
Le stockage d'énergie

— Laetitia, Elias, Denisse —
22/03/2017

Introduction

L'électricité ne se stocke pas!

Technologies pour le stockage massif:

- mécanique (potentielle ou cinétique) : STEP, CAES, volant d'inertie
- chimique, électrochimique : piles, batteries, vecteur hydrogène, méthanation, etc.
- électromagnétique : bobines supraconductrices, supercapacités
- thermique et thermodynamique : chaleur sensible ou chaleur latente, énergie par sorption

Sommaire

- 1) Solutions les plus utilisées : stockage de l'énergie mécanique
- 2) Autres solutions
- 3) Axes d'évolution
- 4) Volant d'inertie et béton

Conclusion

Bibliographie

1) Solutions les plus utilisées: stockage de l'énergie mécanique

1.1) STEP : Stations de Transfert d'Énergie par Pompage

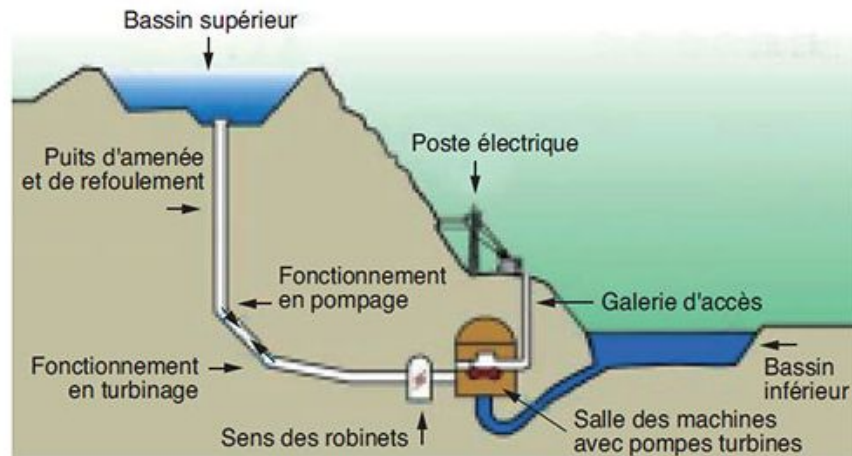
99% des capacités mondiales de stockage de l'électricité

Existent depuis les années 20

2 types de pompages:

- pompage pur
- pompage mixte

Schéma de fonctionnement d'une STEP



Source : EnerGeek 2011

1.1) STEP : Stations de Transfert d'Énergie par Pompes

Avantages:

- efficacité de stockage de l'énergie de 70%
- nécessite peu de maintenance
- solution de longue durée

Inconvénients:

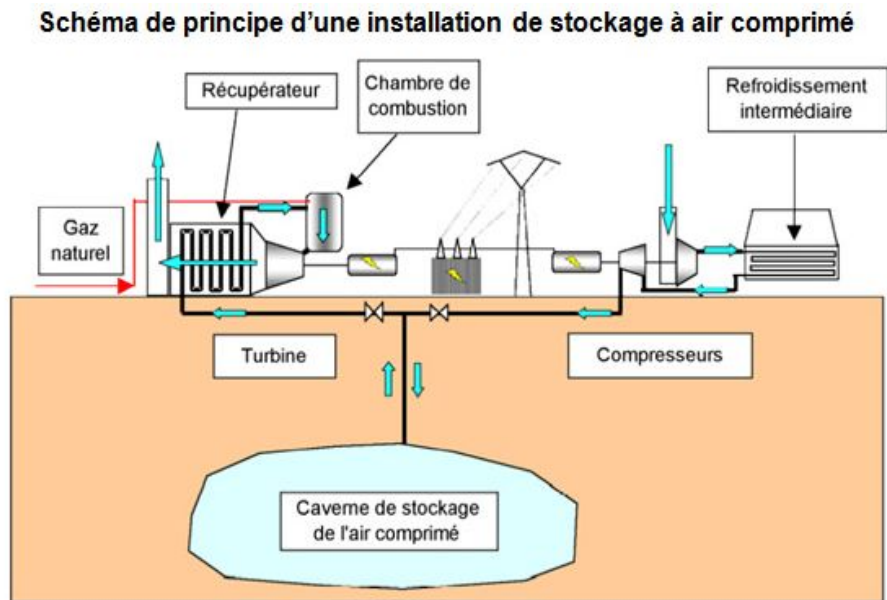
- limites géographiques
- prix élevé de l'installation hydraulique et des équipements hydrauliques, électriques et de canalisation
- prix élevé des moyens de transport et de distribution
- fort impact environnemental à cause de la construction de barrages

