

LE STOCKAGE STATIONNAIRE DE L'ELECTRICITE

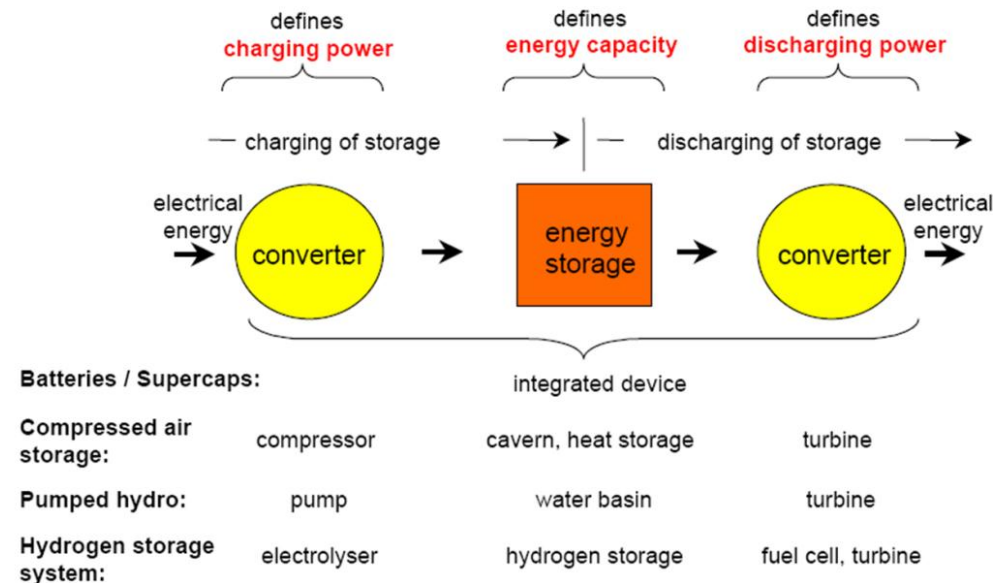
BREF ETAT DES LIEUX

Pierre ODRU, IDEES

Stockage d'électricité

L'électricité ne peut être stockée directement. Son stockage nécessite sa conversion en un potentiel (gravitationnel, chimique, mécanique), ou en un vecteur (hydrogène), avec conversion inverse en électricité sur demande.

Definition of a storage system for electrical energy



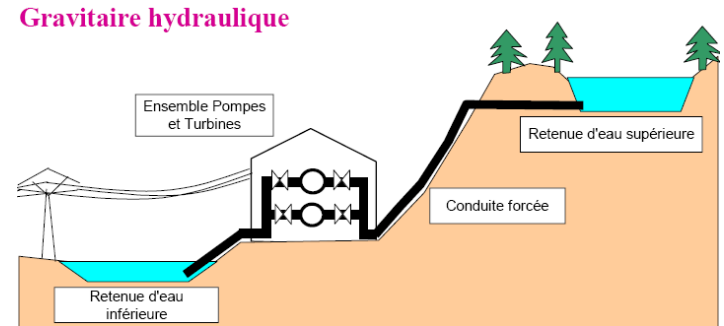
Stockage stationnaire de grande capacité

Les principales technologies applicables au stockage à grande échelle de l'électricité sont:

- Les Stations de Transfert d'Énergie par Pompage (STEP)
- L'Air Comprimé (CAES, Compressed Air Energy Storage)
- L'Hydrogène
- Les Batteries Electrochimiques

Le Pompage Hydraulique

Le pompage hydraulique est de loin la technologie la plus utilisée. Elle consiste à pomper l'eau d'un bassin inférieur vers un bassin supérieur en cas d'excès de production d'électricité; et à turbiner cette eau vers le bassin inférieur lorsque les conditions le requièrent.



STEP: Station de Transfert d'Énergie par Pompage

La technologie est maîtrisée, avec un rendement élevé de l'ordre de 75%.

La puissance totale installée dans le monde est de l'ordre de 140 GW, et toujours en croissance.

Les investissements sont élevés, mais le retour à long terme est bon.

Les inconvénients sont une empreinte environnementale importante, des temps de construction importants, une raréfaction des sites favorables, et l'acceptabilité sociétale.

Le Pompage Hydraulique



Le plus grand STEP de France est Grand Maisons, dans l'Isère. Sa capacité de restitution est de 1,6 GW pendant 20h.

Au Japon et aux US existent des capacités de 2,7 GW. En Europe le total installé représente 6% de la capacité de production d'électricité.

