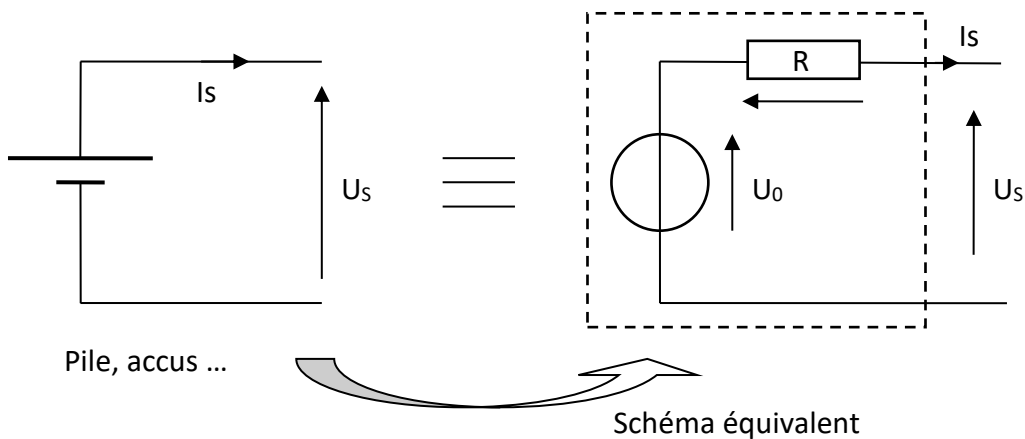


Fiche de cours Les accumulateurs

Documents disponibles sur sciencesdelingenieur.fr ▶ menu ressources pédagogiques ▶ Spécialité Sciences de l'Ingénieur

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)** $1 \text{ A}\cdot\text{h} = 3600 \text{ C}$

- **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	Outils portatifs, 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...

Éléments de comparaison :

Essence ou fuel $\approx 10 \text{ kWh/kg}$

Hydrogène $\approx 35\,000 \text{ Wh/kg}$

Bois $\approx 5000 \text{ Wh/kg}$

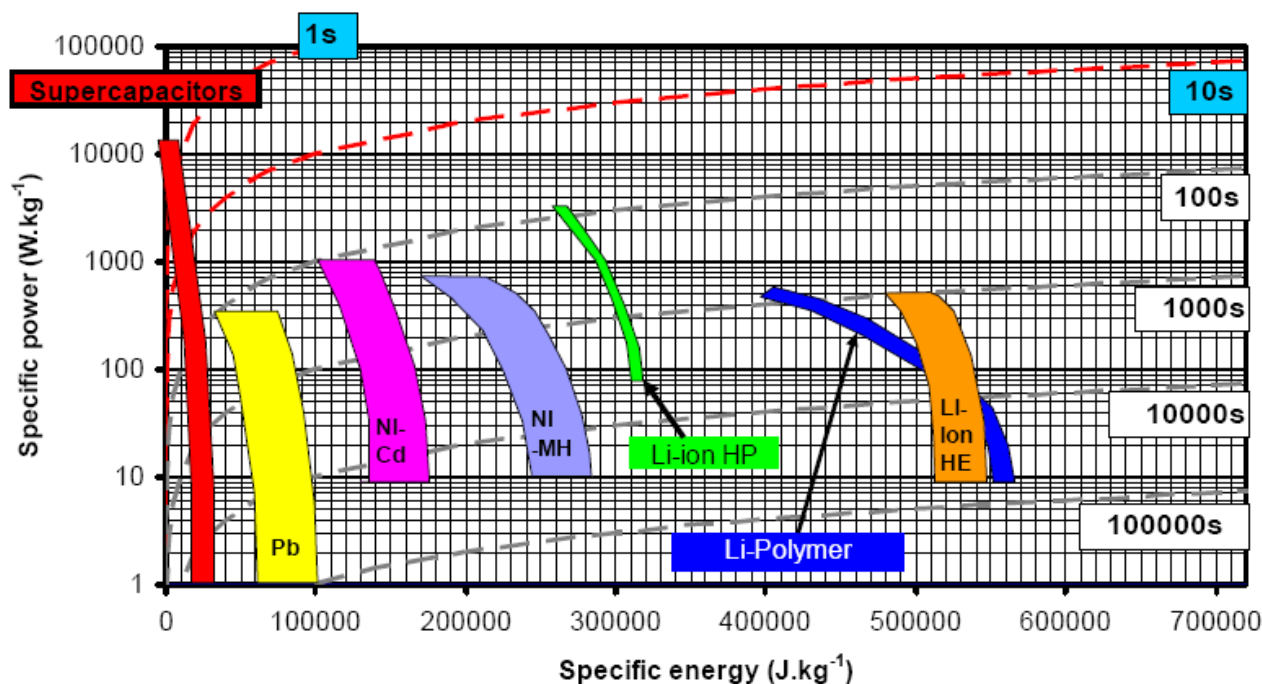


VS



- Calculer la masse d'une batterie au plomb de 24 V qui stockerait autant d'énergie que 20 litres d'essence.

