

Électronique

Théorèmes généraux de l'électricité

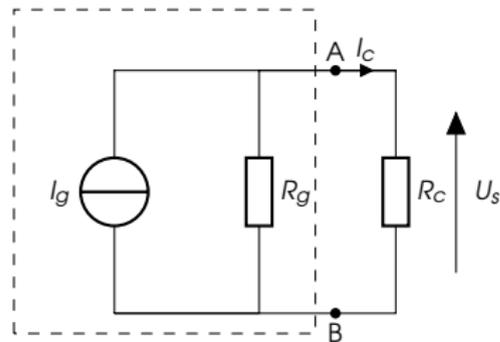
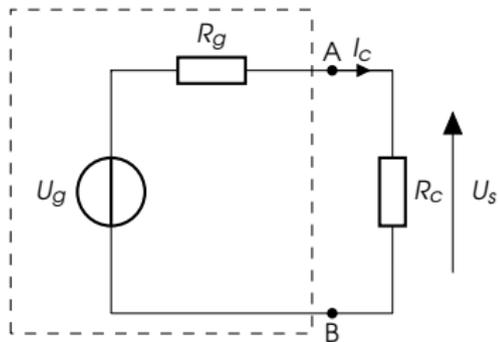
Andres Arciniegas

IUT Cergy-Pontoise, Dep GEII, site de Neuville



Théorèmes associés aux réseaux linéaires

- Éléments passifs
- Éléments actifs
- Générateurs de tensions
- Générateurs de courants



1 Théorème de superposition

- Définitions
- Théorème
- Exercice

2 Théorème de Thévenin

- Principe
- Exercice

3 Théorème de Norton

- Principe
- Exercice

Théorème de superposition

Source indépendante

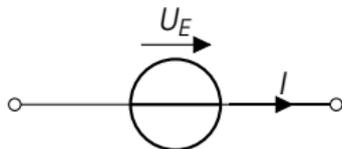
Une source est **indépendante** lorsque la grandeur générée n'est pas liée à une autre valeur dans le circuit.

Source indépendante

Une source est **indépendante** lorsque la grandeur générée n'est pas liée à une autre valeur dans le circuit.

Exemples :

- générateur standard
- batteries ou piles



Source indépendante

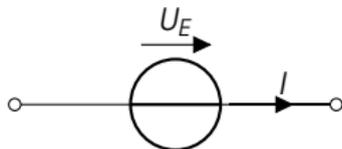
Une source est **indépendante** lorsque la grandeur générée n'est pas liée à une autre valeur dans le circuit.

Exemples :

- générateur standard
- batteries ou piles

Source dépendante

Une source **dépendante** (liée, commandée, contrôlée) est une source de tension (ou de courant) dont la valeur de sortie est fonction de la grandeur d'entrée (tension ou courant).

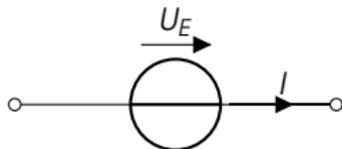


Source indépendante

Une source est **indépendante** lorsque la grandeur générée n'est pas liée à une autre valeur dans le circuit.

Exemples :

- générateur standard
- batteries ou piles

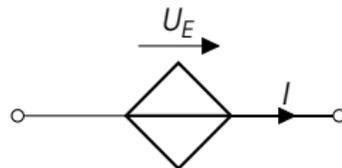


Source dépendante

Une source **dépendante** (liée, commandée, contrôlée) est une source de tension (ou de courant) dont la valeur de sortie est fonction de la grandeur d'entrée (tension ou courant).

Exemples (modèles électriques) :

- transistors
- de façon générale, les amplificateurs

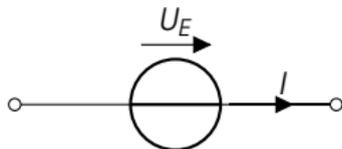


Source indépendante

Une source est **indépendante** lorsque la grandeur générée n'est pas liée à une autre valeur dans le circuit.

