

I. APPLICATIONS PORTABLES.

Exemples :

- Ordi . Calcul d'autonomie .
- capteur RF

=> quelle est la problématique ?

II. STOCKAGE pour application portables

Pile à combustible / accumulateurs / super capacité

III. SYSTEMES DE RECUPERATION

- PV
- Module Peltier
- Piezoelectricité
- Voie électromagnétique

IV. STOCKAGE de grande capacité

eau / stockage électrochimique / volant d'inertie / air comprimé / Pile à combustible

=> Intérêt de grosse capacité de stockage?

V. CONCLUSION

=> consommer moins , consommer mieux, récupérer de l'énergie si possible , stocker quand c'est possible ou utile.

Module 216ov8m V. Boitier Mars 2010

I. APPLICATIONS PORTABLES.

Exemple :



Ordinateur portable

Batterie : 11.1V 5400mAh, 440g

Énergie batterie : 60 Wh

Consommation : 30W (avant le chargeur)

Rendement chargeur 80%

Consommation portable : 24W

Autonomie : 2,5 heures

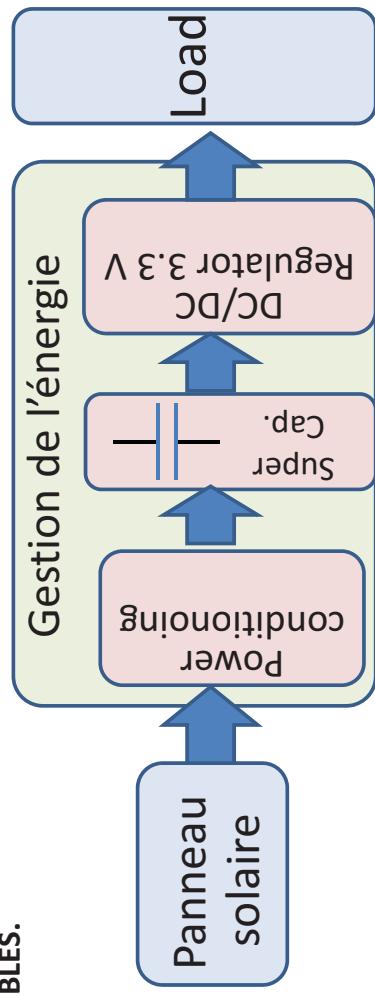
Densité massique d'énergie : 136 Wh/kg

Contraintes :

- autonomie / poids => minimiser la consommation
- stocker de l'énergie
- et en récupérer si possible

I. APPLICATIONS PORTABLES.

Exemple :

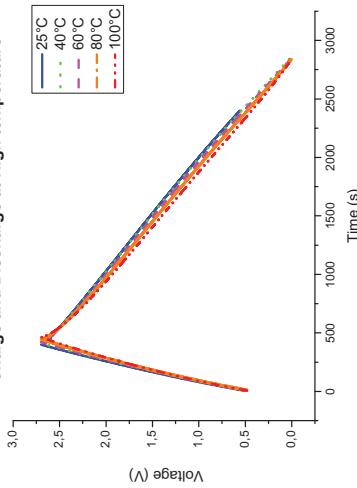


La charge (mesure, traitement, émission radio) consommation de 3W en moyenne

Autonomie avec la super capa $E = P \cdot T$ 60s.

Surface de panneau solaire nécessaire : $P_{moy_désirée} = 4 \text{ W}$ (rendement de 75%)

$$G.S = P \dots (G = 200 \text{ W/m}^2 \text{ ciel couvert}) \quad S = 200 \text{ cm}^2$$



