

The background features several large, stylized, semi-transparent shapes in shades of green, purple, and blue. These shapes are interconnected by curved arrows, suggesting a flow or process. Small yellow triangular shapes are scattered throughout, resembling sparks or highlights.

Cours électronique

Chapitre 1: Introduction

I- Introduction

L'électronique dans notre environnement

Utilités et historique



L'électronique grand public	=====	domestique
L'électronique pour communiquer	=====	téléphone, réseaux, web,
L'électronique pour la santé	=====	imagerie médicale, appareils de mesure
L'électronique dans l'éducation et la recherche	=====	CAO, énergie solaire
L'électronique dans la construction automobile	=====	optimisation des rendements
L'électronique dans les loisirs	=====	altimètres, chronomètres, vidéo, DVD

L'électronique a connu un essor formidable ces cinquante dernières années:

- ❖ 1949 arrivée de la télévision aux USA
- ❖ 1959 invention de la puce électronique,
- ❖ 1973 le micro-ordinateur est créée en France,
- ❖ 1979 les premiers téléphones cellulaires au japon
- ❖ 1981 l'ordinateur portable,
- ❖ 1989 naissance du web au CERN
- ❖ 1991 trois ménages sur quatre ont un magnétoscope
- ❖ 1994 privatisation de la gestion d'internet
- ❖ 1995 écran plat

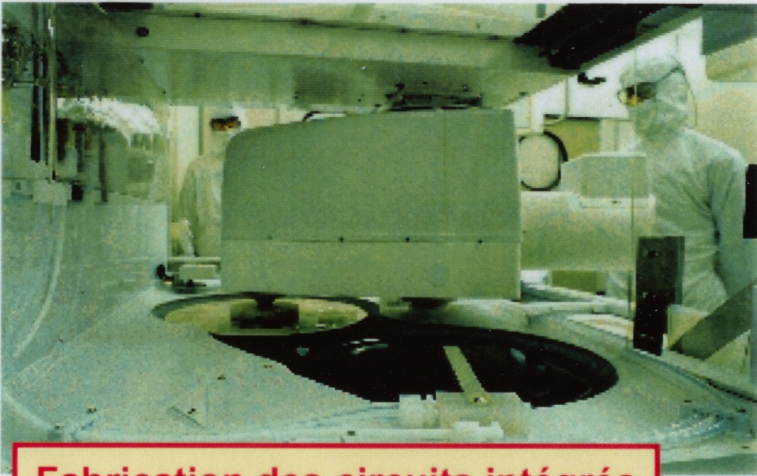
L'électronique est omniprésente dans la vie de tous les jours

Cellules solaires

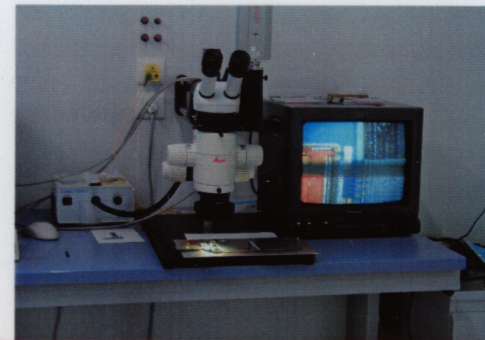


Capteurs accéléromètres

Sécurité



Fabrication des circuits intégrés



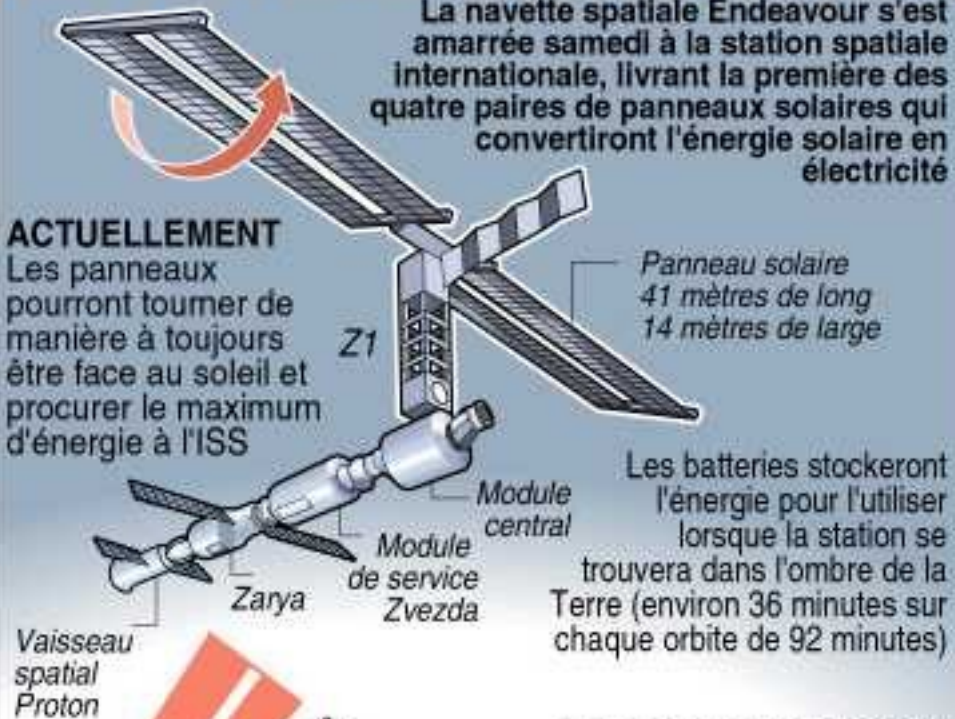
Électronique et reconnaissance de forme

PANNEAUX SOLAIRES DE LA STATION INTERNATIONALE

La navette spatiale Endeavour s'est amarrée samedi à la station spatiale internationale, livrant la première des quatre paires de panneaux solaires qui convertiront l'énergie solaire en électricité

ACTUELLEMENT

Les panneaux pourront tourner de manière à toujours être face au soleil et procurer le maximum d'énergie à l'ISS



LA STATION TERMINEE

Dans sa configuration finale, les panneaux seront déplacés et l'énergie totale sera de 110 kilowatts, l'équivalent du courant alimentant 55 maisons sur Terre



II-Dipôles en régime permanent

1- Introduction :

L'électronique est une science qui étudie des circuits composés de générateurs électriques et de composants pouvant être passifs comme les résistances et les condensateurs ou actifs comme les diodes et les transistors.

Dans les circuits analogiques, **les tensions varient de manière continue** par contre, dans les circuits logiques, les tensions (en dehors de brèves périodes de transitions) ne peuvent prendre que deux valeurs discrètes. Les composants électroniques peuvent être discrets ou intégrés (circuits intégrés qui peuvent contenir des millions de transistors sur une puce)

2- Rappels de l'électrocinétique :

a- Différence de potentiel :

Le champ électrique E correspond à une différence de potentiel ou de tension cause un déplacement de charges;

E est orienté des potentiels élevés vers les potentiels faibles.

Exemple entre deux points A et B d'un circuit, nous avons :

$$U_{AB} = U_A - U_B = - \int_A^B E_x \cdot dx$$

2-b : le courant électrique :

C'est un déplacement de charges électriques : par exemple électrons dans les conducteurs métalliques. L'intensité d'un courant à travers un conducteur de section A est défini comme étant le débit des charges et s'exprime par la relation suivante :

$$I = \frac{dQ}{dt} = \left[\frac{(\text{Coulombs})}{(\text{Temps})} \right] = \int_A \vec{j} \cdot \vec{dS}$$

Le vecteur j est la densité de courant par unité de surface.

les unités du courant électrique : Ampères.

Le sens du conventionnel d'un courant positif est celui du déplacement de **charges positives**.

Remarque: le régime permanent est celui qui existe après la fin des phénomènes transitoires qui se produisent lors de la mise sous tension d'un circuit.

