

# Formation : Battery Energy Storage Systems (BESS)

Module de base pour dimensionnement



# Généralités

Le stockage d'énergie peut répondre à plusieurs problématiques : compenser un écart entre l'offre et la demande ou un déphasage entre la production et la consommation d'énergie ; pallier à une interruption accidentelle de fourniture d'énergie; augmenter la part d'énergie renouvelable consommée

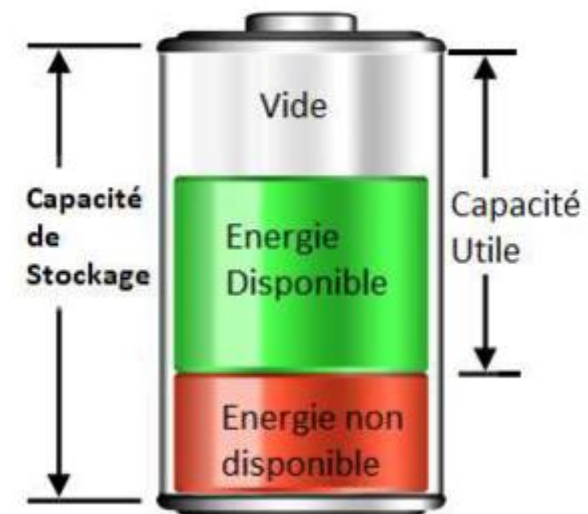
## Services proposés par un système de stockage

Peak-shaving	Optimisation de l'autoconsommation	Fourniture de puissance de réglage primaire	Alimentation anti-interruption	Correction du facteur de puissance
Réduction des pointes de puissances importées depuis le réseau de distribution	Suppression de l'injection du surplus de production photovoltaïque	Participation au maintien de la fréquence du réseau en équilibrant la balance consommation/production	Approvisionnement d'énergie lors de l'absence d'une connexion au réseau électrique	Les batteries de condensateurs produisent une puissance réactive négative qui compense la puissance réactive inductive positive du réseau

# Généralités

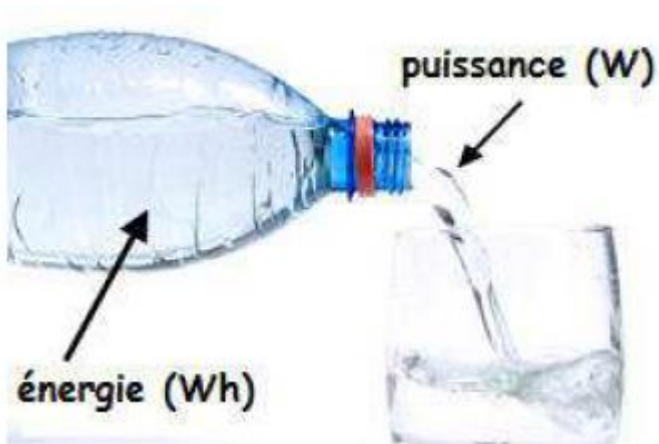
Les systèmes de stockage d'énergie ou ESS (Energy Storage System) type batteries réalisent le stockage de l'énergie électrique grâce à des accumulateurs électrochimiques. La réversibilité des réactions électrochimiques permet de stocker et restituer l'électricité. Les ESS sont caractérisés par les valeurs suivantes :

- **la capacité installée de stockage** exprimée en Ampère-heure (Ah) ou Watts-heure (Wh) qui représente la quantité d'énergie disponible lorsqu'on décharge de 100% à 0%,
- **la capacité utile** est l'énergie stockée qui peut être délivrée sans dégrader le fonctionnement de l'équipement, exprimée en Watts-heure (Wh). Elle est équivalente à la capacité installée de stockage multipliée par la DoD
- **DoD (%) ou Depth of Discharge** représente le pourcentage de la capacité totale de la batterie qui peut être déchargé sans dégrader le fonctionnement de l'équipement. Un DoD important permet une utilisation plus importante de la capacité de la batterie avant rechargement.