Exemples :

- générateur standard
- batteries ou piles



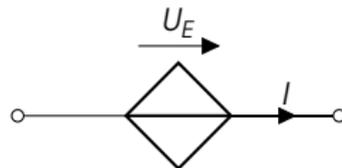
Source dépendante

Une source **dépendante** (liée, commandée, contrôlée) est une source de tension (ou de courant) dont la valeur de sortie est fonction de la grandeur d'entrée (tension ou courant).

Exemples (modèles électriques) :

- transistors
- de façon générale, les amplificateurs

Remarque : Ces sources dépendantes transforment l'énergie électrique, mais ne sauraient en fournir spontanément.



Passiver une source = annuler la valeur générée.

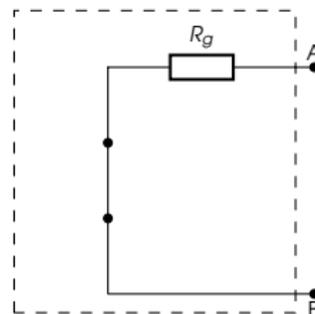
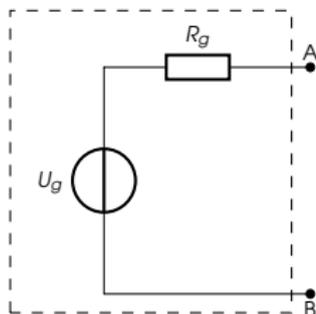
Il est interdit de passiver les sources liées.

Passivation ou annulation des sources

Passiver une source = annuler la valeur générée.

Il est interdit de passiver les sources liées.

Source de tension : passiver = remplacer par un court-circuit

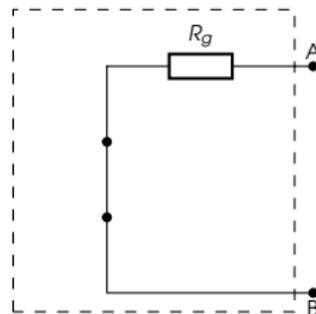
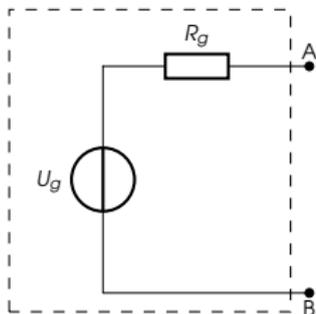


Passivation ou annulation des sources

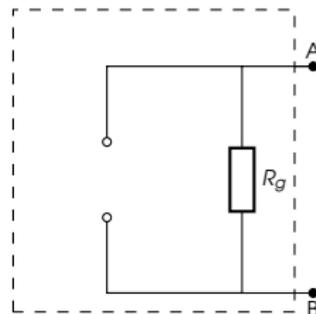
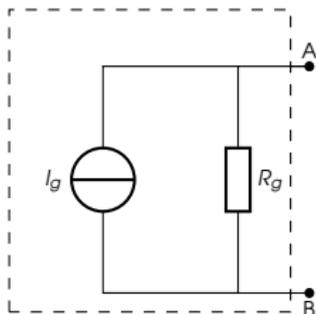
Passiver une source = annuler la valeur générée.

Il est interdit de passiver les sources liées.

Source de tension : passiver = remplacer par un court-circuit



Source de courant : passiver = remplacer par un circuit-ouvert



Circuits linéaires

Un circuit linéaire est un circuit uniquement composé de dipôles linéaires :

Circuits linéaires

Un circuit linéaire est un circuit uniquement composé de dipôles linéaires :

- résistances, condensateurs, bobines, ou

Circuits linéaires

Un circuit linéaire est un circuit uniquement composé de dipôles linéaires :

- résistances, condensateurs, bobines, ou
- tout dipôle dont la relation courant/tension est une équation affine ou toute source liée linéairement (« $y = Ax + B$ ») : loi d'Ohm, amplificateur linéaire...

Circuits linéaires

Un circuit linéaire est un circuit uniquement composé de dipôles linéaires :

- résistances, condensateurs, bobines, ou
- tout dipôle dont la relation courant/tension est une équation affine ou toute source liée linéairement (« $y = Ax + B$ ») : loi d'Ohm, amplificateur linéaire...

