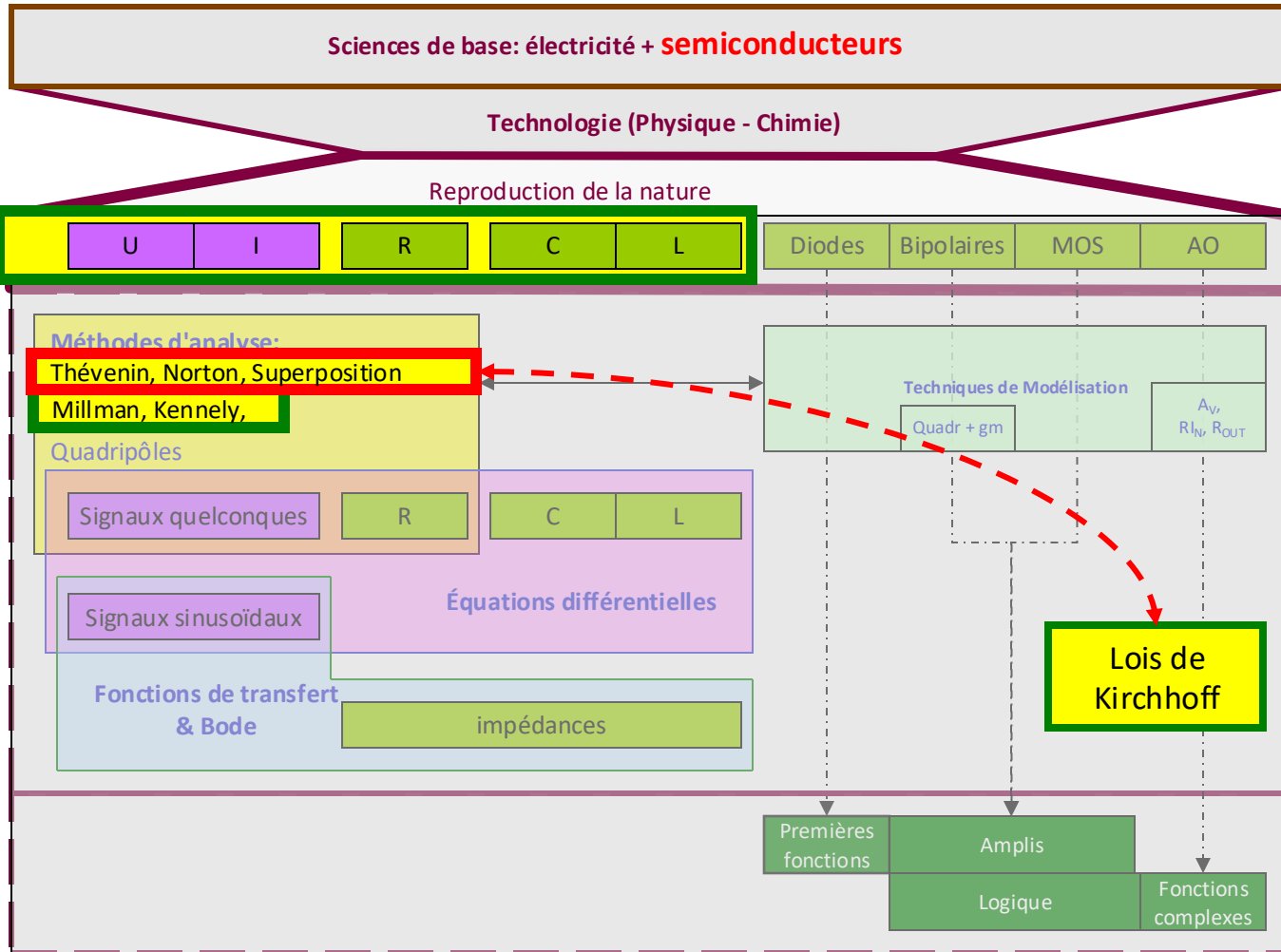


Relations entre les différentes notions



Méthodes d'analyses.