1.2) CAES : Compressed Air Energy Storage

Moins de 1% des capacités mondiales de stockage de l'électricité

Principe : compression de l'air, ouverture de la vanne, passage de l'air dans la turbine => électricité

Rendement : 50%



Source : Bernard Multon et Jacques Ruer – Stocker l'électricité : oui c'est indispensable et c'est possible

2) Autres solutions

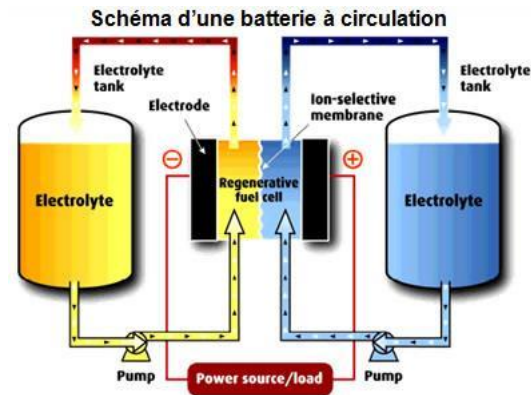
2.1) Chimie et Electrochimie

Batteries (bâtiment ou petite collectivité)

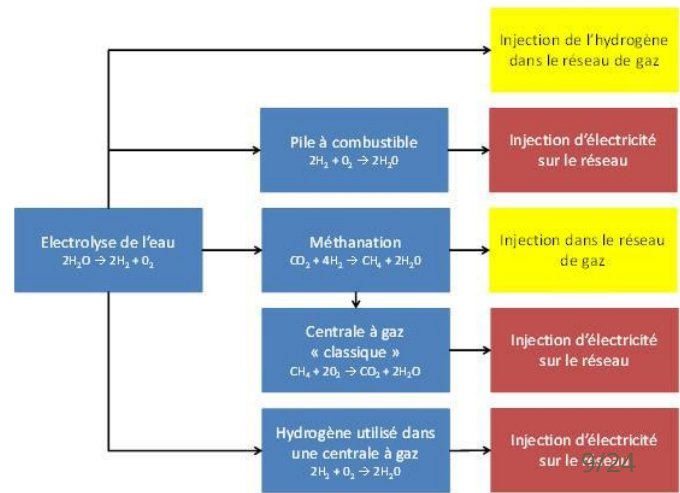
- électrochimiques (empilement de disques) ou à circulation
- capacité de stockage de puissance et d'énergie varie
- flexibilité de dimensionnement
- réactivité

Vecteur hydrogène

- grande flexibilité d'usage
- facilement stocké et transporté (sous forme liquide ou gazeuse)
- découplage énergie (taille des réservoirs) / puissance (électrolyseur ou pile à combustible)
- possibilité de valorisation de la chaleur dégagée



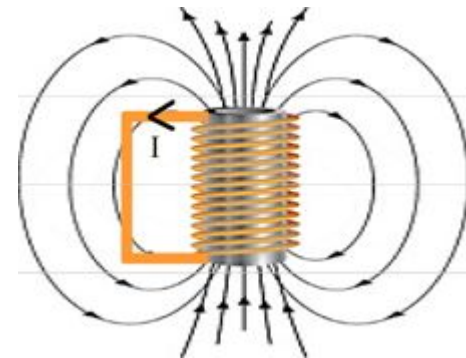
Les différentes possibilités de stockage de l'énergie grâce à l'hydrogène



