



# Chapitre 1

## Notions de base en Electronique Analogique

Justine Philippe

**JUNIA** ISEN

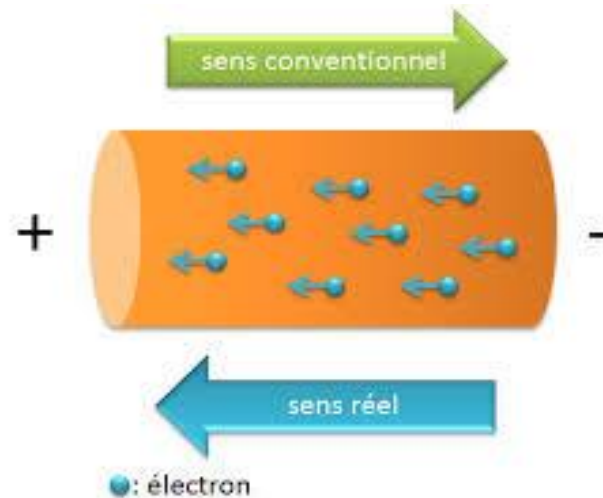
# Sommaire

- Quelques définitions
- Loi d'Ohm, loi des nœuds, loi des mailles
- Sources de courant, sources de tension
- Equivalent Thévenin-Norton
- Théorème de superposition
- Théorème de Millman

# Sommaire

- Quelques définitions
- Loi d'Ohm, loi des nœuds, loi des mailles
- Sources de courant, sources de tension
- Equivalent Thévenin-Norton
- Théorème de superposition
- Théorème de Millman

# Le courant électrique



## Définition :

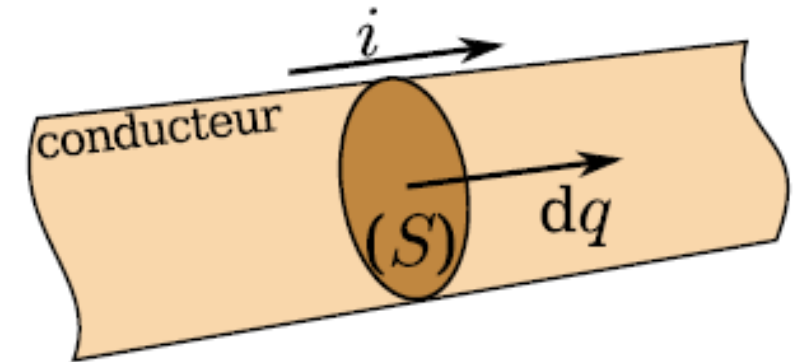
Le courant électrique est **un déplacement de charges électriques.**

Par convention, le sens du courant correspond à l'inverse du sens de déplacement des électrons.

# Le courant électrique

Le courant électrique caractérise donc un déplacement d'une quantité de charge qui traverse une section  $S$  par unité de temps  $\Delta t$ .

L'intensité du courant électrique se mesure en Ampère (A).

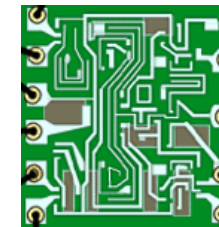


$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad (C/s) \text{ ou } (A)$$

# Le courant électrique

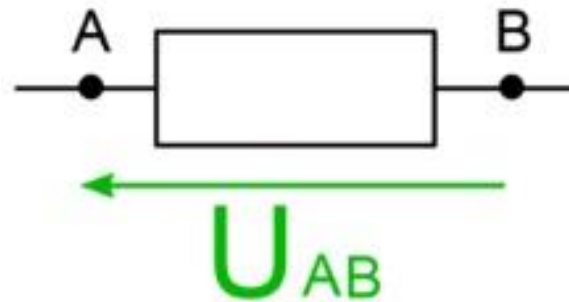
## Quelques ordres de grandeurs :

- Fusibles pour les prises électriques : **16 A**
- Fusibles pour un four, un chauffage : **32 A**
- T.G.V. : **500 A** à 300 km/h, **1000 A** au démarrage
- Foudre : **1 kA** à **100 kA**
- Electronique : **mA**,  **$\mu$ A**, **nA**, **pA**



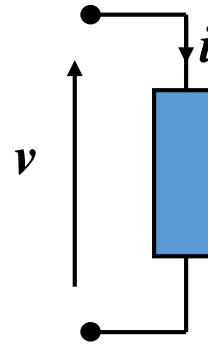
# La tension électrique

- La tension est égale à la **différence de potentiel** entre deux pôles d'un dipôle. Elle est à l'origine de la circulation du courant électrique dans un dipôle. Elle se note  $U$  et son unité est le **volt (V)**.
- On note plus précisément  $U_{AB}$  la tension aux bornes du dipôle AB et on dirige la flèche de B vers A.



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

# Le dipôle idéal

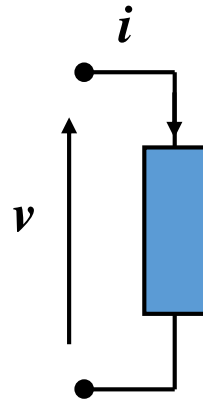


## Propriétés:

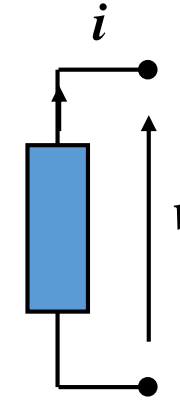
- 2 terminaux
- Décrit une relation entre le courant  $i$  et la tension  $v$
- Ne peut être subdivisé en autres éléments



# Convention récepteur et générateur



Convention récepteur



Convention générateur

**Permet de formaliser le sens positif du courant**

# Éléments d'un circuit

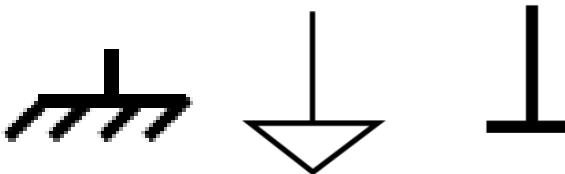
## 5 dipôles de base:

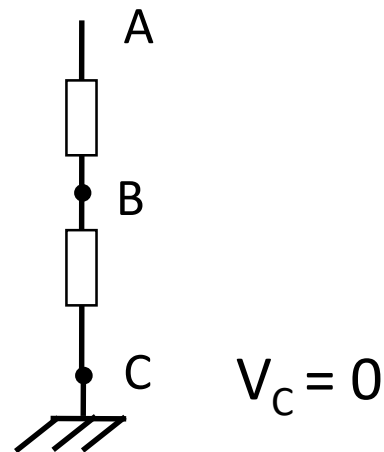
- Source de courant
  - Source de tension
- } Éléments actifs  
Convention générateur
- 
- Résistance
  - Inductance
  - Condensateur
- } Éléments passifs  
Convention récepteur

La plupart des systèmes peuvent être modélisés par des sources et des éléments passifs

# Éléments d'un circuit

La **masse** d'un circuit est un point de référence de potentiel nul.

