

1- Définition de l'énergie

L'**énergie** est une mesure de la capacité d'un système à modifier un état, à produire un travail entraînant un mouvement, un rayonnement électromagnétique ou de la chaleur.

L'énergie peut s'exprimer en Joule (J) ou en Watt.heure (W.h)

$$1\text{W.h} = 3600\text{J}$$

$$E (\text{W} \cdot \text{h}) = P(\text{W}) \times t(\text{h})$$

$$E (\text{J}) = P(\text{W}) \times t(\text{s})$$

- P la puissance du système, en Watt
- E l'énergie du système, en Joules ou en Watt.heure
- t la durée durant laquelle fonctionne le système, en seconde ou en heure

2- Le rendement d'un système

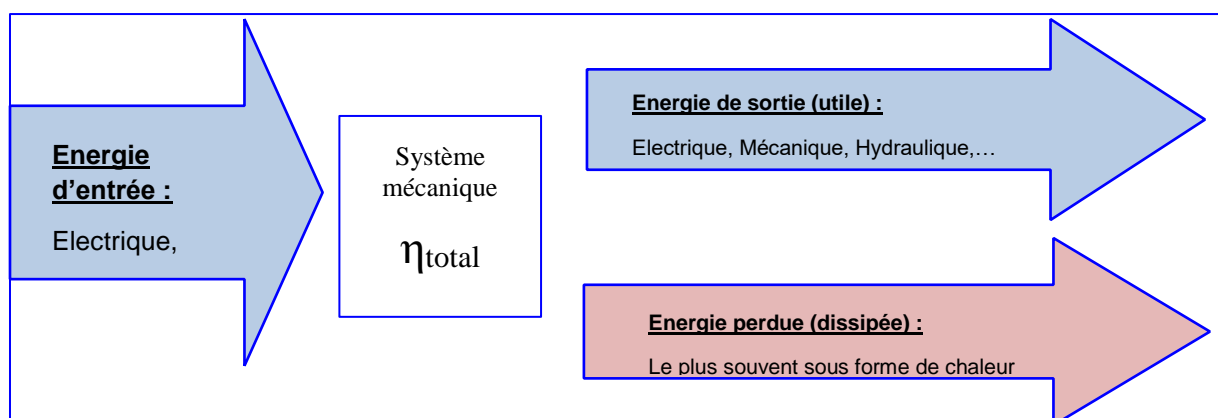
Le **rendement** traduit l'efficacité énergétique d'un système ou d'un composant. On définit le rendement de la manière suivante.

$$n = \frac{E_{\text{sortie}}}{E_{\text{entrée}}}$$

$$\eta = \frac{P_{\text{sortie}}}{P_{\text{entrée}}}$$

- η le rendement du composant, sans unité
- E_{sortie} et $E_{\text{entrée}}$ les énergies à la sortie et à l'entrée du composant, en Joule (J) ou en Watt.heure (W.h)
- P_{sortie} et $P_{\text{entrée}}$ les puissances à la sortie et à l'entrée du composant, en Watt (W)

Le schéma ci-dessous récapitule les différentes énergies en entrée et en sortie d'un système mécanique, sachant qu'il y a toujours une perte d'énergie, qui se dissipe et qui est le plus souvent de nature thermique.



Le rendement global η_{global} est le produit des rendements intermédiaires ($\eta_1, \eta_2, \text{etc.}$).

$$\eta_{\text{global}} = \eta_1 \times \eta_2 \times \dots \times \eta_n$$

3- Stockage de l'énergie

On a besoin de stocker l'énergie pour 3 raisons :

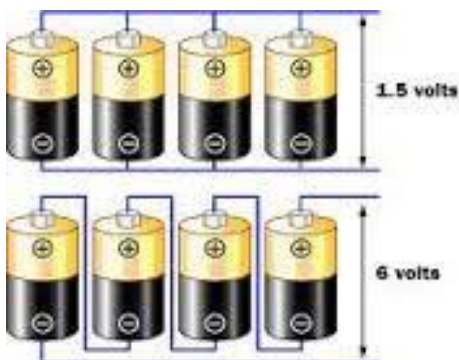
- avoir des systèmes autonomes,
- compenser le décalage temporel entre la production d'énergie et l'utilisation,
- compenser des fluctuations dans la production d'énergie ;