2.2) Electromagnétisme

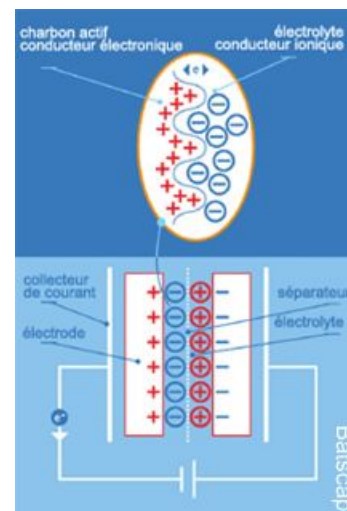
Bobines supraconductrices

- on envoie du courant dans la bobine => bobine court-circuitée, le courant reste indéfiniment + production de champ magnétique
- récupération de l'électricité en un temps très court



Supercapacités

- A la différence des batteries, il n'y a pas de réaction d'oxydoréduction
- Capacités extrêmement élevées en comparaison des condensateurs traditionnels



2.3) Thermique et thermodynamique

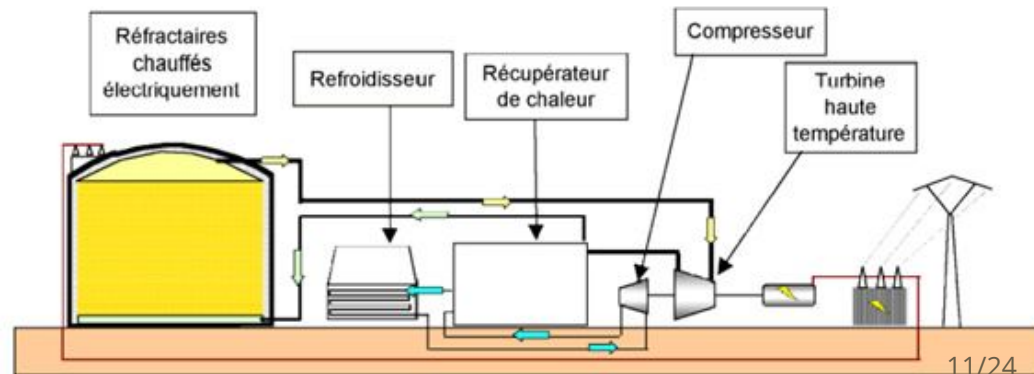
Libérer ou stocker la chaleur par transfert thermique :

- chaleur sensible (changement de température du matériau)
- chaleur latente (changement de phase du matériau)

Ou par voie thermochimique :

- énergie par sorption
 - réaction chimique réversible
 - stockage séparé des composants
 - restitution de chaleur 100%

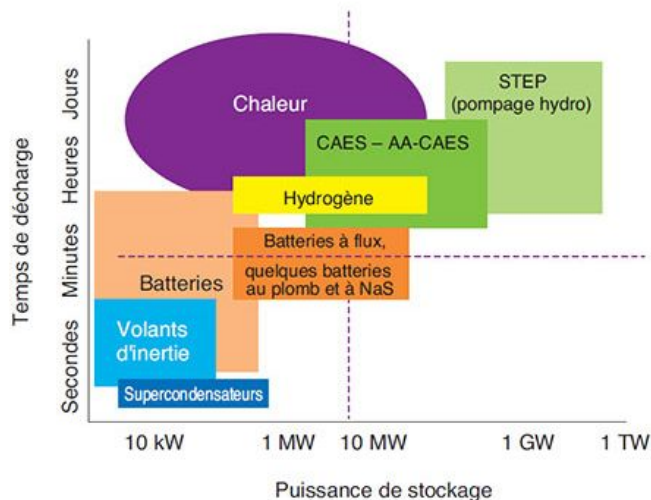
Schéma d'une installation de stockage thermique



2.4) Comparaison des différents moyens de stockage

Données DGEC et ERPI

Les différentes technologies de stockage en fonction de leur puissance et du temps de décharge (autonomie)