Terminologie : Notion de dipôle, tripôle, quadripôle

Équivalence des sources : **Essentiel**

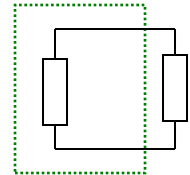
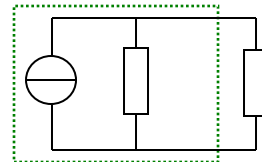
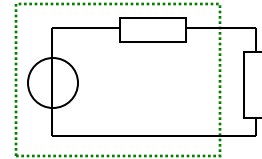
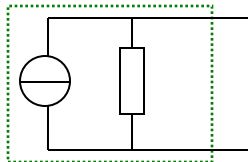
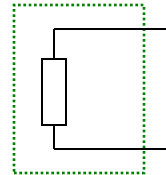
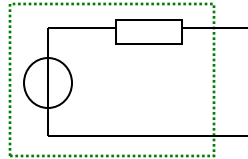
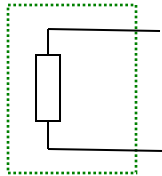
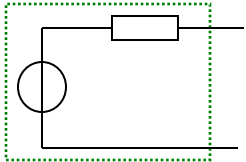
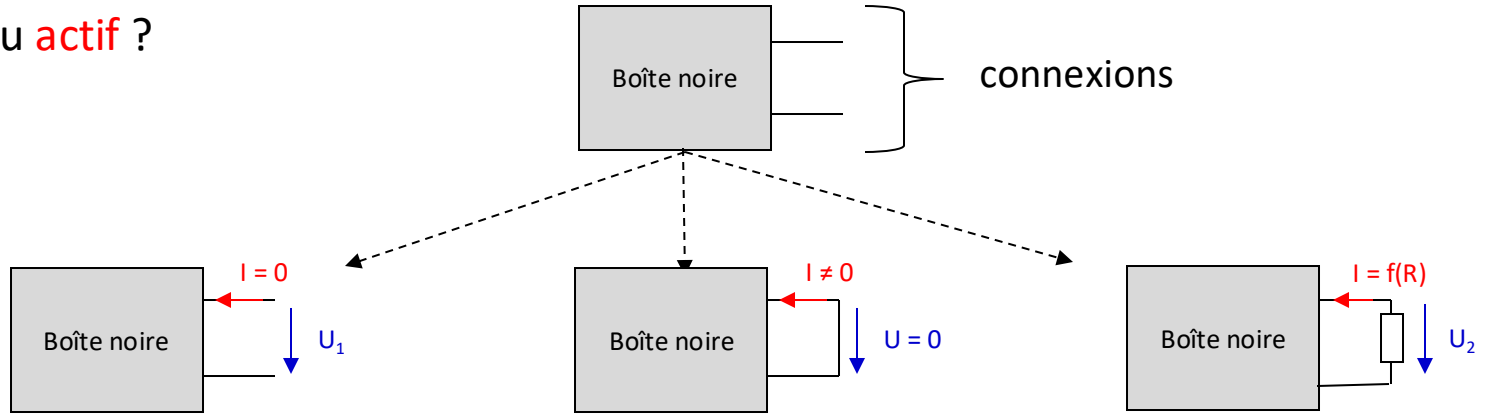
Théorème de Thévenin (basé sur source de tension)

Théorème de Norton (basé sur source de courant)

Théorème de superposition

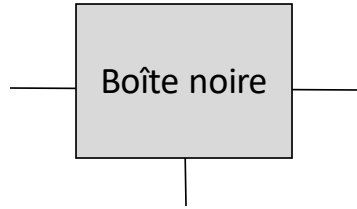
Définition : Le dipôle

Passif ou actif ?



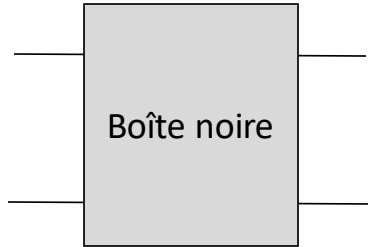
Définition : Le tripôle et le quadripôle

Le transistor est un **tripôle** (MOS, Bipolaire)



Pas très pratique à exploiter : Peu utilisé

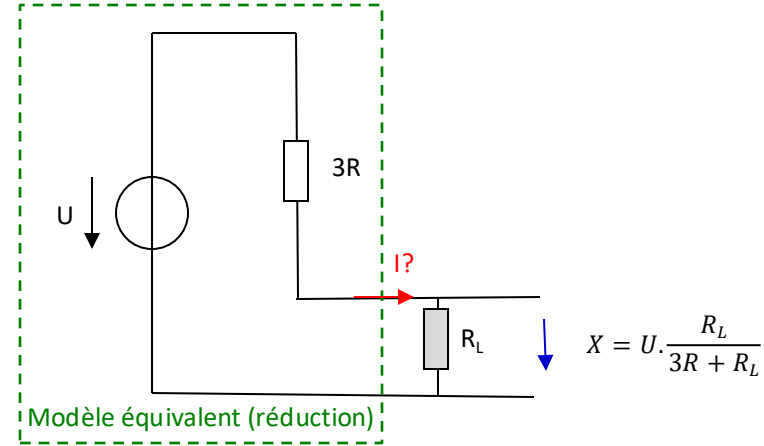
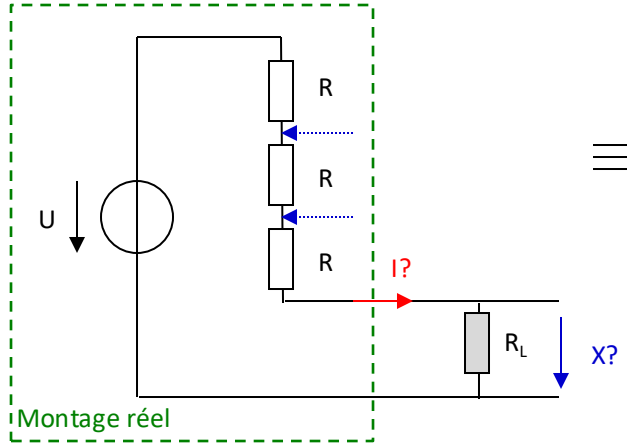
Le **quadripôle**



