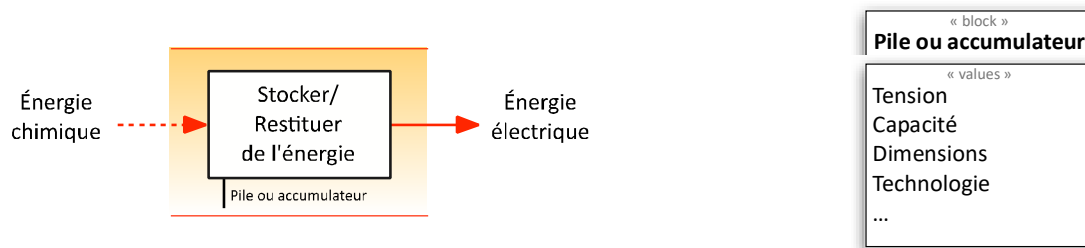


## STOCKAGE DE L'ENERGIE ELECTRIQUE : LES BATTERIES

### 1. Introduction

Une **pile** ou un **accumulateur électrique** est un dispositif électrochimique destiné à stocker de l'énergie chimique et à la restituer ultérieurement sous forme d'énergie électrique.



On trouve les batteries dans les systèmes utilisant des sources d'énergie électrique autonomes ou embarquées. Ces systèmes sont de plus en plus nombreux au quotidien : Téléphones portables, appareils photo, objets connectés, équipements radiocommandés, outillages électroportatifs, véhicules électriques, ...



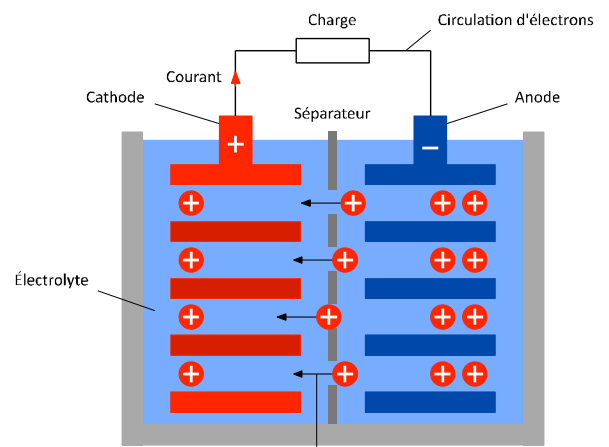
#### 1.1. Principe de fonctionnement

Une anode et une cathode sont plongées dans un électrolyte, (élément permettant aux ions de circuler).

Une réaction chimique appelée **oxydoréduction** entraîne : Au niveau de l'anode, une **oxydation**, c'est-à-dire une perte d'électrons, qui engendre la création d'ions positifs pouvant circuler dans l'électrolyte. Il y a une perte de matière au niveau de l'anode.

Au niveau de la cathode, une **réduction**, c'est-à-dire un gain d'électrons, qui engendre une création de matière par recombinaison des électrons circulant par le fil électrique et des ions circulant dans l'électrolyte.

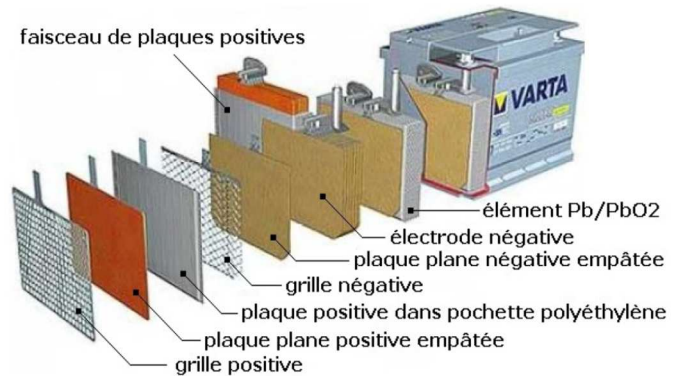
Ce processus est réversible, on parle de CHARGE / DECHARGE de l'accumulateur



### 1.2. Les différents types d'accumulateurs

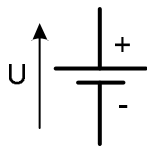
Les piles et accumulateurs possèdent de nombreuses formes en fonction de leur principe de fabrication. Il existe principalement 3 grandes familles :