Loi d'Ohm:

Dans un conducteur, la densité de courant est reliée au champ électrique par la relation :

$$\mathbf{j} = \sigma \cdot \mathbf{E} \quad [\text{A/m}^2]$$

σ est la conductivité, dépend de la nature du matériau, son inverse est la résistivité définie comme $\rho = 1/\sigma = \mathbf{E}/(\mathbf{I}/\mathbf{S})$

Pour un conducteur de longueur L , de section constante S , on définit la **résistance** par :

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S} \quad \rightarrow \rightarrow [\Omega]$$

La résistivité s'exprime en **$\Omega \cdot \text{m}$**

Les tensions s'expriment en Volts (**V**)

Le Champ électrique s'exprime en **V/m**

Exemple de résistivité de quelques matériaux

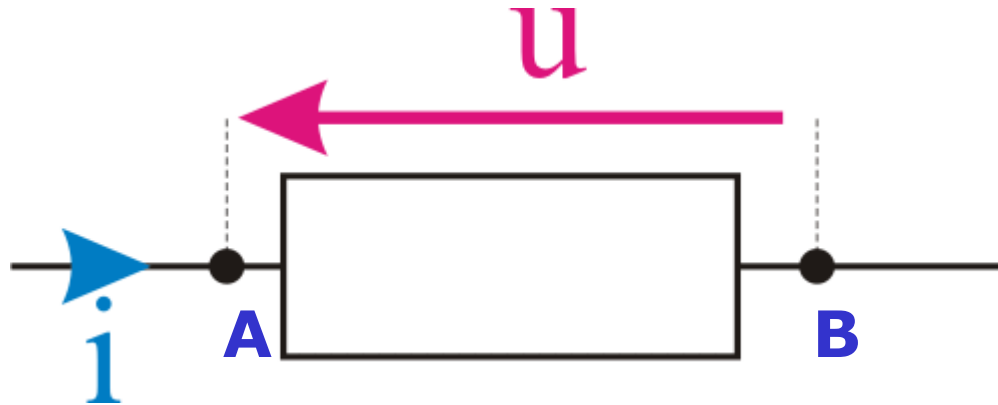
<i>Métaux</i>	<i>Semi-conducteurs (300K)</i>	<i>Isolants</i>
Argent : $1,47.10^{-8} \Omega.m$	Silicium : $2400 \Omega.m$	Verre : 10^{10} à $10^{14} \Omega.m$
Cuivre : $1,72.10^{-8} \Omega.m$	Germanium : $0,5 \Omega.m$	Mica : 10^{11} à $10^{15} \Omega.m$
Aluminium : $2,63.10^{-8} \Omega.m$		Eau : $0,1$ à $10^5 \Omega.m$

On pourra écrire la loi d'Ohm sous sa forme habituelle entre deux points A et B comme :

$$V_A - V_B = R.I$$

Cette loi traduit la relation entre le déplacement des charges à la cause qui est le champ électrique auquel correspond une différence de potentiel V , en fonction du matériau utilisé.

Convention de signe

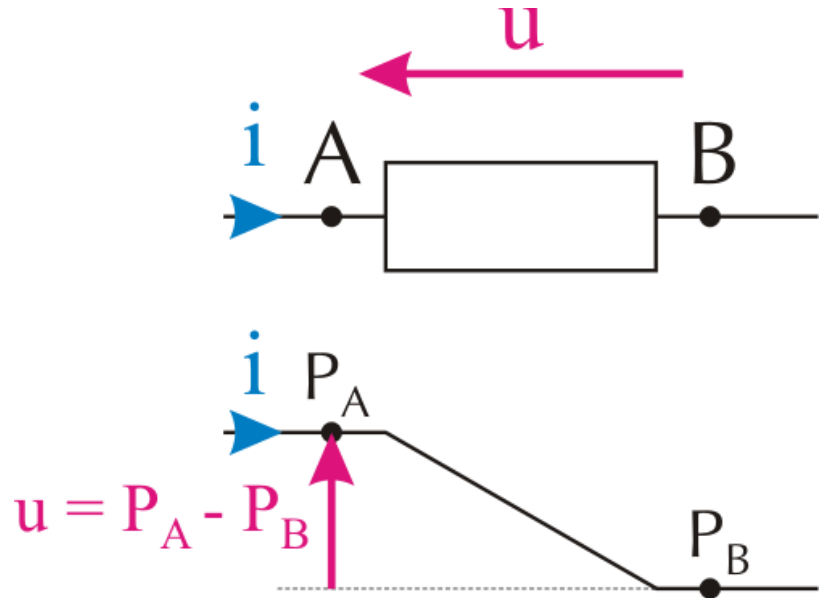


Dans un conducteur possédant une borne d'entrée A et une borne de sortie B:

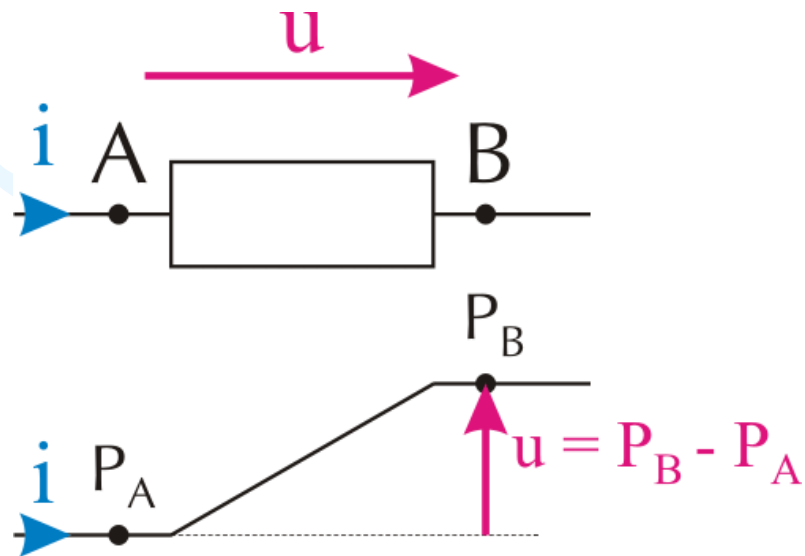
On représente les tensions par une flèche allant des potentiels faible vers les potentiel élevés : $U_A > U_B$

Dans un récepteur les charges vont du potentiel élevé vers les potentiels faibles; les flèches représentatives du courant et de la tension sont en sens contraires (convention récepteur)

Convention récepteur



Convention Générateur



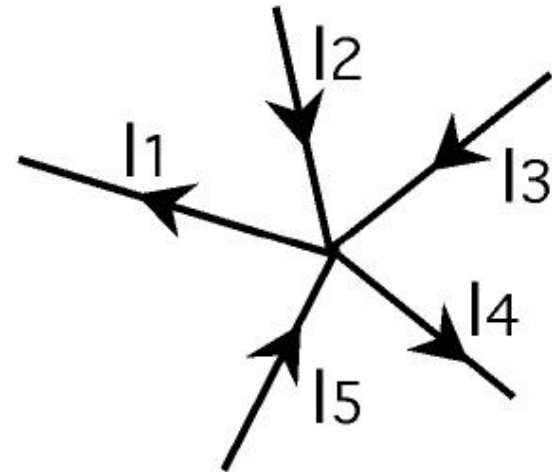
3- Introduction aux lois de Kirchhoff :

Ces lois sont des outils mathématiques très importants et très commodes pour l'analyse de circuits en particulier dans le cas où ceux-ci comportent plusieurs sources de tensions (courants).

a- Loi des nœuds :

En tout nœud, la somme algébrique des courants est nulle ou encore la somme des courants qui se dirigent vers le nœud est égale à la somme des courants qui le quittent.

$$I_2 + I_3 + I_5 = I_1 + I_4$$
$$I_1 + I_4 - I_2 - I_3 - I_5 = 0$$



Exemple : Loi des nœuds:

En A :

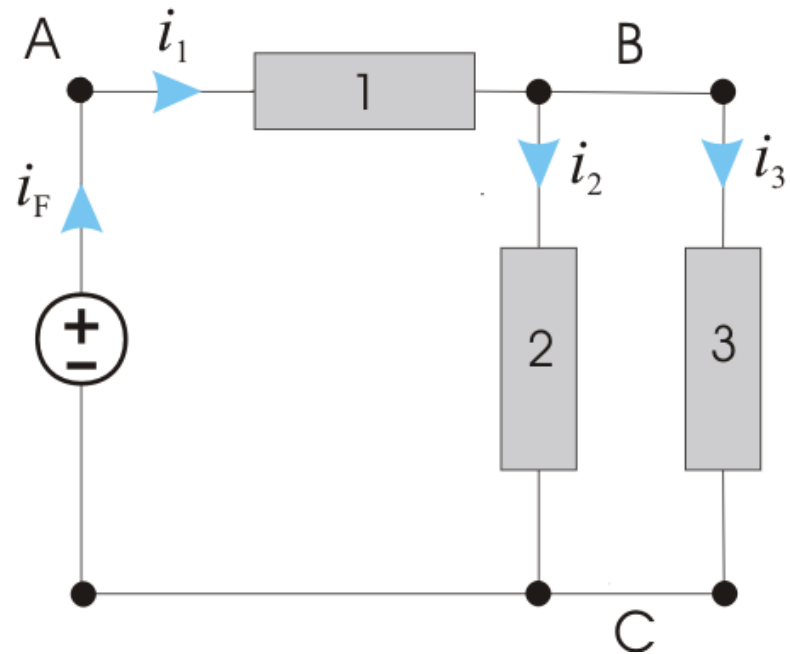
$$i_F - i_1 = 0$$

En B :