Symboles : 



Ex. Si  $V_B = 2$  Volts

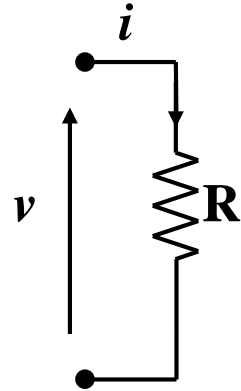
$U_{BC} = ?$

$$U_{BC} = V_B - V_C = V_B = 2 \text{ V}$$

# Sommaire

- Quelques définitions
- Loi d'Ohm, loi des nœuds, loi des mailles
- Sources de courant, sources de tension
- Equivalent Thévenin-Norton
- Théorème de superposition
- Théorème de Millman

# La loi d'Ohm



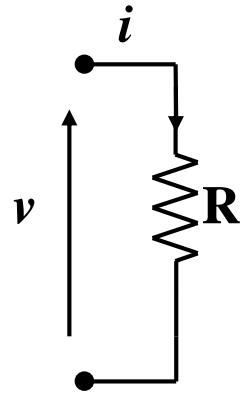
$$v = R \cdot i$$

**Convention récepteur !**

**Attention au sens du courant  
ou de la tension**

- La résistance définit le rapport entre la différence de potentiel aux bornes du dipôle et le courant le traversant
- La résistance est donc exprimée en
  - Volts par Ampère  $\equiv$  Ohms ( $\Omega$ )

# Puissance dissipée par une résistance



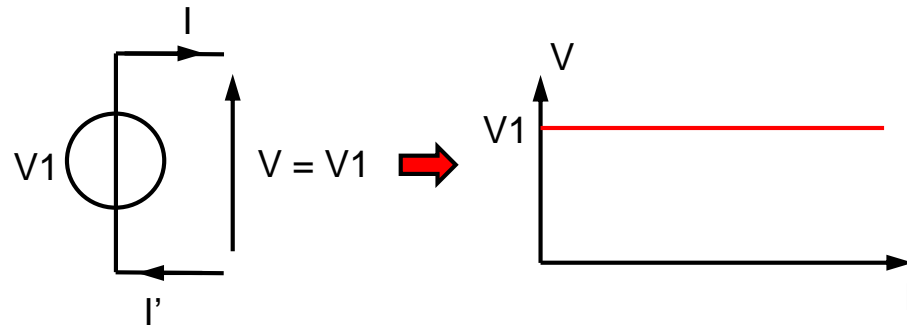
$$P = v \cdot i = R \cdot i^2$$

$$P = v \cdot i = \frac{v^2}{R}$$

- La résistance dissipe la puissance
- La puissance s'exprime en Watts (W)
  - Volts Ampères  $\equiv$  Watts

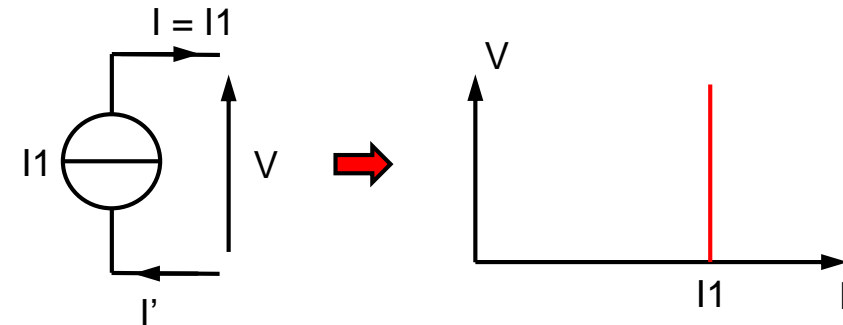
# Sources de tension et de courant idéal

- Une **source de tension** idéale maintient une tension constante, quel que soit le courant la traversant



$I = |I'|$   
 $I$  peut être positif,  
 négatif ou nul

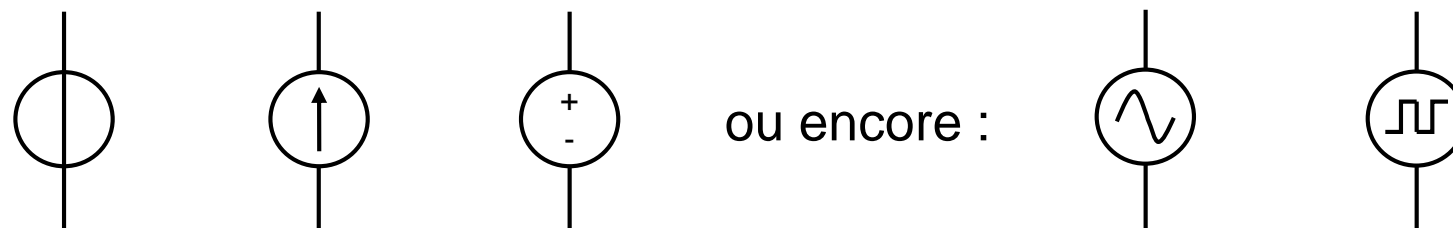
- Une **source de courant** idéale maintient un courant constant, quelle que soit la tension la traversant



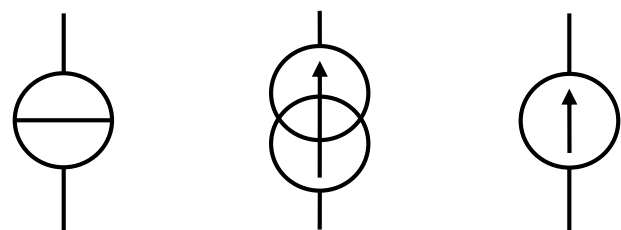
$I = |I'|$   
 $V$  peut être positif,  
 négatif ou nul

# Sources de tension et de courant idéal

- Représentations schématisques d'une source de tension idéale :

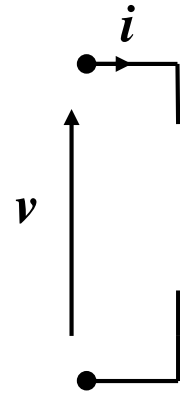


- Représentations schématisques d'une source de courant idéale :

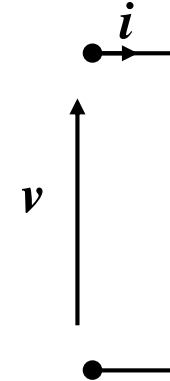




# Circuit ouvert et circuit fermé



Circuit ouvert,  
ou « coupe-circuit »



Circuit fermé,  
ou « court-circuit »

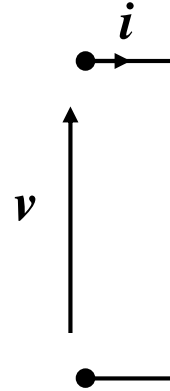
# Quelle est la tension aux bornes du circuit ouvert ?

