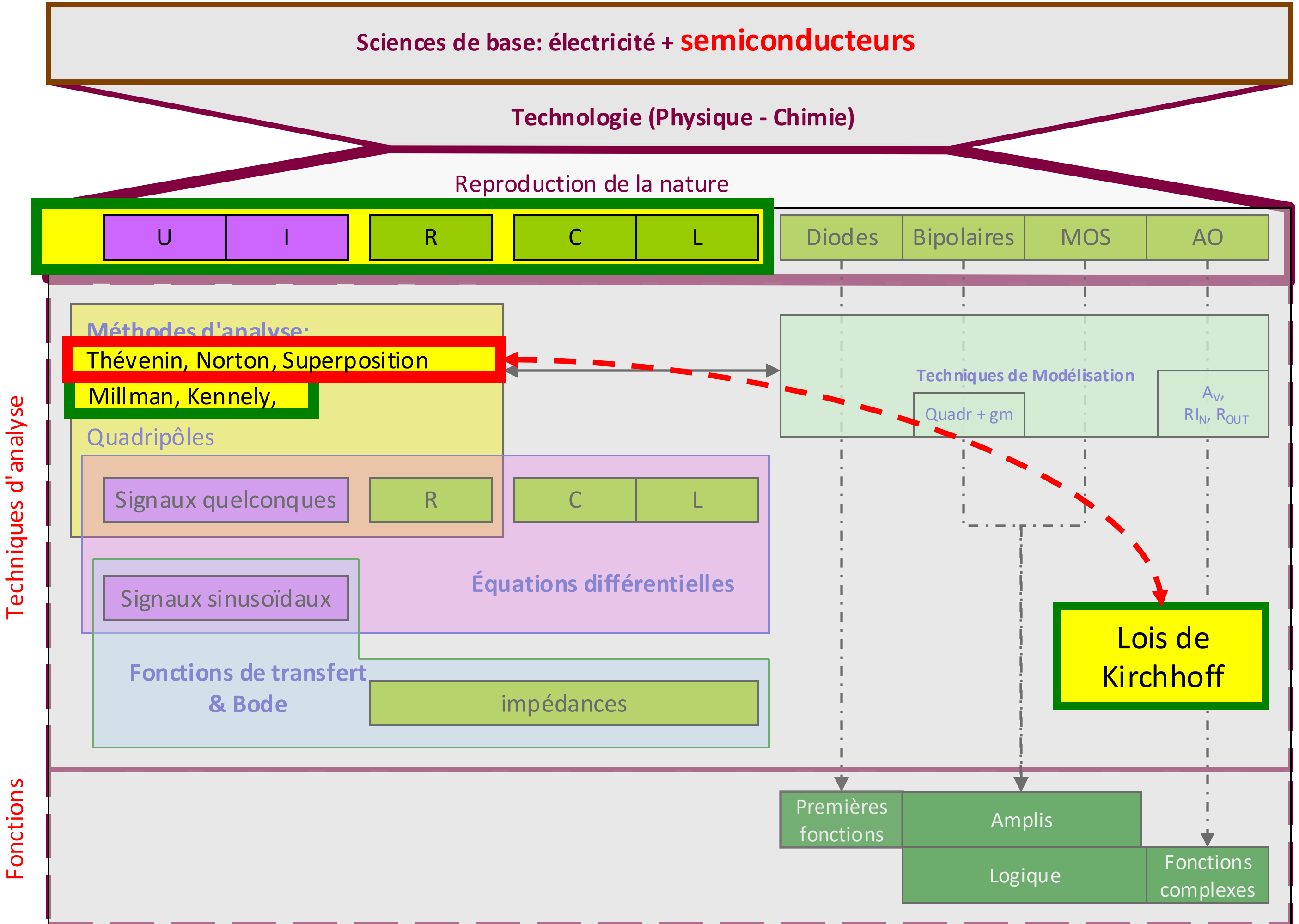
Relations entre les différentes notions



Méthodes d’analyses.

Terminologie : Notion de dipôle, tripôle, quadripôle

Équivalence des sources : Essentiel

Théorème de Thévenin (basé sur source de tension)

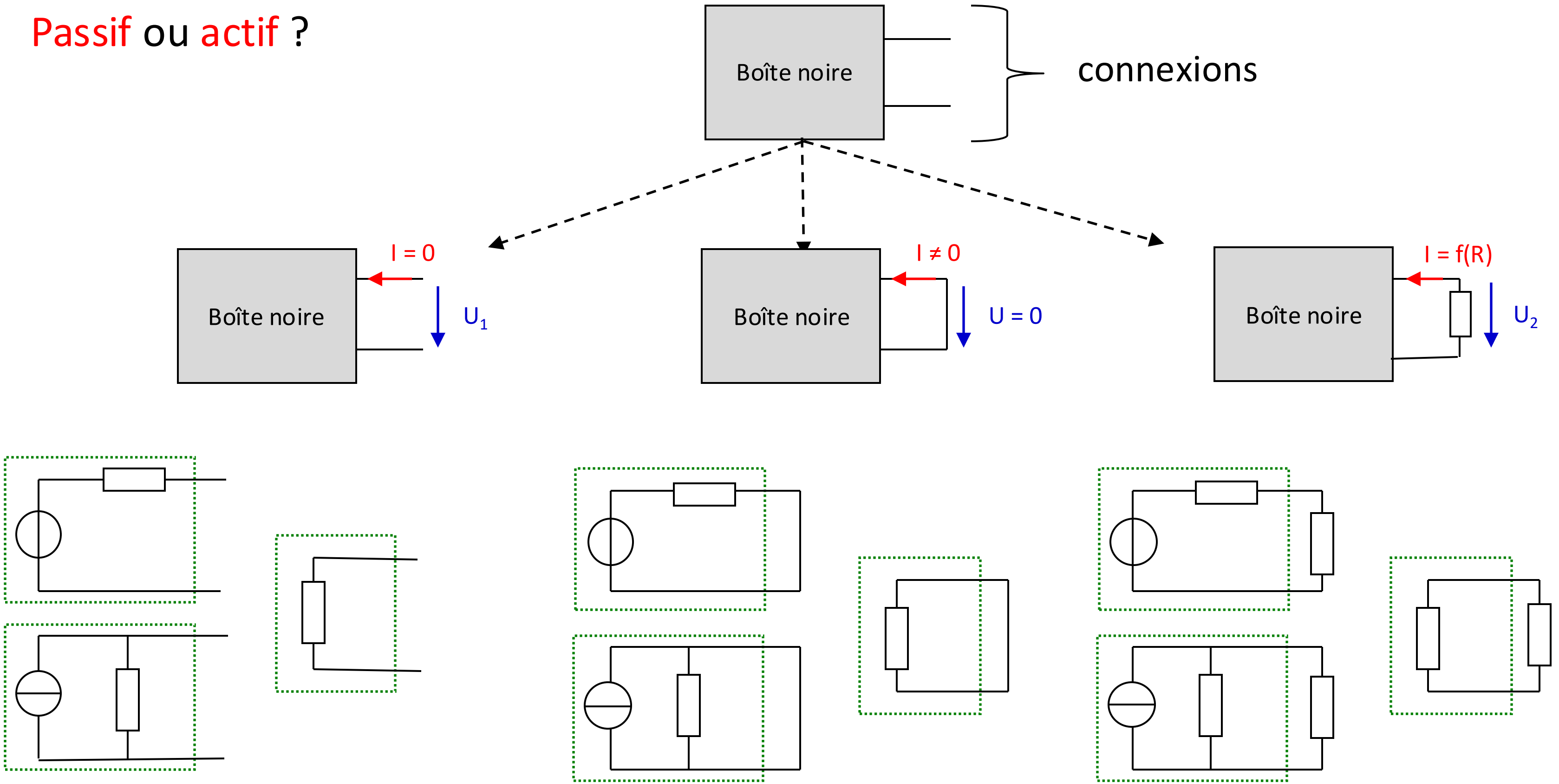
Théorème de Norton (basé sur source de courant)