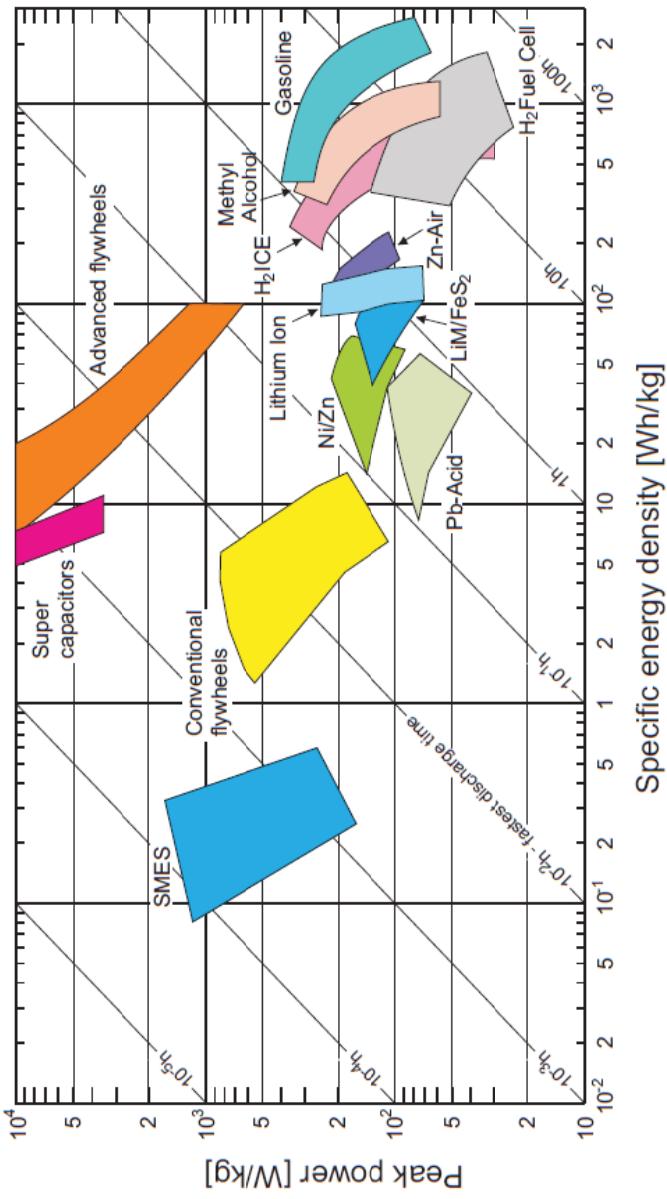
Supercapacité : Maxwell
(BCAP0050P270), 2.7 V, 50F
 $E = 1/2 C V^2 = 180 \text{ J} = 50 \text{ mWh}$

II. STOCKAGE pour application portables

Accumulateurs / super capacité

Densité d'énergie .

Densité de puissance .



Source : Forschungsvorstand Energie Niedersachsen with data from Lawrence Livermore Labs

II. STOCKAGE pour application portables

Accumulateurs



$$E(\text{Wh}) = C_{(\text{Ah})} \cdot V(\text{V})$$

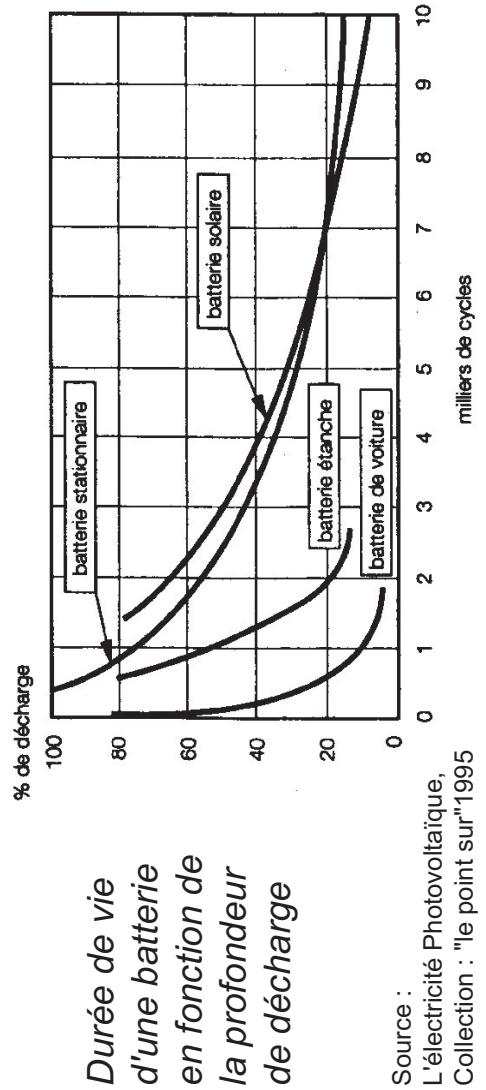
Paramètres de choix :