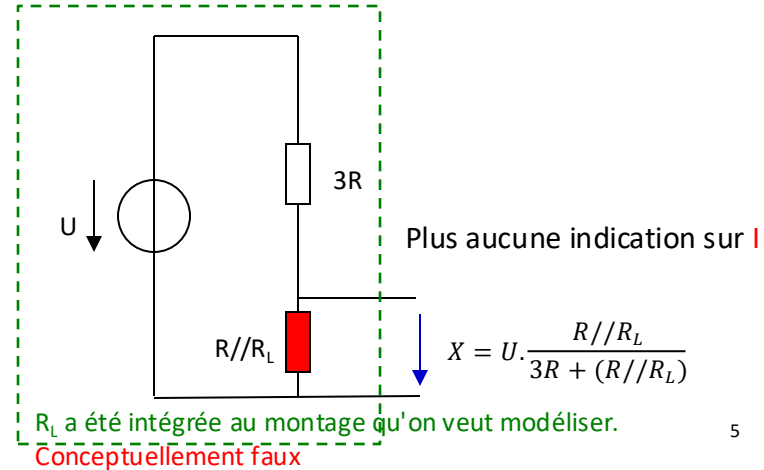
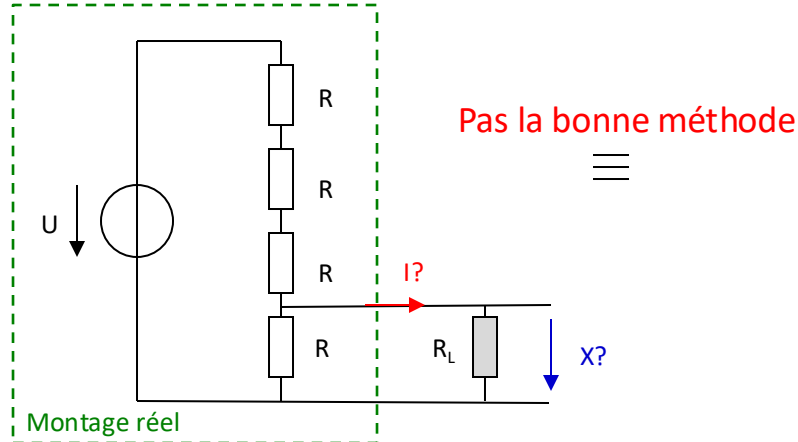
Utilisé pour transformer les grandeurs physiques I,V

Techniques de simplification

Expérience 1

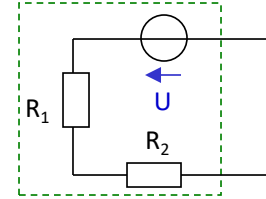
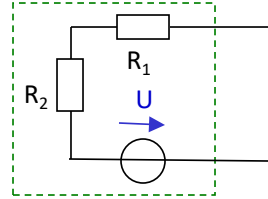
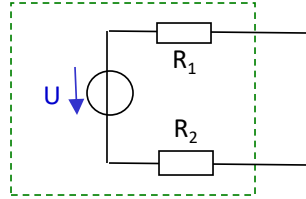


Expérience 2

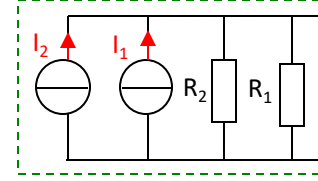
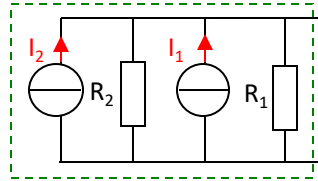


Rappel des simplifications locales

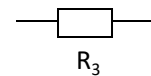
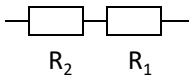
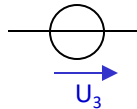
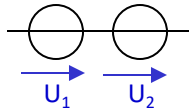
Permutation
série dans un
dipôle



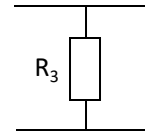
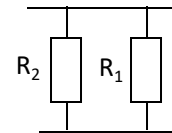
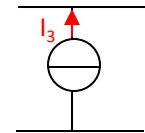
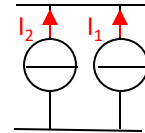
Permutation parallèle



Fusion série

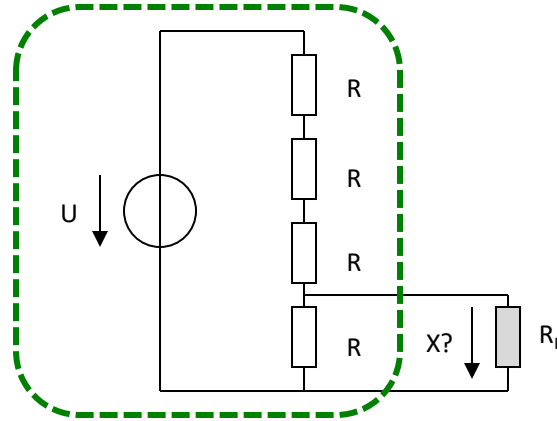


Fusion parallèle



Théorèmes de simplification

Expérience 2



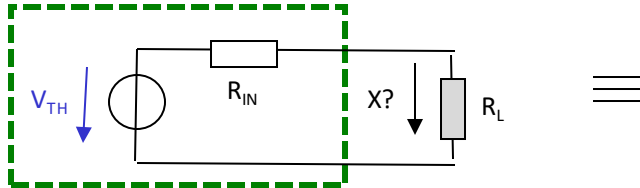
A.N. : $R = R_L = 1\text{k}\Omega$, $U = 14\text{V}$
A comparer avec la suite

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

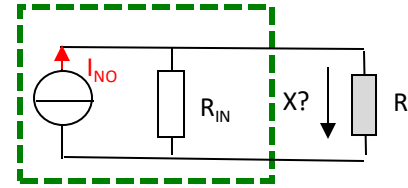
$$X = \frac{R_{EQ}}{R_{EQ} + 3R} U = \frac{\frac{R}{2}}{\frac{R}{2} + 3R} U = \frac{1}{7} \cdot 14 = 2\text{V}$$

Modèle Thévenin

Modèle Norton

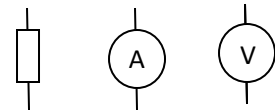


$\equiv$



Quelles expériences peut-on réaliser pour mettre en évidence?