# Généralités

Les systèmes de stockage d'énergie ou ESS (Energy Storage System) type batteries réalisent le stockage de l'énergie électrique grâce à des accumulateurs électrochimiques. La réversibilité des réactions électrochimiques permet de stocker et restituer l'électricité. Les ESS sont caractérisés par les valeurs suivantes :

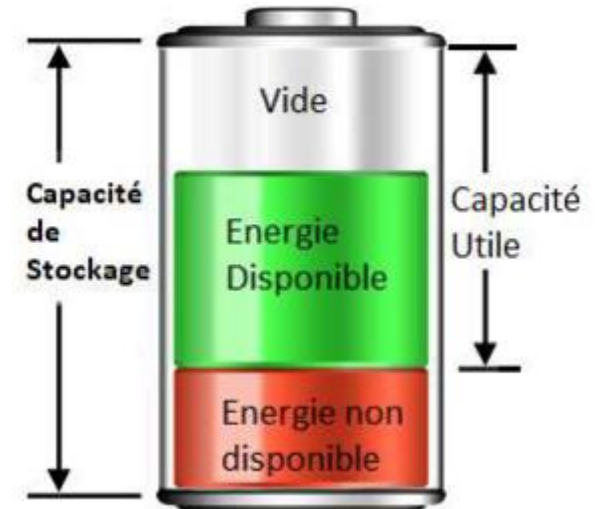


- **la puissance maximale de charge et de décharge** exprimée en Watts (W) (certaines technologies ont des puissances de charge et de décharge distinctes)
- **le RTE (Round Trip Efficiency)** qui représente l'efficacité d'un cycle complet de charge et décharge, il s'exprime en %. Une valeur type du RTE est 85% en prenant en compte les pertes (batterie, conversion AC/DC et auxiliaires)
- **La durée de vie** mesurée en termes de nombre de cycle et en durée calendaire. Elle peut être exprimée par le SOH (State of Health) qui est la capacité restante à l'instant  $t$  (en %) du fait de la dégradation calendaire et par cyclage (le SOH minimum avant expiration de la batterie se situe aux alentours de 70 ou 80%).

## Exemple pratique

Centrale solaire de 10 MW avec stockage de 4 heures

- Puissance : 10 MW
- Durée : 4 h
- Capacité requise :  $E = P \times t = 10 \times 4 = 40 \text{ MWh}$
- DoD = 90%, efficacité = 85%
- Capacité utile =  $40 / (0.9 \times 0.85) \approx 52.3 \text{ MWh}$

