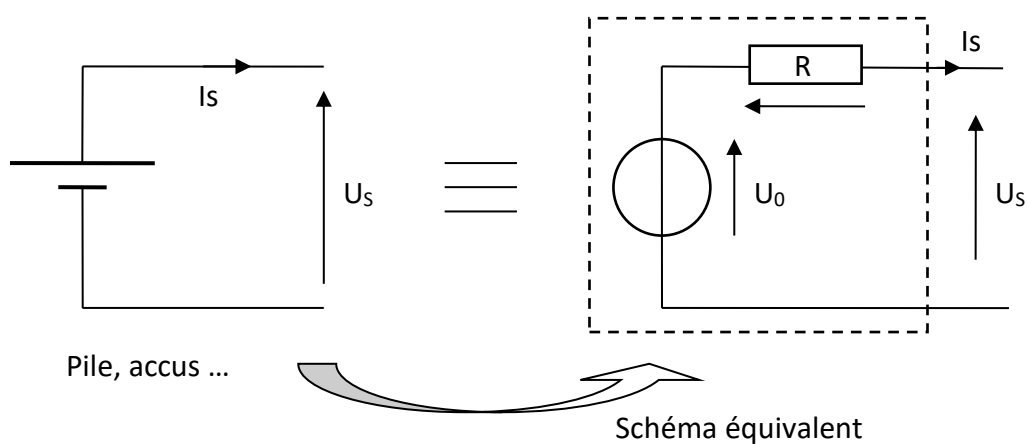


## Fiche de cours Les accumulateurs

### Schéma équivalent d'une source de tension

Tous les générateurs de tension peuvent admettre un schéma équivalent constitué d'une source de tension idéale en série avec une résistance.



$U_0$  est appelée f.e.m (force électromotrice) ou tension à vide. Elle est définie lorsque la source ne débite pas de courant ( $I_s = 0$ ).

$R$  est la résistance interne de la source.

Une source de tension idéale présente une résistance interne nulle. Le courant de sortie n'est donc pas limité, la tension de sortie reste donc constante quelle que soit la valeur du courant de sortie.

D'après la loi des mailles :

Quelles sont les différences entre une batterie automobile et une petite pile de 12 V ?



## Les types d'accumulateurs

Les termes "batterie" ou "accumulateur" désignent des "petits réservoirs" qui peuvent emmagasiner de l'énergie sous forme chimique pour la restituer ultérieurement.

Les grandeurs principales qui caractérisent un accumulateur sont :

- **La tension  $U$**  ou différence de potentiel aux bornes de l'accumulateur. Elle s'exprime en volts (V).
- **Le courant  $I$**  maximal que peut délivrer l'accumulateur.
- **La capacité** de l'accumulateur représente la quantité de charges électriques qu'il peut stocker. La capacité  $Q$  (ou quantité d'électricité) est le produit de l'intensité  $I$  du courant (en ampère) par le temps :  $Q = I \times t$   
Si  $t$  est en secondes,  $Q$  est en Coulombs (C)  
Si  $t$  est en heures,  $Q$  est en ampère-heure (Ah) 1 A·h = 3600 C



- **La quantité d'énergie stockée.**

$$E = P \times t = U \times Q$$

L'énergie  $E$  est égale au produit de la puissance  $P$  (en W) absorbée par le temps de fonctionnement  $t$ .  $E$  est aussi égale au produit de la tension  $U$  (en V) et de la capacité  $Q$

Si  $t$  est en secondes,  $E$  est en Joules (J)

Si  $t$  est en heure,  $E$  est en Watt-heure (W·h)

Comparaison des principales technologies utilisées dans les batteries.