1 -  $v = 0 \text{ V}$

2 -  $v = \infty$

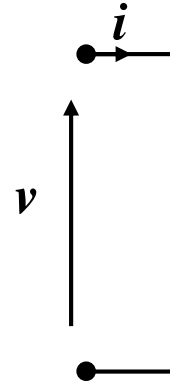
3 -  $v = 1 \text{ V}$

4 -  $v$  peut prendre n'importe quelle valeur



# Quelle est la valeur de résistance d'un court-circuit ?

$$1 - R = 0 \, \Omega$$

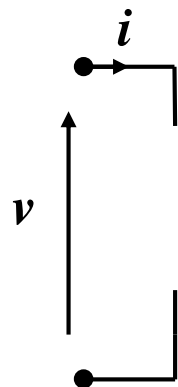


$$2 - R = \infty$$

$$3 - R = 1 \, \Omega$$

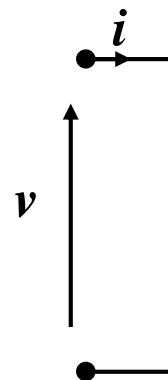
4 -  $R$  peut prendre n'importe quelle valeur

# Circuit ouvert et circuit fermé



## Circuit ouvert

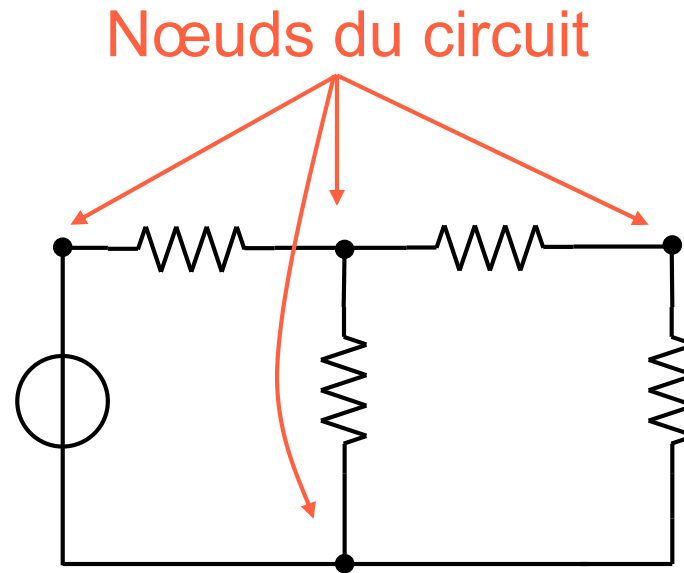
- $R = \infty$
- $i = 0$
- Une tension peut exister aux bornes



## Circuit fermé

- $R = 0$
- $v = 0$
- Un courant peut circuler dans le « fil »

# Nœuds d'un circuit



- Un nœud est un point qui connecte deux ou plusieurs éléments dans un circuit

# Mailles dans un circuit

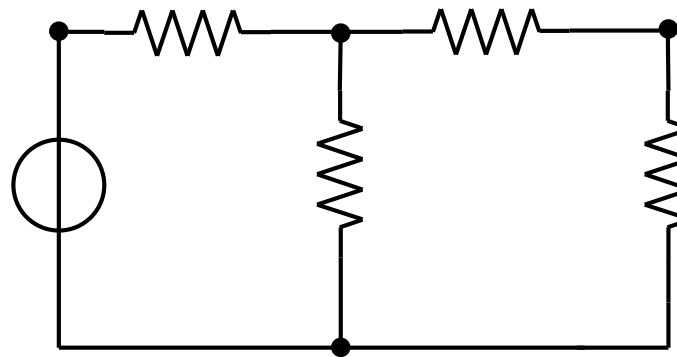
- Combien de mailles dans ce circuit ?

1 - 1

2 - 2

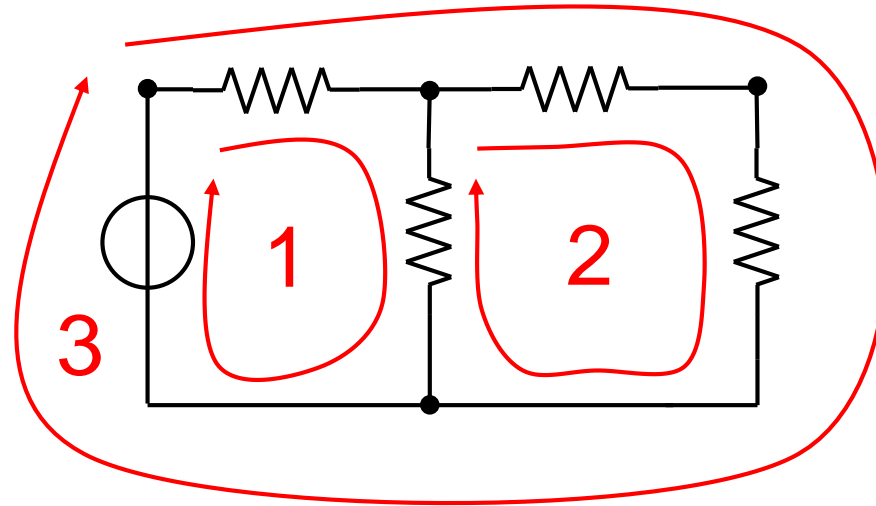
3 - 3

4 - 4



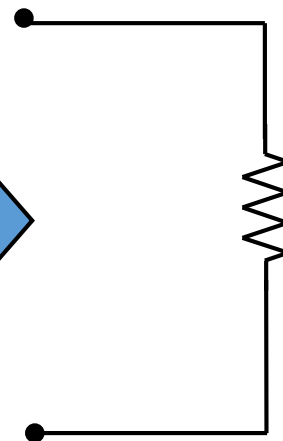
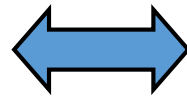
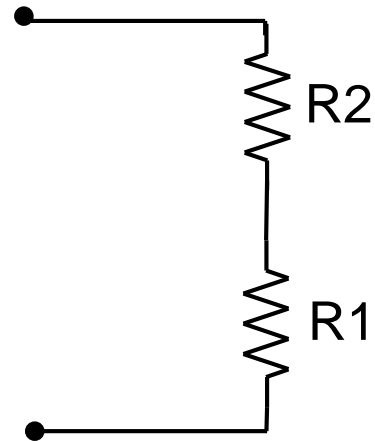
# Mailles dans un circuit

- Combien de mailles dans ce circuit ?