La Norvège a le plus gros potentiel en Europe, et permet la régularisation partielle de la production éolienne de l'Europe du Nord.

A côté des grosses installations commencent à exister des concepts de petite hydraulique, notamment artificielle. Concept en développement.

L'Air Comprimé (CAES)

La technologie CAES consiste à comprimer de l'air dans une cavité souterraine lors d'un excès de production d'électricité pour la restituer par turbinage lors d'un excès de demande.

Le rendement (autour de 50%) est meilleur que celui d'une turbine à gaz (35%), inférieur à celui du pompage, la chaleur de compression étant perdue. Pour des raisons thermodynamiques, utilisation de gaz naturel au turbinage.

Deux pilotes existent dans le monde (Allemagne et EU) pour une puissance installée de 480 MW.

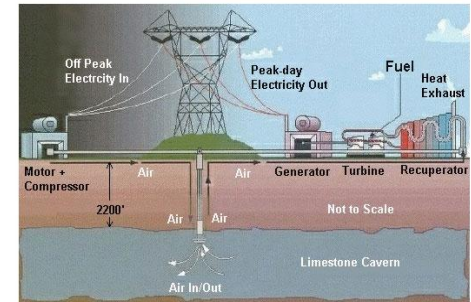
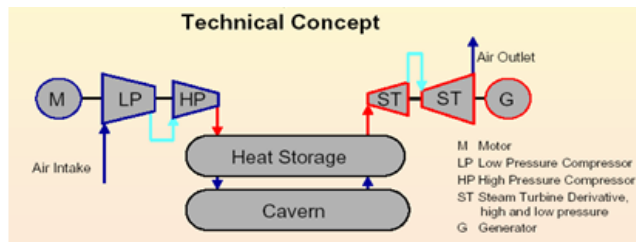
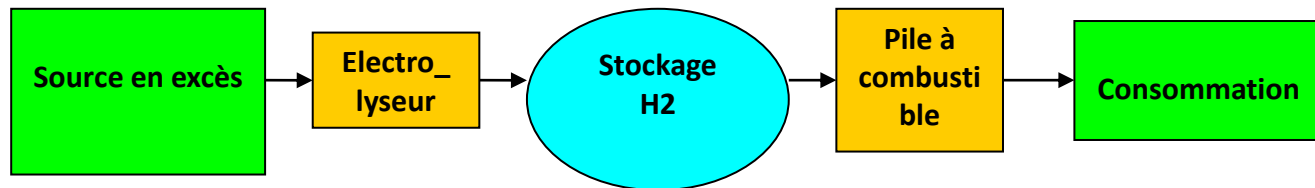


Photo Courtesy of CAES Development Company



Recherches en cours sur les CAES adiabatiques, afin de stocker et restituer la chaleur de compression pour améliorer l'efficacité énergétique ainsi que les rejets de CO₂. Des rendements de 70% pourraient être atteints.

L'Hydrogène



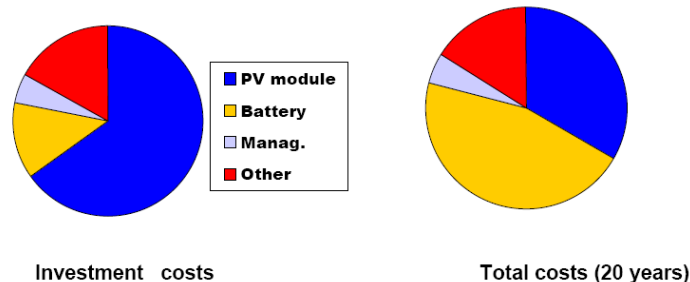
L'Hydrogène est une autre solution:

- Comprimé ou liquide, sa densité d'énergie est proche de celle des hydrocarbures, supérieure à celle de n'importe quel autre système;
- De très importantes quantités d'énergie pourraient être stockées dans le sous sol, à l'identique du gaz naturel;
- Le rendement global de la transformation n'est toutefois que de 30 à 40%; nécessité que l'électrolyseur admette des sources fluctuantes, et durabilité de la pile à combustible; coûts d'investissement associés très importants;
- L'hydrogène pourrait toutefois être injecté dans le réseau de gaz naturel, et utilisé directement.

Stockage électrochimique

- Les batteries utilisent des réactions réversibles électrochimiques pour stocker l'électricité. Les batteries classiques sont les batteries au plomb, NiMH, Lithium Ion. Leur énergie spécifique est élevée, mais leur durée de vie et la puissance disponible sont limitées.