Type	Tension d'un élément	Energie volumique (Wh/l)	Energie massique (Wh/kg)	Durée de vie (nb de recharge)	Utilisation
Plomb	2,1 V	75 - 120	30 - 50	400 - 800	Véhicules routiers, véhicules électriques, site isolé non raccordé au réseau.
NiCd Nickel-Cadmium	1,2V	80 - 150	45 - 80	1 500 - 2 000	Outillage portatif, rasoirs électriques ...
NiMH Nickel-Métal-Hydrure	1,2 V	220 - 330	60 - 110	800 - 1 000	Téléphones portables, appareils photo, rasoirs électriques ...
Li-ion Lithium-ion	3,6 V	220 - 400	100 - 265	3 ans / 500 - 1 000	Téléphones portables, véhicules électriques, appareils photo, ordinateurs portables...
Li-Po Lithium-Polymère	3,7 V	220 - 330	100 - 265	3 ans / 200 - 300	Véhicules électriques légers, téléphones portables...

### Eléments de comparaison :

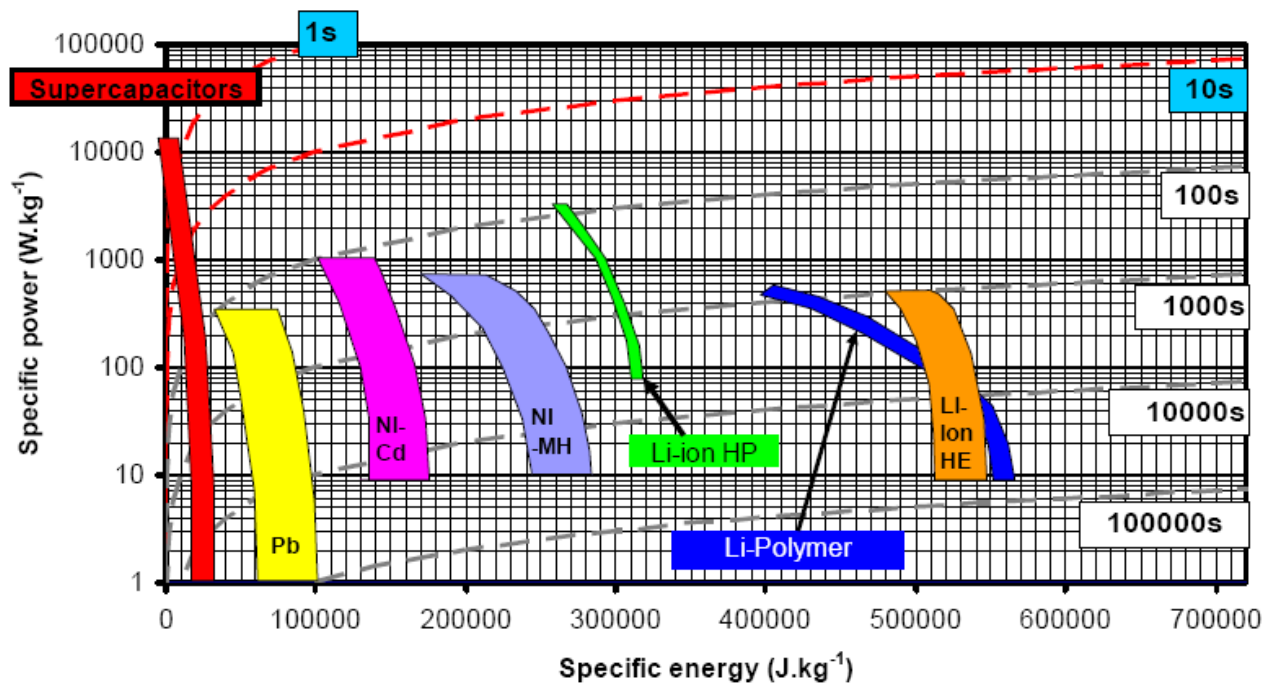
T.E.P (Tonne Equivalent Pétrole) : 1 T.E.P = 11 630 kWh

Essence ou fuel = 10 kWh/kg

Hydrogène = 34 000 Wh/kg Pile à combustible = 120 Wh/kg

Bois = 5000 Wh/kg

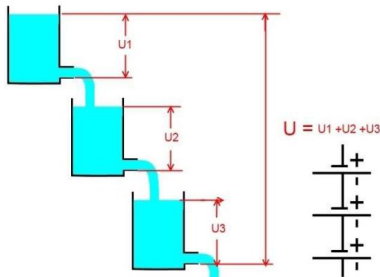
Le diagramme de Ragone ci-dessous permet de choisir une technologie en fonction d'une utilisation prévue. Les lignes transversales indiquent le temps nécessaire à la charge ou la décharge des systèmes de stockage.