Combinaison des deux théorèmes

Théorème de superposition

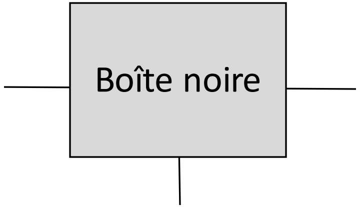
Définition : Le dipôle

Passif ou actif ?



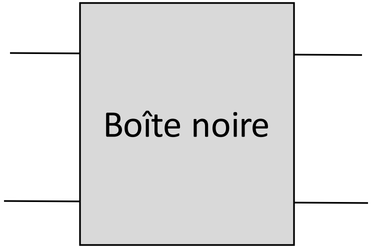
Définition : Le tripôle et le quadripôle

Le transistor est un tripôle (MOS, Bipolaire)



Pas très pratique à exploiter : Peu utilisé

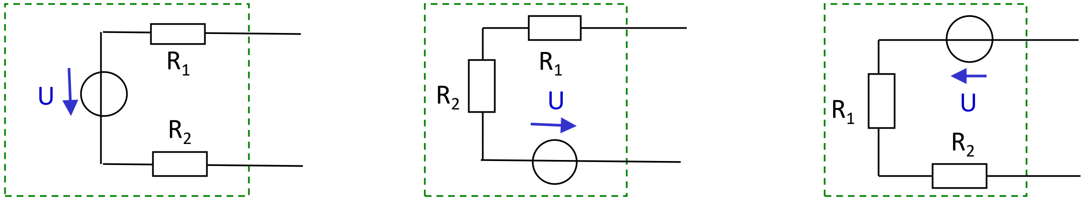
Le quadripôle



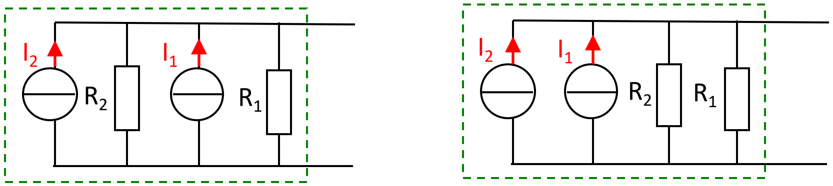
Utilisé pour transformer les grandeurs physiques I,V