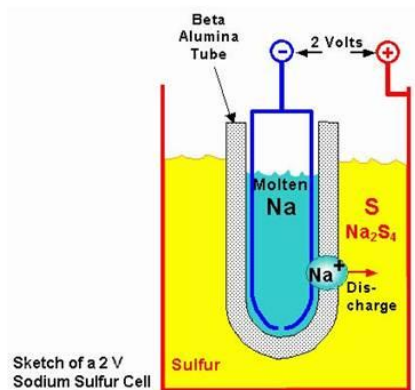
INES Source



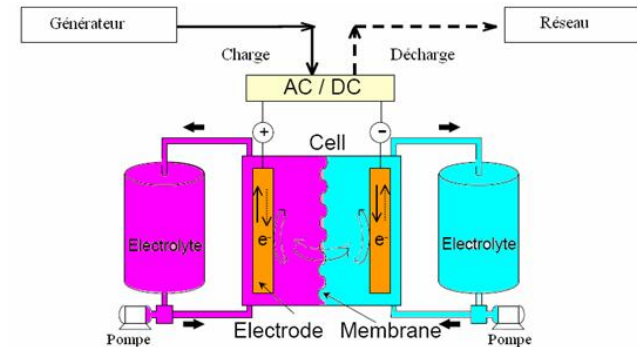
- Les batteries au plomb sont les moins chères. Toutefois leur durée de vie est faible si profondément cyclées. Dans un système photovoltaïque autonome, les batteries représentent la moitié des coûts après vingt ans d'utilisation.
- Le Lithium ion pourrait devenir compétitif, du fait d'une durée de vie plus importante, mais l'investissement initial est élevé.

Batteries stationnaires

Des batteries électrochimiques ont été spécialement développées pour les applications stationnaires de grande puissance à grand nombre de cycles (10^4 cycles et plus).



Batteries chaudes Sodium Soufre développées au Japon. Plus de 200 installées dans le monde, forte croissance.



La technologie Redox Flow utilise la circulation d'électrolyte, les matières actives en solution échangeant les ions à travers une membrane. La puissance et l'énergie peuvent être dissociées. Plusieurs démonstrateurs dans le monde.

Stockages stationnaires dans le monde

STEP	CAES	Na-S	Plomb	Redox	Ni Cd
140 000	480	150*	125	38	27

*: 300 MW en 2011

Puissances installées dans le monde, MWe, 2008

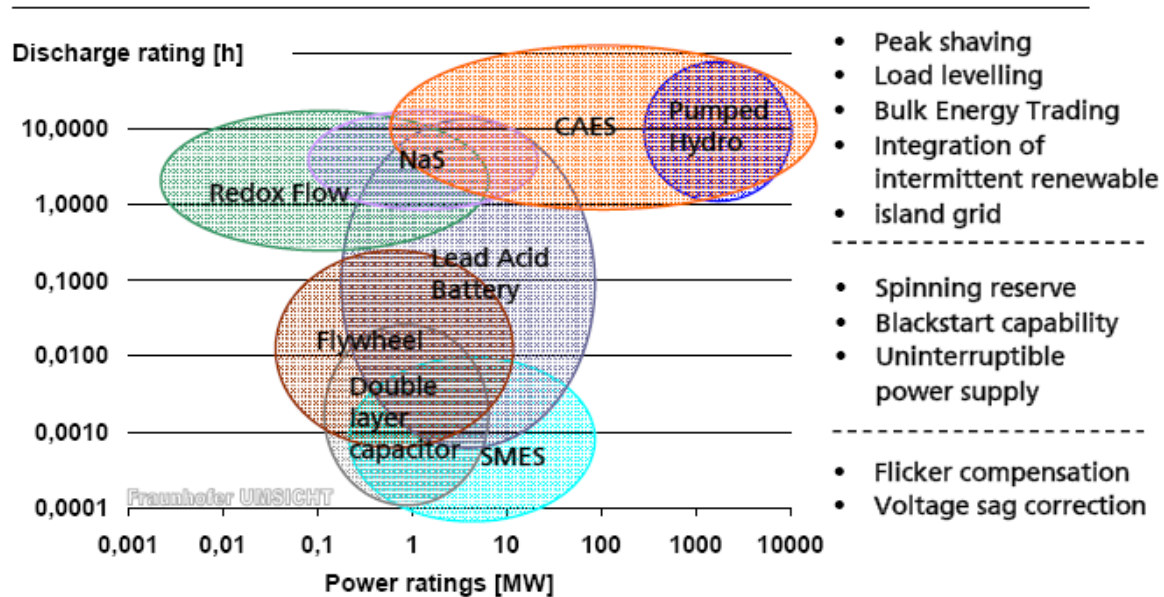
99% de la puissance installée l'est sous la forme de stations de pompage.