Source : IFPEN d'après diverses sources

Technologie	Capacité	Puissance	Délais de réaction	Coûts des investissements (€/kW)	Durée de vie (nb de cycles)	Usage	Commentaires
STEP	1 à 10 GWh	0,1 à 2 GW	10 min	600 à 1 500	11 000	Réseau	99 % des capacités de stockage d'électricité Besoin de sites compatibles
CAES	10 MWh à 10 GWh	15 à 200 MW	1 min	400 à 1 200	11 000	Réseau	2nd génération et technologies adiabatiques en cours de développement Besoin de sites compatibles
Hydrogène	10 kWh à 10 GWh	1 kW à 1 GW	100 ms	3 000 à 5 000	25 ans	Industrie Particuliers	Flexibilité d'usage de l'hydrogène produit Possibilité de valoriser la chaleur produite Découplage de la puissance de l'énergie stockée
Batteries (électrochimiques et à circulation)	1 kWh à 10 MWh	0,01 à 10 MW	1 ms	300 à 3 000	500 à 4 000	Industrie Particuliers	Forte réactivité Les batteries à circulation nécessitent un maintien en température
Volants d'inertie	0,5 à 10 kWh	2 à 40 MW	5 ms	3 000 à 10 000	> 10 000	Réseau	Très forte réactivité Faible capacité en énergie
Super condensateurs	3 kWh	Tension : 2,5 V	3 s		> 10 000	Réseau Industrie	Très forte réactivité
Stockage d'énergie magnétique supraconductrice	0,3 à 30 kWh		8 ms		> 10 000	Réseau Industrie	

3) Axes d'évolutions

3) Axes d'évolution

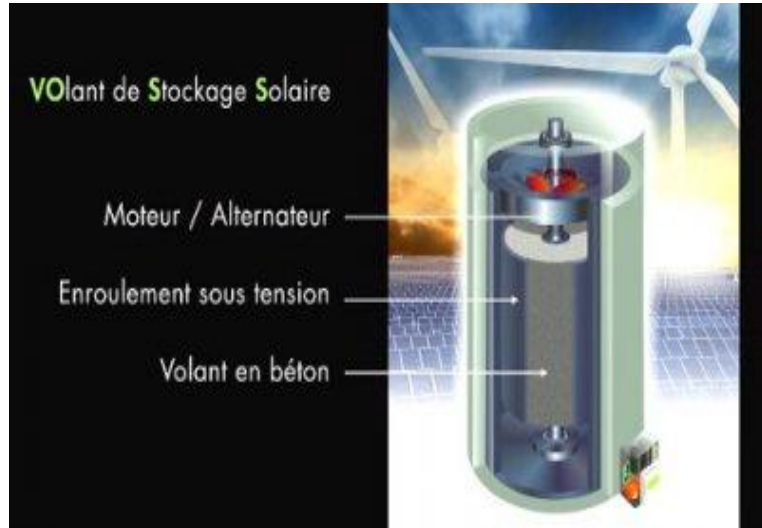
Sujets de recherche :

- les procédés de fabrication et de mise en œuvre
- les matériaux (contenant et contenu)
- le rendement global, l'autodécharge et les pertes
- la durée de vie et le vieillissement, la sécurité, la localisation et le lien avec le réseau (approche système)

Et l'exploitation des mers et des océans ?? De la voiture électrique ??