Rappel des simplifications locales

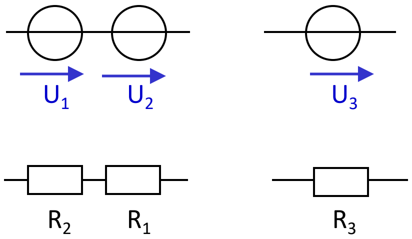
Permutation série dans un dipôle



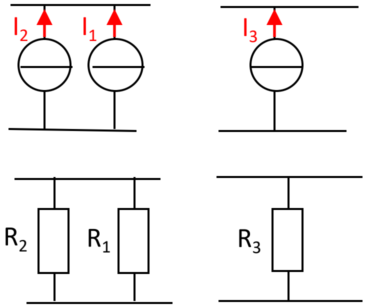
Permutation parallèle



Fusion série

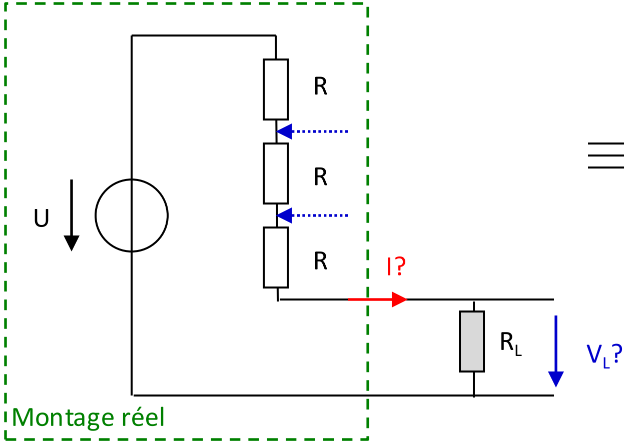


Fusion parallèle

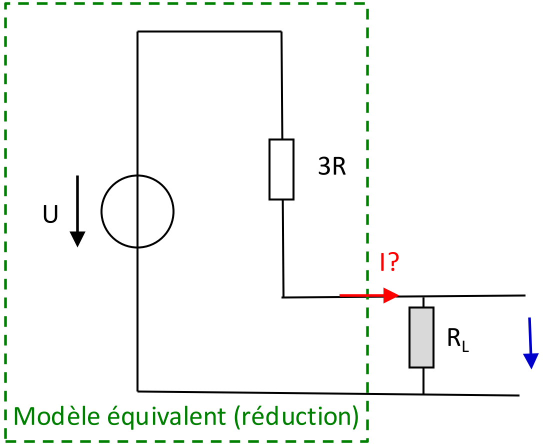


Application des techniques de simplification

Expérience 1

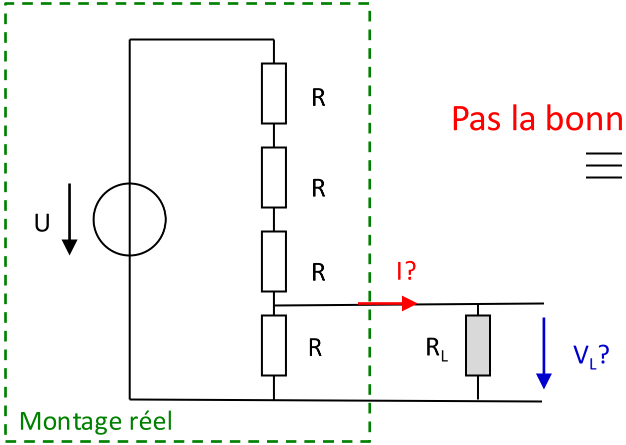


≡



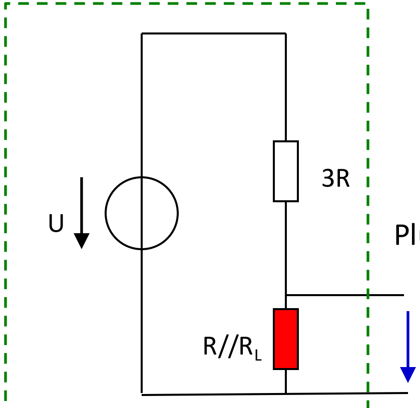
$$V_{\mathrm{L}} = U.\frac{R_L}{3R+R_L}$$

Expérience 2



Pas la bonne méthode

≡



Plus aucune indication sur I

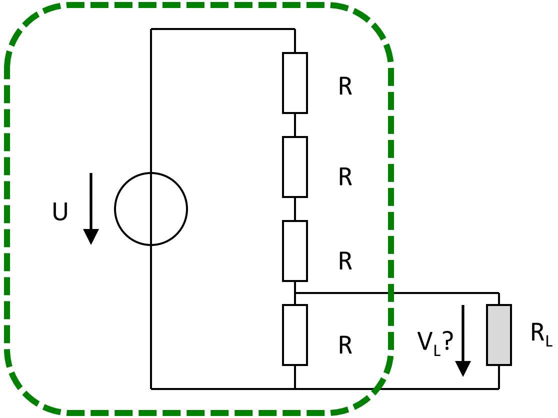
$$V_L = U.\frac{R//R_L}{3R + (R//R_L)}$$

R_L a été intégrée au montage qu'on veut modéliser.

Conceptuellement faux

Théorèmes de simplification

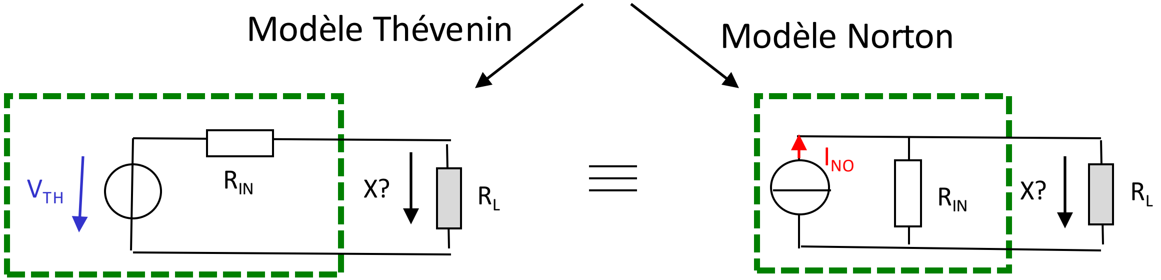
Expérience 2



A.N. : $R = R_L = 1k\Omega$, $U = 14V$
A comparer avec la suite

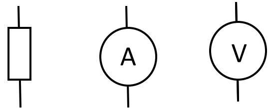
$$R_{EQ} = \frac{R.R_L}{R + R_L} = \frac{R}{2}$$

$$V_L = \frac{R_{EQ}}{R_{EQ} + 3R} U = \frac{\frac{R}{2}}{\frac{R}{2} + 3R} U = \frac{1}{7}.14 = 2V$$



Quelles expériences peut-on réaliser pour mettre en évidence?

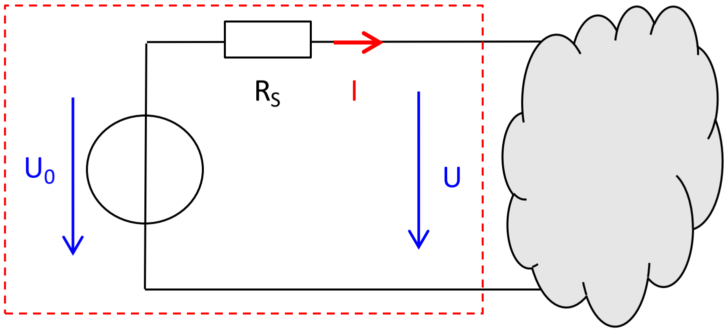
- La résistance de la boîte noire
- La source de tension de la boîte noire



Transformation de sources [1]

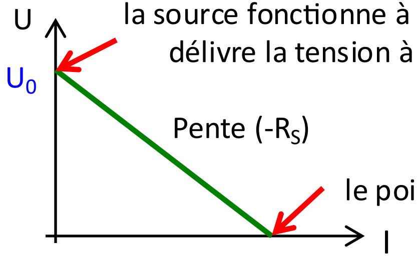
- Source linéaire de tension:
  - Définition: Source idéale et une résistance interne en série

R_S est considérée comme la résistance interne de la source linéaire de tension.



