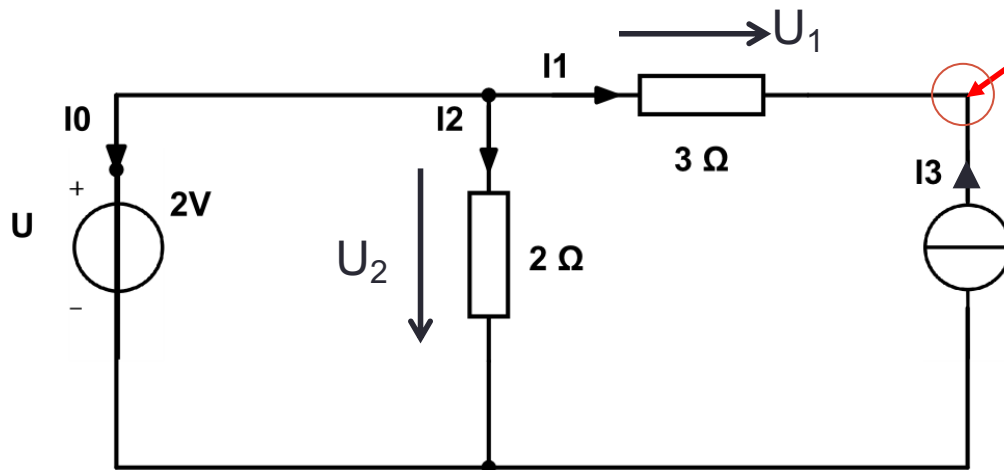
Les équations indépendantes des mailles sont $B - N + 1 = 6 - 4 + 1 = 3$.

Nous avons donc un système de 3 équations. En sachant 3 valeurs parmi les tensions, il est possible de déterminer les valeurs des autres tensions.

Exercice: en sachant $u_1 = 1V$, $u_2 = 2V$, $u_3 = 3V$ déterminer les autres tensions du circuit

Réponse: ($u_6 = 2V$; $u_5 = 1V$; $u_4 = -1V$)

Exercice 11



Point du circuit
(compter comme un
nœud si on considère
deux courants
distingués qui
passent à travers les
deux éléments, et
donc **deux** branches).

$$u_0 = 2V$$

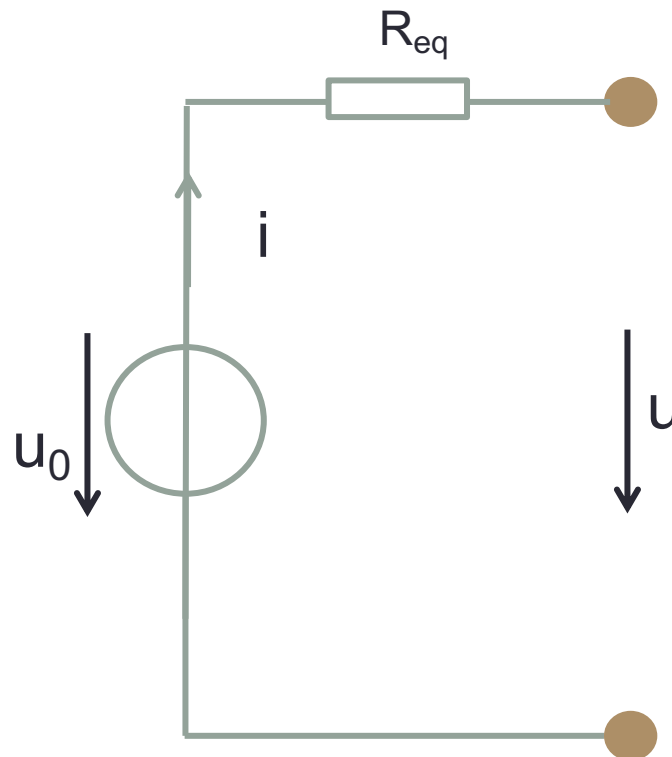
$$I_3 = 3A$$

(sources idéales et indépendantes)

Théorèmes de Thévenin et Norton et théorème de Superposition

Théorème de Thévenin

N'importe quel réseau des résistances et des sources de courant/tension vu par deux de ses bornes est **équivalent** à un circuit en ayant **une seule source de tension u_0** avec **une seule résistance en série R_{eq}** .