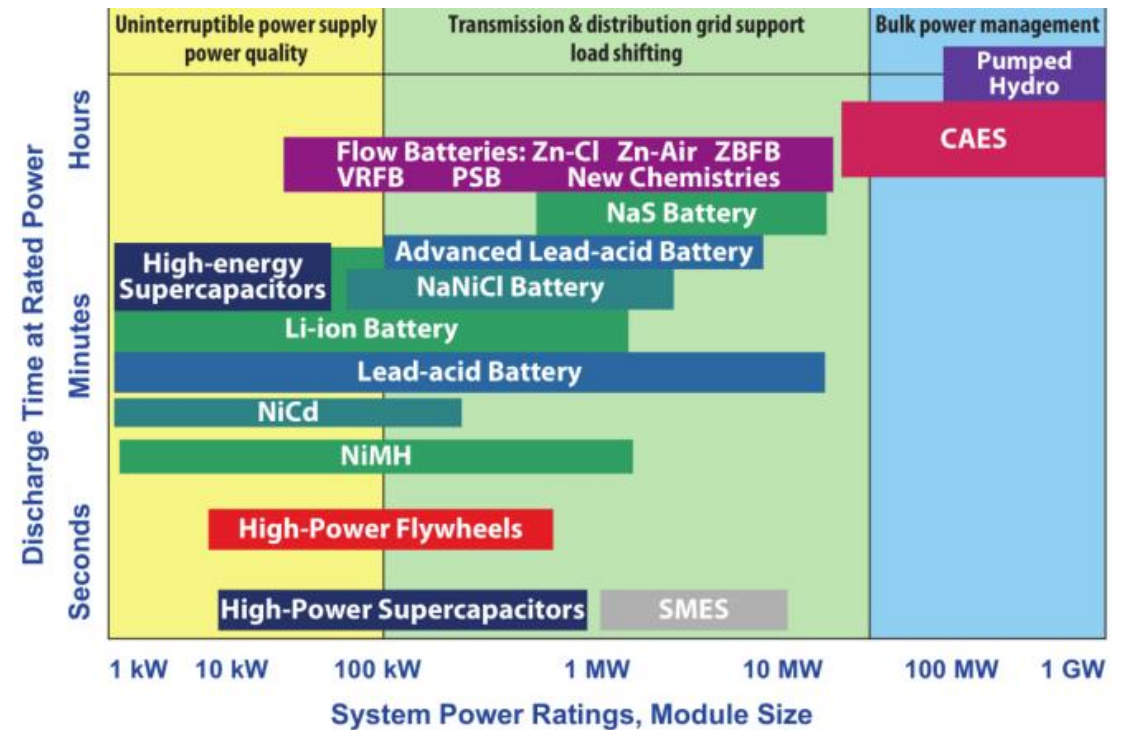


# Choix de la technologie

- Principaux facteurs de dimensionnement du système
  - Capacité de stockage ( $C_{ess}$ )
  - Puissance de (dé)charge ( $P_{ess}$ )
- Paramètres liés par le taux de charge

$$C\text{-rate} = P_{ess} / C_{ess}$$

mesure la vitesse à laquelle une batterie se charge ou se décharge par rapport à sa capacité maximale. Exprimé en multiple de « C », il indique la rapidité de transfert d'énergie : 1C signifie une charge/décharge complète en 1 heure, 2C en 30 minutes, et 0,5C en 2 heures



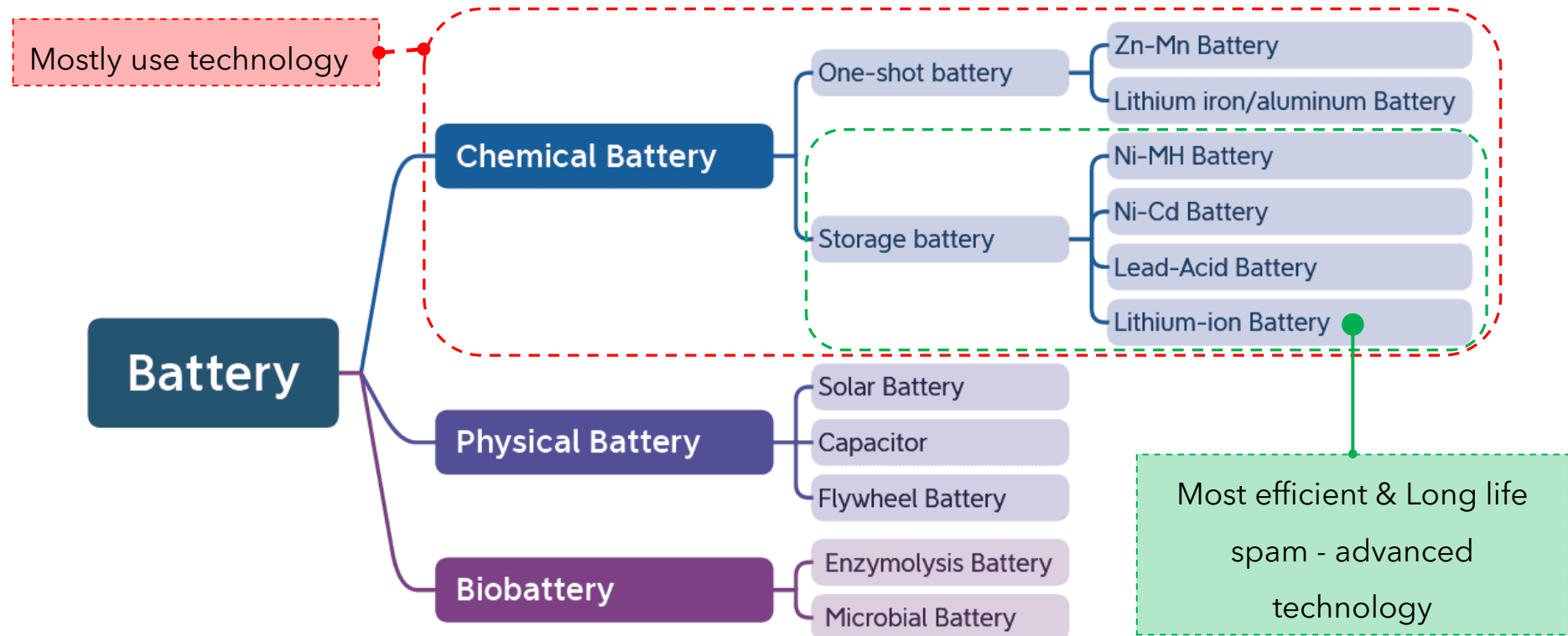
Classification des diverses technologies de stockage d'énergie selon leur puissance et leur temps de décharge (source: International Renewable Energy Agency [1])