I. le stockage électrochimique de l'électricité

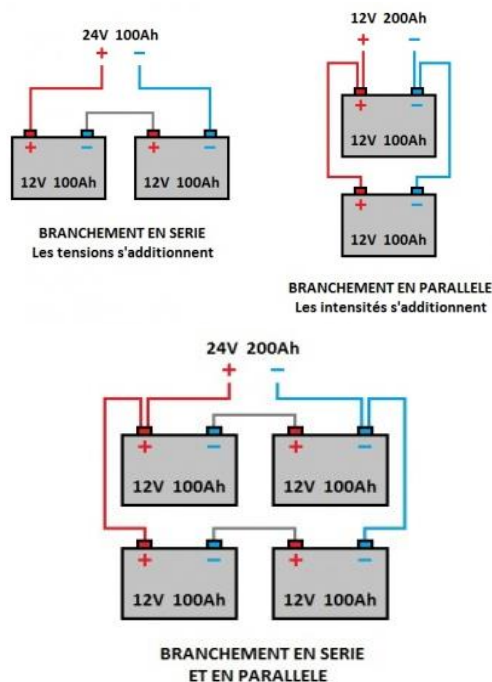
Les 3 grandeurs principales qui caractérisent les batteries sont :

- **La tension** aux bornes, ou différence de potentiel, est la tension fournie par la pile, ou batterie, au cours de sa décharge. Elle s'exprime en volts (V).
- **La capacité** d'une batterie est la quantité d'électricité que fournit la batterie, on la rapporte souvent à la masse ou au volume. Les fabricants indiquent la capacité en ampère-heure (Ah) ou en Coulomb (C) avec $1\text{Ah} = 3600\text{C}$.
- **La densité énergétique** d'une batterie est la quantité d'énergie stockée par unité de masse ou de volume. Elle s'exprime en Wh/kg ou en Wh/L.

Capacité d'une association de batteries



La capacité représente la quantité de courant présent dans la batterie, mais pas la quantité d'énergie. Pour connaître cette quantité d'énergie (qui s'exprime en Watt-heure (Wh)), il faut multiplier la capacité par la tension de la batterie : $\text{Ah} \times \text{V} = \text{Wh}$.



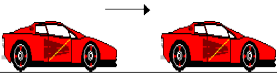
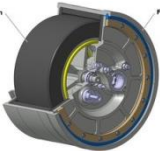
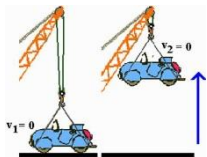
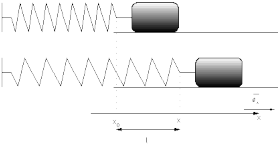
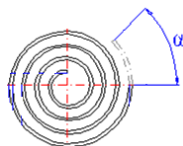
<p>Un courant électrique est déterminé par le déplacement d'électrons.</p> <p>La quantité d'électricité Q (en coulomb) est le produit de l'intensité I du courant (en ampère) par le temps t (en seconde)</p> <p>On utilise aussi fréquemment l'ampère-heure, par exemple pour exprimer la quantité d'électricité utilisée pour la charge d'un accumulateur.</p> <p>1 Ah = 3600 C</p>	$Q = I \times t$
<p>La puissance consommée P (en W) est égale au produit de la tension U (en V) de la batterie par le courant I (en A) qu'elle délivre</p>	$P = U \times I$
<p>L'énergie W (en Wh) fournie par une batterie est :</p> <p>Egale au produit de la puissance P (en W) absorbée par le temps de fonctionnement t (en h)</p> <p>Egale au produit de sa tension U (en V) et de sa capacité Q (en Ah)</p>	$W = P \cdot t$ $W = U \times Q$




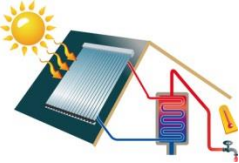
II. le stockage électrostatique de l'électricité

La capacité électrique d'un condensateur ou d'un supercondensateur est déterminée essentiellement par la géométrie des armatures et de la nature du, ou des, isolant(s).