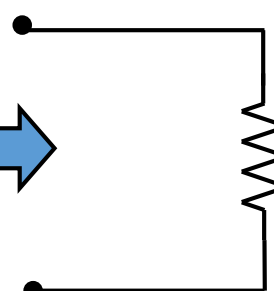
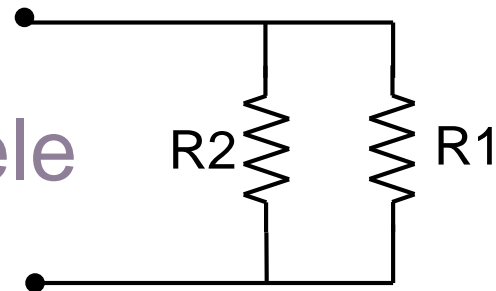
# Association série - parallèle

Série



$$R_{eq} = R_1 + R_2$$

Parallèle



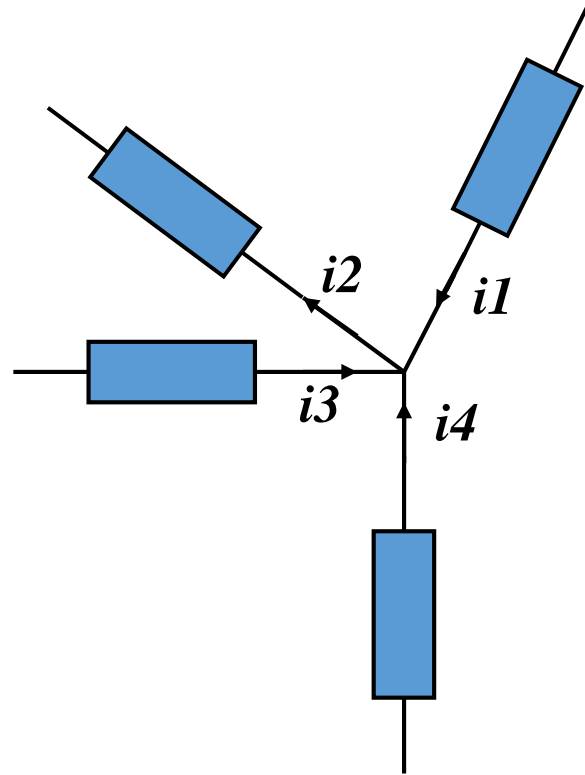
$$R_{eq} = R_1 \parallel R_2$$
$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$



# Lois de Kirchhoff

- Loi des nœuds (KCL)
  - Sur un nœud, la somme des courants est nulle
- Loi des mailles (KVL)
  - Dans une maille, la somme des tensions est nulle

# Lois des nœuds

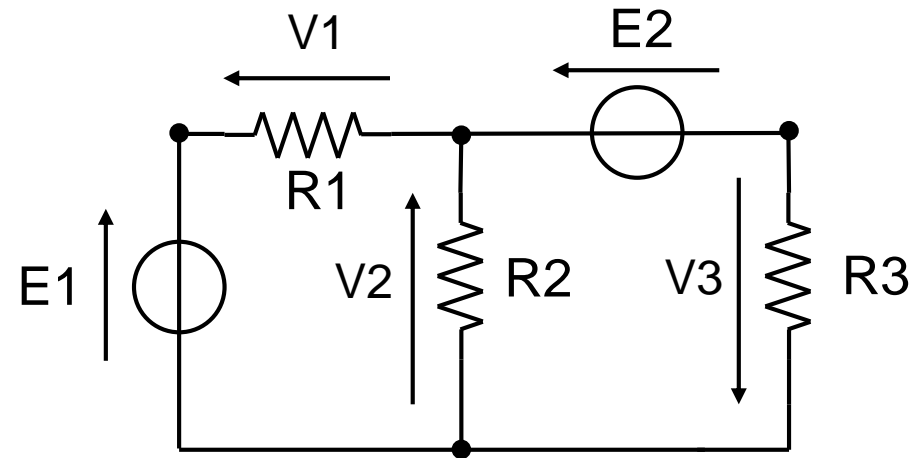


Relation:

$$i_1 - i_2 + i_3 + i_4 = 0$$

$$i_1 + i_3 + i_4 = i_2$$

# Lois des mailles



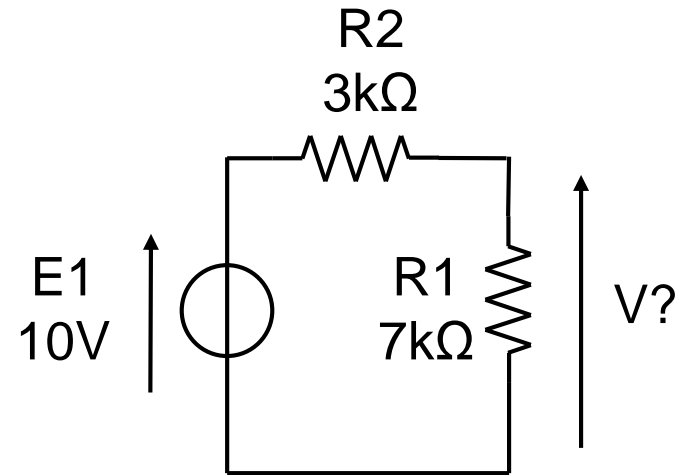
- Relations dans les trois mailles:

$$E_1 = V_1 + V_2$$

$$E_2 = V_2 + V_3$$

$$E_1 = V_1 + E_2 - V_3$$

## Exemple : le diviseur de tension



$$1 - V = 10 \text{ V}$$

$$2 - V = 3,33 \text{ V}$$

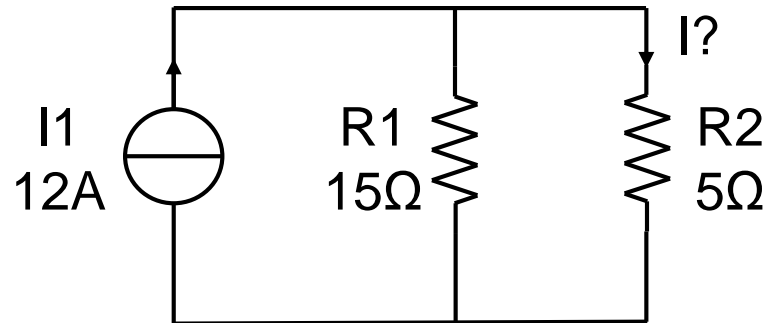
$$3 - V = 7 \text{ V}$$

$$4 - V = 3 \text{ V}$$

$$5 - V = 1,428 \text{ V}$$

$$6 - \text{Autre réponse}$$

# Exercice



$$1 - I = 3 \text{ A}$$

$$2 - I = 9 \text{ A}$$

$$3 - I = 4 \text{ A}$$

$$4 - I = 2,4 \text{ A}$$

$$5 - I = 0 \text{ A}$$

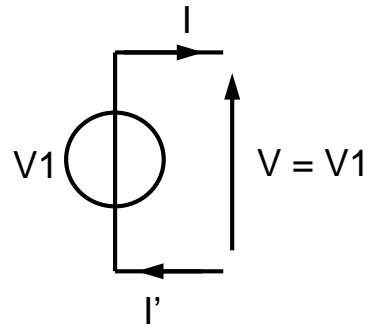
$$6 - \text{Autre réponse}$$

# Sommaire

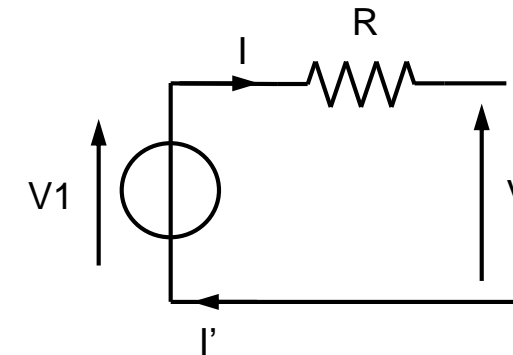
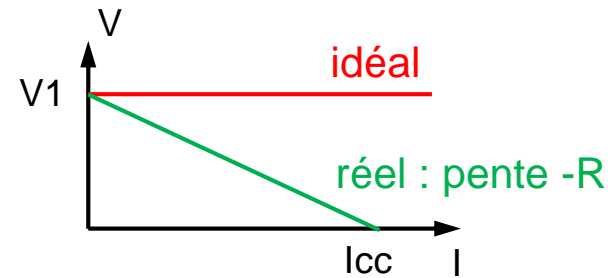
- Quelques définitions
- Loi d'Ohm, loi des nœuds, loi des mailles
- Sources de courant, sources de tension
- Equivalent Thévenin-Norton
- Théorème de superposition
- Théorème de Millman

# Source de tension réelle

- Modèle du générateur de **Thévenin**



$I = |I'|$   
 $I$  peut être positif,  
 négatif ou nul



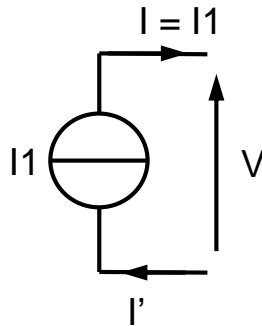
$V1$  : tension à vide

$I_{cc}$  : courant de court-circuit

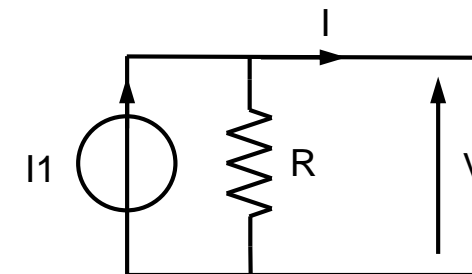
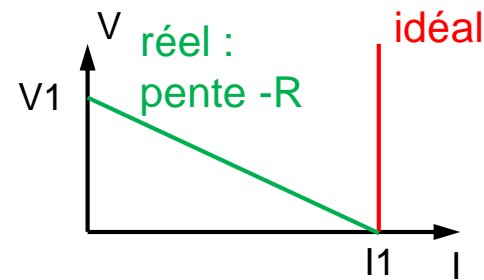
$R$  : résistance interne  
 (linéarisation)

# Source de courant réelle

- Modèle du générateur de **Norton**



$I = |I'|$   
 $V$  peut être positif,  
 négatif ou nul



$V1$  : tension à vide

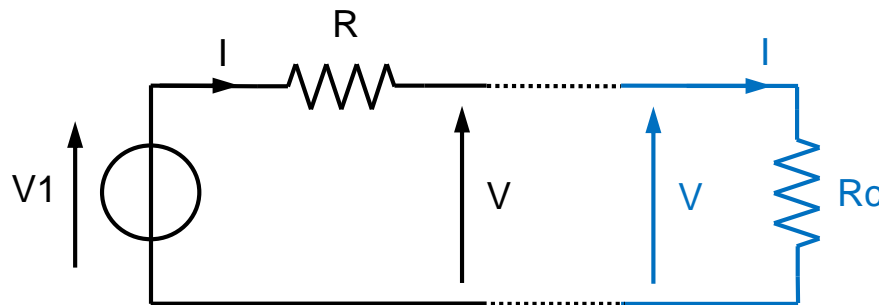
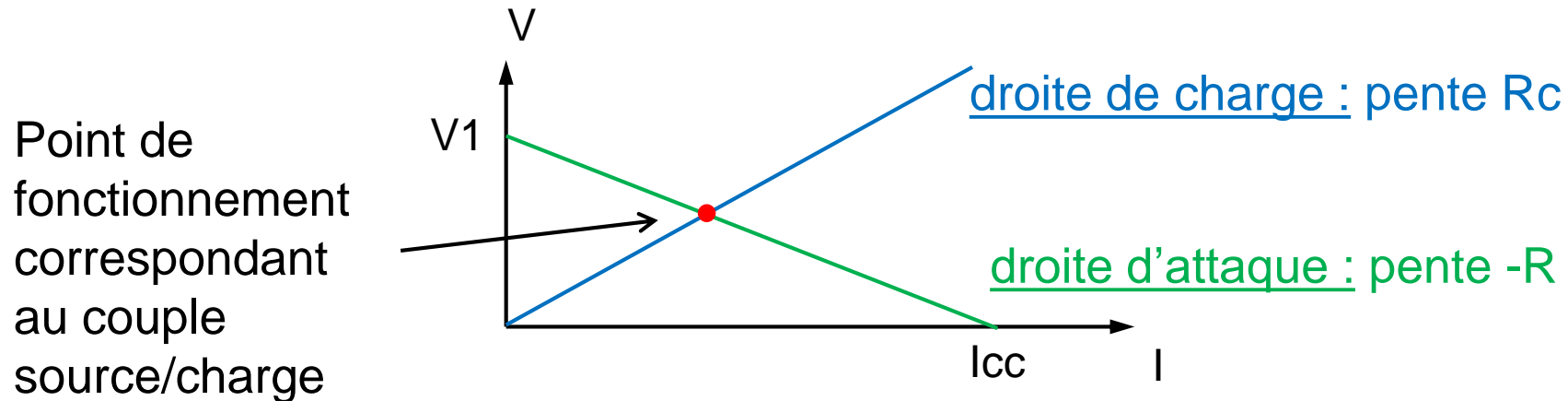
$I_{cc}$  : courant de court-circuit

$R$  : résistance interne  
 (linéarisation)