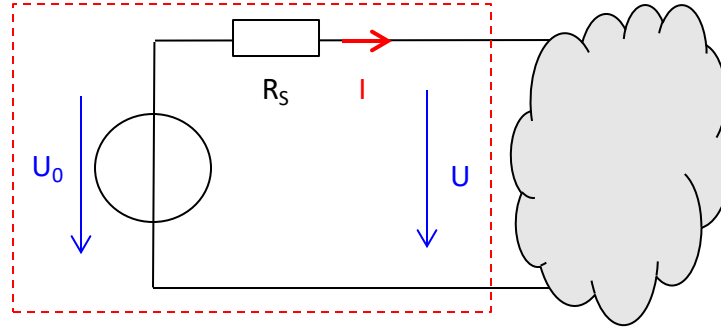
- La résistance de la boîte noire
- La source de tension de la boîte noire



Transformation de sources [1]

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

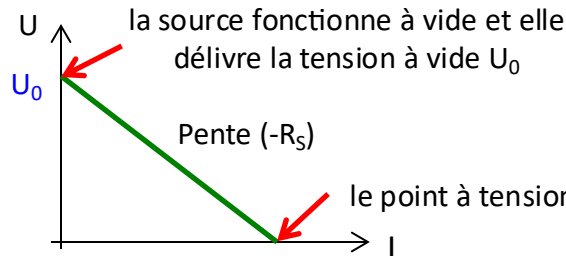
R_S est considérée comme la résistance interne de la source linéaire de tension.



- Via loi des mailles de Kirchhoff: $R_S \cdot I + U - U_0 = 0$ ou encore

$$U = U_0 - R_S \cdot I$$

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

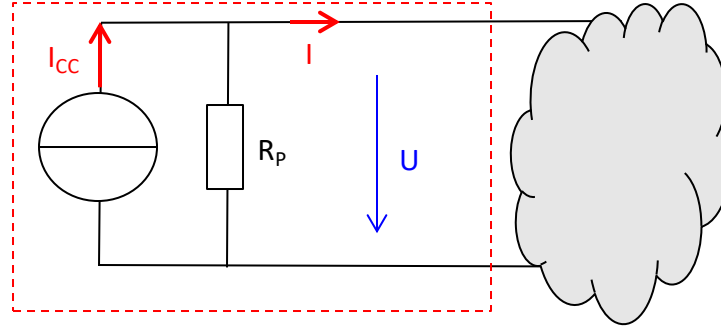


$$I(U = 0) = \frac{U_0}{R_S} [A]$$

Transformation de sources [2]

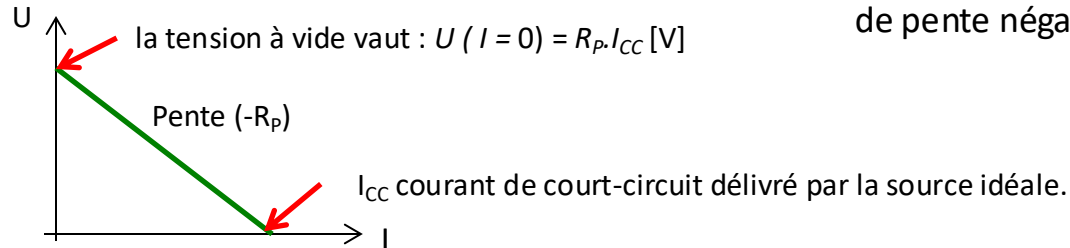
- Source linéaire de courant:
 - Définition: Source idéale et une résistance interne en parallèle

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



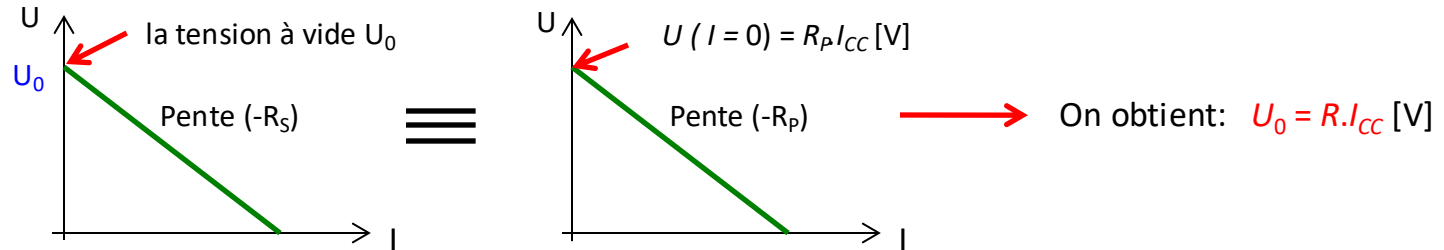
- Via loi des nœuds de Kirchhoff : $I_{CC} - \frac{U}{R_p} - I = 0$ ou encore $U = R_p \cdot I_{CC} - R_p \cdot I$

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



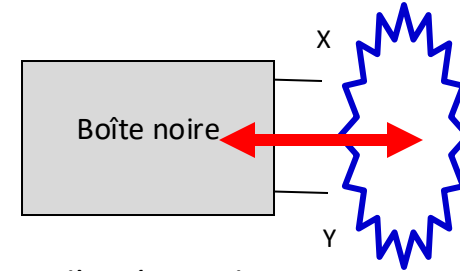
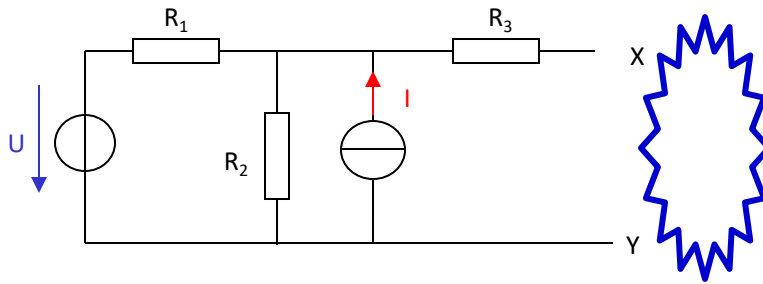
Transformation de sources [3]