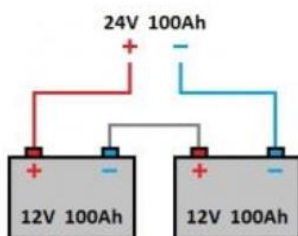
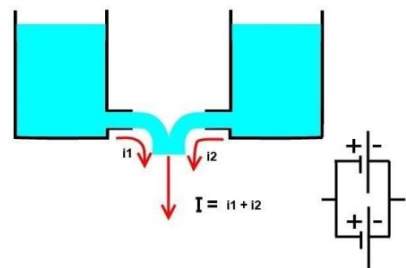
## Capacité d'une association de batteries

Assemblages séries ou parallèles des éléments d'une batterie.

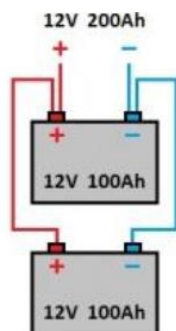
En série, les tensions s'additionnent, la capacité est identique.



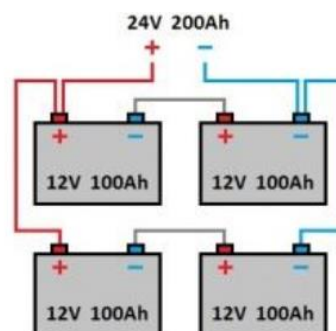
En parallèle, la tension reste la même, les capacités s'additionnent.



**BRANCHEMENT EN SERIE**  
Les tensions s'additionnent



**BRANCHEMENT EN PARALLELE**  
Les intensités s'additionnent



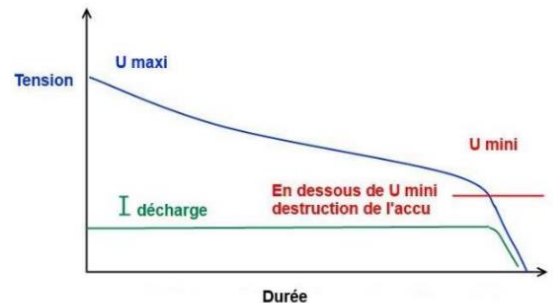
**BRANCHEMENT EN SERIE ET EN PARALLELE**

## Décharge et charge d'un accumulateur

### La décharge

La tension d'un accumulateur baisse au fur et à mesure que sa charge diminue. Le décharger au-delà de sa tension minimale le détruit. C'est un composant électrochimique, de ce fait il présente des inconvénients :

- Une auto-décharge, il perd de l'énergie sans qu'il soit utilisé.
- Une durée de vie en nombre de cycles charge/décharge.
- Une diminution de ses caractéristiques liées au vieillissement et aux cycles charge/décharge.



### La charge

Charger un élément, c'est faire passer entre ses bornes un courant électrique continu. C'est ce courant qui modifie la structure interne de la chimie contenue dans l'élément de façon à ce que celle-ci stocke de l'énergie.