- PLOMB
- NICKEL
- LITHIUM

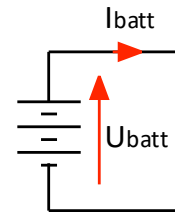


### 1.3. Les symboles

Cellule élémentaire :



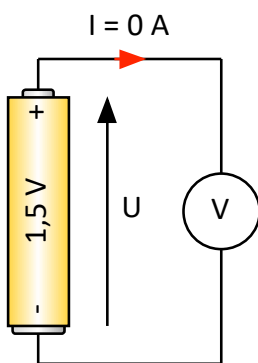
Batterie d'accumulateurs :



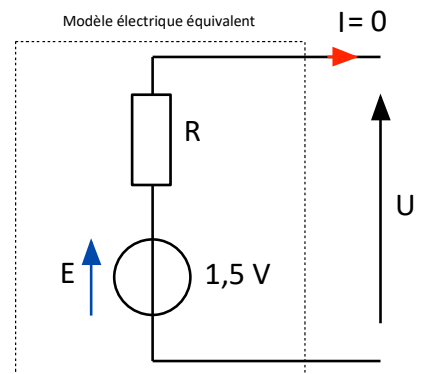
## 2. Étude du modèle électrique équivalent d'un accumulateur

### 2.1. Premier modèle électrique : Essai à vide

Ce premier modèle considère l'accumulateur comme un élément idéal. On mesure à l'aide d'un voltmètre la tension aux bornes d'un accumulateur chargé.



Exemple : on mesure à l'aide d'un voltmètre 1,5 V aux bornes de la pile. Le modèle électrique équivalent peut donc être représenté par un générateur de tension parfait.



Conclusion :

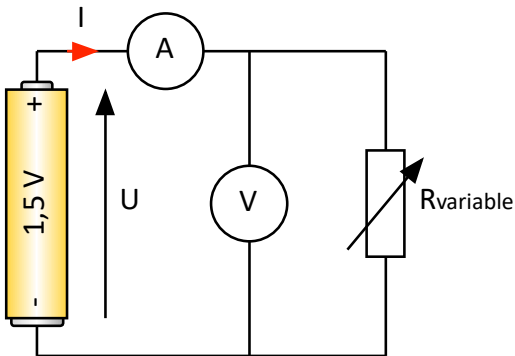
*L'essai à vide, accumulateur chargé, permet de déterminer la force électromotrice (f.é.m.) du modèle équivalent, E en Volt qui correspond à la tension Ubatt à vide*

## 2.2. Deuxième modèle : Essai en charge

Ce second modèle va faire apparaître une chute de tension lorsque l'accumulateur débite (ou absorbe) un courant.

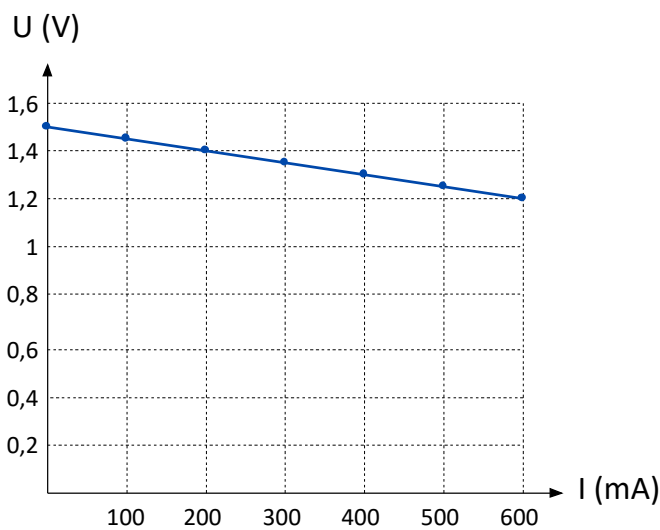
En plaçant une résistance variable aux bornes de l'accumulateur chargé, nous pouvons faire varier le courant débité par celui-ci. Cette manipulation va permettre de tracer la caractéristique de décharge de l'accumulateur.

A l'aide d'un ampèremètre et d'un voltmètre, on mesure le courant délivré et la tension à ses bornes pour différentes valeurs de la résistance (voir tableau ci-dessous).