## Choix de la technologie

Le constructeur délivre les valeurs maximales pour une batterie neuve et dans des conditions standard d'utilisation (en général 25°C, puissance nominale). Ces valeurs se dégradent en fonction du temps et de l'usage qui est fait de la batterie. Exception faite pour le RTE et la puissance maximale qui sont considérés stables dans le temps. Cependant la capacité de la batterie subit une dégradation par cyclage et calendaire.

C-Rate	Temps
2 C	30 min
1 C	1h
0.5 C ou C/2	2h
0.2C ou C/5	5h

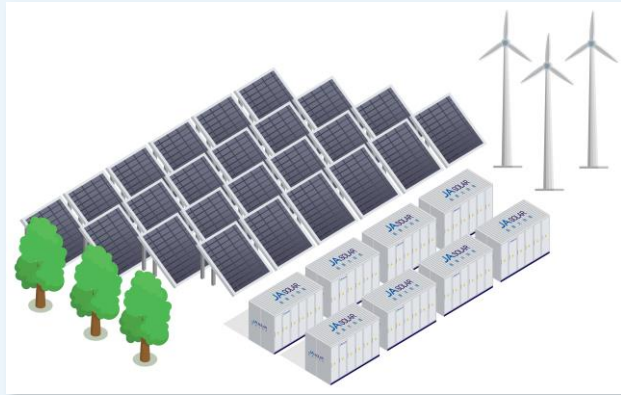
# Classement des technologies de stockage d'énergie



- Lithium-ion : haute densité, longue durée de vie
- Plomb-acide : faible coût, durée de vie limitée
- Flow batteries : flexibilité, longue durée

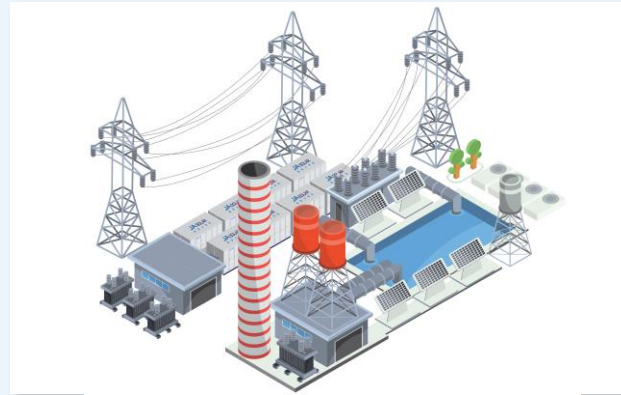
- Sodium-soufre : haute température, usage réseau
- Supercondensateurs : puissance instantanée, faible capacité

# Scenario des applications des batteries de stockages



## Generation Sector

- ☒ Mitigating Solar & Wind Curtailment
- ☒ Grid Peak & Frequency Regulation



## Grid Sector

- ☒ Grid Peak & Frequency Regulation
- ☒ Providing Virtual Capacity



## End-Use Sector

- ☒ Electricity Tariff Arbitrage
- ☒ Demand Charge Management
- ☒ PV + ESS (+Charging) Integration

