

*Le terme de batteries est usuellement utilisé pour parler des accumulateurs, terme usité par les électrochimistes. La proximité de la terminologie anglaise explique le glissement sémantique. Les batteries sont en fait, un groupement de cellules électrochimiques, d'accumulateurs.*

Les constructeurs de VAE ont fait le choix entre les 2 types de batteries qui, jusqu'à la fin des années 90, constituaient les 2 principales technologies :

- des batteries au plomb (utilisées généralement en automobile),
- des batteries nickel-hydrure de métal, NiMH (utilisées principalement pour les appareils électroportatifs).

Aujourd'hui, des technologies au lithium ont été développées offrant des performances supérieures à volume ou poids égal.

## 1 - Quels sont les types de batteries utilisées ?

Les caractéristiques techniques des batteries sont relevées sur les documentations des constructeurs. Elles sont issues de l'analyse fonctionnelle du besoin d'une batterie (voir « Annexe : Analyse fonctionnelle d'une batterie »)

Type de batterie	Plomb gel	Nickel-hydrure de métal	Lithium-ion
Tension (V)	36	24	36
Capacité de charge (A.h)	12	7	8,6
Energie disponible (W.h)	432	168	309,6
Autonomie (km)	40 à 60	60	40 à 70
Masse (kg)	13	4	2,33
Energie massique (W.h/Kg)	33,2	42	132,8
Nombres de cycles de charge	350	> 1000	500
Prix (€)(année)	180 (2015)	nc	350 (2015)
Modèles	Liberty, City3 (ISD) Happiness (MBK)	Système Pass (MBK, Yamaha)	Nombreux modèles
Prix vélos (€) (année)	700 (2002)	1250 (2002)	1000 à 3000 (2015)

Caractéristiques techniques des batteries relevées sur les documentations des constructeurs :

- **Batteries en plomb (Pb)** : Batteries d'usage général utilisées en automobile, elles présentent un coût faible. Leur principale caractéristique est la robustesse. Leur capacité énergétique massique est de l'ordre de 30 W.h/kg. D'autre part, leurs performances diminuent avec la température (elles craignent le froid). Dans le cadre de l'usage d'un

VAE, il est recommandé pour conserver ces batteries en bonne forme «d'éviter, lors d'une utilisation, de décharger complètement la batterie, ou de les laisser trop longtemps déchargées. Les recharger au moins une fois par mois. L'électrolyte est constitué d'un mélange eau-acide gélatinieux et non liquide. Elles supportent donc d'être inclinées, mais pas renversées.»

- **Batteries nickel-hydrure de métal (Ni-MH)** : De conception plus récente (entre 1990 et 1995), ces batteries stockent plus d'énergie à masse égale (70 à 80 W.h/kg) à un prix d'achat plus élevé. Ces batteries nécessitent des utilisations en cycle complet charge/décharge, en raison de l'effet mémoire.
- **Batteries lithium-ion (li-ion)** : Elles possèdent une densité de stockage (rapport masse/énergie stockée) relativement élevée. Elles sont équipées d'un système électronique de protection BMS (Battery Management System) comportant divers fonctions :
  - ◆ L'équilibrage des cellules (ou Cell Balancing)
  - ◆ La protection contre les surtensions (Over-Current Protection)
  - ◆ La protection contre les décharges profondes (ou Over-Discharge)
  - ◆ La protection contre les surcharges (ou Over-Charge)
  - ◆ Protection contre les surchauffes (Thermal Protection)

Il s'agit de contrôler l'énergie contenue contre les risques d'explosion présents. A titre d'exemple, l'énergie développée par de la TNT est 4,1 kJ/g, une batterie li-ion peut développer entre 0,93 et 7 kJ/g en fonction des éléments touchés ; elle a cependant une combustion plus longue que la TNT.

## 2 - Choix des constructeurs

### 21 - Type de batterie

Suivant les prestations attendues par le VAE, le choix du type de batterie sera différent. Retenons 3 critères : coût du VAE, autonomie (i.e. l'énergie/masse ou l'énergie/volume), masse (influant fortement l'utilisation sans assistance).

	Base de gamme Liberty (CNC)	Haut de gamme XPC Deluxe (Yamaha)	Moyenne gamme Eveo (modèle 2011)
Coût	◎◎◎	◎	◎◎
Autonomie	◎◎	◎◎	◎◎
Poids	◎	◎◎	◎◎◎
Choix	Batterie Pb	Batterie Ni-MH	Batterie Li-ion

Légende : ◎ : peu important; ◎◎ : important; ◎◎◎ : très important.