Remarque : Dans un circuit linéaire, chaque grandeur dans les dipôles, tension ou courant, est la combinaison linéaire des sources indépendantes.

Théorème de superposition

Applications : circuits linéaires à plusieurs sources.

Objectif : exprimer une grandeur du circuit en fonction de toutes les sources.

Utilisation : remplacer un calcul compliqué par une somme de calculs élémentaires.

Applications : circuits linéaires à plusieurs sources.

Objectif : exprimer une grandeur du circuit en fonction de toutes les sources.

Utilisation : remplacer un calcul compliqué par une somme de calculs élémentaires.

Généralités

Il découle directement des propriétés de linéarité. Ce théorème s'applique donc aux réseaux qui comportent plusieurs générateurs.

Si les générateurs dans le circuit sont indépendants :

- la ddp aux bornes d'une branche est une combinaison linéaire des sources.
- l'intensité dans cette branche est une combinaison linéaire des sources.

Théorème de superposition

Applications : circuits linéaires à plusieurs sources.

Objectif : exprimer une grandeur du circuit en fonction de toutes les sources.

Utilisation : remplacer un calcul compliqué par une somme de calculs élémentaires.

Généralités

Il découle directement des propriétés de linéarité. Ce théorème s'applique donc aux réseaux qui comportent plusieurs générateurs.

Si les générateurs dans le circuit sont indépendants :

- la ddp aux bornes d'une branche est une combinaison linéaire des sources.
- l'intensité dans cette branche est une combinaison linéaire des sources.

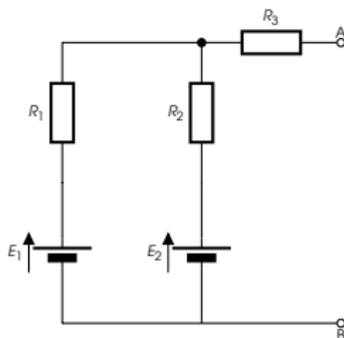
Principe de résolution

Pour une branche qui nous intéresse ;

- 1 On annule tous les générateurs du circuit sauf un et on calcule la ddp aux bornes de la branche ou son intensité.
- 2 On recommence le calcul avec un autre générateur jusqu'à passer en revue tous les générateurs.
- 3 Le résultat est la somme de tous les résultats préliminaires.

Exercice

Un client souhaite connaître les performances du montage suivant :



avec $E_1 = 5\text{ V}$, $E_2 = 10\text{ V}$, $R_1 = R_3 = 1\text{ k}\Omega$ et $R_2 = 2\text{ k}\Omega$.

On ne dispose que d'un **voltmètre** de précision pour convaincre le client.

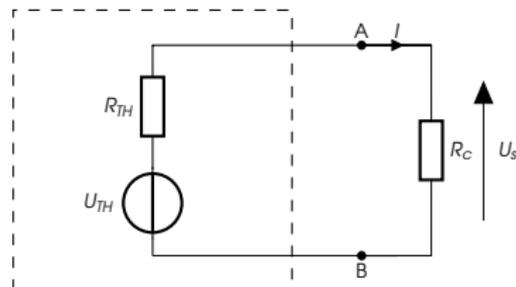
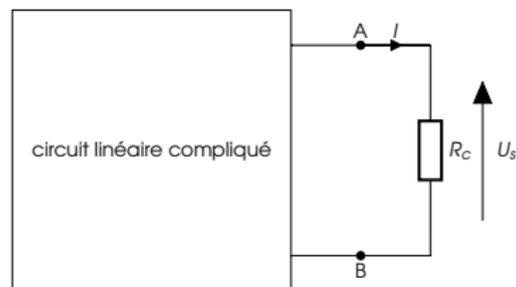
- 1 Calculer la tension à vide U_{AB} .
- 2 Lorsque l'alimentation E_1 est défectueuse et E_2 en marche, quelle est la tension à vide U_{AB} ?
- 3 Lorsque l'alimentation E_2 est défectueuse et E_1 en marche, quelle est la tension à vide U_{AB} ?
- 4 Si le circuit est branché à une charge (boîte noire), et un court-circuit se produit entre A et B, quelle information peut-on en tirer ?
- 5 Lorsque l'alimentation E_1 est défectueuse et E_2 en marche, quelle est la puissance maximale délivrée vers la charge ?
- 6 Lorsque l'alimentation E_2 est défectueuse et E_1 en marche, quelle est la puissance maximale délivrée vers la charge ?
- 7 Que peut-on proposer comme montage de remplacement (générateur de tension réel) ? Quelle est la puissance maximale délivrée vers la charge dans les meilleures conditions de fonctionnement ?
- 8 Conclure.