Tension (12, 24, 48 Volts),

Capacité (Ah) (courant de charge < 1/10 C),

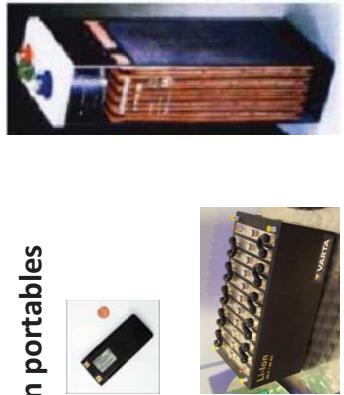
Nombre de cycles @ SOC min donné,

Technologies Plomb : Electrolyte gélifié ou non, Lithium, NimH



II. STOCKAGE pour application portables

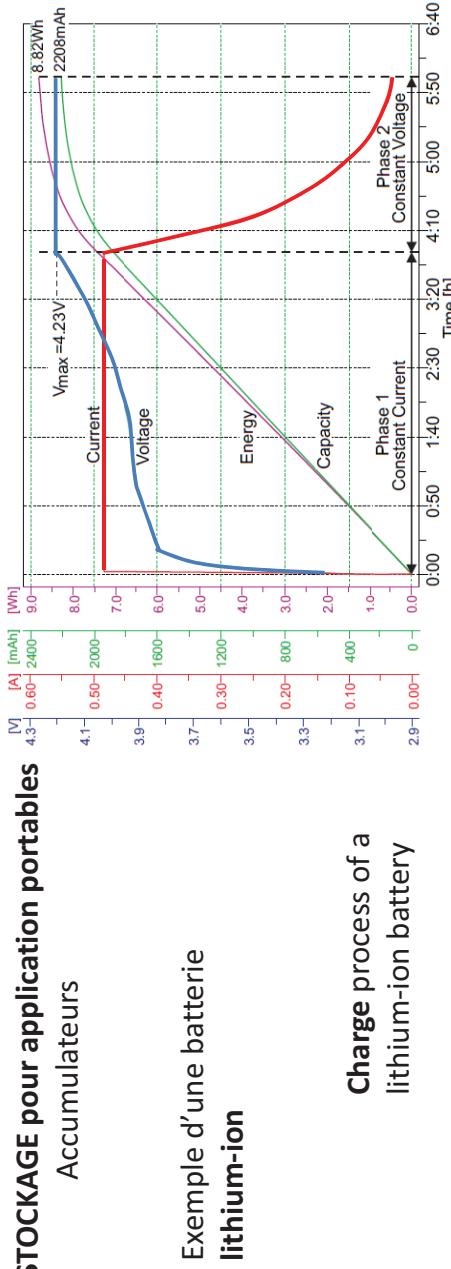
Accumulateurs



Accumulateur	Lithium	Plomb	NimH (nickel-hydride métallique)
Énergie/Poids	100-200 Wh/kg	20-40 Wh/kg	30~80 Wh/kg
Énergie/Volume	200-400 Wh/l	40-100 Wh/l	140~300 Wh/l
Rendement charge-décharge	99,9 %	50 - 70%	66 %
Auto-décharge	5 à 10 % par mois	5% par mois	20% /mois
Durée de vie	24 à 36 mois	6 mois à 12 ans	24 à 48 mois
Nombre de cycles de charge	1 200 cycles	300 à 1200	500~1000
Tension nominale par élément	3,6 ou 3,7 V	2,1 V	1,2 V

II. STOCKAGE pour application portables

Accumulateurs



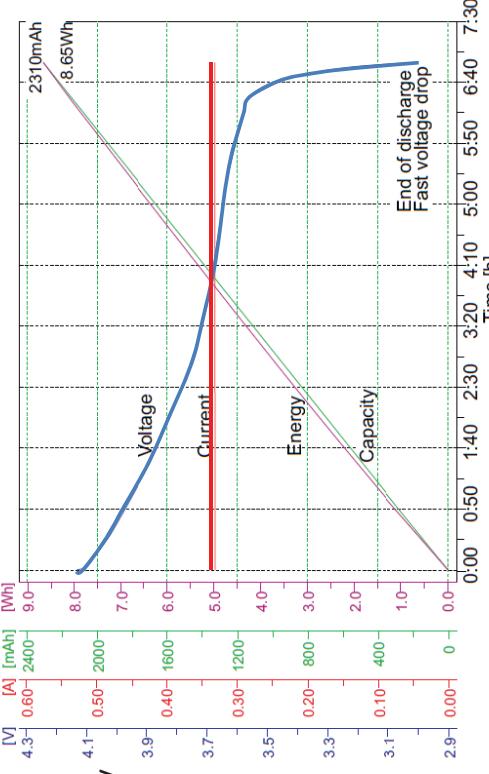
Exemple d'une batterie lithium-ion

Discharge process of a lithium-ion battery.