  - Via loi des mailles de Kirchhoff: $R_S.I + U - U_0 = 0$ ou encore $\boxed{U = U_0 - R_S.I}$

C'est l'équation d'une droite de pente négative ($-R_S$)



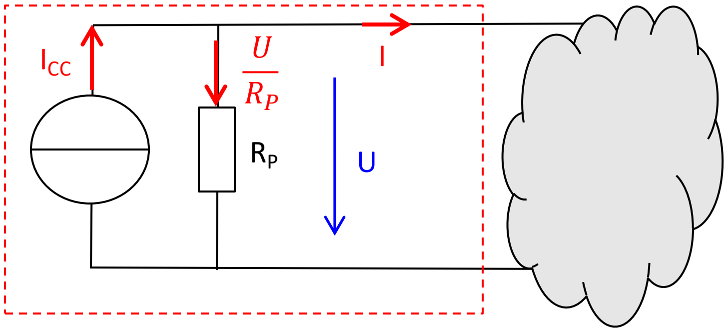
la source fonctionne à vide et elle délivre la tension à vide U_0

le point à tension nulle ou court-circuit: $\boxed{I(U = 0) = \frac{U_0}{R_S}\ [A]}$

Transformation de sources [2]

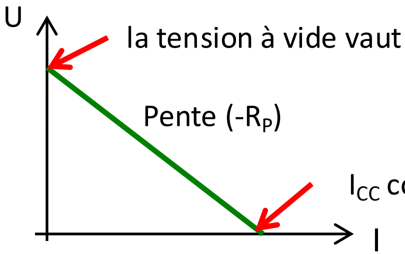
- Source linéaire de courant:
  - Définition: Source idéale et une résistance interne en parallèle

R_P est considérée comme la résistance interne de la source linéaire de courant.



  - Via loi des nœuds de Kirchhoff : $I_{CC} - \frac{U}{R_P} - I = 0$ ou encore $\boxed{U = R_P . I_{CC} - R_P . \mathrm{I}}$

C'est l'équation d'une droite de pente négative ($-R_P$)



la tension à vide vaut : $U\ (I = 0) = R_P . I_{CC}$ [V]

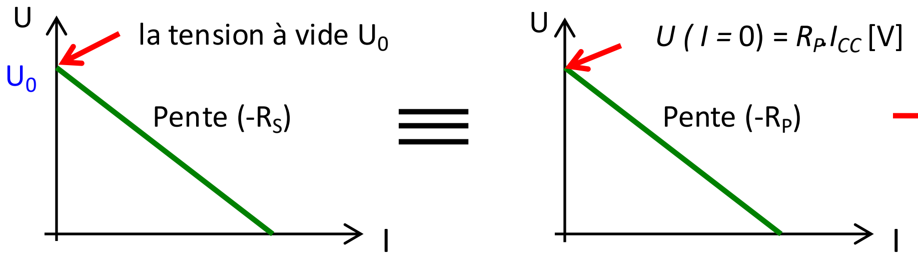
I_{CC} courant de court-circuit délivré par la source idéale.

Transformation de sources [3]

- Remplacement source linéaire de tension par source linéaire de courant et réciproquement
  - Pourquoi: Caractéristiques communes (droite de pente négative)
  - Comment:
    - il faut que les caractéristiques aient exactement la même pente

      $$\left.\begin{array}{l}\text{Pour la tension pente} = -R_S \\ \text{pour le courant pente} = -R_P\end{array}\right\} \quad R_S = R_P = R\ [\Omega]$$

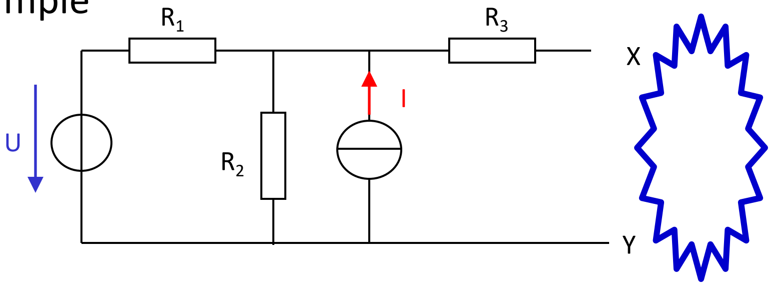
    - Les caractéristiques passent par un même point (par exemple tension à vide)

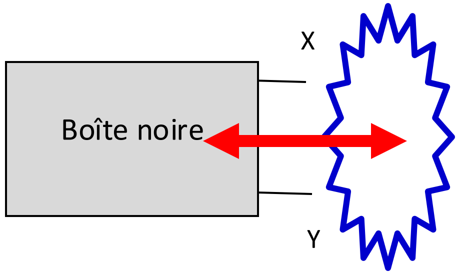


On obtient: $U_0 = R.I_{CC}$ [V]

Le théorème de Thévenin (Léon Charles) : principe

Exemple simple

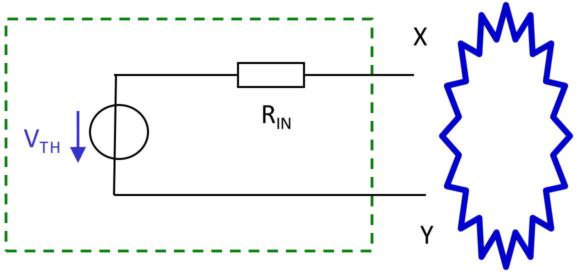




Le circuit est un **dipôle**. Pour le monde extérieur, ce dipôle est assimilable à une boîte noire

Définition:

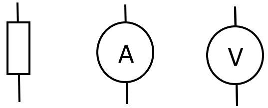
“ Le dipôle (boîte noire) est constitué d’une source de tension en série avec une résistance ”