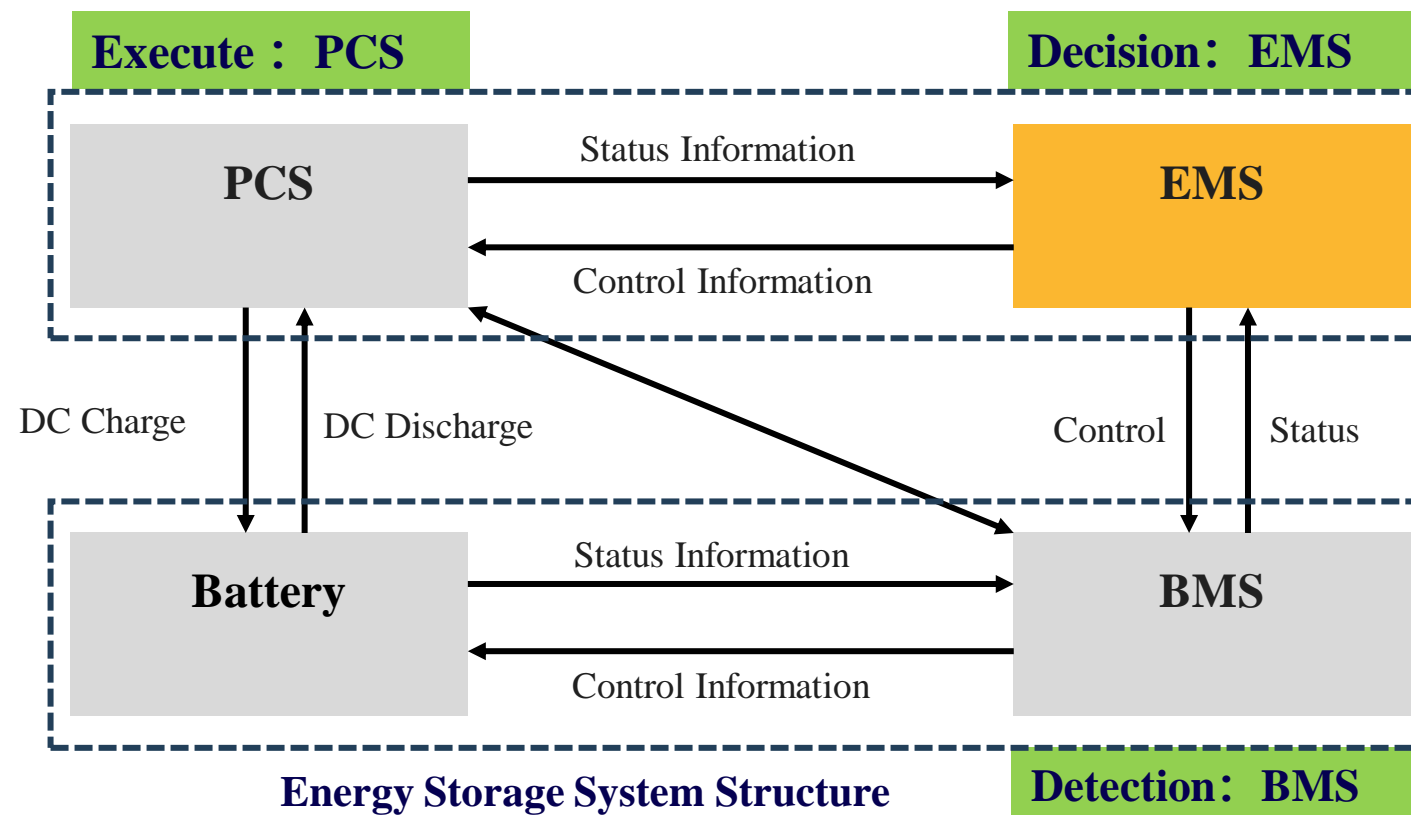
C&I

Zero-Carbon

Residential

# Connexion des composants dans un système de stockage d'énergie

Le système de stockage d'énergie se compose principalement de quatre parties : la batterie, le système de gestion de batterie (BMS), le système de gestion d'énergie (EMS) et le système de conversion d'énergie (PCS).





DC Plan



AC Plan



An aerial photograph showing a large array of solar panels installed on a roof. The panels are arranged in a grid pattern, with rows of panels separated by wooden walkways. The perspective is from a high angle, looking down at the roof.

Merci de  
votre  
attention

**Préparé par**

Fenosoa ANDRIAMBOLA

**Contact**

mail : [fenomail74@gmail.com](mailto:fenomail74@gmail.com)

Mobile : +261 34 46 706 37