$$i_1 - i_2 - i_3 = 0$$

En C :

$$-i_F + i_2 + i_3 = 0$$

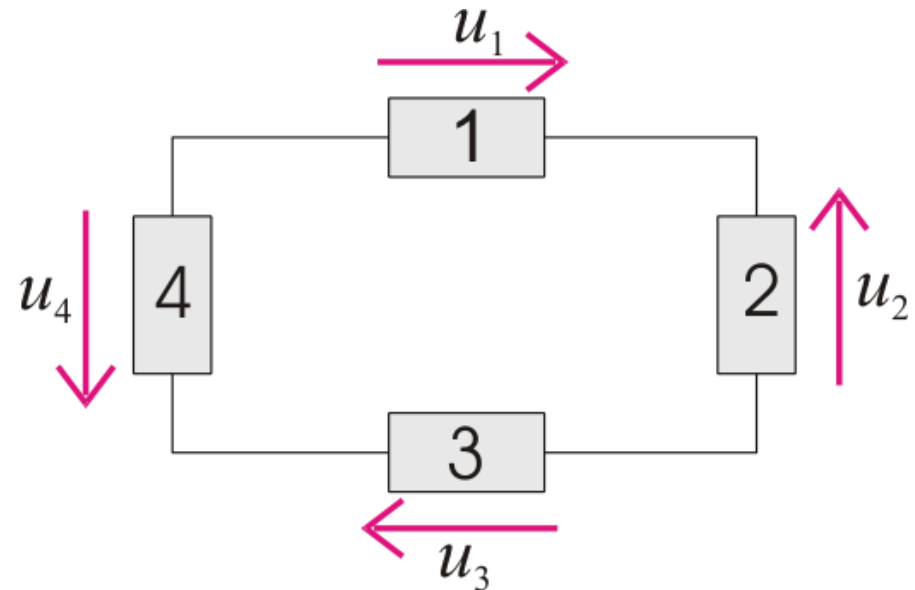


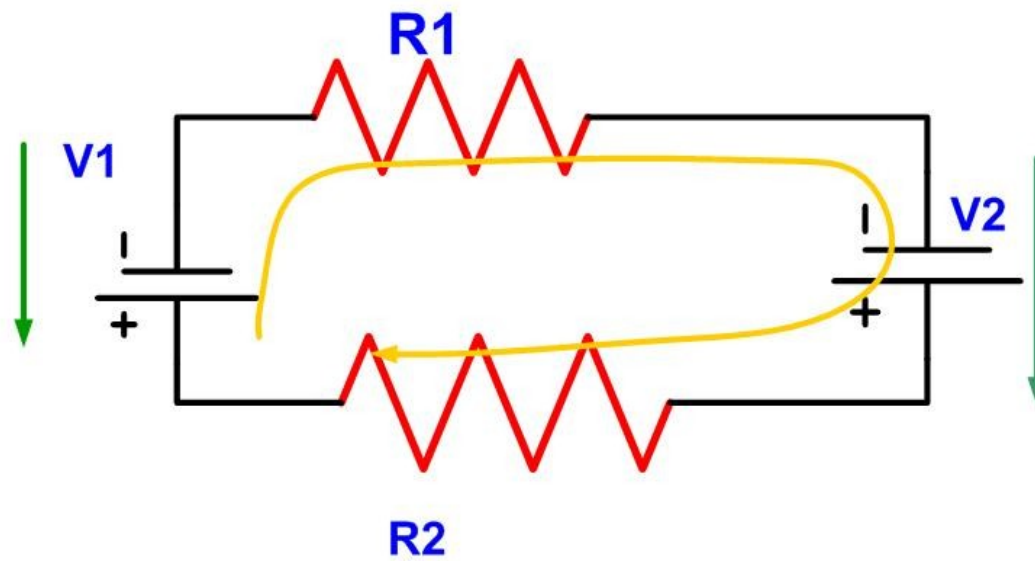
b- Loi des mailles :

La somme algébrique des tensions le long d'une maille fermée est nulle **ou encore** la somme de toutes les élévations de tension le long d'une maille fermée est égale à la somme de toutes les chutes de tensions le long de cette même maille,

ou encore : la somme des forces électromotrices est égale à la somme des différences de potentiels de la maille en question.

$$U_1 - U_2 + U_3 - U_4 = 0$$



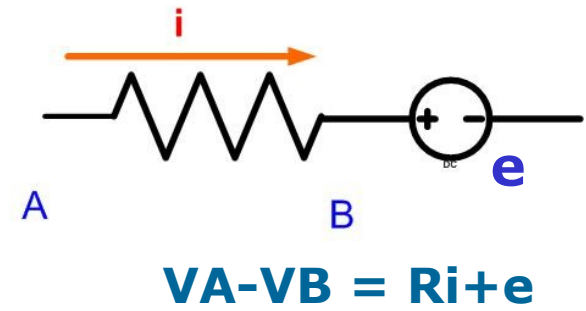
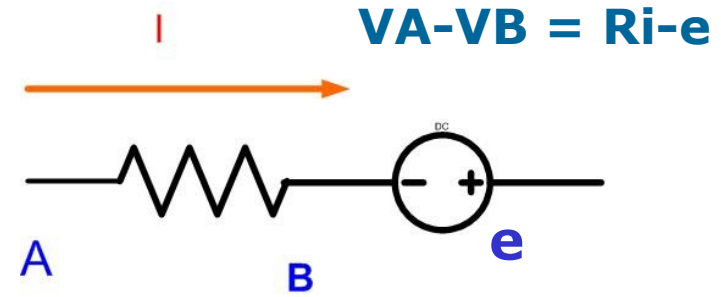
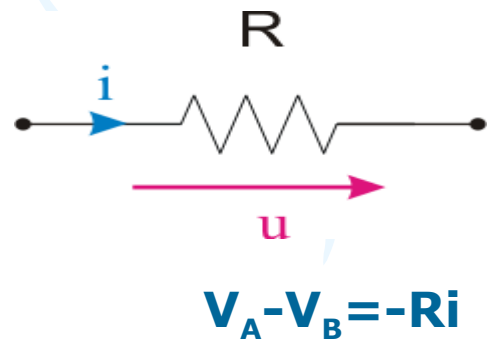
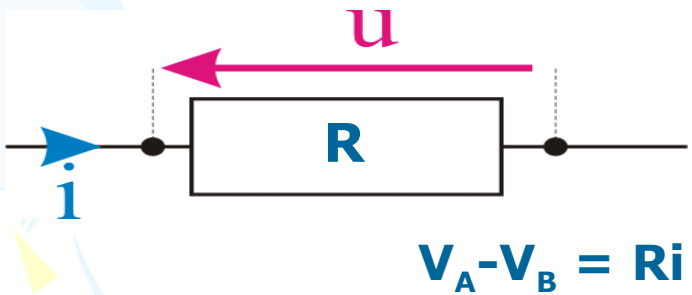


$$-V_1 - RI + V_2 - R_2 I = 0$$

c-Loi d'Ohm généralisée :

La différence de potentiel aux bornes de A et B d'un dipôle électrocinétique de résistance R_{AB} et de force électromotrice e_{AB} est la suivante :

$$U = V_A - V_B = R_{AB} \cdot I_B - e_{AB}$$



Application directe :

Au nœud A :

$$I_1 - I_2 - I_3 = 0$$

maille ABEFA

$$-I_1 R_1 - I_3 R_3 + V_1 = 0$$

Maille BCDEB

$$-R_2 I_2 - V_2 + R_3 I_3 = 0$$

$$I_1 - I_2 - I_3 = 0 \quad (1)$$

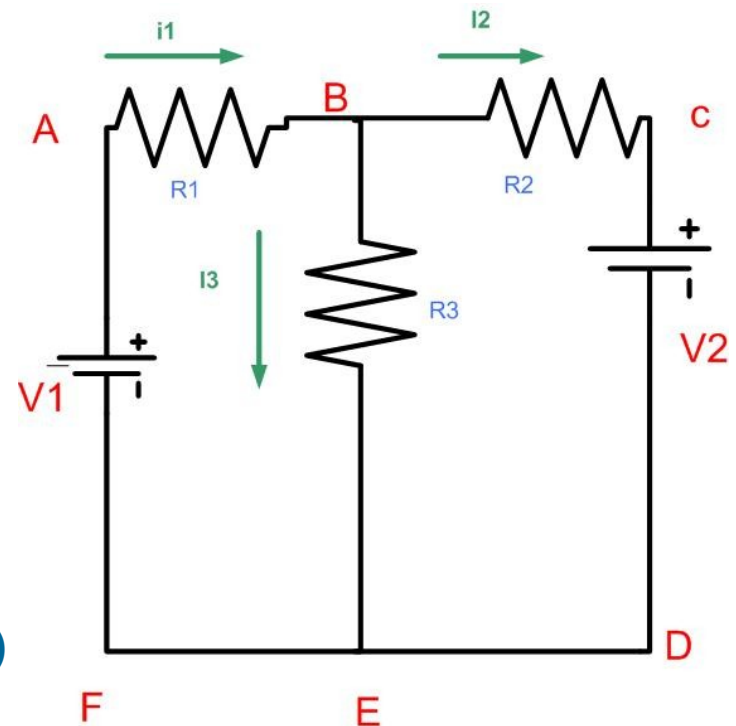
$$-R_1 I_1 + 0 - R_3 I_3 = -V_1 \quad (2)$$

$$0 - R_2 I_2 + R_3 I_3 = V_2 \quad (3)$$

📞📁🕒 → $I_2 = -I_3 + I_1$

📞📄🕒 → $-R_3 I_3 = -V_1 + R_1 I_1$

On élimine I_1 :