- 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
Pour la tension pente = $-R_s$
pour le courant pente = $-R_p$ } $R_s = R_p = R [\Omega]$
 - Les caractéristiques passent par un même point (par exemple tension à vide)



Le théorème de Thévenin (Léon Charles) : principe

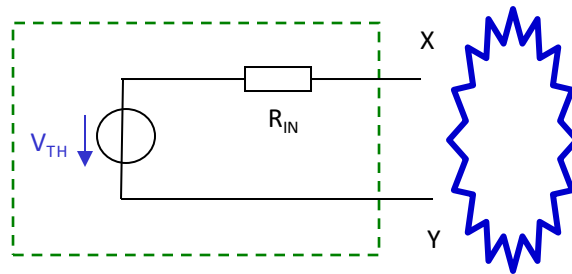
Exemple simple



Vu depuis l'extérieur, le circuit est assimilé à un **dipôle**

Définition:

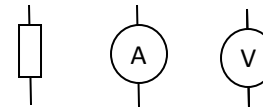
*"Le **dipôle** (boîte noire) est constitué d'une source de tension en série avec une résistance"*



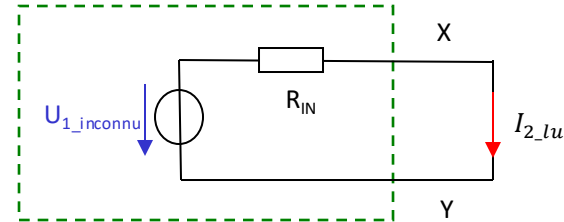
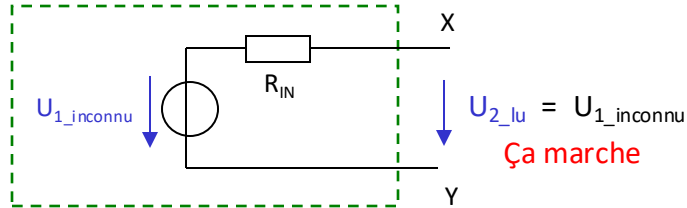
Quelles expériences peut-on réaliser pour mettre en évidence?

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

A l'extérieur on dispose des éléments suivants :

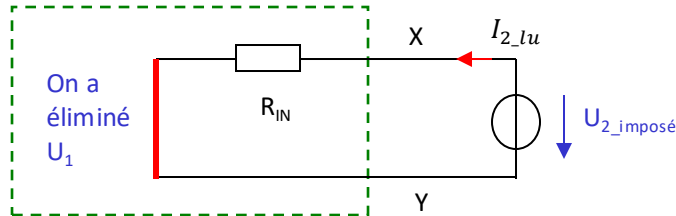


Expérimentation pour mesurer le modèle de Thévenin



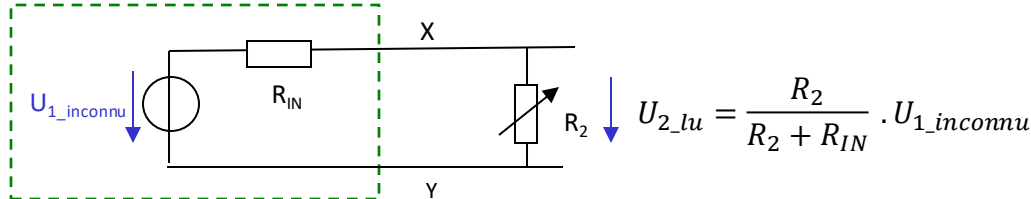
$$R_{IN} = \frac{U_{1_inconnu}}{I_{2_lu}}$$

Sur papier OK
Danger en pratique



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

Sur papier OK
En pratique impossible à faire

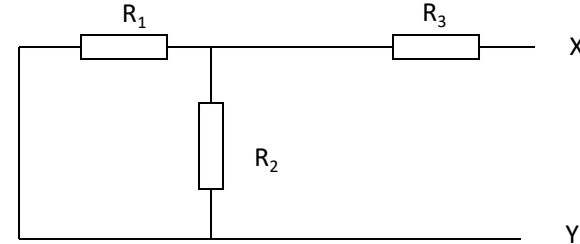


A ce stade $U_{1_inconnu}$ est en principe déterminé
Prendre $R_2 = R_{IN}$ obtenu lorsque l'on lit
 $U_{2_lu} = U_{1_inconnu}/2$

Méthode de base pour calculer le modèle de Thévenin

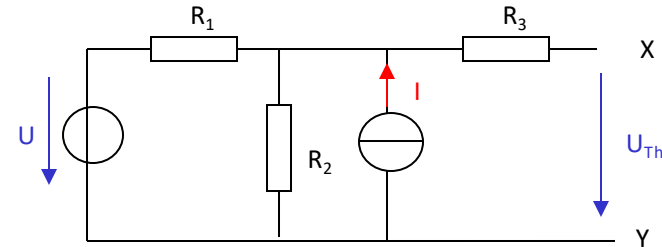
La valeur de la résistance est obtenue :

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



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

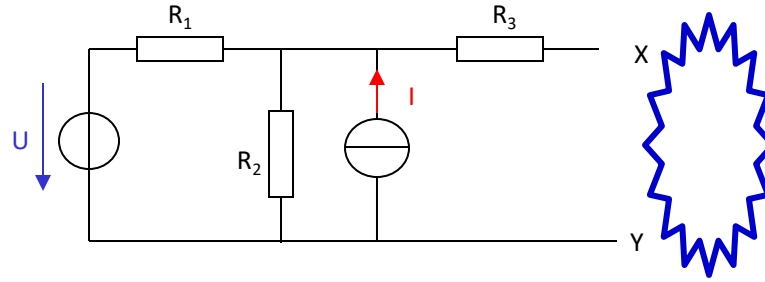


Remarque :

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

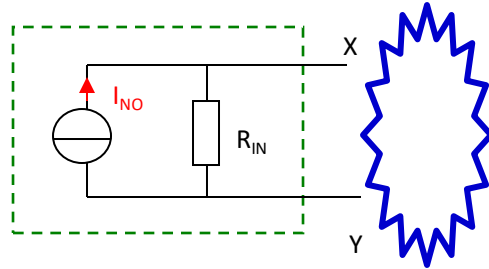
Éliminer une source de courant → la remplacer par un circuit ouvert.