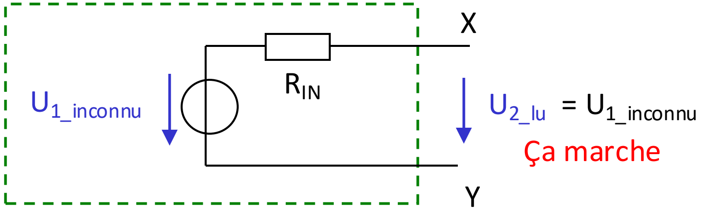
Comment **calculer** et comment **mesurer** :

- La résistance R_{IN} de la boîte noire
- La source V_{TH} de tension de la boîte noire

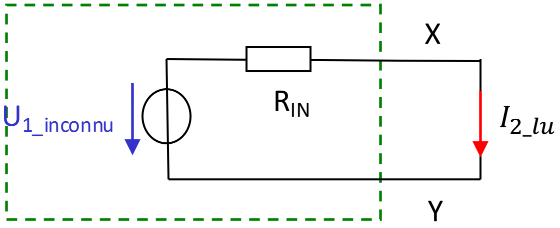
On commence par mesurer : Expérience avec des éléments suivants :



Expérimentation pour mesurer le modèle de Thévenin

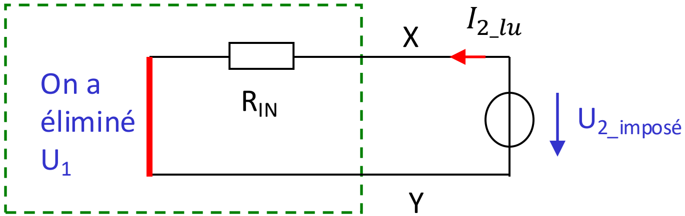


Ça marche



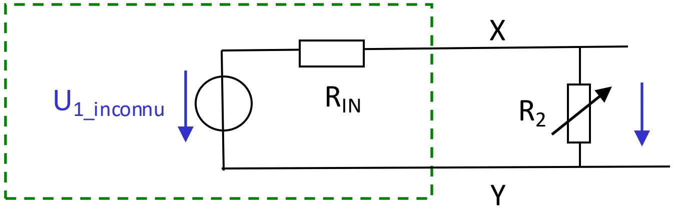
$$R_{IN} = \frac{U_{1\_inconnu}}{I_{2\_lu}}$$

Sur papier OK
Danger en pratique



$$R_{IN} = \frac{U_{2\_imposé}}{I_{2\_lu}}$$

Sur papier OK
En pratique impossible à faire



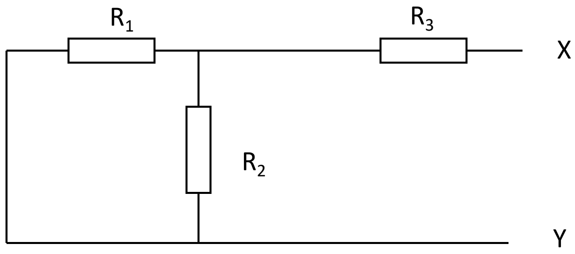
$$U_{2\_lu} = \frac{R_2}{R_2 + R_{IN}} \cdot U_{1\_inconnu}$$

A ce stade $U_{1\_inconnu}$ est en principe déterminé
Prendre $R_2 = R_{IN}$ obtenu lorsque l'on lit
$U_{2\_lu} = U_{1\_Inconnu}/2$

Méthode de base pour calculer le modèle de Thévenin

La valeur de la résistance est obtenue :

1. En éliminant les sources intérieures
2. En évaluant la résistance vue depuis les bornes du dipôle



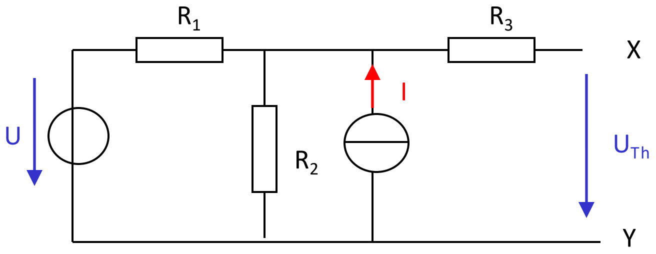
Remarque :

Éliminer une source de tension → la remplacer par un court-circuit

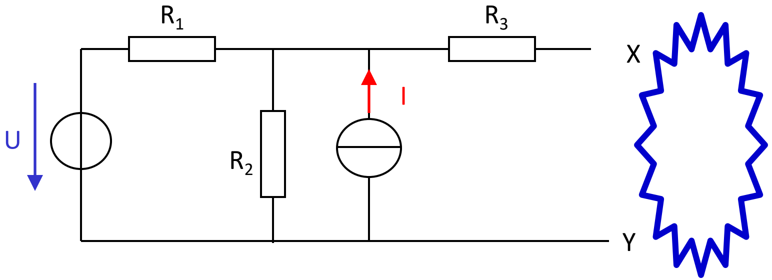
Éliminer une source de courant → la remplacer par un circuit ouvert.

La valeur de la source de tension est obtenue :

1. En laissant les bornes du dipôle à vide
2. En calculant la tension aux bornes du dipôle

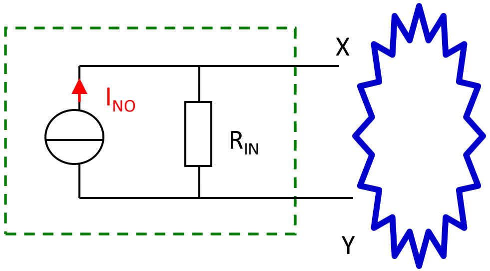


Le théorème de Norton (Edward): principe



Définition

“ Un dipôle constitué d’une source de courant en parallèle avec une résistance ”

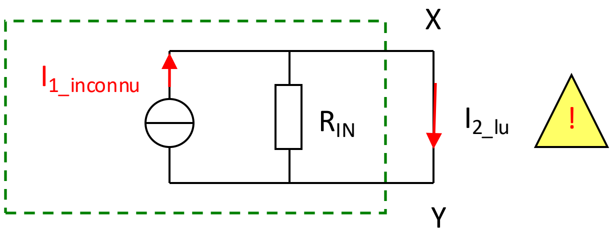


Pour le monde extérieur, le dipôle réel ou le modèle sont fonctionnellement identiques