On élimine I1 :

$$(3) \rightarrow -R_2(I_1 - I_3) + R_3 I_3 = V_2$$

$$(R_2 + R_3)I_3 - R_2 I_1 = V_2$$

$$(R_2 + R_3)I_3 = V_2 + R_2 I_1$$

On en tire I1

$$I_1 = \frac{(R_2 + R_3) \cdot I_3 - V_2}{R_2}$$

on injecte (5) dans (4) :

$$-R_3 \cdot I_3 = -V_1 + R_1 \cdot \left[\frac{(R_2 + R_3) \cdot I_3 - V_2}{R_2} \right] \quad [5]$$

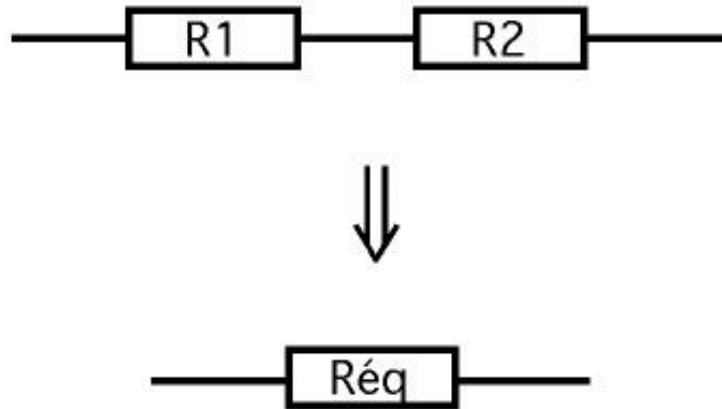
On obtient finalement :

$$I_3 = \frac{R_1 \cdot V_2 + R_2 V_1}{R_2 R_1 + R_1 R_3 + R_3 R_2}$$

4-Association de résistances

Une résistance est exprimée en Ohms $\rightarrow 1 \Omega = 1V/1 A$

Resistances en série :



$$R = \sum_{i=1}^n r_i$$

$$R_{eq} = R1 + R2$$

Chaque résistance est parcourue par le même courant I

$$V_A - V_B = (R1 + R2) I$$

Resistances en parallèle:

D'après la loi des noeuds:

$$I = I_1 + I_2$$

$$V_A - V_B = R_1 I_1 = R_2 I_2 \quad (1)$$

Loi des noeuds :

$$I = I_1 + I_2 \quad (2)$$

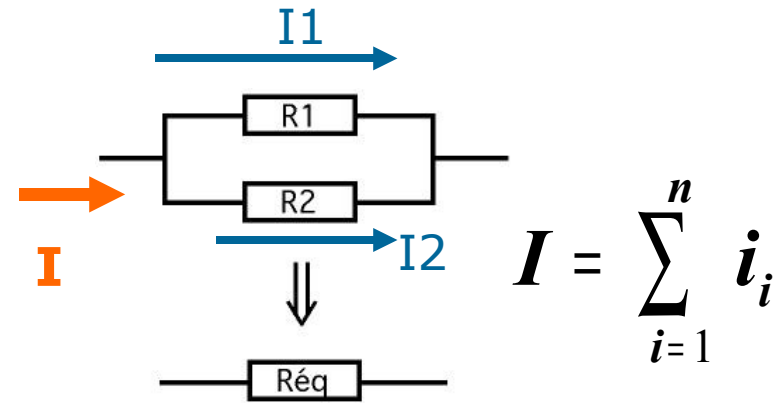
Soit R la résistance équivalente, donc :

$$V_A - V_B = R \cdot I$$

de (1) on tire que : $V_A - V_B = I_1 / (1/R_1) = I_2 / (1/R_2)$

donc

$$V_A - V_B = \frac{(I_1 + I_2 + I_3)}{\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right)} = \frac{I}{\left(\frac{1}{R}\right)}$$





Par conséquent, on peut écrire par identification que :

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \frac{1}{R3}$$

On sommerá les admittances Y :

$$Y = Y1 + Y2$$

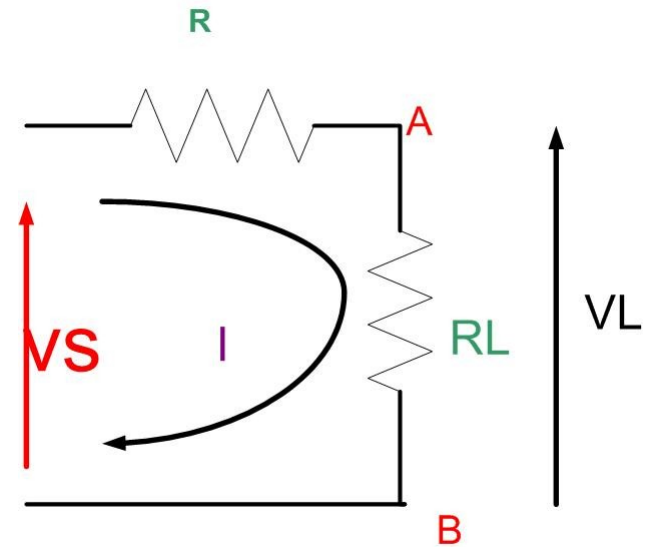
$$Y = \sum_{i=1}^n Y_i$$

5- Pont diviseurs

Pont diviseur de tension :

$$V_L = R_L i = R_L \left[\frac{V_S}{R + R_L} \right]$$

$$V_{AB} = V_L = V_S \left[\frac{R_L}{R + R_L} \right]$$



Pont diviseur de courant :

Loi des noeuds :

$$i_1 = i_2 + i_3$$

loi des mailles :

$$R_2 i_2 = R_3 i_3$$

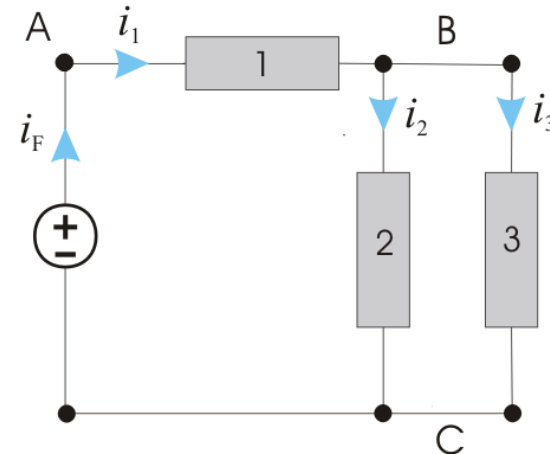
$$R_3 i_3 = R_2 (i_1 - i_3)$$

$$(R_3 + R_2) i_3 = R_2 i_1$$

Donc on peut écrire :

Par conséquent :

$$i_2 = \frac{R_3}{(R_2 + R_3)} \cdot i_1$$



$$i_3 = \frac{R_2}{(R_2 + R_3)} \cdot i_1$$

6- Loi de Pouillet

Dans le cas où le réseau ne comporte qu'une maille, il est possible de transformer le circuit initial en un circuit ne comportant qu'un seul générateur, dont la f.e.m est la somme algébrique des f.e.m. e_i de la maille avec une résistance interne qui est la somme des résistances r_i individuelles du circuit.