### 22 - Positionnement de la batterie

La principale contrainte d'une batterie est son poids, en particulier en ce qui concerne les batteries au plomb. Afin de préserver un bon comportement routier et une bonne stabilité des VAE, les batteries sont placées de façon à avoir :

- un centre de gravité bas (des batteries en position basse);

- une répartition des masses sans cycliste équilibrée sur les deux roues ou plus importante sur la roue arrière (des batteries sur le cadre avant ou sous la selle).

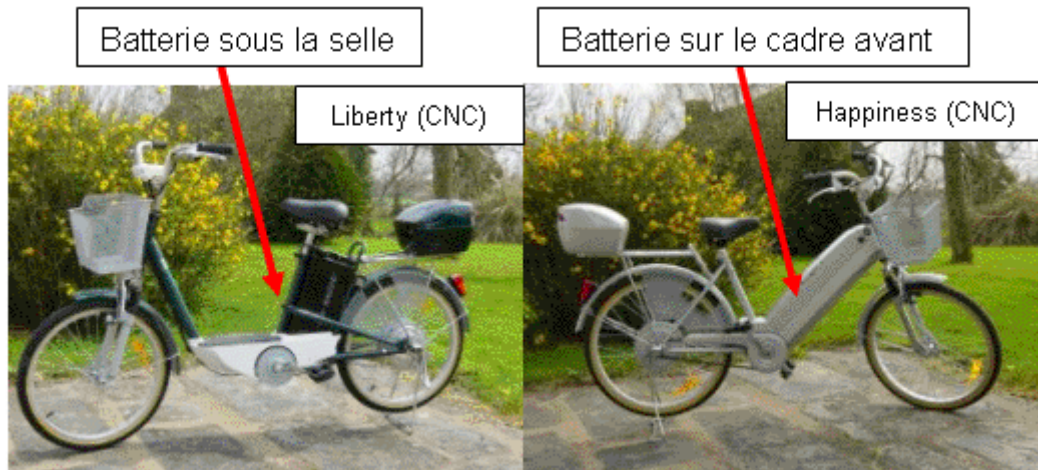


Figure 1 : Différentes implantations de la batterie [1]

### 3 – Le choix d'une batterie

Le choix d'une batterie se fait en fonction de son autonomie et de l'énergie disponible. La performance de la batterie est exprimée par la combinaison de la tension (en volt, V) et de sa capacité (en ampère heure, A.h) ; l'énergie disponible (en watt heure, W.h) peut être estimée par le produit de la tension (24 ou 36V) avec la capacité :  $\text{Energie disponible} = \text{tension} \times \text{capacité}^1$ , sachant que si le régime de courant est plus élevé que celui prévu par le constructeur, l'énergie disponible peut être bien inférieure à celle donnée par le constructeur.

L'autonomie de la batterie est estimée en fonction de paramètres physiques liés au parcours. A l'image d'un réservoir de véhicule qui consomme plus en milieu montagneux et à haute vitesse, un vélo à assistance électrique consomme de l'énergie en fonction de la vitesse souhaitée, du type de route, des dénivelés ... Les constructeurs annoncent donc des intervalles d'autonomie en kilomètres tenant compte de parcours à profil moyen (plat, dénivelé) et de la vitesse moyenne désirée. Ainsi dans le choix de la batterie il faut tenir compte de la masse transportée (vélo + cycliste), du dénivelé, de la distance à parcourir, du temps de parcours (lié à la vitesse souhaitée), du frottement exercé (pertes), des performances du vélo lui même (type de moteur, pédalier, masse ...).

### Références :

[1]: <http://cyclurba.fr/>

Ressource publiée sur EDUSCOL-STI : <http://eduscol.education.fr/sti/si-ens-cachan/>

<sup>1</sup> La capacité évoquée ici est une charge électrique exprimée dans le Système International (SI) en Coulomb (C) ou en Ampère-heure (A.h) pour les piles et batteries (sachant que  $1 \text{ A.h} = 3600 \text{ C}$ ). A ne pas confondre avec la capacité électrique qui est en Farad (F). Voir « Annexe : Analyse fonctionnelle du besoin d'une batterie ».