### Cas des accumulateurs de technologie à base de Nickel (NI-MH ou NI-Cd)

Pour la technologie du **Nickel**, on applique normalement pour cela un courant **égale à 1/10ème de la capacité de l'élément**. La réaction chimique de la charge présente des pertes. **Le rendement du processus est proche de 70%.**

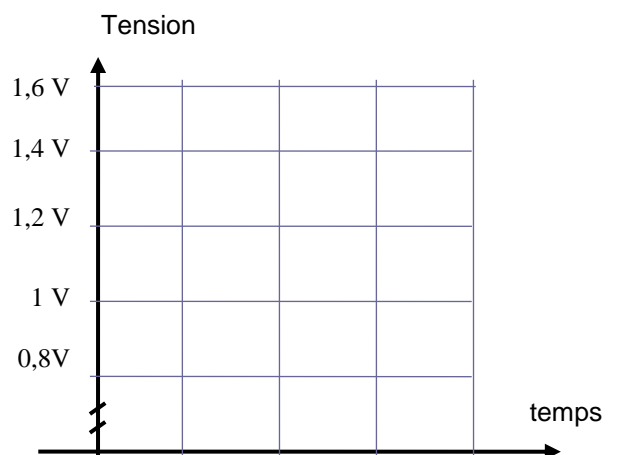
On souhaite charger un élément NI-MH 1,2 V, 900 mAh à partir d'une source de tension de 12 V.

Schéma élémentaire

courant de charge préconisé :

Lorsque l'élément NI est déchargé il présente une tension d'environ 1 Volt, à pleine charge elle est de 1,45 Volts. Si la charge n'est pas arrêtée, le courant injecté n'est plus stocké et l'élément commence à s'échauffer. On constate alors une légère baisse de la tension aux bornes de l'accumulateur. C'est à cet instant que correspond l'indicateur de fin de charge que l'on nomme Delta Peak ou  $-dV/dt$  (qui se traduit mathématiquement par le changement de pente de la courbe de charge).

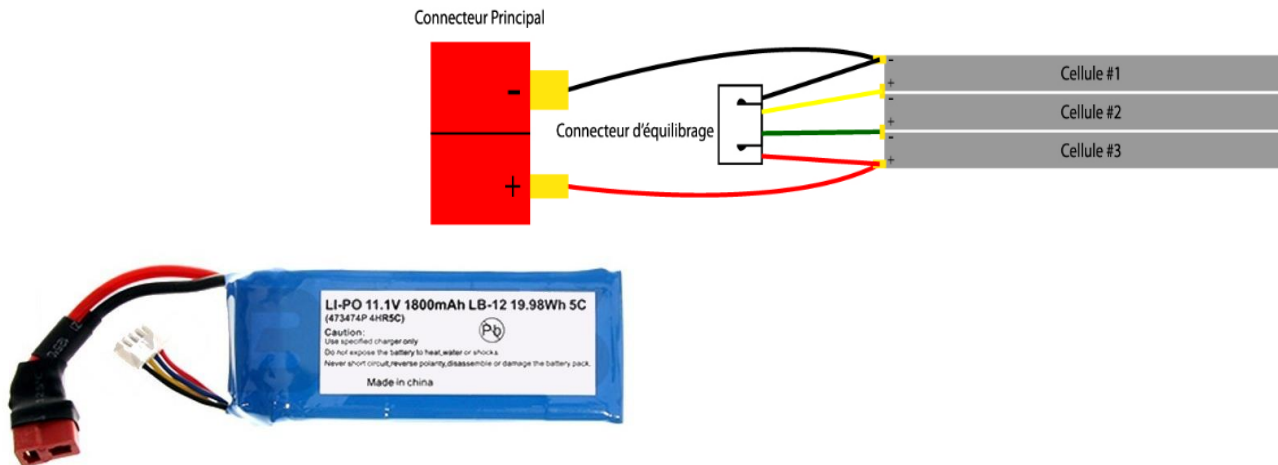
Une **surcharge** provoque un échauffement dangereux. Pour toutes les technologies **cela entraîne une usure prématurée** de l'élément voire leur **destruction**.