Théorème de Thévenin

- **Application** : circuits linéaires
- **Objectif** : remplacer n'importe quel circuit linéaire par un **générateur de tension équivalent**

- **Application** : circuits linéaires
- **Objectif** : remplacer n'importe quel circuit linéaire par un **générateur de tension équivalent**

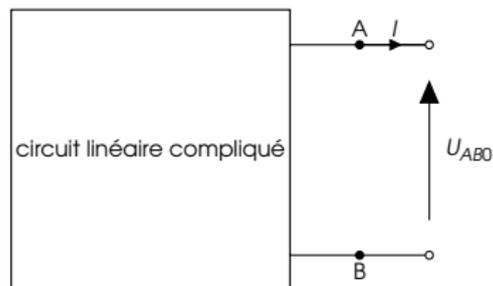
On cherche le couple (U , I) aux bornes d'un élément précis d'un circuit :



Détermination du modèle équivalent de Thévenin

Détermination de U_{TH} : Tension de circuit ouvert mesurée entre A et B.

Si la charge $R_C = \infty \rightarrow I = 0, U = U_{AB0}$

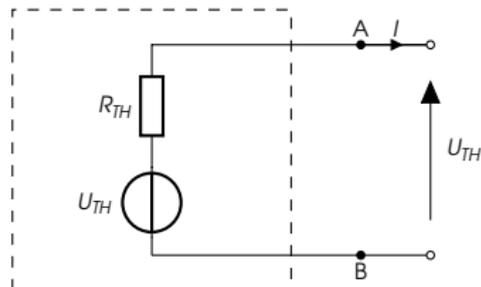
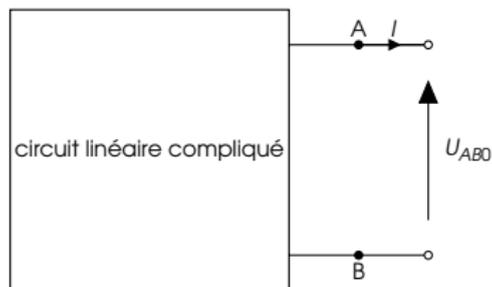


Détermination du modèle équivalent de Thévenin

Détermination de U_{TH} : Tension de circuit ouvert mesurée entre A et B.

Si la charge $R_C = \infty \rightarrow I = 0, U = U_{AB0}$

Si la charge $R_C = \infty \rightarrow I = 0, U = U_{TH}$



Ainsi : $U_{TH} = U_{AB0}$

Détermination de R_{TH} : Résistance de sortie mesurée entre A et B.

Deux méthodes :

- **Générale** : court-circuit
- **Simplifiée**, si les sources sont indépendantes : passivation total et calcul/mesure de la résistance équivalente.

Détermination du modèle équivalent de Thévenin

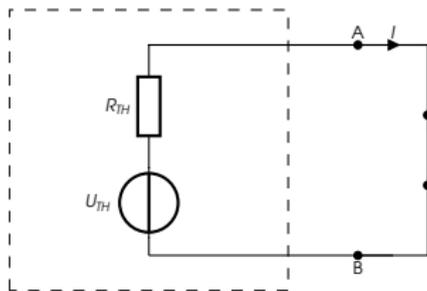
Détermination de R_{TH} : Résistance de sortie mesurée entre A et B.

Deux méthodes :

- **Générale** : court-circuit
- **Simplifiée**, si les sources sont indépendantes : passivation total et calcul/mesure de la résistance équivalente.