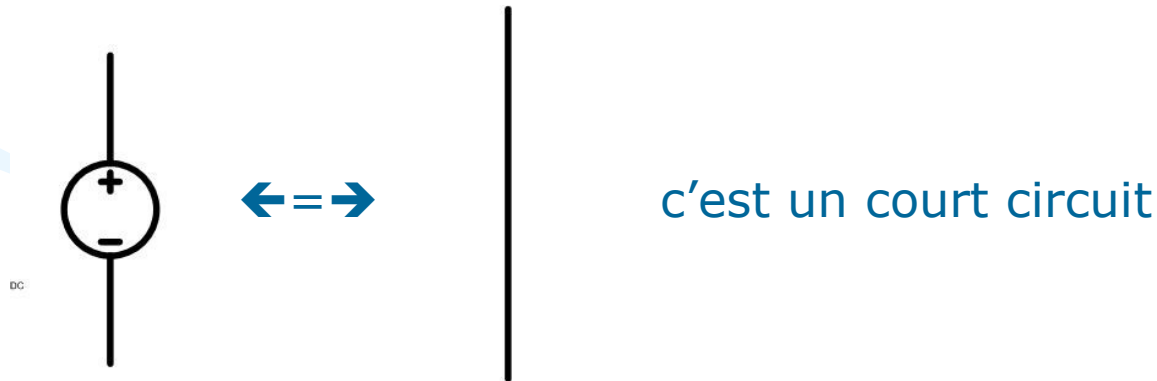
$$I = \frac{E}{R} = \frac{\sum_{i=1}^n e_i}{\sum_{i=1}^n r_i}$$

7-Théorème de superposition

Dans un réseau linéaire, il est possible de remplacer un ensemble de dipôles par un dipôle équivalent.

L'intensité du courant dans une branche d'un réseau comprenant plusieurs générateurs est la somme des intensités, que ferait passer dans cette branche, chaque générateur considéré de façon isolée comme actif, les autres générateurs du réseau étant alors passifs.

Rendre un générateur passif \leftrightarrow c'est le remplacer par sa résistance interne



Désactivation

Source de courant

I

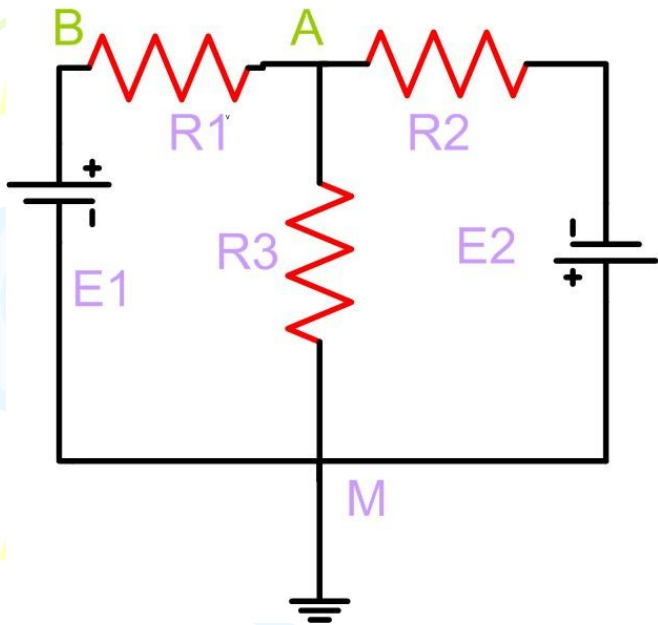


I = 0

Désactivation

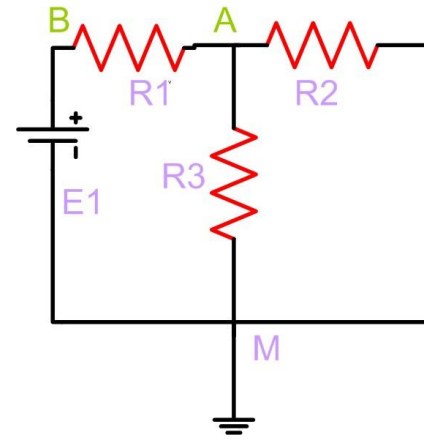
Exemple d'application du théorème de superposition

Question: Trouver V_{AM} ?

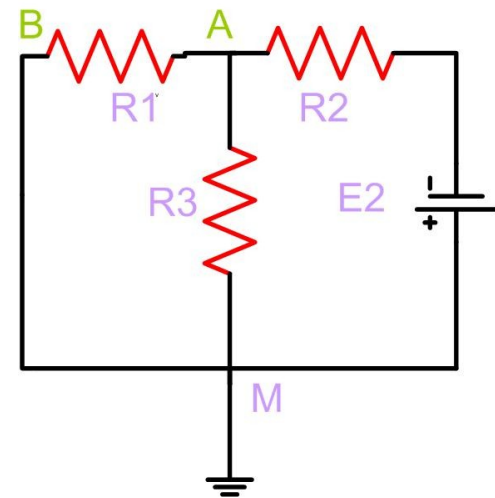


$E_1 = 12$ Volts
 $E_2 = 20$ Volts
 $R_1 = 10 \Omega$
 $R_2 = 10 \Omega$
 $R_3 = 15 \Omega$

=

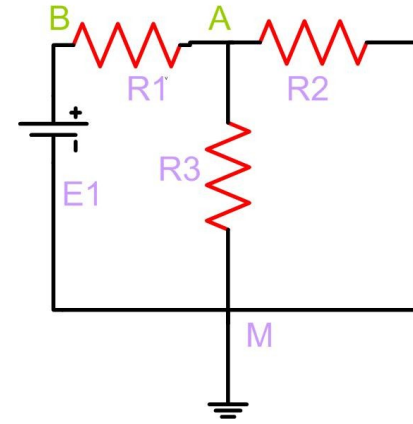


+

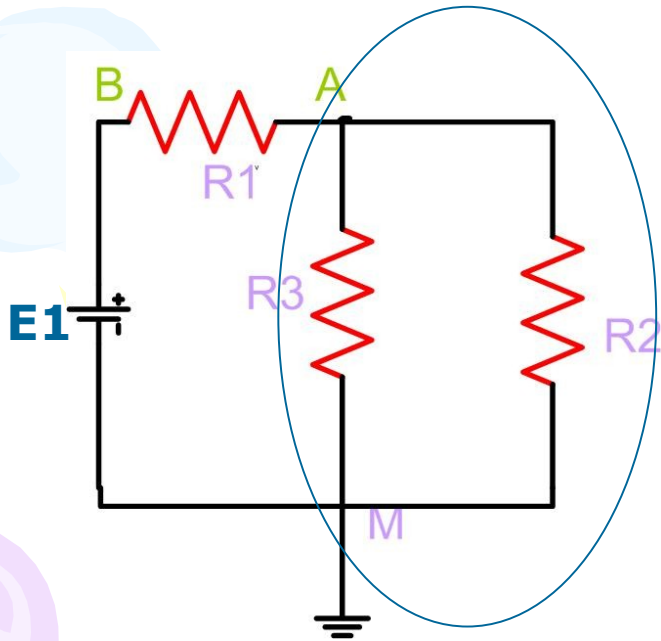


1- On désactive E1

On aboutit au circuit suivant :



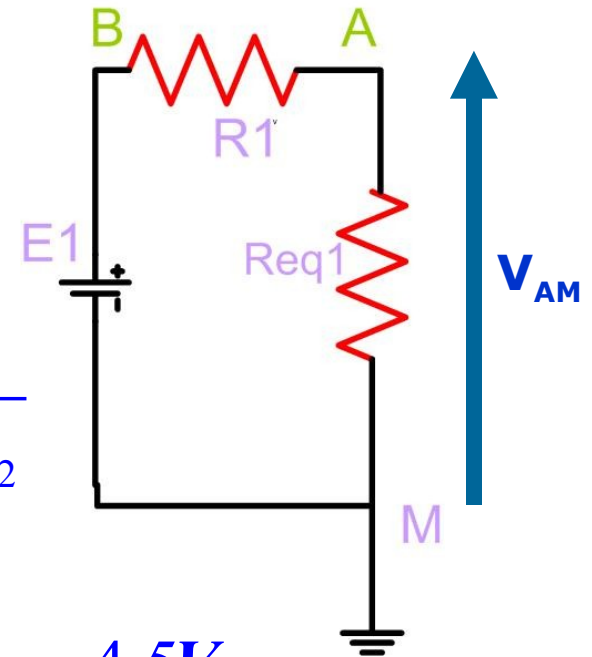
qui devient :