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.

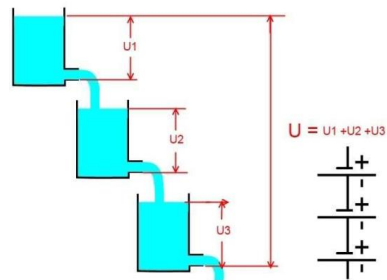


Je vous invite à déguster la vidéo « Une batterie Tesla, ça dépote ? » du GRAND Monsieur Bidouille

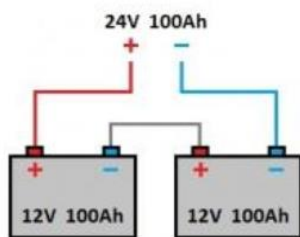
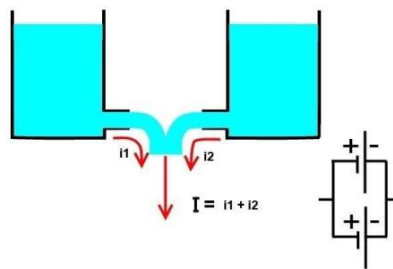
Capacité d'une association de batteries

Assemblages séries ou parallèles des éléments d'une batterie.

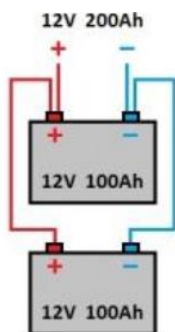
En série, les tensions s'additionnent, la capacité est identique.



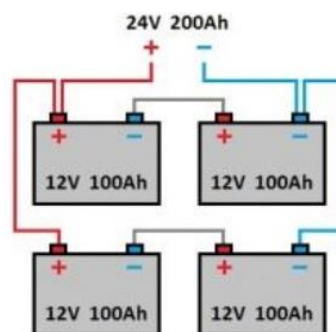
En parallèle, la tension reste la même, les capacités s'additionnent.



BRANCHEMENT EN SERIE
Les tensions s'additionnent



BRANCHEMENT EN PARALLELE
Les intensités s'additionnent



BRANCHEMENT EN SERIE
ET EN PARALLELE

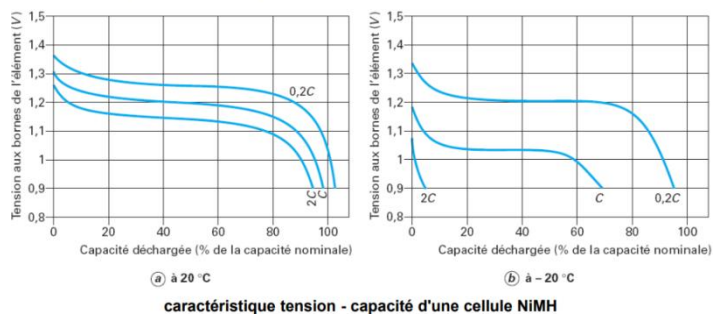
Décharge et charge d'un accumulateur

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.

• Caractéristique de décharge



Le C-Rate (régime de décharge)

Le chargement et le déchargement d'une batterie est mesurée en C-Rate. "C" étant la capacité de la batterie. Cela signifie que pour une batterie de capacité 1000 mAh, si elle est déchargée à un régime 1C, le courant de décharge sera de 1000mA (1A). Si elle est déchargée à un régime 2C, le courant de décharge sera de 2A...

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 un courant **égale à C/10**, soit 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 %** (l'accumulateur ne conserve que 70 % de l'énergie qu'on lui fournit).

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

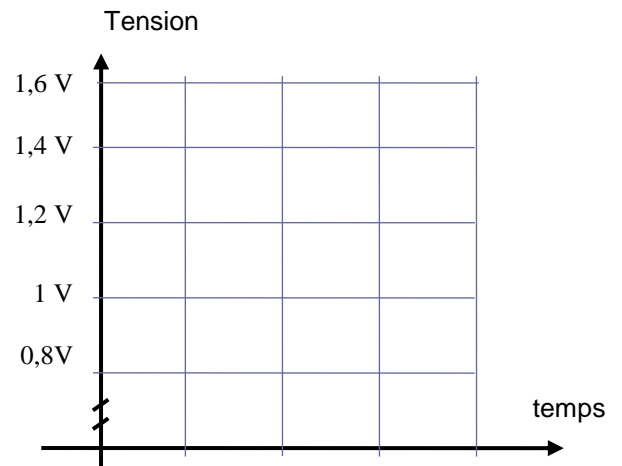
Schéma élémentaire

courant de charge préconisé : ...