Méthode générale

Si la charge $R_C = 0 \rightarrow R_{TH} = U_{TH} / I$



Détermination du modèle équivalent de Thévenin

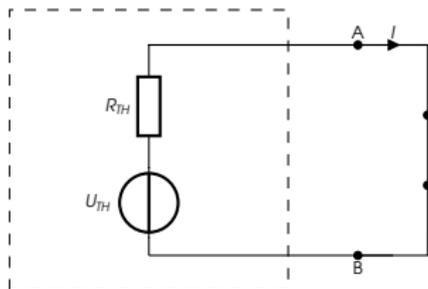
Détermination de R_{TH} : Résistance de sortie mesurée entre A et B.

Deux méthodes :

- **Générale** : court-circuit
- **Simplifiée**, si les sources sont indépendantes : passivation total et calcul/mesure de la résistance équivalente.

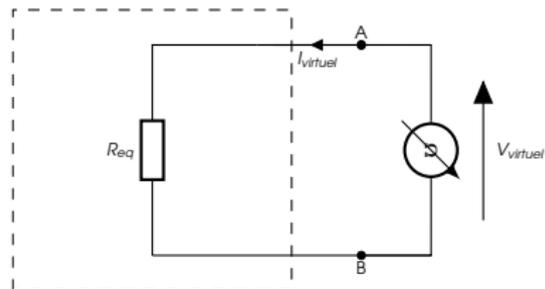
Méthode générale

Si la charge $R_C = 0 \rightarrow R_{TH} = U_{TH} / I$



Méthode simplifiée

L'ohmmètre est chargé par le circuit (R_{eq}).



Détermination du modèle équivalent de Thévenin

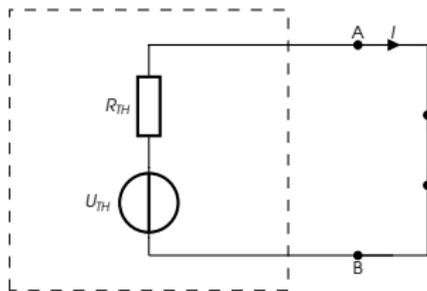
Détermination de R_{TH} : Résistance de sortie mesurée entre A et B.

Deux méthodes :

- **Générale** : court-circuit
- **Simplifiée**, si les sources sont indépendantes : passivation total et calcul/mesure de la résistance équivalente.

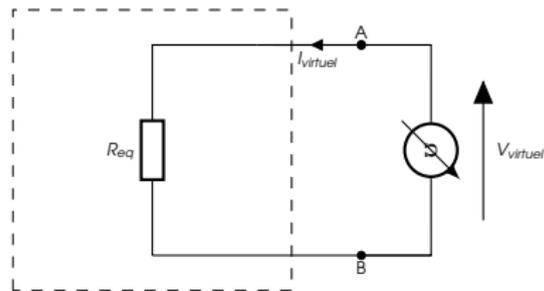
Méthode générale

Si la charge $R_C = 0 \rightarrow R_{TH} = U_{TH} / I$

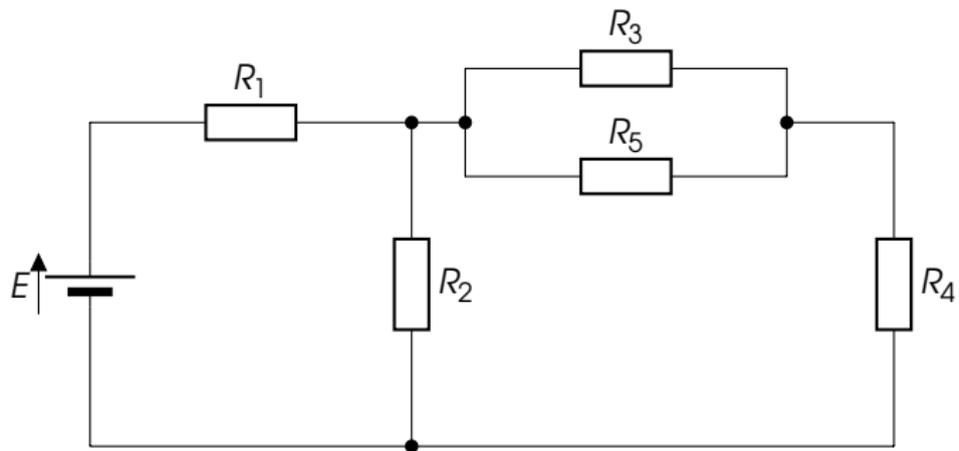


Méthode simplifiée

L'ohmmètre est chargé par le circuit (R_{eq}).