Le théorème de Norton (Edward): principe



Définition

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

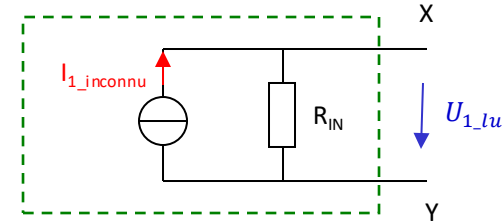
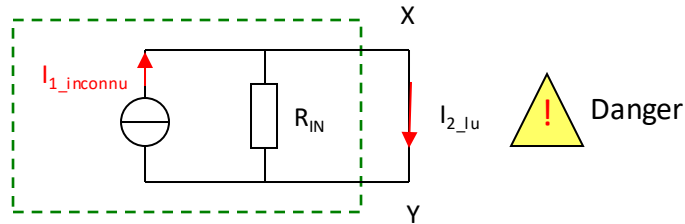


L’extérieur n’y voit toujours que du feu

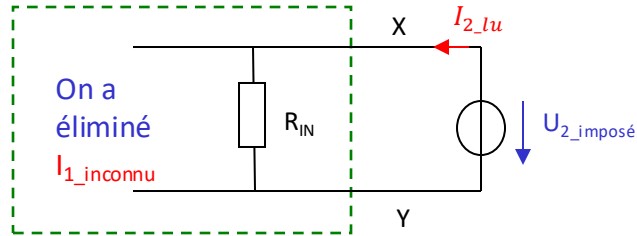
Quelles expériences peut-on réaliser pour mettre en évidence?

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

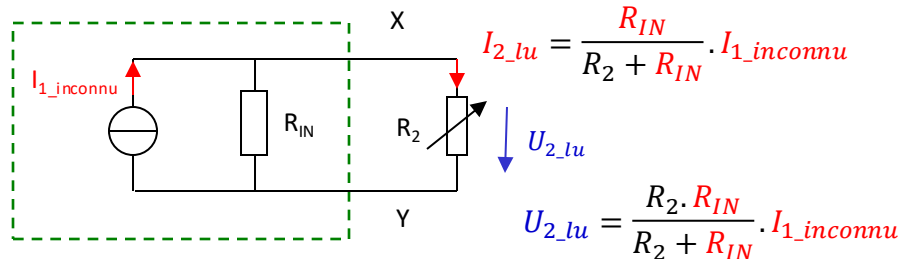
Expérimentation pour mesurer le modèle de Norton



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



$R_{IN} = \frac{U_{2_imposé}}{I_{2_lu}}$  Sur papier OK
En pratique impossible à faire



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

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

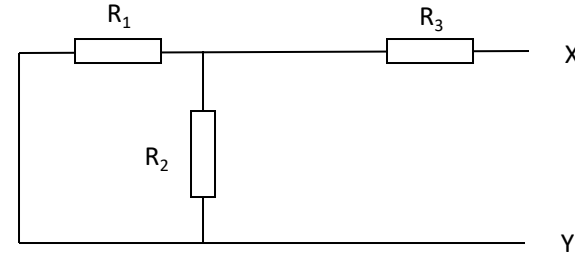
$$U_{2_lu} = U_{1_lu} / 2$$

En déduire $I_{1_inconnu}$

Méthode de base pour calculer le modèle de Norton

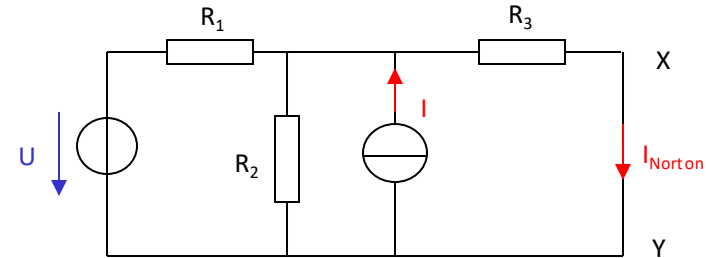
La valeur de la résistance est obtenue :

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

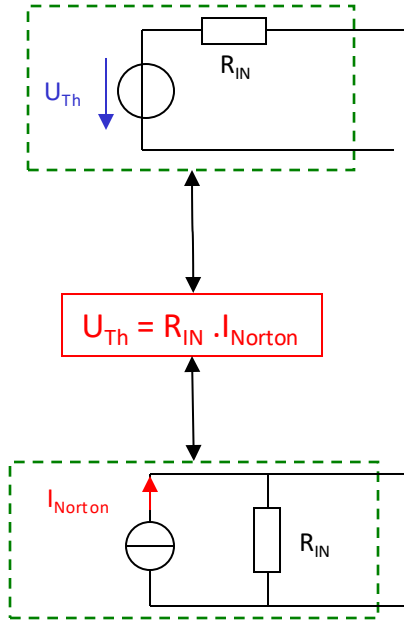


La valeur de la source de courant est obtenue :