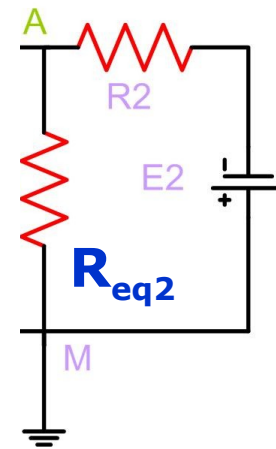
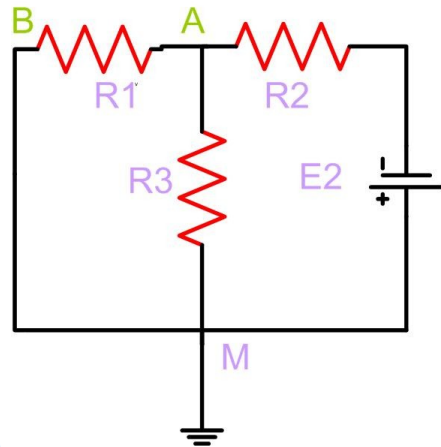
$$R_{eq1} = \frac{R_3 R_2}{R_3 + R_2}$$

$$R_{eq1} = 6 \Omega$$

$$V_{AM1} = E_1 \cdot \frac{R_{eq1}}{R_{eq1} + R_1} = 4,5V$$



II- On désactive E1



$$R_{eq2} = \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3} = 5\Omega$$

$$V_{AM2} = E_2 \cdot \frac{R_{eq2}}{R_{eq2} + R_2} = \frac{-20 * 5}{5 + 15} = -5V$$

Conclusion:

$$V_{AM} = V_{AM1} + V_{AM2} = 4,5 - 5 = -0,5V$$

8-Théorème de Milleman

On considère un noeud auquel aboutissent K branches, les potentiels V_i des extrémités des branches sont définies par rapport à un même potentiel de référence:

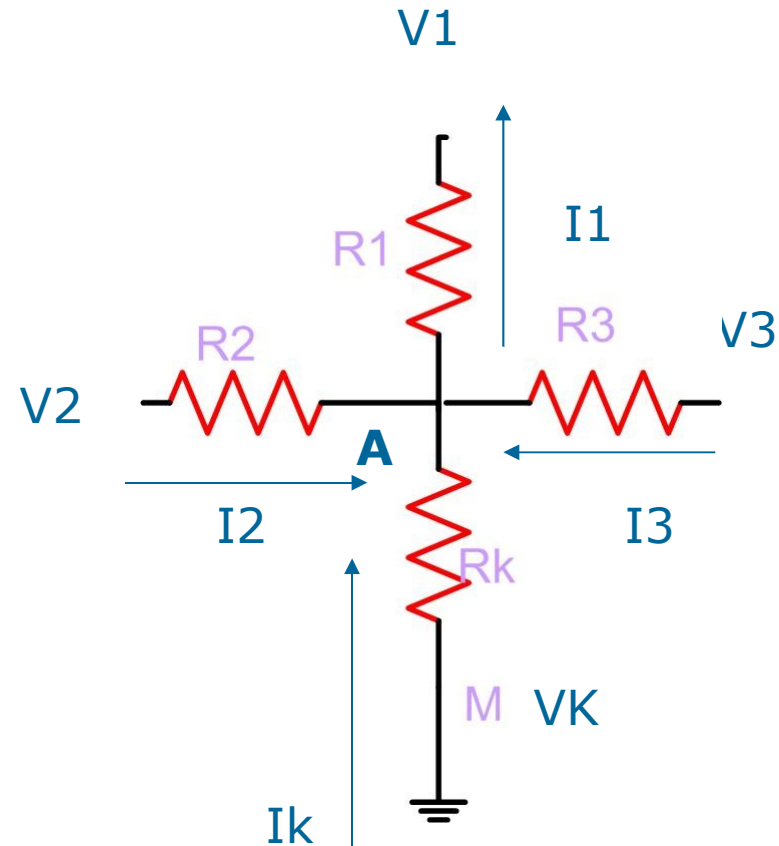
Si on écrit la loi des noeuds :

$$\sum_{i=1}^n I_i = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_k = 0$$

$$G_i = \frac{1}{R_i}$$

$$\frac{V_1 - V_A}{R_1} + \frac{V_2 - V_A}{R_2} + \frac{V_3 - V_A}{R_3} + \frac{V_4 - V_A}{R_4} + \dots + \frac{V_K - V_A}{R_K} = 0$$

$$(V_1 - V_A) G_1 + (V_2 - V_A) G_2 + (V_3 - V_A) G_3 + \dots + (V_K - V_A) G_K = 0$$



Théorème de Milleman

On pourra donc écrire que :

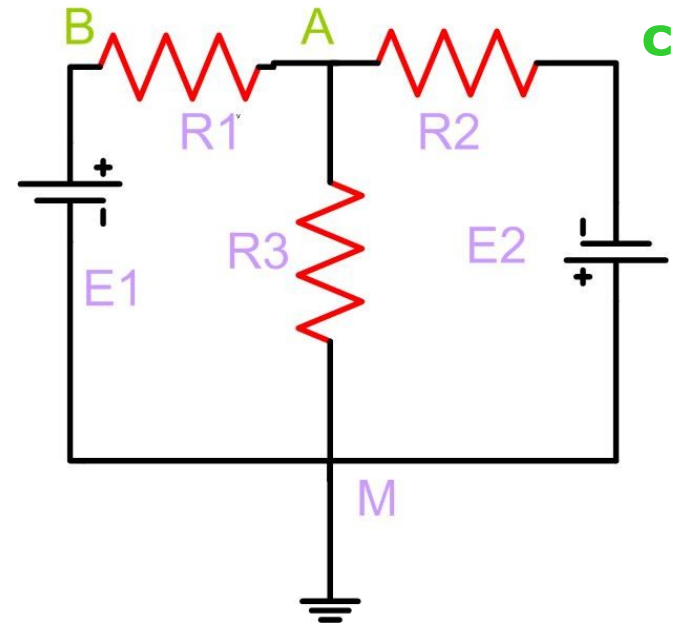
$$V_A \sum_{i=1}^n G_i = \sum_{i=1}^n V_i G_i$$

Le potentiel du point A par rapport à celui de la référence commune est donc :

$$V_A = \frac{\sum_{i=1}^n V_i G_i}{\sum_{i=1}^n G_i}$$

Application :

$V_B = 12 \text{ V}$, $R_1 = 10 \ \Omega$; $R_2 = 15 \ \Omega$; $R_3 = 10 \ \Omega$
 $V_C = -20 \text{ V}$
 $V_M = 0$.

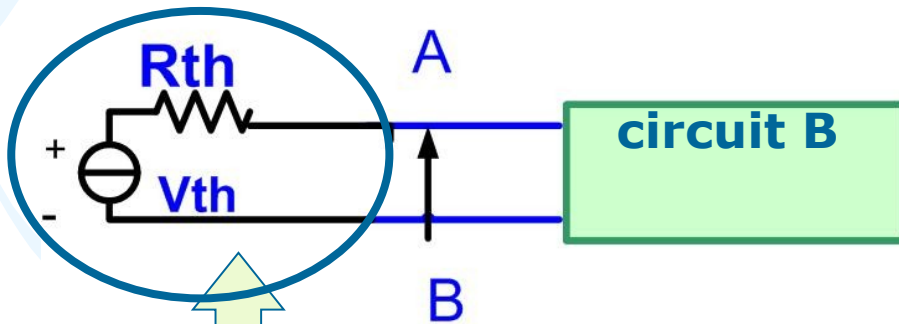
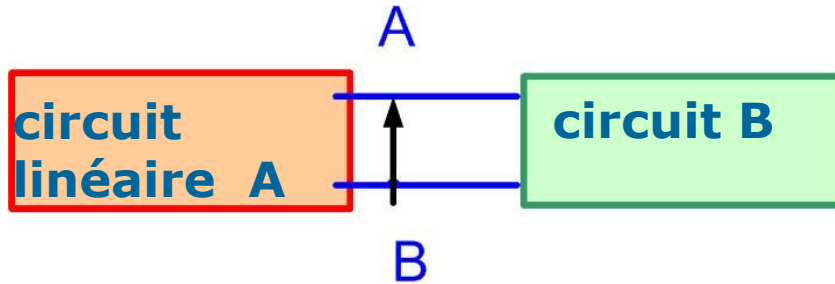


$$V_A = \frac{\sum_{i=1}^n V_i G_i}{\sum_{i=1}^n G_i} = \frac{\frac{V_B}{10} + \frac{V_C}{15} + \frac{V_M}{10}}{\frac{1}{10} + \frac{1}{15} + \frac{1}{10}} = -0,50V$$