La résistance de Thévenin R_{Th} est la résistance équivalente R_{eq} du circuit compliqué vue par la charge lorsque tous les générateurs sont annulés.

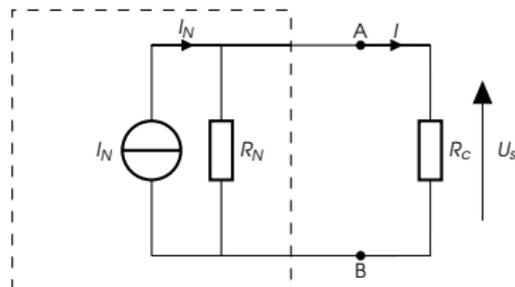
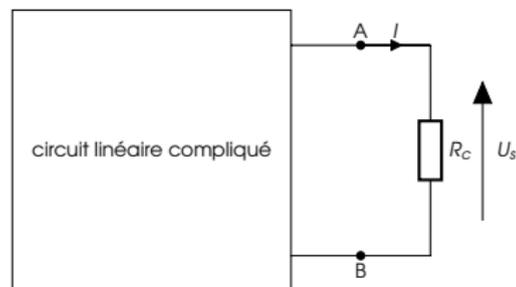


Théorème de Norton

- **Application** : circuits linéaires
- **Objectif** : remplacer n'importe quel circuit linéaire par un **générateur de courant équivalent**

- **Application** : circuits linéaires
- **Objectif** : remplacer n'importe quel circuit linéaire par un **générateur de courant équivalent**

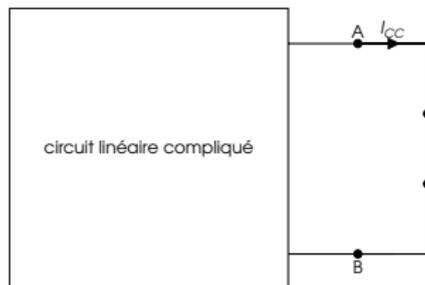
On cherche le couple (U, I) aux bornes d'un élément précis d'un circuit :



Détermination du modèle équivalent de Norton

Détermination de I_N : Courant de court-circuit mesuré entre A et B.

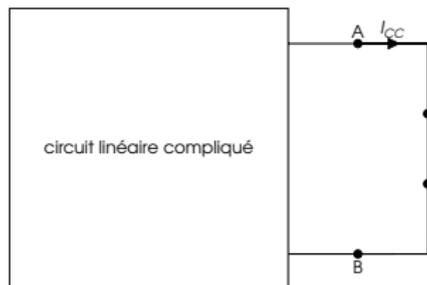
Si la charge $R_C = 0 \rightarrow I = I_{CC}, U = 0$



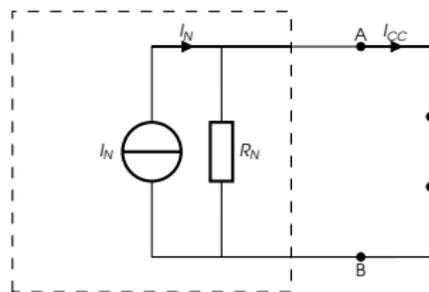
Détermination du modèle équivalent de Norton

Détermination de I_N : Courant de court-circuit mesuré entre A et B.