4) Volant d'inertie et béton

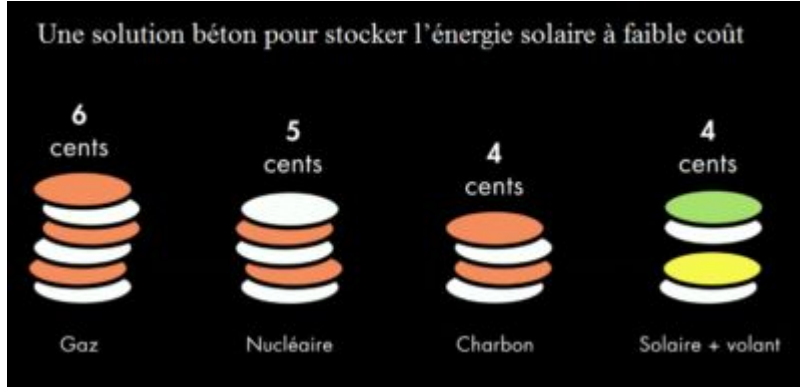
Comment ça marche



- Le jour, une partie de l'électricité entraîne un moteur qui met une masse en rotation.
- La nuit, cette masse tournante entraîne un alternateur qui produit du courant.
- Et tourne dans une enceinte dans laquelle la pression de l'air est très basse.

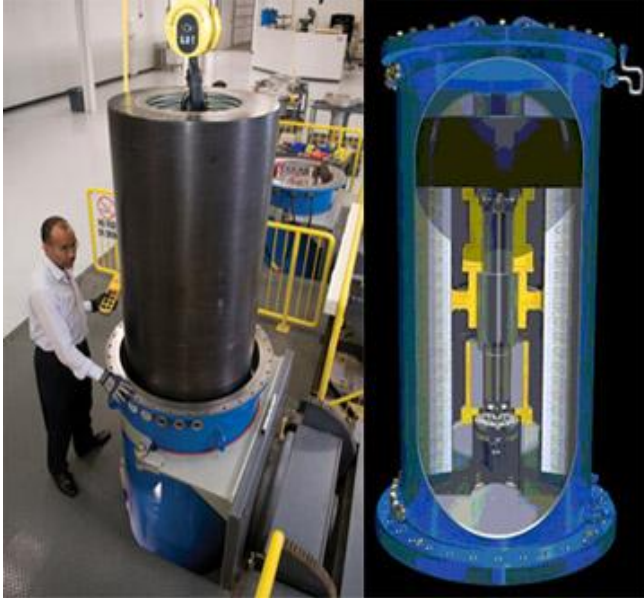
*Le plus petit, d'un diamètre de 80 cm et d'une masse de 1,7 tonne, stocke 5 kWh.
Le plus gros (1,60 m, 16,6 tonnes) a une capacité de 50 kWh.*