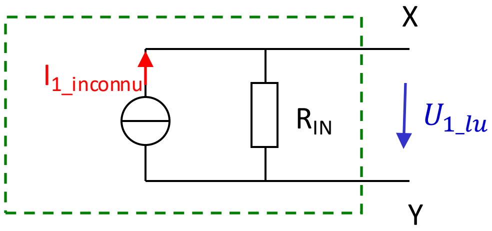
Comment **calculer** et comment **mesurer** :

- La résistance R_{IN} de la boîte noire
- La source I_{NO} de courant de la boîte noire

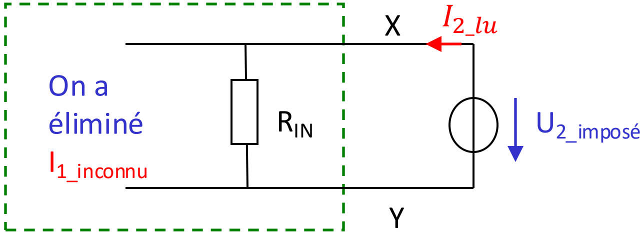
Expérimentation pour mesurer le modèle de Norton



Danger



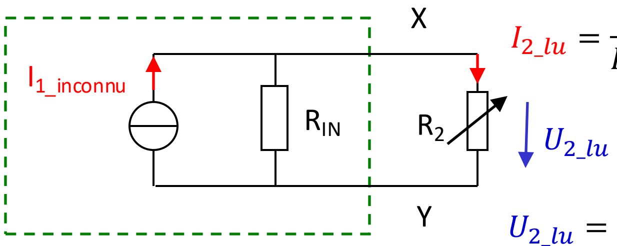
$U_{1\_lu} = R_{IN}.I_{1\_inconnu}$ Toujours deux inconnues



$$R_{IN} = \frac{U_{2\_imposé}}{I_{2\_lu}}$$

Sur papier OK

En pratique impossible à faire



$$I_{2\_lu} = \frac{R_{IN}}{R_2 + R_{IN}}.I_{1\_inconnu}$$

$$U_{2\_lu} = \frac{R_2.R_{IN}}{R_2 + R_{IN}}.I_{1\_inconnu}$$

A ce stade $I_{1\_inconnu}$ n'est pas encore déterminé

Prendre $R_2 = R_{IN}$ obtenu lorsque l'on lit

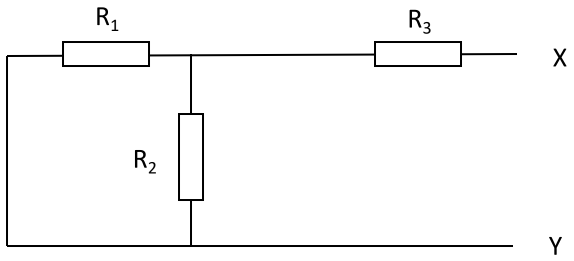
$$U_{2\_lu} = \frac{1}{2} U_{1\_lu}$$

En déduire $I_{1\_inconnu}$

Méthode de base pour calculer le modèle de Norton

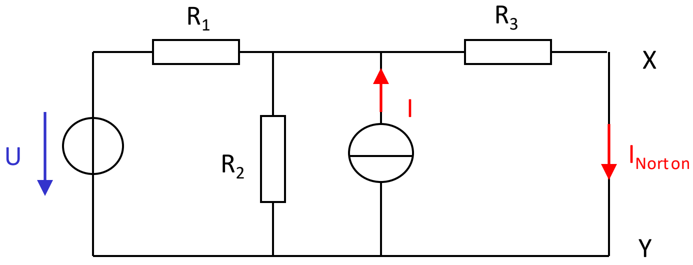
La valeur de la résistance est obtenue :

1. En éliminant les sources intérieures
2. En évaluant la résistance vue depuis les bornes du dipôle

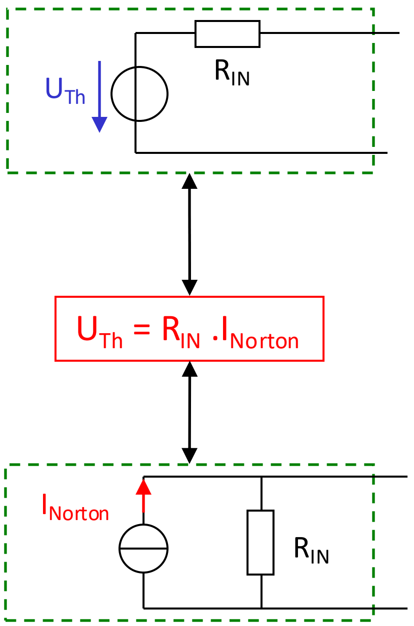


La valeur de la source de courant est obtenue :

1. En court-circuitant les bornes du dipôle
2. En calculant le courant de court-circuit



Résumé et combinaison Thévenin - Norton



Tension Thévenin obtenue en mesurant (calculant) la tension à vide à la sortie

Résistance obtenue en éliminant toutes les sources internes

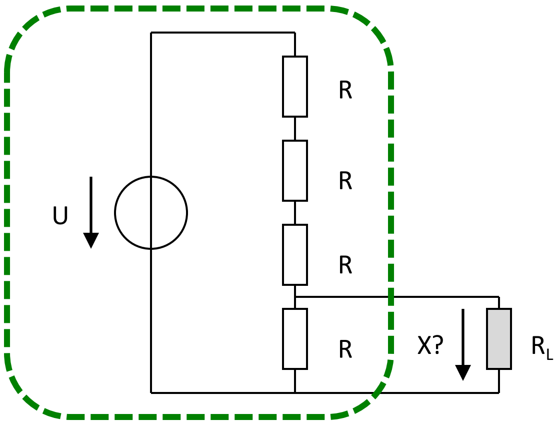
Courant Norton obtenu en mesurant (calculant) le courant de court-ciruit à la sortie