	Batterie	Supercondensateur
Densité de puissance (W/kg)	150 – 1000	1000 – 5000
Densité d'énergie (Wh/kg)	50 - 1500	4 - 6

Le tableau permet de remarquer la supériorité des supercondensateurs en ce qui concerne la densité de puissance. Le point faible des supercondensateurs est leur densité d'énergie très mauvaise, ce qui signifie qu'ils ne peuvent stocker cette puissance que peu de temps (quelques secondes maximum).

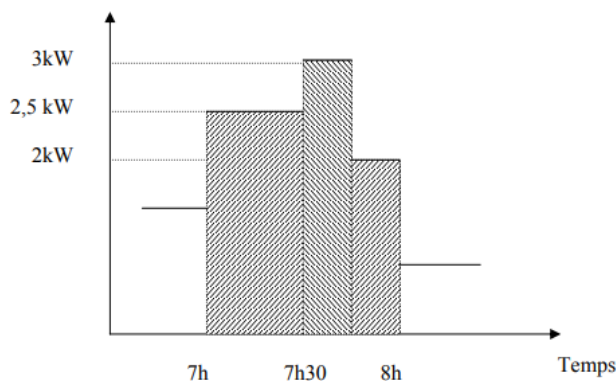
Forme de l'énergie stockée	Descriptif	Exemple	Grandeur caractéristique de l'élément de stockage	Grandeur physique	Expression de l'énergie stockée
Mécanique	Cinétique de translation	Véhicule en translation 	m : masse (kg)	v : vitesse linéaire (m/s)	$E = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$
	Cinétique de rotation	volant d'inertie 	J : moment d'inertie (kg.m ²)	ω : vitesse angulaire (rad/s)	$E = \frac{1}{2} \cdot J \cdot \omega^2$
	Potentielle de pesanteur	Solide en hauteur 	m : masse (kg)	h : hauteur (m)	$E = m \cdot g \cdot h$
	Potentielle élastique	Ressort de traction-compression 		k : raideur (N/m)	x : variation de longueur (m)
Ressort de torsion 			k : raideur (Nm/rad)	α : variation angulaire (rad)	$E = \frac{1}{2} \cdot k \cdot \alpha^2$

Electrique	Electrostatique	Condensateur ou supercondensateur 	C : capacité (F)	U : tension (V)	$E = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2$
	Electromagnétique	Inductance 	L : inductance (H)	I : intensité du courant (A)	$E = \frac{1}{2} \cdot L \cdot I^2$
	Electrochimique	Batterie ou pile 	Q : capacité (Ah)	U : tension (V)	$E = Q \cdot U$
Thermique		Chauffe-eau solaire 	m : masse (kg) c : capacité thermique massique (J/(kg.K))	$\Delta\theta$: variation de température (°C ou K)	$E = m \cdot c \cdot \Delta\theta$

4- Types de questions pouvant être posées au candidat

La puissance électrique en service dans un foyer est la somme des puissances des divers appareils électriques branchés. Elle varie chaque fois qu'un appareil est branché ou débranché. Le graphique ci-dessous représente les variations de la puissance en service dans un foyer entre 7h du soir et 8h du soir.

Puissance en service



L'énergie consommée est de :

$$2,5 \times \frac{1}{2} \text{ kWh entre 7h et 7h30,}$$

$$3 \times \frac{1}{4} \text{ kWh entre 7h30 et 7h45,}$$

$$2 \times \frac{1}{4} \text{ kWh entre 7h45 et 8h.}$$

Soit au total 2,5 kilowattheures.

La consommation électrique est égale à l'aire sous le graphique représentant les variations de la puissance en fonction du temps.

Démarche qui fonctionne aussi avec un graphique donnant le courant I absorbé par le système au cours du temps, connaissant la tension d'alimentation