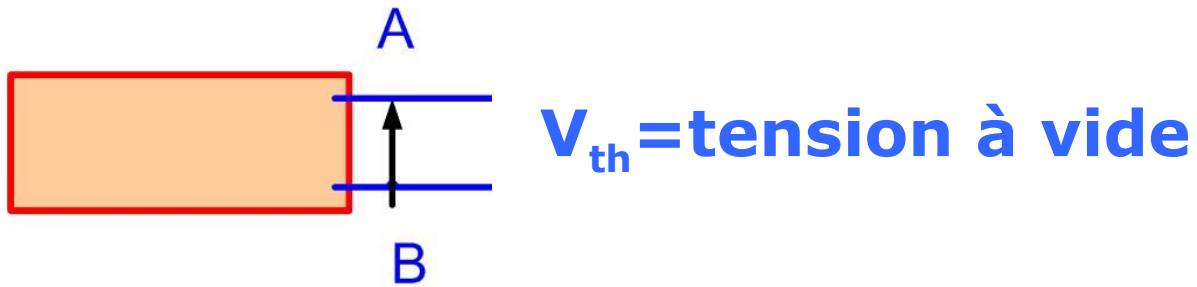
$$V_A = -0,50V$$

9-Théorème de Thevenin-Norton:

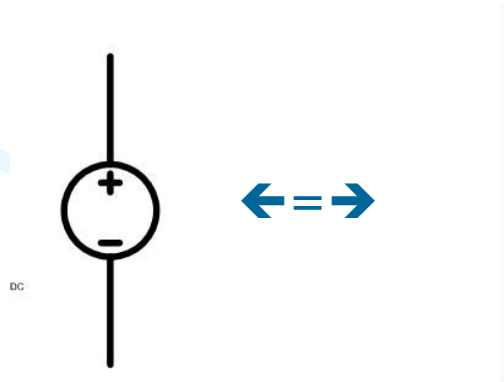
Méthode :



circuit équivalent Thevenin



R_{th} = resistance équivalente obtenue en désactivant toutes les sources actives



Désactivation

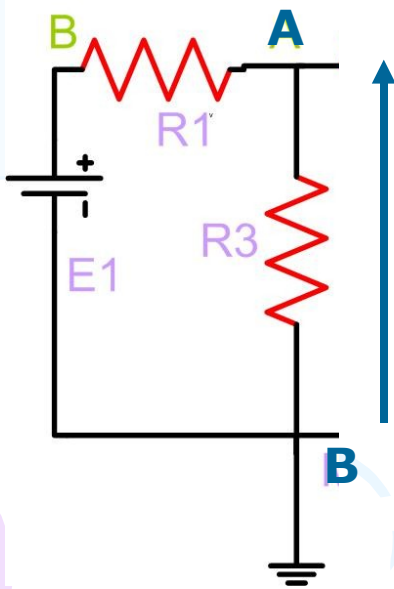
Application du théorème de Thevenin:

$$E1=6V$$

$$E2=-12V$$

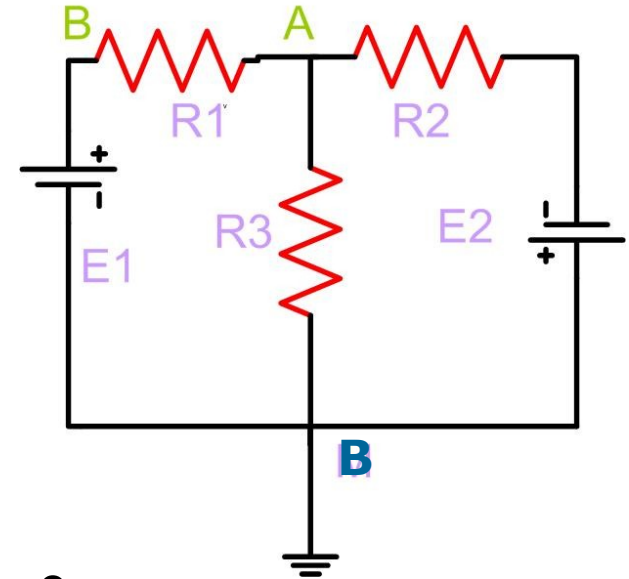
$$R1=1K\Omega, R2=9K\Omega, R3=2K\Omega$$

a) tension à vide : V_{th} :

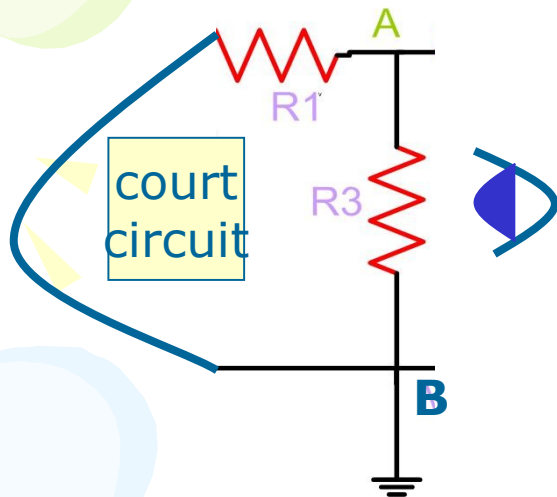


$$V_{Th} = E_1 \cdot \left[\frac{R_3}{R_1 + R_3} \right] = 6 \cdot \frac{2}{2 + 1} = 4V$$

$$V_{Th} = V_{AB[VIDE]} = 4V$$



Resistance de Thevenin : on court-circuite les sources actives

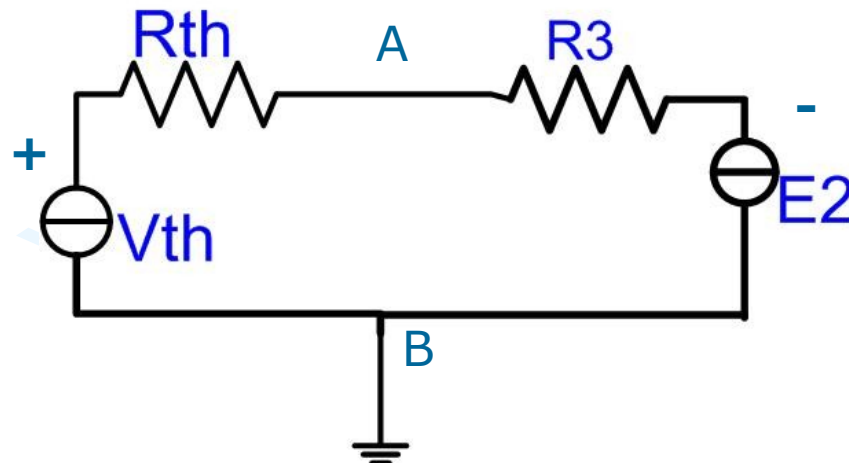


$$R_{th} = R3 // R1$$

$$R_{th} = (R3 \cdot R1) / [R3 + R1]$$

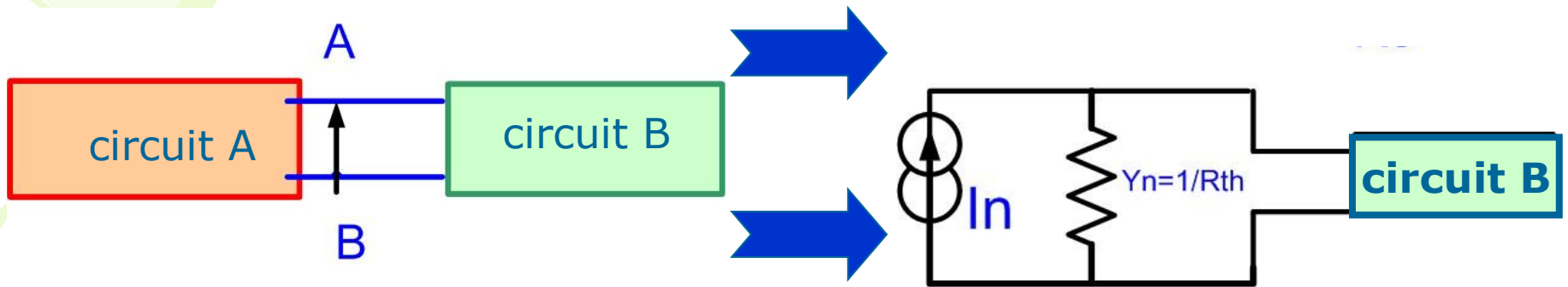
$$R_{th} = 0,66 \text{ K}\Omega$$

Circuit Thevenin équivalent :



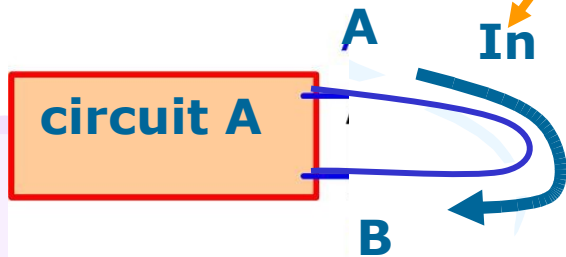
Théorème de Norton :