Résistance obtenue en éliminant toutes les sources internes

On va opérer des transformations Thévenin - Norton en alternance et réaliser des réductions locales (permutations et fusions) jusqu'à obtenir un modèle limité à une source et une résistance

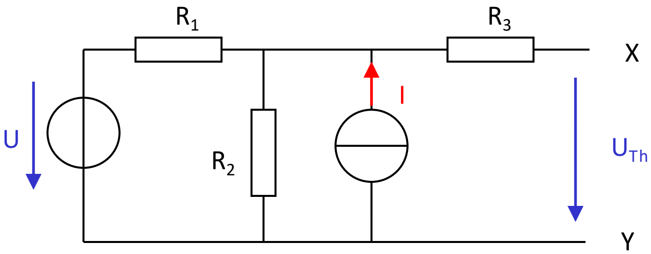
Combinaison Norton - Thévenin: Exemples

Montage 1 (dia 7)



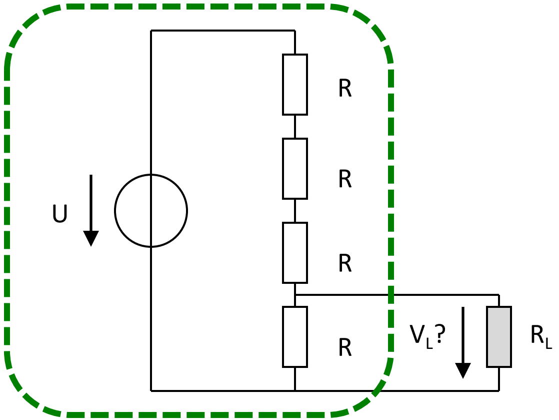
Analyse directe sans transformation/réduction

Montage 2

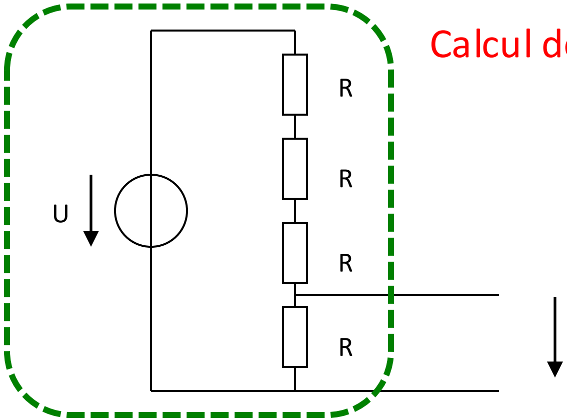


Analyse avec transformation/réduction

Développement montage 1

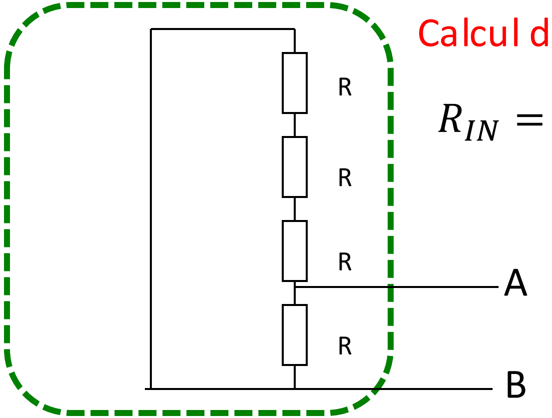


Calcul de V_{TH}

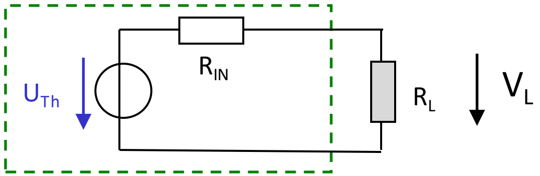


$$V_{TH} = \frac{R}{R+3R} . U = \frac{U}{4}$$

Calcul de R_{IN}

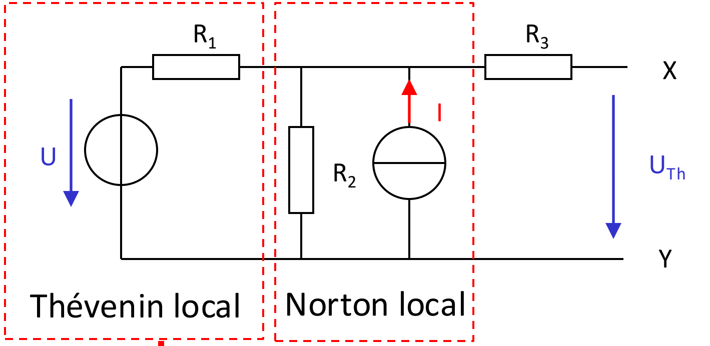


$$R_{IN} = R//3R = \frac{3}{4}R$$

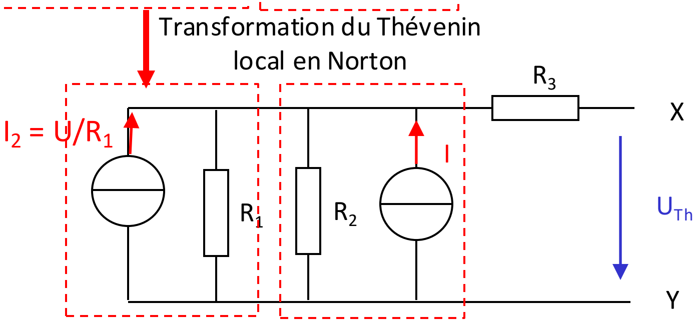


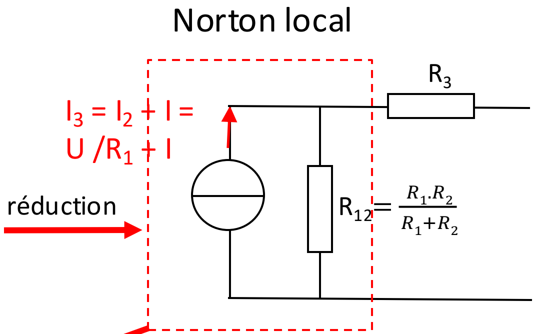
$$V_L = \frac{R_L}{R_L + R_{IN}} V_{TH} = \frac{R}{R + \frac{3}{4}R} . \frac{U}{4} = \frac{4}{7}\frac{U}{4} = 2V$$ CQFD