Avantages



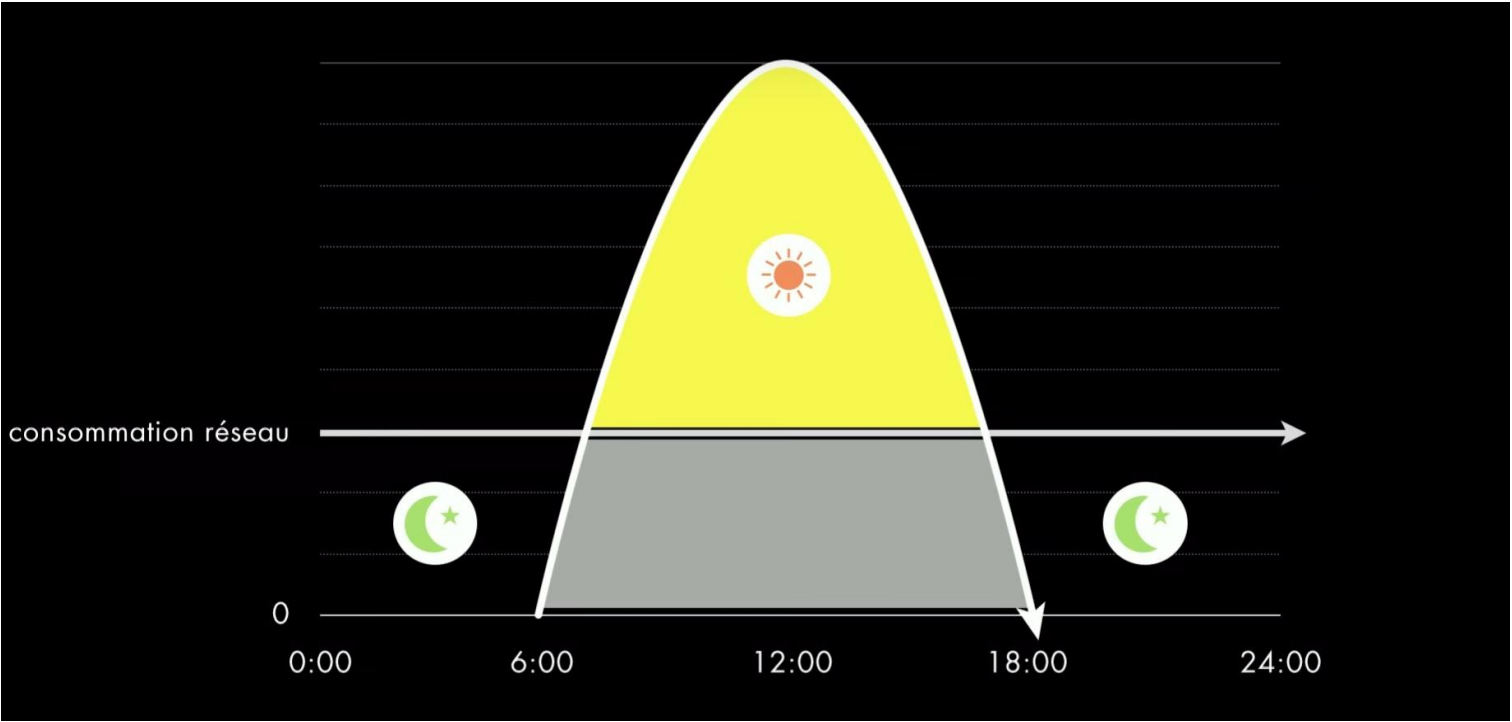
1. Par rapport à des batteries ou à la production d'hydrogène, le volant apporte un coût bien plus faible, à l'achat et à l'entretien.
2. Un bon rendement à l'échelle des heures
3. Un coût de 1 à 2 centimes par kilowatt-heure, contre environ 10 centimes avec des batteries.
4. l'entretien ne coûte à peu près rien et la durée de vie est presque infinie.
5. un rendement total entre 80 et 90 %
6. des volants ayant effectué 100.000 cycles sont comme neufs, alors qu'une batterie tient 3.000 cycles

Parce qu'avec béton ?

