

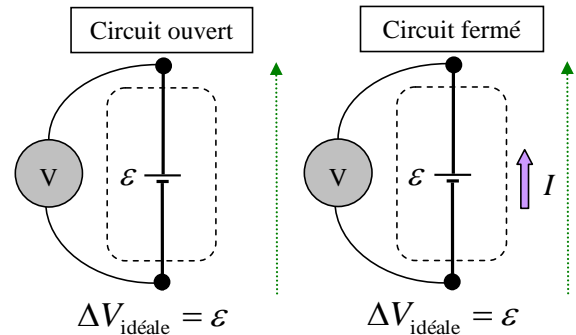
# Chapitre 3.9 – Les piles réelles

## Une pile idéale

Une pile idéale est une pile dont la résistance interne est négligeable. Elle peut donc transmettre dans son intégralité l'électromotance  $\varepsilon$  au circuit. La différence de potentiel aux bornes de la pile idéale est toujours égale à l'électromotance :

$$\Delta V_{\text{idéale}} = \varepsilon$$

où  $\Delta V_{\text{idéale}}$  : Différence de potentiel aux borne de la pile en volt (V)  
 $\varepsilon$  : Électromotance de la pile en volt (V)

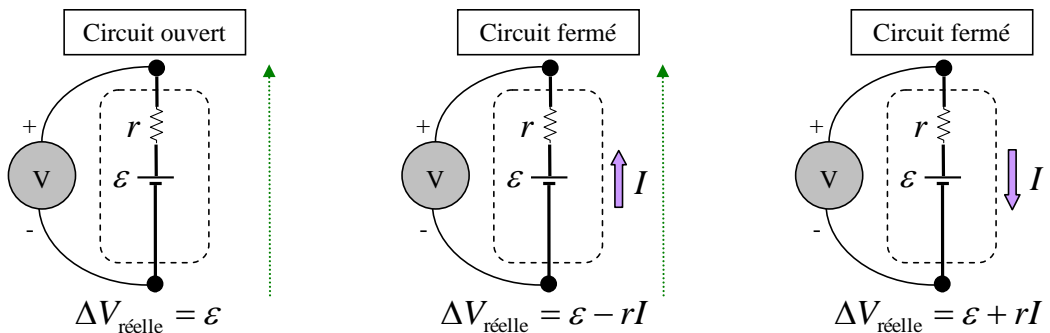


## Une pile réelle

Une pile réelle est une pile dont la résistance interne n'est pas négligeable. Elle ne peut pas transmettre dans son intégralité l'électromotance  $\varepsilon$  au circuit. La différence de potentiel  $\Delta V$  aux bornes de la pile réelle dépend du courant  $I$ . Plus la pile débite un courant élevé, moins il y a de tension à allouer au circuit :

$$\Delta V_{\text{réelle}} = \varepsilon \pm rI$$

où  $\Delta V_{\text{réelle}}$  : Différence de potentiel aux borne de la pile en volt (V)  
 $\varepsilon$  : Électromotance de la pile en volt (V)  
 $r$  : Résistance interne de la pile en ohm ( $\Omega$ )  
 $I$  : Courant qui circule dans la pile en ampère (A)



Preuve : (en construction)

La preuve se construit facilement à partir de la loi des mailles de Kirchhoff, de la loi d'Ohm pour un résisteur ohmique ( $\Delta V = RI$ ) et de la règle des signes des différences de potentielles associées aux différentes composantes (pile et résisteur) du circuit.

# Capacité

La capacité d'une pile représente la charge totale qui pourra circuler (être « pompée ») dans la pile avant l'épuisement des réserves énergétiques de celle-ci. La capacité est mesurée en coulomb (C) ou en ampère-heure (Ah).

Unité : Coulomb (C) ou ampère-heure (Ah)

Conversion : 1 Ah = 3600 C

Exemple :



pile D de 3 A-h



Batterie d'automobile 100 A-h

- 20 minutes de démarrage (~300 A)
- 10 heures lumières de nuit non éteinte (~10 A)

## L'épuisement d'une pile

Lorsqu'une pile s'épuise, elle perd sa capacité à faire circuler le courant de deux manières :

- 1) Réduction de l'électromotance  $\varepsilon$  de la réaction chimique.
- 2) Augmentation de la résistance interne de la pile.



Pile presque vide (gauche)  
et pile pleine (droite)

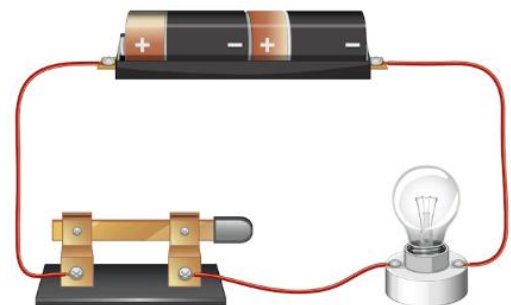
## Pile équivalente en série

Lorsque l'on dispose plusieurs piles en série, nous pouvons déterminer une électromotance équivalente (en respectant la polarité ( $\pm$ ) des piles ainsi qu'une résistance interne équivalente grâce aux équations suivantes :

$$\varepsilon = \sum_{i=1}^N \pm \varepsilon_i \quad \text{et} \quad r = \sum_{i=1}^N r_i \quad \forall i = 1..N$$

Remarque : (plusieurs piles en série)

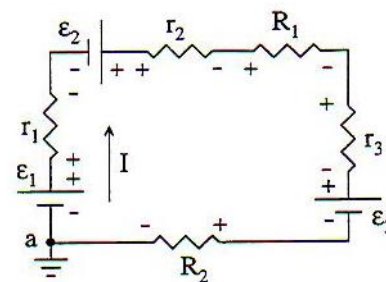
- Augmentation de l'énergie ( $E \uparrow$ )
- Augmentation de l'électromotance ( $\varepsilon \uparrow$ ).
- Augmentation de la résistance interne ( $r \uparrow$ ).