Avec 2 installations, les CAES représentent plus de la moitié du reste.

Le Lithium ion pourrait être une opportunité, associé aux batteries des futures flottes de véhicules électriques.

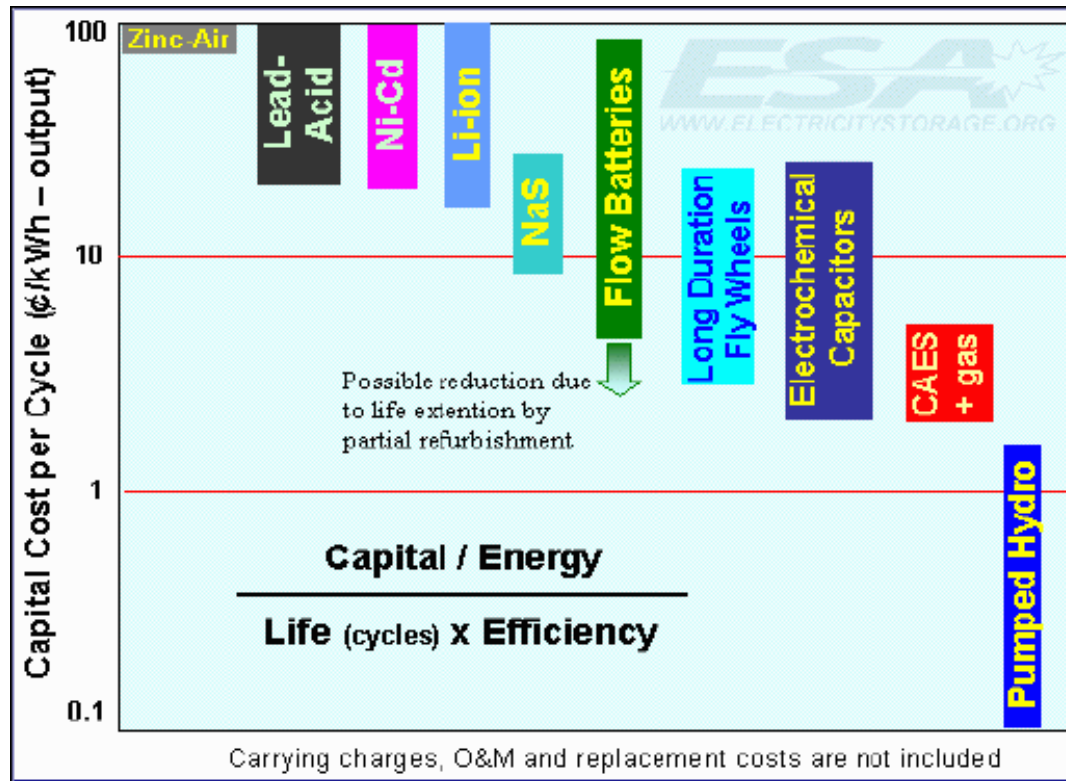
Applications du stockage stationnaire

5. Storage technology comparison: Application



Le stockage d'électricité participe aussi à la sécurité et à la qualité des réseaux électriques.

Coûts des stockages stationnaires



Conclusions stockage d'électricité stationnaire

L'électricité ne se stocke pas directement, mais de nombreuses solutions existent; elles sont toutefois coûteuses, et leurs empreintes environnementales sont significatives;

L'introduction d'énergies renouvelables dans le réseau électrique, intermittentes et décalées par rapport à la demande, peut être résolue dans des limites importantes par des solutions classiques (échanges) ou novatrices (réseaux intelligents);

Le stockage électrochimique fera partie de la 'batterie' de solutions, mais nécessite encore de nombreux développements, performances, prix, sécurité, disponibilité des matériaux....

Séminaire stockage électrochimique stationnaire

CNAM, 7 Décembre 2011

Introduction sur le stockage massif d'électricité, Pierre Odru et Christian Ngo (fondation Tuck) ;

La technologie du Redox Flow et les travaux du CEA INES, Marion Perrin (CEA INES) ;

Accumulateurs Li-ion à circulation au sein du RS2E, Stéphane Hamelet (Université de Picardie) ;

Les batteries Nickel-Zinc: perspectives pour le stockage stationnaire d'énergie, par Robert Rouget (SCPS) ;

Les batteries 'chaudes' NaS ou NaNiCl₂ : éléments de réflexion, Gilbert Cazenobe (intuitu personae).

MERCI POUR VOTRE ATTENTION