Si la charge $R_C = 0 \rightarrow I = I_{CC}, U = 0$



Si la charge $R_C = 0 \rightarrow I = I_N, U = 0$

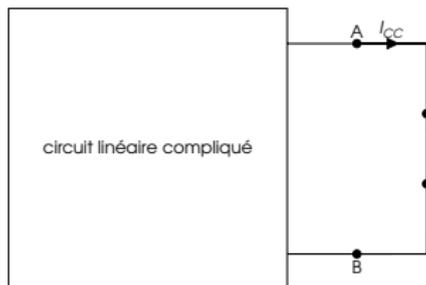


Ainsi : $I_N = I_{CC}$

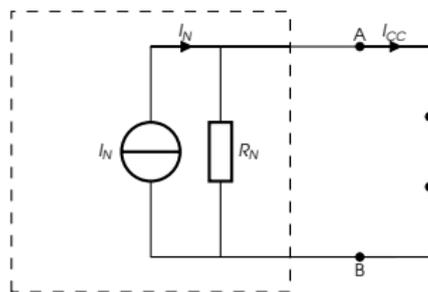
Détermination du modèle équivalent de Norton

Détermination de I_N : Courant de court-circuit mesuré entre A et B.

Si la charge $R_C = 0 \rightarrow I = I_{CC}, U = 0$



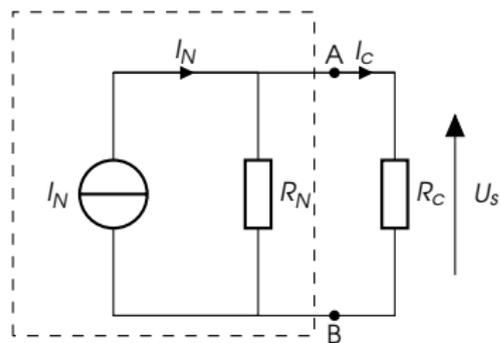
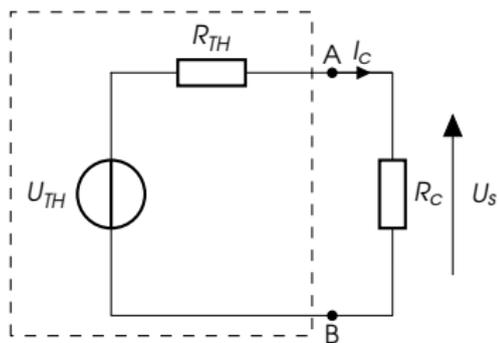
Si la charge $R_C = 0 \rightarrow I = I_N, U = 0$



Ainsi : $I_N = I_{CC}$

Détermination de R_N : Mêmes méthodes que pour le modèle équivalent de Thévenin $R_N = R_{TH}$

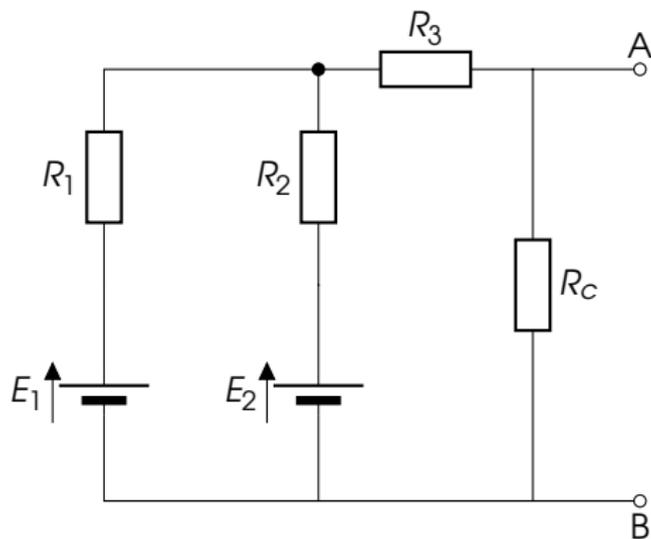
Équivalence de générateurs



Équivalences

$$R_N = R_{TH}$$

$$I_N = \frac{U_{TH}}{R_{TH}}$$



avec $E_1 = 5 \text{ V}$, $E_2 = 10 \text{ V}$, $R_1 = R_3 = 1 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 2 \text{ k}\Omega$ et $R_C = 1 \text{ k}\Omega$

- Déterminer le modèle équivalent de Thévenin du circuit vu par la charge.
- Déterminer le modèle équivalent de Norton du circuit vu par la charge.

Utiliser éventuellement les transformations Thévenin/Norton pour simplifier le schéma.