<https://fr.freepik.com>  
Schéma de deux piles en série.

Exemple :

Soit le circuit représenté sur le schéma ci-contre, nous pouvons appliquer la loi des mailles de Kirchhoff afin d'évaluer une électromotance équivalente et une résistance interne équivalente au circuit. Partons notre équation au point a :



$$\varepsilon_1 - r_1 I + \varepsilon_2 - r_2 I - R_1 I - r_3 I - \varepsilon_3 - R_2 I = 0$$

$$\Rightarrow \varepsilon_1 + \varepsilon_2 - \varepsilon_3 = (r_1 + r_2 + r_3 + R_1 + R_2) I$$

$$\Rightarrow \varepsilon = RI \text{ avec } \varepsilon = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 - \varepsilon_3 \text{ et } R = r_1 + r_2 + r_3 + R_1 + R_2$$

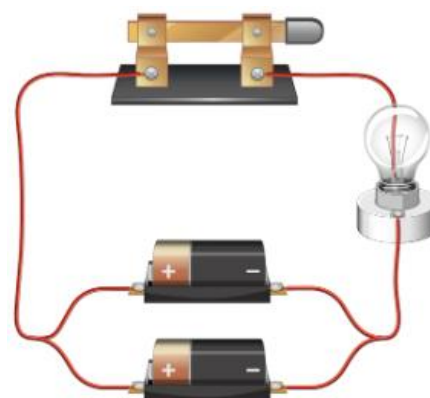
### Pile équivalente en parallèle (piles identiques)

Lorsque l'on dispose plusieurs piles identiques en parallèle dans un même sens de polarité, nous pouvons déterminer une électromotance équivalente des piles ainsi qu'une résistance interne équivalente grâce aux équations suivantes :

$$\varepsilon = \varepsilon_i \quad \text{et} \quad r = \frac{r_i}{N} \quad \forall i = 1..N$$

Remarque : (plusieurs piles identiques en parallèle)

- Augmentation de l'énergie ( $E \uparrow$ )
- Aucun changement dans l'électrotance ( $\varepsilon \approx$ ).
- Réduction de la résistance interne ( $r \downarrow$ ).



<https://fr.freepik.com>  
Schéma de deux piles identiques en parallèle.

Exemple :

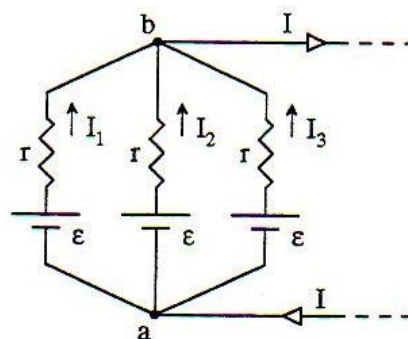
Soit le circuit représenté sur le schéma ci-contre, nous pouvons appliquer la loi des nœuds de Kirchhoff afin d'évaluer une électromotance équivalente et une résistance interne équivalente au circuit :

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

$$\Rightarrow I_1 = I_2 = I_3 = I / 3$$

$$\Rightarrow \Delta V_{ab} = \varepsilon - r \frac{I}{3}$$

$$\Rightarrow \Delta V_{ab} = \varepsilon - RI \quad \text{où} \quad R = \frac{r}{3}$$



## Exercice

**Référence :** Note Science Santé – Chapitre 4 – Question 24

Le voltage aux bornes d'un générateur de 120 volts tombe à 115 volts lorsqu'il fournit un courant de 20 A.

- Calculez la résistance interne  $r$ .
- Quel serait le voltage aux bornes du générateur avec un courant de 40 A.

## Solution

**Référence :** Note Science Santé – Chapitre 4 – Question 24

$\Delta V = 120$  V sans résistance interne

$\Delta V = 115$  V avec résistance interne avec  $I = 20$  A

$$\Delta V_{\text{résistance}} = r I \quad \text{on a un } \Delta V_{\text{résistance}} = 120 - 115 = 5 \text{ V}$$

$$\Rightarrow r = \frac{\Delta V_{\text{résistance}}}{I} = \frac{5}{20} \Rightarrow \boxed{r = 0,25 \Omega}$$

Avec  $I = 40$  A :

$$\Delta V_{\text{résistance}} = r I = (0,25)(40) = 10 \text{ V}$$

$$\text{On perd 10 V sur la pile} \Rightarrow \Delta V_{\text{pile}} = 120 - 10 = 110 \text{ V}$$