# Influence de la charge

- Notion de point de fonctionnement :



$R_c \rightarrow 0$  : court-circuit

$$V = 0$$

$$I = I_{cc}$$

$R_c \rightarrow \infty$  : coupe-circuit

$$V = V_1$$

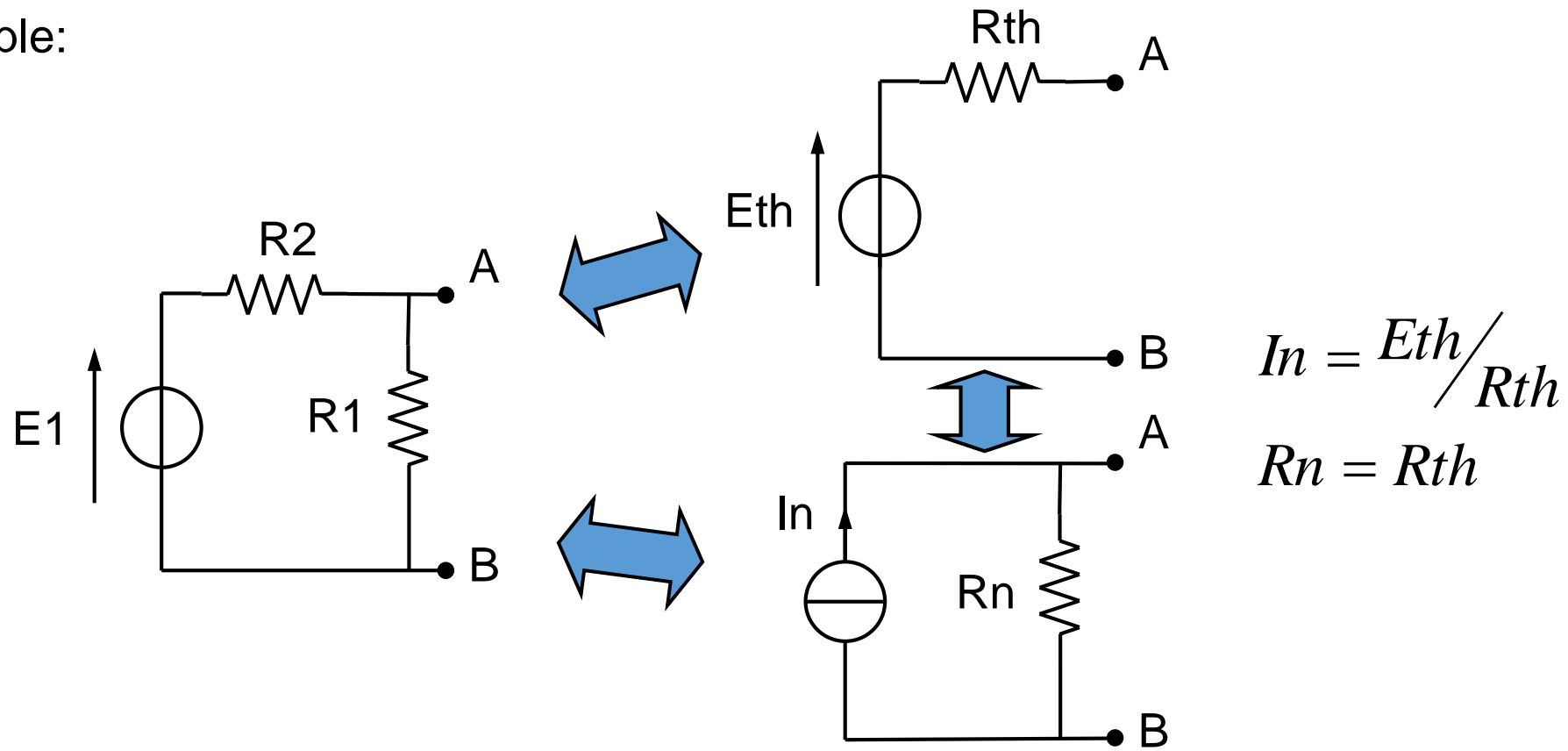
$$I = 0$$

# Sommaire

- Quelques définitions
- Loi d'Ohm, loi des nœuds, loi des mailles
- Sources de courant, sources de tension
- **Equivalent Thévenin-Norton**
- Théorème de superposition
- Théorème de Millman

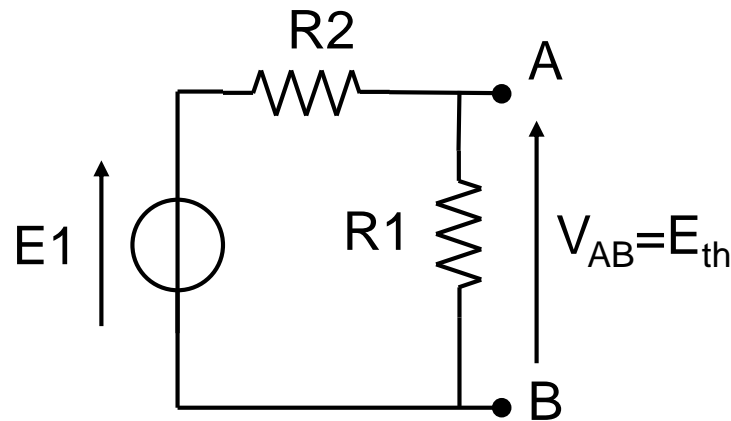
# Modèle équivalent de Thévenin et Norton

- Tout circuit (ou partie de circuit) peut être mis sous la forme d'un générateur équivalent de Thévenin ou Norton
- Exemple:



# Méthode pour déterminer un équivalent Thévenin

- Trouver  $E_{th}$  et  $R_{th}$ 
  - $E_{th} \rightarrow$  tension à vide
  - $R_{th} \rightarrow$  Résistance équivalente
- $E_{th}$ ?



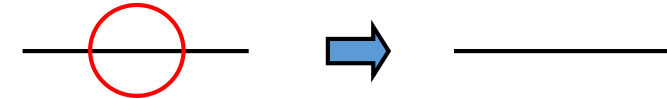
$$E_{th} = E_1 \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

# Méthode pour déterminer un équivalent Thévenin

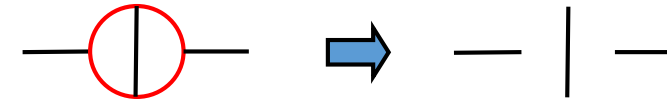
- R<sub>th</sub>?