Circuit équivalent Norton :



Source de courant I_n : courant de Norton ou courant de court-circuit entre A et B

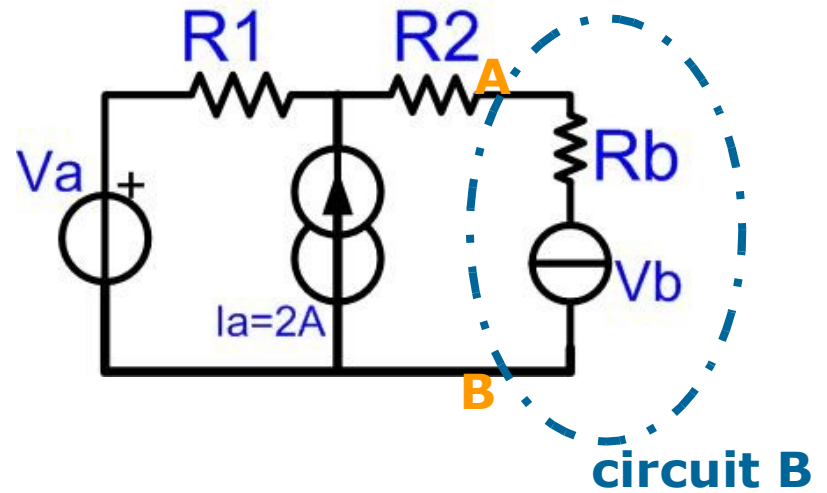
Admittance Norton Y_n = inverse de la resistance Norton



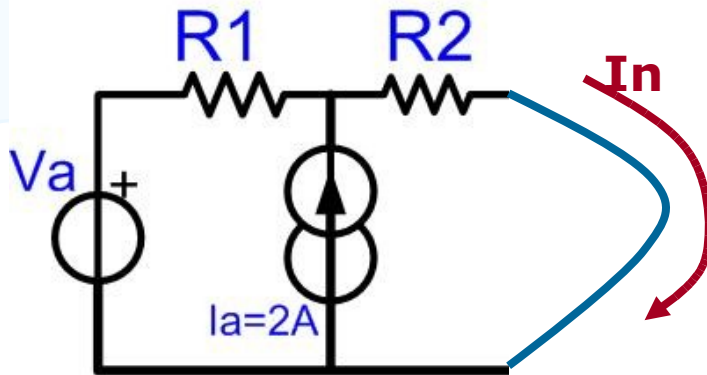
$$Y_n = \frac{1}{R_{th}}$$

Exemple :

Trouver le courant Norton
In ainsi que l'admittance Yn



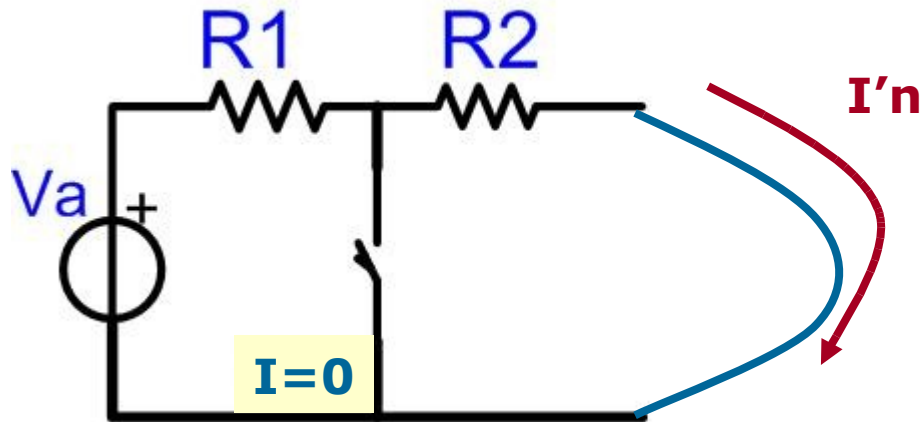
a) courant de court circuit entre A et B



$R_1 = 2\Omega$
 $R_2 = 3\Omega$
 $V_a = 4V$

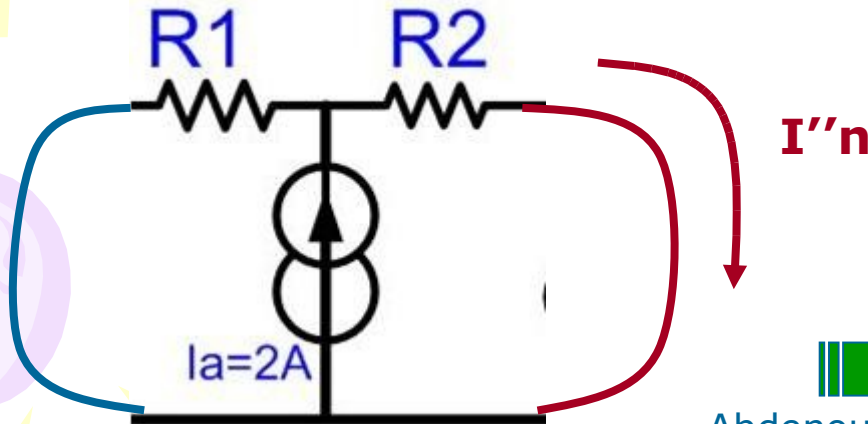
a) appliquons le th. de superposition

1-On désactive la source de courant d'abord:



$$I'_n = \frac{V_A}{R_1 + R_2} = 0,8A$$

2-on désactive la source de tension ensuite:

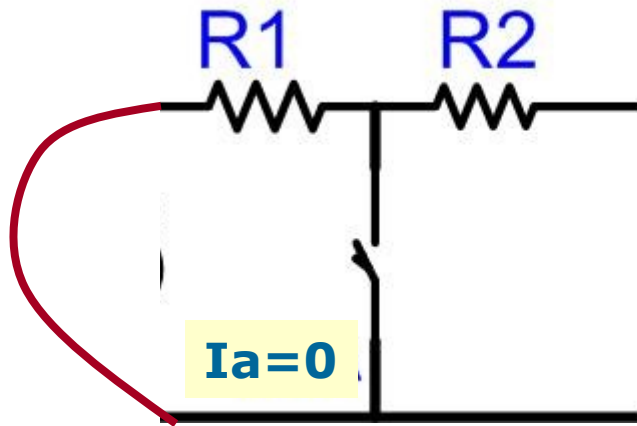


Pont diviseur de courant:

$$I''_n = \frac{R_1}{(R_1 + R_2)} \cdot I_a = 0,8A$$

$$I_n = I'_n + I''_n = 1,6A$$

Admittance Y_n vue entre A et B:



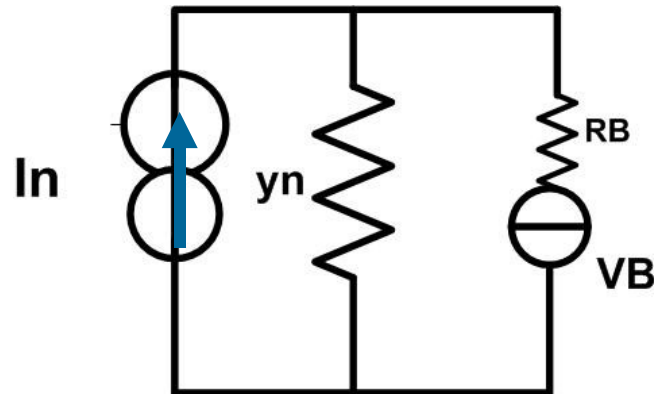
$$R_{eq} = R1 + R2$$

$$Y_n = 1/(R1 + R2)$$

$$Y_n = 0,2 \Omega^{-1}$$

schéma circuit Norton équivalent :

$$I_n = 1,6 \text{ A}$$
$$Y_n = 0,2 \Omega^{-1}$$



THEVENIN :

Résumé:

Un réseau linéaire, vu entre deux bornes A et B peut être remplacé par un générateur tension E_{th} et de résistance interne R_{th} avec :

E_{th} est la différence de potentiel à vide mesurée entre A et B

R_{th} est la résistance vue entre A et B et mesurée quand tous les générateurs du réseau sont remplacés par leurs résistances internes

NORTON/

Un réseau linéaire, vu entre deux bornes A et B peut être remplacé par une source de courant d'intensité I_n en parallèle avec une admittance Y_n :

I_n est le courant de court-circuit entre A et B

Y_n est l'inverse de la résistance mesurée entre A et B quand tous les générateurs du réseau sont remplacés par leurs résistances internes.