Circuit équivalent de Thévenin

Théorème de Thévenin

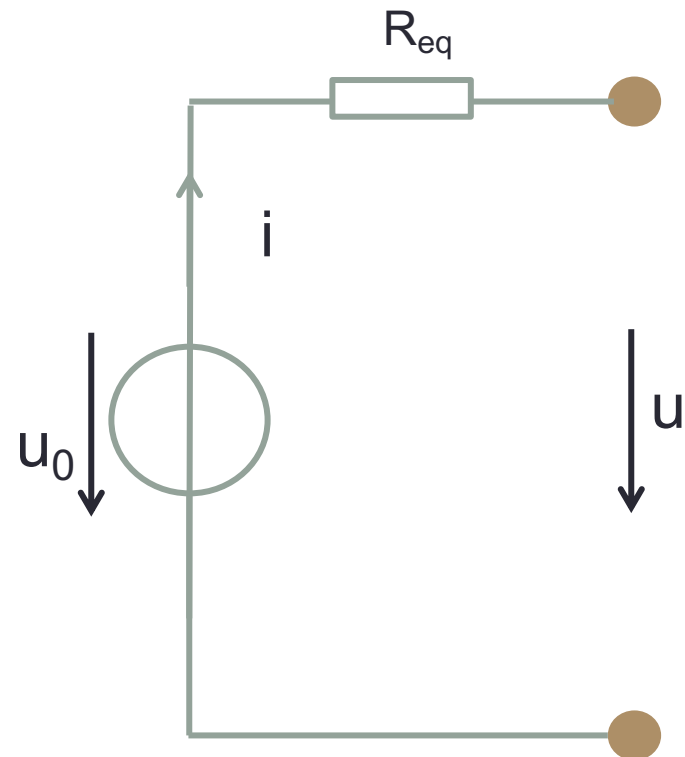
La valeur du générateur de tension du circuit équivalent de Thévenin

u_0 est égale à la tension à vide (circuit ouvert) entre les deux bornes du circuit originale.

R_{eq} peut être calculée de deux manières:

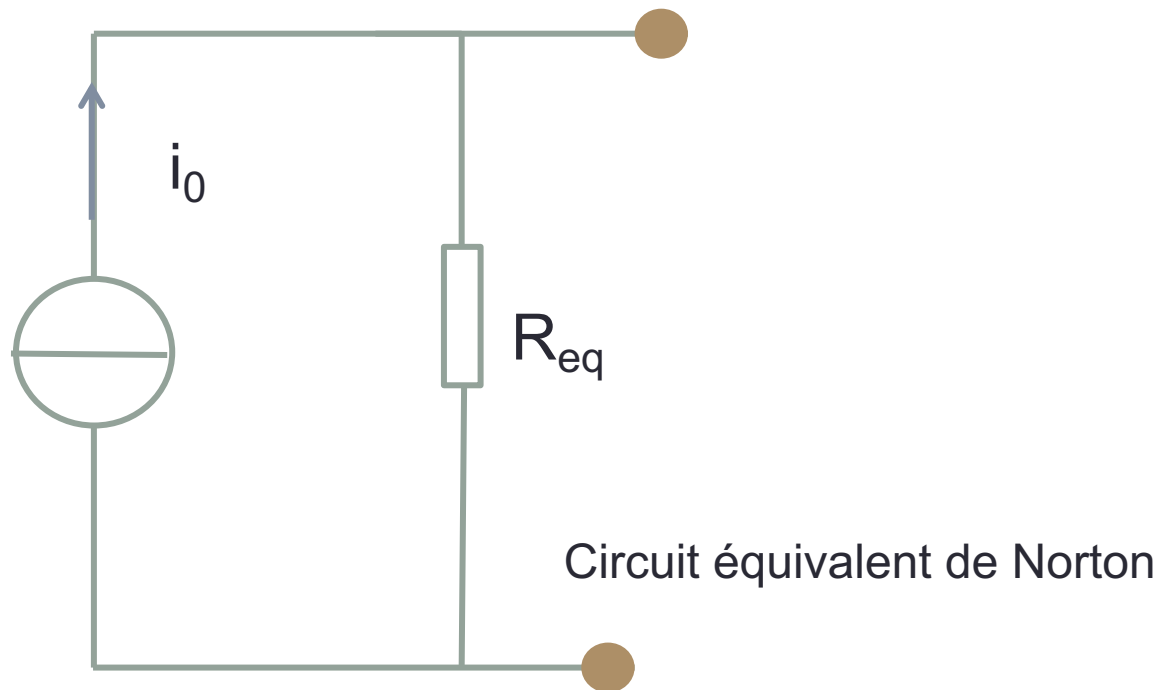
- (1) $R_{eq} = u$ (circuit ouvert) / i (court-circuit)
- (2) $R_{eq} =$ résistance vue quand toutes les sources sont mises à zéro. (Les sources de tension deviennent des courts-circuits, les sources de courant deviennent des circuits ouverts)