- On « éteint » toutes les sources (non commandées)

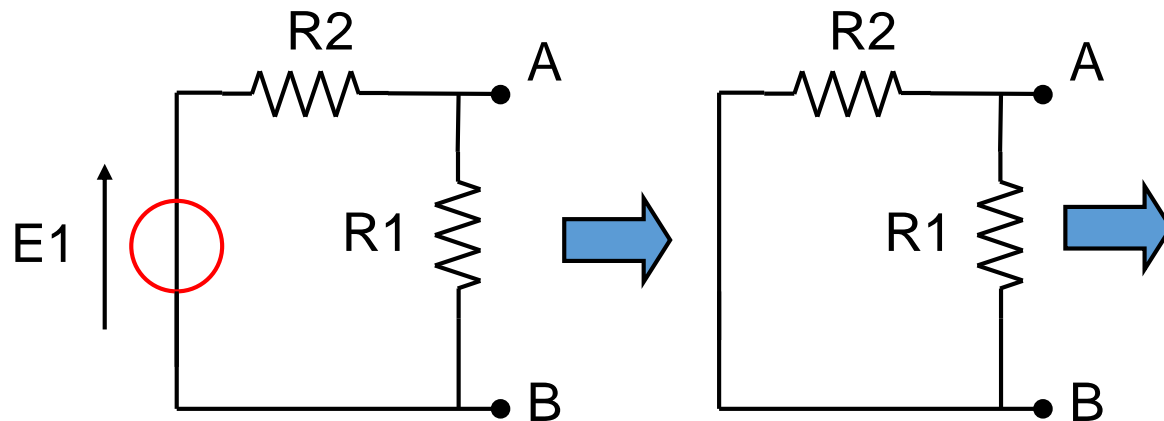
- Source de tension → circuit fermé



- Source de courant → circuit ouvert



- On déduit la résistance équivalente vue des nœuds A et B



Association en parallèle:

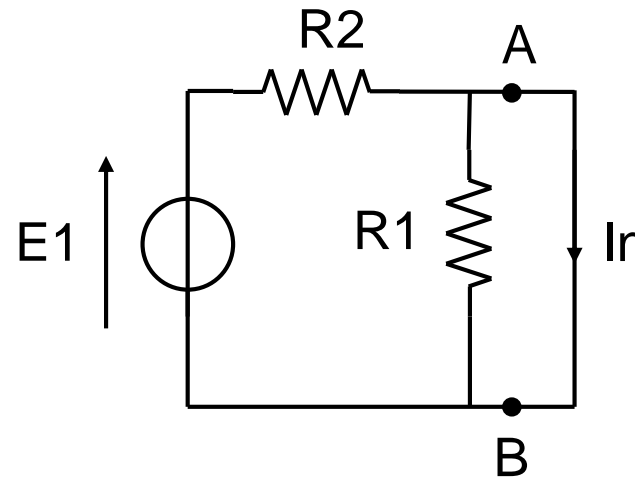
$$R_{th} = R_1 // R_2$$

$$R_{th} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

# Méthode pour déterminer un équivalent Norton

- Trouver  $I_n$  et  $R_n$ 
  - $I_n \rightarrow$  courant de court-circuit
  - $R_n \rightarrow$  Résistance équivalente

- $I_n?$



$$I_n = \frac{E_1}{R_2}$$

- $R_n?$ 
  - Même méthode que précédemment

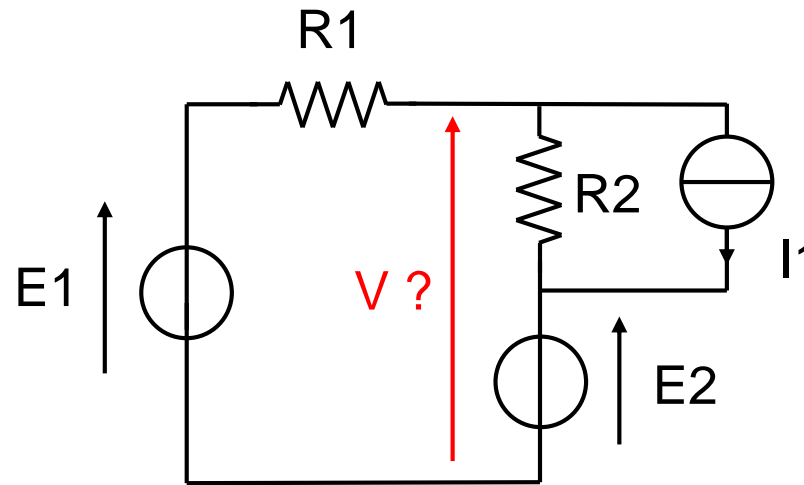
$$R_n = R_1 // R_2$$

# Sommaire

- Quelques définitions
- Loi d'Ohm, loi des nœuds, loi des mailles
- Sources de courant, sources de tension
- Equivalent Thévenin-Norton
- Théorème de superposition
- Théorème de Millman

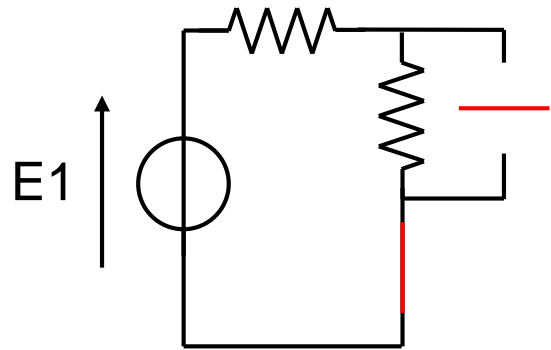
# Théorème de superposition

- Les sources doivent être indépendantes
- Les tension et les courants dans le circuit sont la somme de chaque contribution calculée en annulant toutes les sources sauf **une**