U (V)	1,5	1,45	1,4	1,35	1,3	1,25	1,2
I (mA)	0	100	200	300	400	500	600

Caractéristique  $U = f(I)$  :



La tension aux bornes de l'accumulateur diminue lorsque le courant débité par celle-ci augmente.

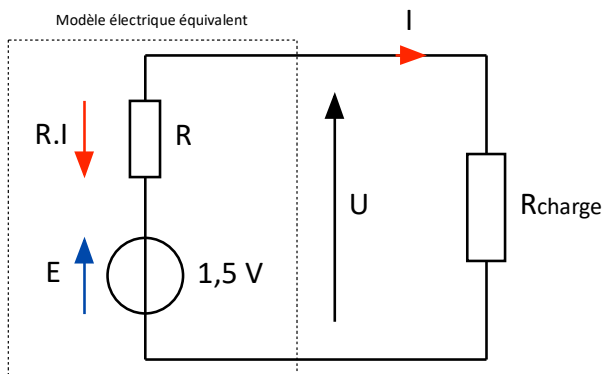
Cette diminution est proportionnelle au courant. La caractéristique est une droite.

Remarques :

La résistance interne est l'élément qui caractérise la chute de tension de la batterie.

Lorsqu'on charge une batterie la pente est inversée (la tension augmente, plus le courant de charge augmente)

On rajoute la résistance interne R au modèle précédent :



Équation électrique de notre modèle :

$$U = E - R \cdot I$$

#### Application :

Déterminer la valeur de la résistance interne de l'accumulateur R pour l'essai précédent.

$$U = E - R \cdot I, \text{ donc } R = \frac{E - U}{I}$$

$$R = \frac{1,5 - 1,45}{100 \cdot 10^{-3}} = 500 \text{ m}\Omega$$

#### Conclusion :

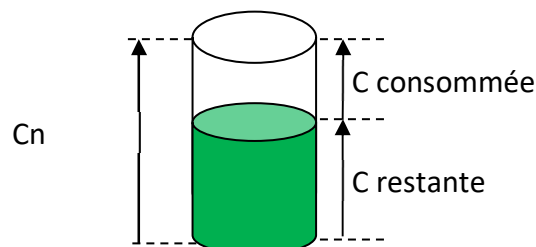
L'essai en charge permet de déterminer la résistance interne du modèle équivalent et la caractéristique complète de la batterie.

## 3. Régime de charge ou de décharge

### 3.1. Capacité d'un accumulateur

Si l'on veut simuler le fonctionnement d'un accumulateur dans le temps, il faut tenir compte de sa capacité...

On peut modéliser la capacité d'une batterie comme un **réservoir de courant** :



La capacité nominale **Cn (mAh ou Ah)** correspond à la possibilité de délivrer et de maintenir un courant **I en A**, pendant un temps **t en heure**.

On note :  $C_n = I \cdot t$

### 3.2. Energie d'un accumulateur

L'énergie que peut stocker un accumulateur est notée  $W$  ou  $E$ , souvent exprimée en Wh, mWh ou encore en kWh (kilowattheure).

Pour un courant de décharge  $I$  et une tension  $U$  constants, on peut écrire :

$$W = P \cdot t$$

$$W = U \cdot I \cdot t$$

$$W = U \cdot C_n$$

**Exemple :** Calculer l'énergie d'un accumulateur de 2,2V, ayant une capacité de 2300mAh :

### 3.3. Taux de charge d'un accumulateur

On voit apparaître sur beaucoup de produits et de systèmes portatifs des indications du taux de charge en %, appelé encore SOC pour State Of Charge.

On donne :

$$\text{Taux de charge ou SOC} = \frac{C_n - C_{\text{perdue}}}{C_n} \times 100$$

**Exemple :** Pour une batterie pleine de 5 Ah, que l'on décharge à 3A pendant 30 minutes, déterminer le taux de charge ou le SOC en % :

### 3.4. Puissance d'un accumulateur

Comme dans tous les montages à courant continu, la puissance en Watt est définie par le courant et la tension.

On rappelle :

$$P_{\text{batt}} = U_{\text{batt}} \times I_{\text{batt}}$$