## Cas des accumulateurs à base de Lithium (LI-PO ou LI-ION)

La charge se fait dans un premier temps à courant limité de l'ordre de  $C/2$  à  $1 C$ , puis à tension constante et courant décroissant sur **chacune des cellules** constituant une batterie. **Une connectique spéciale** est donc nécessaire sur ces accumulateurs. On retrouve généralement un connecteur principale (pour la décharge) et un connecteur de charge relié à chacune des cellules constituant la batterie.

Il est impératif de respecter la tension de charge (4,1 V ou 4,2 V suivant la technologie).



Si on surcharge un accu au Lithium il produit de l'hydrogène. Il y a donc une surpression et un échauffement qui peuvent aller jusqu'à l'explosion de l'élément. Les Li-ion sont généralement protégés contre les hausses de températures, et les surpressions par des circuits de protection interne.

Si vous détectez une élévation de la température sur ce type d'accumulateur, c'est anormal !

### Exercices

#### I - Autonomie d'une batterie automobile

Lors d'un stationnement les feux de position d'une automobile sont restés allumés de 21h à 8h du matin. Ces feux sont constitués par quatre lampes ayant chacune une puissance de 8 W.

La batterie possède les caractéristiques suivantes : FEM  $E=12 V$ , capacité  $Q=60 Ah$ .

En supposant que les grandeurs électriques ne varient pas, calculer :

- La valeur de l'énergie (en Wh) stockée dans la batterie supposée en pleine charge.
- La valeur de l'énergie (en Wh) qui a été consommée par les feux de position.
- L'énergie disponible dans la batterie en Wh à 8h du matin.
- Sachant qu'il doit rester au moins 10% d'énergie dans la batterie pour permettre un redémarrage du véhicule, jusqu'à quelle heure aurions-nous pu laisser les feux allumés le matin ?

## II- Conception d'une batterie

Vous allez caractériser une batterie afin d'alimenter, pendant 1 heure 30 au moins, un système électrique fonctionnant sous une tension de 12 Volts et absorbant une puissance de 30 Watts.

Déterminer :

- L'énergie consommée par le système pendant 1 heure 30.
- La capacité minimale de la batterie nécessaire à ce système.
- Le câblage de la batterie avec des accumulateurs de type R20.
- Le câblage de la batterie avec des accumulateurs de type R14.

### Accumulateurs CdNi

Accumulateurs à électrodes frittées rechargeables au min. 1000 fois et non polluants. Les accumulateurs au Cd-Ni doivent être chargés avant la première utilisation.



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3



Fig. 4



Fig. 5

TYPE	Tension	Capacité	Condition.	Dim. (mm)	Fig.	Prix ttc
R3 (AAA)	1.2 Vcc	300 mAh	blister de 2	10.5 x 44	1	4.90 €
R6 (AA)	1.2 Vcc	800 mAh	blister de 4	14.5 x 50	2	7.00 €
R6 (AA)	1.2 Vcc	750 mAh	blister de 4	22.4 x 41	3	11.00 €
R14 (C)	1.2 Vcc	2.5 Ah	blister de 2	26.0 x 50	4	10.90 €
R20 (D)	1.2 Vcc	4.5 Ah	blister de 2	34.0 x 61	5	15.80 €

## III - Etude énergétique sur un smartphone

*Caractéristiques de la batterie :*

- Technologie : Li-Ion (lithium-ion)
- Capacité : 1500 mAh
- Tension : 3,7 V
- Autonomie en conversation : jusqu'à 6 heures
- Autonomie en veille : jusqu'à 528 heures
- Autonomie en lecture de musique : jusqu'à 36 heures



- Calculer l'énergie électrique que contient la batterie.
- Calculer la puissance utilisée par ce smartphone en conversation, en veille et en lecture de musique.
- En déduire le courant consommé en conversation, en veille et en lecture de musique.
- En supposant qu'une charge complète de la batterie doit être effectuée tous les jours, déterminer l'énergie électrique consommée en une année si l'on considère un rendement du processus de charge de 85%. Evaluer son coût annuel si le kWh est acheté 0,12€.