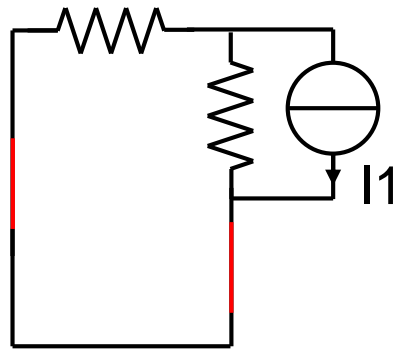




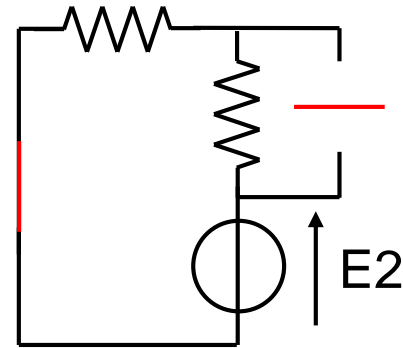
# Théorème de superposition



$$V1 = E1.R2 / (R1+R2)$$



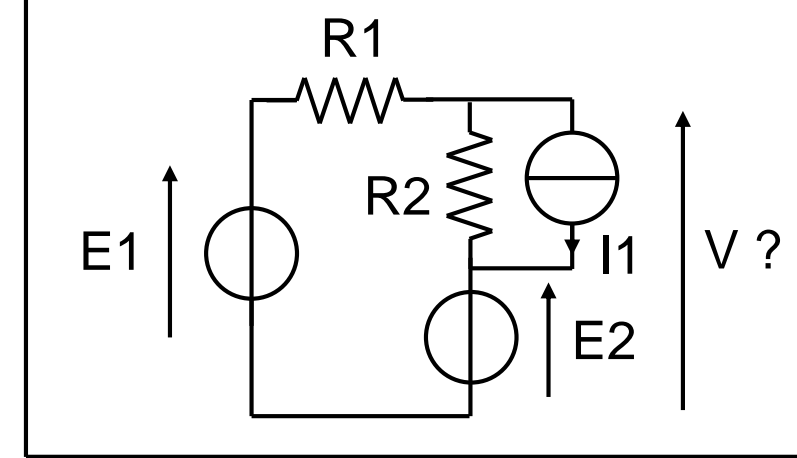
$$V3 = - I1.(R1//R2)$$



$$V2 = E2.R1 / (R1+R2)$$

$$V = V1 + V2 + V3$$

$$V = E1 \frac{R2}{R1 + R2} + E2 \frac{R1}{R1 + R2} - I1(R1//R2)$$

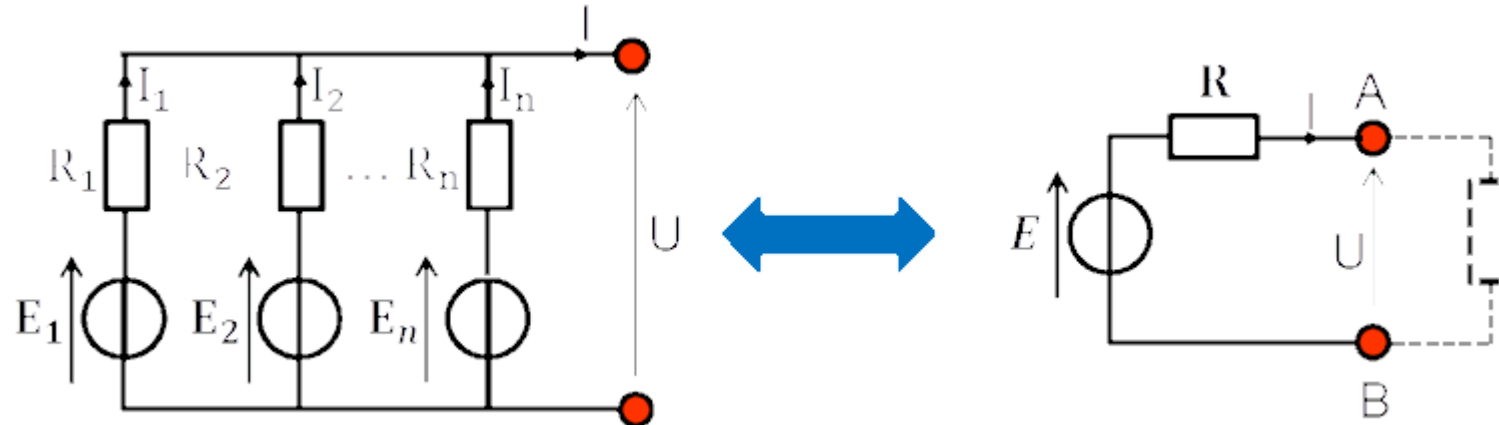


# Sommaire

- Quelques définitions
- Loi d'Ohm, loi des nœuds, loi des mailles
- Sources de courant, sources de tension
- Equivalent Thévenin-Norton
- Théorème de superposition
- Théorème de Millman

# Théorème de Millman

## Théorème relatif aux générateurs de tension :

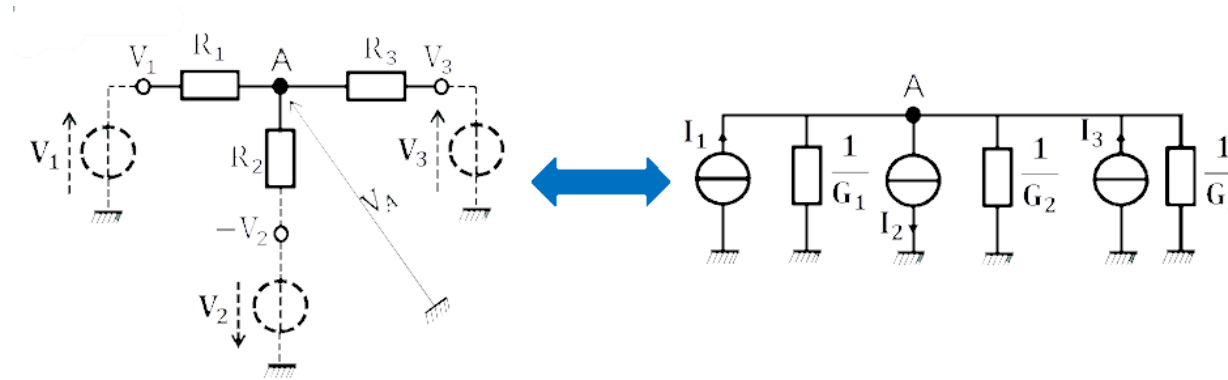


- Les n générateurs de tension en parallèle, de résistance interne  $R_k$  et de f.e.m.  $E_k$  peuvent être remplacés par un unique générateur de tension :
  - De résistance interne :  $R = \frac{1}{\sum_{k=1}^n \frac{1}{R_k}}$
  - De force électromotrice :  $E = R \sum_{k=1}^n \frac{E_k}{R_k}$

# Théorème de Millman

## Théorème relatif au potentiel d'un point :

- Le théorème de Millman est l'écriture de la loi des nœuds sous la forme de potentiels :



- Au nœud A, on peut écrire à partir du modèle de Norton :

$$V_A G_{eq} = I_1 - I_2 + I_3 \quad \text{avec} \quad G_{eq} = G_1 + G_2 + G_3 ; \quad G_k = \frac{1}{R_k} ; \quad I_k = \frac{V_k}{R_k}$$

$$\text{D'où : } V_A = \frac{\frac{V_1}{R_1} - \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_3}{R_3}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

 $\Rightarrow$ 

$$V_{noeud} = \frac{\sum_{k=1}^n \frac{V_k}{R_k}}{\sum_{k=1}^n \frac{1}{R_k}}$$

# Récapitulatif (à savoir)

- Outils pour analyser les circuits
  - Loi d'Ohm
  - Loi des mailles, loi des nœuds
  - Théorème de superposition
  - Théorème de Millman
- Equivalences Thévenin – Norton
  - Savoir déterminer l'équivalent de tout circuit



**Fin du Chapitre 1**

**JUNIA** ISEN