Développement montage 2

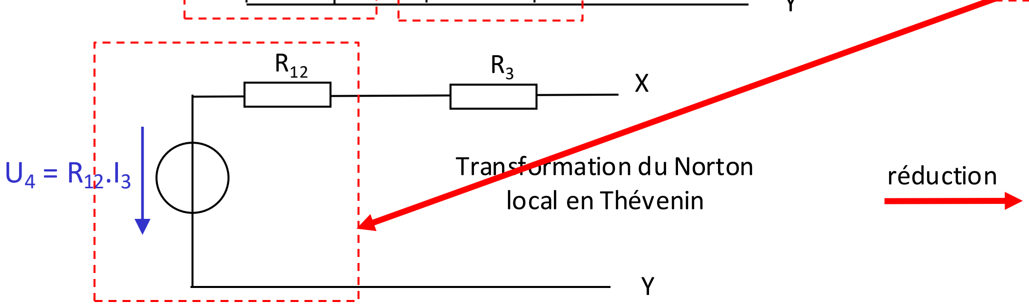


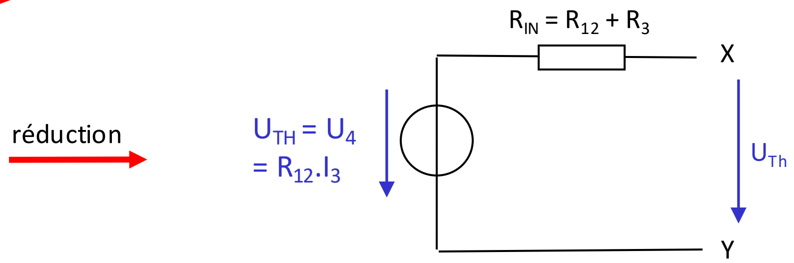
Observation : deux dipôles en parallèle
Réflexe : Il faut disposer de modèles Norton pour pouvoir fusionner des dipôles parallèles





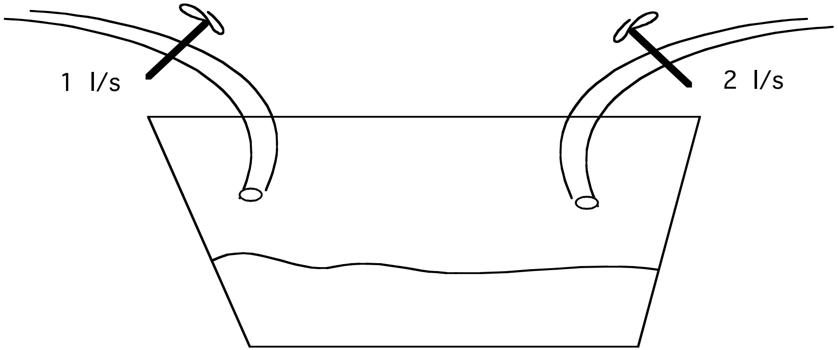
Observation : Modèle Norton en série avec R_3
Réflexe : Il faut disposer de modèles Thévenin pour pouvoir fusionner des dipôles série



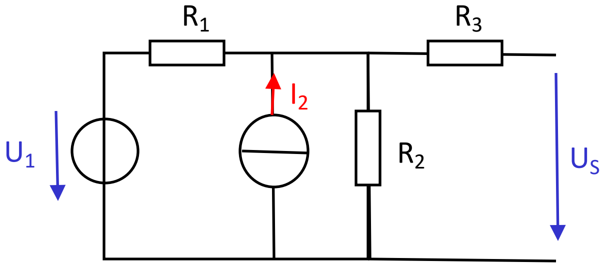


Théorème de superposition - Principe

Remplir avec A et B pendant 10 s, équivaut à :
1) Remplir avec A durant 10 s
2) puis avec B pendant 10 s



En électronique linéaire c'est la même chose



Calculer la tension U_S avec U_1 et I_2 en même temps est identique à la somme des contributions U_1 et I_2

Nous aurons $U_S(U_1)$ et $U_S(I_2)$

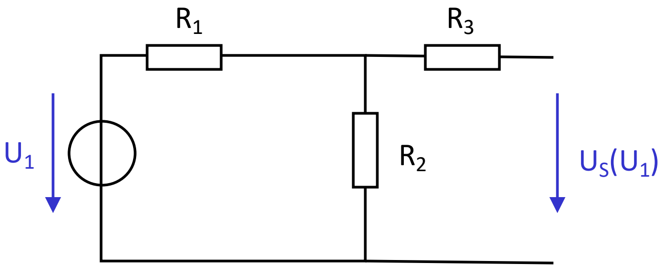
$U_{S\_Total} = U_S(U_1) + U_S(I_2)$

Théorème de superposition - Calculs

$U_S(U_1) = U_{S1}$

U_{S1} ne dépend pas de R_3

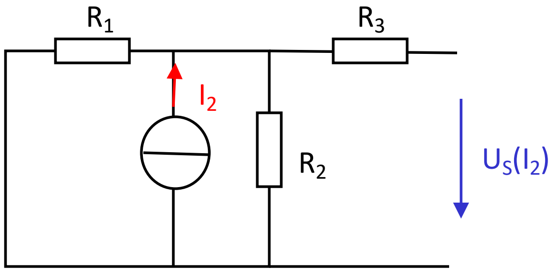
$$U_{S1}(U_1) = \frac{R_2}{R_1 + R_2} . U_1$$



$U_S(I_2) = U_{S2}$

U_{S2} ne dépend pas de R_3

$$U_{S2}(I_2) = (R_1//R_2).I_2 = \frac{R_1 . R_2}{R_1 + R_2} . I_2$$



$$U_{S\_TOTAL=} U_{S1}(U_1) + U_{S2}(I_2) = \frac{R_2}{R_1 + R_2} . U_1 + \frac{R_1 . R_2}{R_1 + R_2} . I_2$$