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

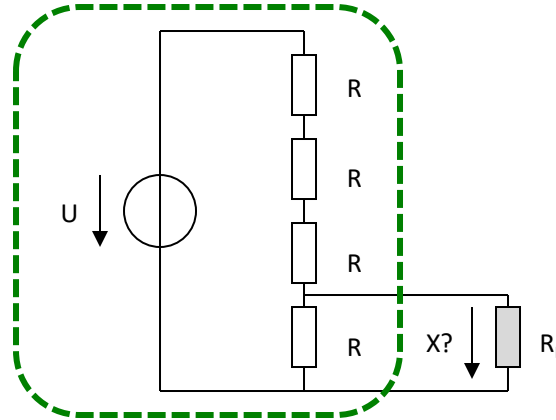
Courant Norton obtenu en mesurant (calculant) le courant de court-circuit à la sortie

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

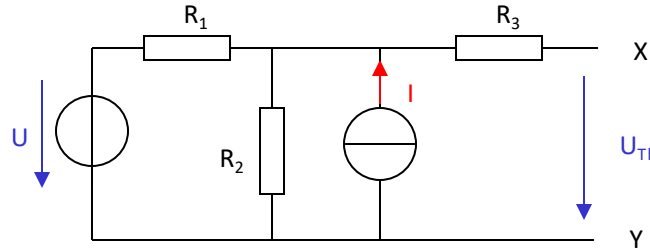
Combinaison Norton - Thévenin: Exemples

Montage 1 (dia 7)



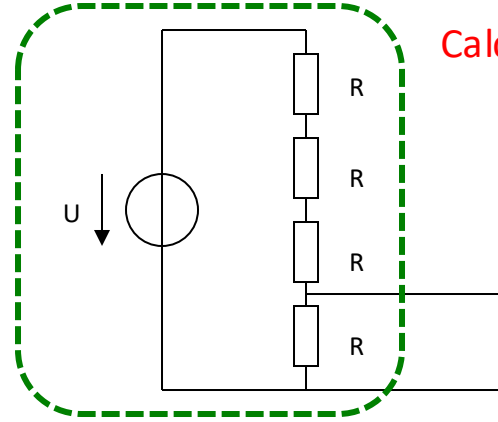
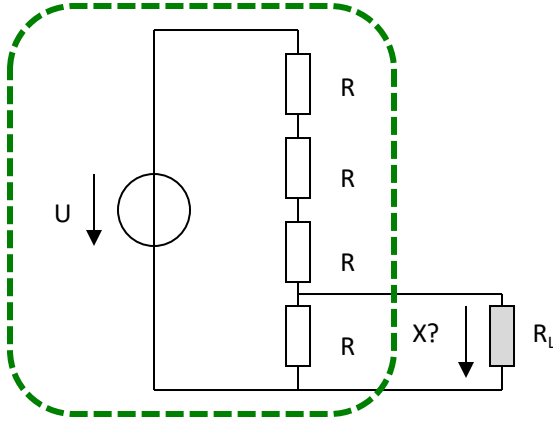
Analyse directe sans
transformation/réduction

Montage 2



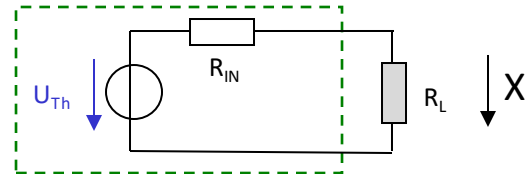
Analyse avec
transformation/réduction

Développement montage 1



Calcul de V_{TH}

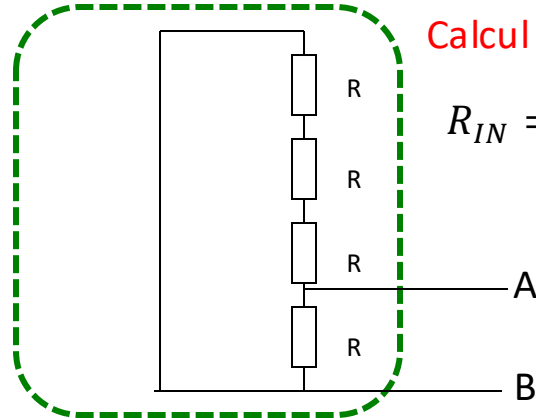
$$V_{TH} = \frac{R}{R + 3R} \cdot U = \frac{U}{4}$$



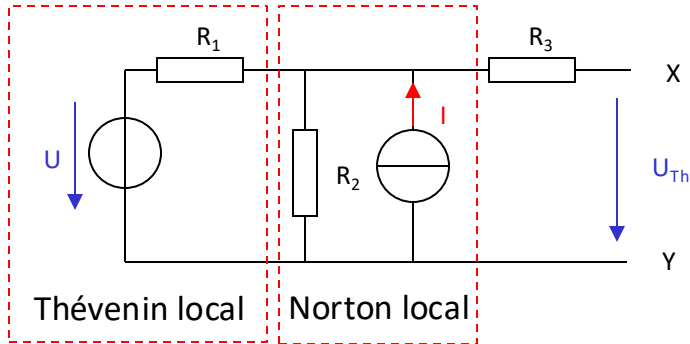
Calcul de R_{IN}

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

$$X = \frac{R_L}{R_L + R_{IN}} V_{TH} = \frac{R}{R + \frac{3}{4}R} \cdot \frac{U}{4} = \frac{4}{7} \frac{U}{4} = 2V \quad \text{CQFD}$$