Circuit équivalent de Thévenin



Théorème de Norton

N'importe quel réseau des résistances et des sources de courant/tension vu par deux de ses bornes est **équivalent** à un circuit en ayant **une seule source de courant i_0** avec **une seule résistance en parallèle R_{eq}** .

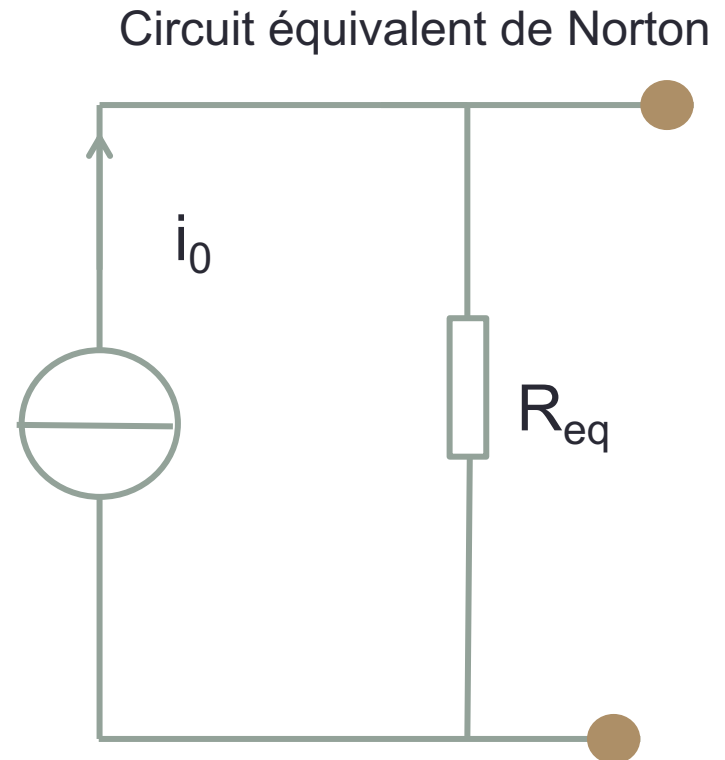


Théorème de Norton

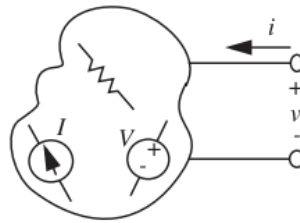
La valeur du **générateur de courant** du **circuit équivalent de Norton**, i_0 , est égale au courant de court-circuit entre les deux bornes.

R_{eq} peut être calculé de deux manières:

- (1) $R_{eq} = u$ (circuit ouvert) / I (court-circuit)
- (2) $R_{eq} =$ résistance vue quand toutes les sources sont mises à zéro. (Les sources de tension deviennent des courts-circuits, les sources de courant deviennent des circuits ouverts)



Théorème de superposition



Réseau à plusieurs sources

Théorème de superposition

Dans un circuit linéaire contenant plusieurs sources, la réponse du circuit peut être trouvée en sommant l'effet de chaque source seule, les autres sources ayant été mises à zéro.

Méthode de superposition

1. Pour chaque source indépendante, créer un nouveau circuit où toutes les autres sources ont été mises à zéro (Les sources de tension idéales deviennent des court-circuit, les sources de courant idéales deviennent des circuits ouverts).
2. Pour chaque sous-circuit, en calculer la réponse.
3. La réponse finale est la somme des réponses des sous-circuits.