Calculer la valeur de la résistance utilisée :

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**.

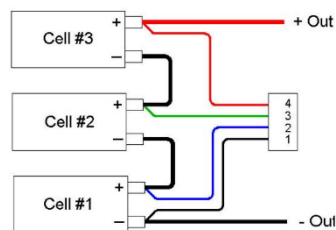


Cas des accumulateurs à base de Lithium (LI-PO ou LI-ION)

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.



Batterie LI-PO de type
Courant de charge à C/2 =



Si on surcharge un accu au Lithium il produit de l'hydrogène et l'échauffement peut générer une explosion de l'élément. Les Li-ion sont généralement protégés contre les hausses de températures, et les surpressions par des circuits de protection interne.

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 $E=12\text{ V}$, capacité $Q=60\text{ Ah}$. ON suppose que la tension n'évolue pas.

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 concevoir une batterie afin d'alimenter pendant 1 heure 30 au moins un robot golfeur fonctionnant sous une tension de 12 Volts. L'on sait que robot absorbe une puissance de 30 Watts en fonctionnement.



Déterminer :

- L'énergie consommée par le robot 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. 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-Po
- Capacité : 1500 mAh
- Tension : 3,7 V
- Autonomie en conversation : jusqu'à 6 heures



a) Calculer l'énergie électrique que contient la batterie.

b) Calculer le courant consommé par ce smartphone en conversation. En déduire la puissance dont il a besoin en conversation.

c) 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 70%.

Evaluer son coût annuel si le kWh est acheté 0,20 €.

IV - Etude de la batterie d'une Tesla

Une batterie de 85 kWh est présente dans les TESLA Model S et X. Celle-ci est incrustée dans le châssis du véhicule. Elle est constituée de 16 modules câblés en série pour délivrer une tension nominale de plus de 400 V aux moteurs.

Chaque module est câblé avec des cellules de type NCR18650 décrites dans le tableau ci-dessous. La tension en pleine charge des modules est de 25,2 V.

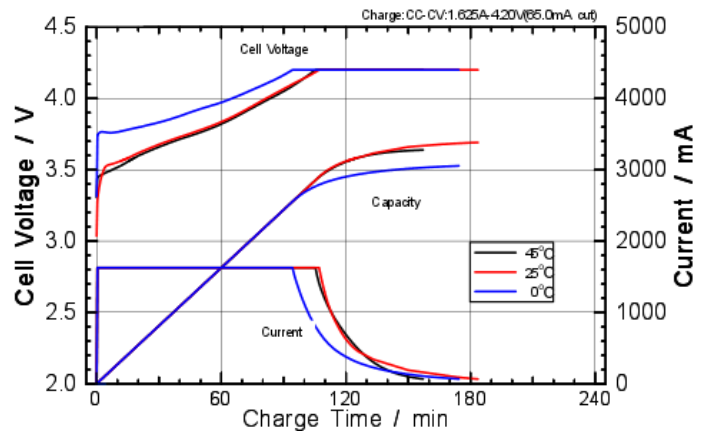


Cell Type NCR18650B

Specifications

	Rated Capacity (at 20°C)	Min. 3200mAh
	Nominal Capacity (at 25°C)	Min. 3250mAh Typ. 3350mAh
	Nominal Voltage	3.6V
	Charging Method	Constant Current -Constant Voltage
	Charging Voltage	4.2V
	Charging Current	Std. 1625mA
	Charging Time	4.0hrs.
Ambient Temperature	Charge	+10 ~ +45°C
	Discharge	-20 ~ +60°C
	Storage	-20 ~ +50°C
	Weight (Max.)	47.5g
Dimensions (Typ.) of Bare Cell	H	64.93mm
	D	18.2mm
Dimensions (Max.) Maximum size without tube	(D)	18.25mm
	(H)	65.10mm
	Volumetric Energy Density	676Wh/l
	Gravimetric Energy Density	243Wh/kg

Charge Characteristics for NCR18650B



- Evaluer le nombre total de cellules constituant la batterie.
- En déduire la masse de l'accumulateur (hors package et câble).
- Evaluer le nombre de cellules regroupées dans un module.
- Comment sont câblées les cellules dans un module ?
- Quelle est la capacité (en Ah) d'un module ?