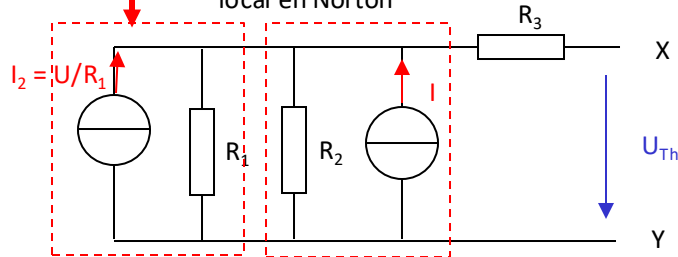


Développement montage 2



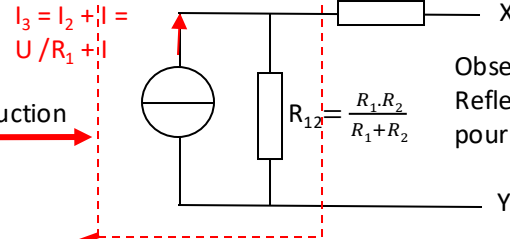
Observation : deux dipôles en parallèle
 Reflexe : Il faut disposer de modèles Norton pour pouvoir fusionner des dipôles parallèles

Transformation du Thévenin local en Norton



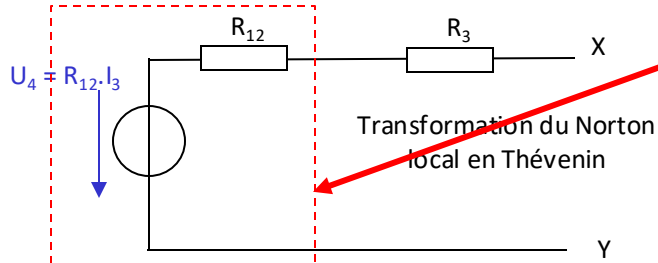
réduction

Norton local

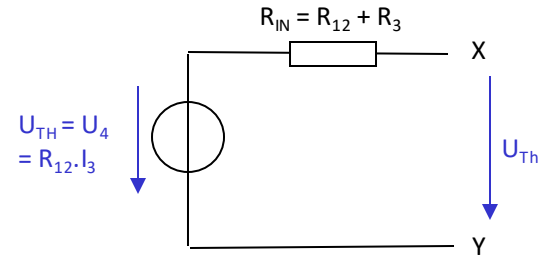


Observation : Modèle Norton en série avec R_3
 Reflexe : Il faut disposer de modèles Thévenin pour pouvoir fusionner des dipôles série

Transformation du Norton local en Thévenin



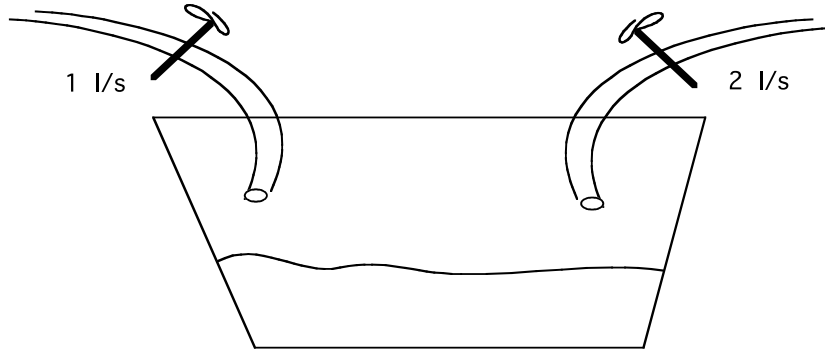
réduction



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

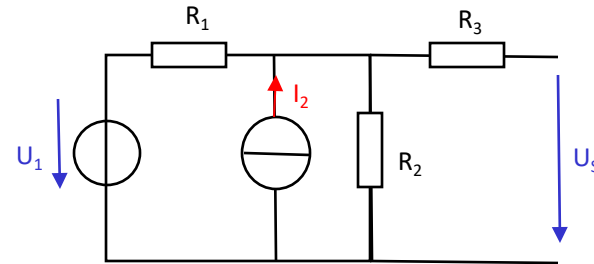


En électronique linéaire c'est la même chose

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 $U_s(I_2)$

$$U_{s\text{Total}} = U_s(U_1) + U_s(I_2)$$

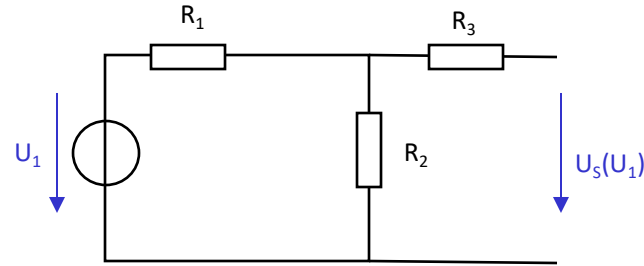


Théorème de superposition - Calculs

$$U_S(U_1) = U_{S1}$$

U_{S1} ne dépend pas de R_3

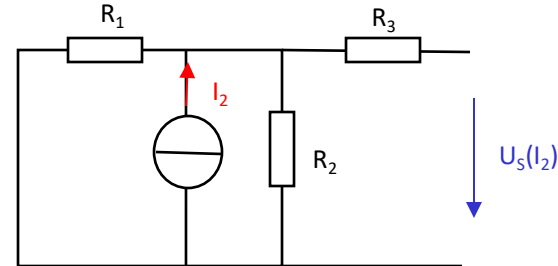
$$U_{S1}(U_1) = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot U_1$$



$$U_S(I_2) = U_{S2}$$

U_{S2} ne dépend pas de R_3

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



$$U_{S_TOTAL} = U_{S1}(U_1) + U_{S2}(I_2) = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot U_1 + \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \cdot I_2$$