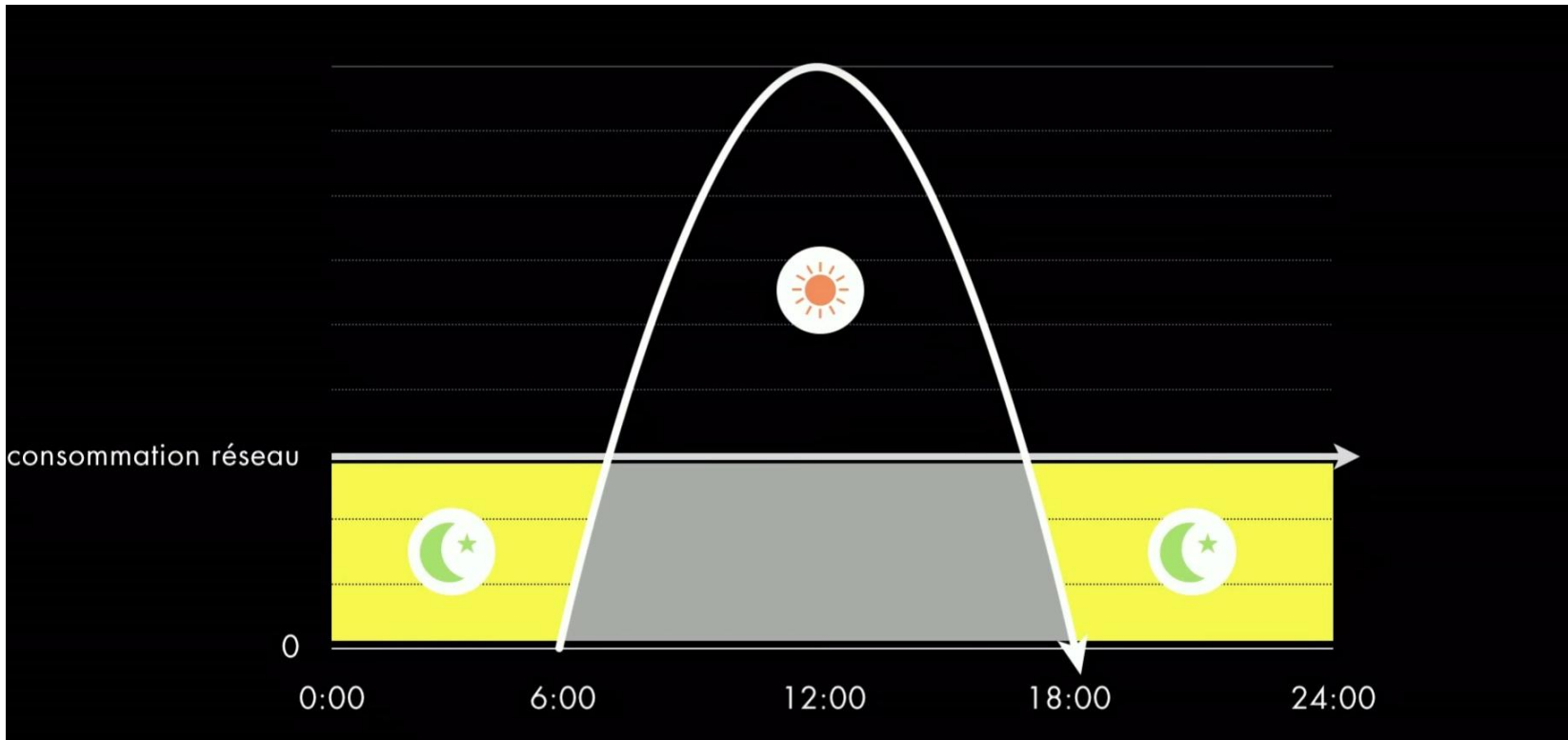


- Le béton a une résistance excellente en compression
- Mais il est très mauvais en traction.
- Dans un volant d'inertie, la force centrifuge le désagrègerait.
- Des fibres, à l'intérieur, le maintiennent en compression et la vitesse de rotation est ajustée pour qu'il ne travaille jamais en traction.

Durant le jour



Durant le nuit



Conclusion

Conclusion

- Le stockage de l'énergie est quelque chose de très complexe.
- Il existe des technologies capables de réaliser de grands rendements,
- Mais qui ne se sont pas encore développées à grande échelle.
- Chaque système a son propre contexte de fonctionnement.
- Nous sommes plus que sûrs qu'obtenir 100 % du stockage de l'énergie est un défi très grand mais pas impossible.
- Ce travail nous a permis d'agrandir nos horizons quant à la diversité technologique qui existe.

Merci pour votre attention
Avez-vous des questions ?

Bibliographie

<http://www.smartgrids-cre.fr/index.php?p=stockage>

<http://www.supraconductivite.fr/fr/index.php?p=applications-electricite-smes>

<http://www.ifpenergiesnouvelles.fr/Espace-Decouverte/Les-cles-pour-comprendre/Le-stockage-massif-de-l-energie/Les-technologies-actuelles-de-stockage-et-leur-etat-de-maturite>

<https://www.youtube.com/watch?v=N2u6EDwumdQ>

<https://pulse.edf.com/fr/voss-stocker-lenergie-solaire-cest-facile%20>

<https://www.fenercom.com/pages/pdf/formacion/09-10-2013-Almacenamiento%20de%20Energia%20IV/01-Almacenamiento-de-Energia-mediante-bombeo-Iberdrola>

<http://ecomedioambiente.com/energias-renovables/almacenamiento-de-energia-central-hidroelectrica-de-bombeo/>