The energy and capacity curve have to be seen here as supplied to the load.

Bonne utilisation => Circuit de charge /décharge spécialisé

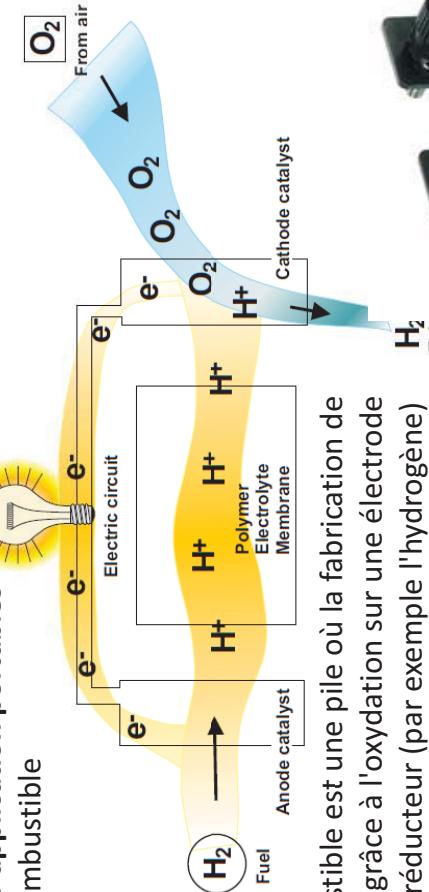
Source : Thèse A.NOTH



II. STOCKAGE pour application portables

Pile à combustible

Source : <http://www.alca-torada.com>

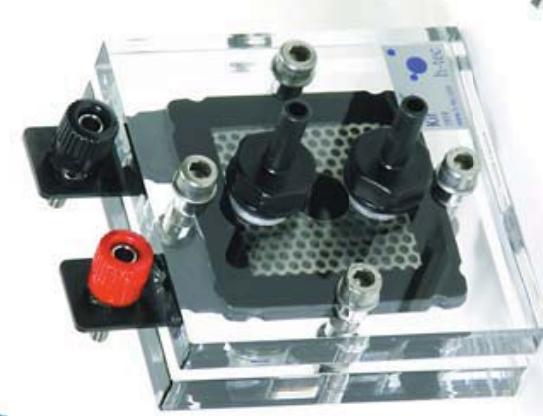


Une pile à combustible est une pile où la fabrication de l'électricité se fait grâce à l'oxydation sur une électrode d'un combustible réducteur (par exemple l'hydrogène)

couplée à la réduction sur l'autre électrode d'un oxydant, tel que l'oxygène de l'air.



Source : <http://maurois-col.spip.ac-rouen.fr/spip.php?article307>



Source : <http://www.alca-torada.com>

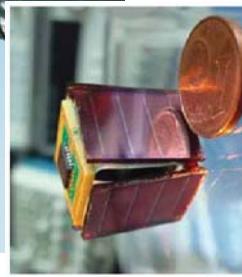
III. SYSTEMES DE RECUPERATION

photovoltaïque



A midi : le soleil donne : 1000W/m^2 , i.e soit une densité de puissance de **100mW/cm^2** . avec un rendement de conversion de 15% on obtient une densité de puissance utile de **15mW/cm^2** .

A l'intérieur, la lumière est 1000 fois moins forte, soit environ : **$100\mu\text{W/cm}^2$** d'où une densité de puissance disponible de **$10\mu\text{W/cm}^2$** .



Source : <http://www.enervizine.com/603/8746+blue-earth-le-mobile-solaire-vu-par-samsung+.html>

Ce panneau solaire, relié directement à la batterie assure un complément de charge pour pallier tout problème de recharge électrique. Exposé à la lumière, le Blue Earth assure une charge minimum permanente pour appeler un correspondant ou recevoir un message.

III. SYSTEMES DE RECUPERATION

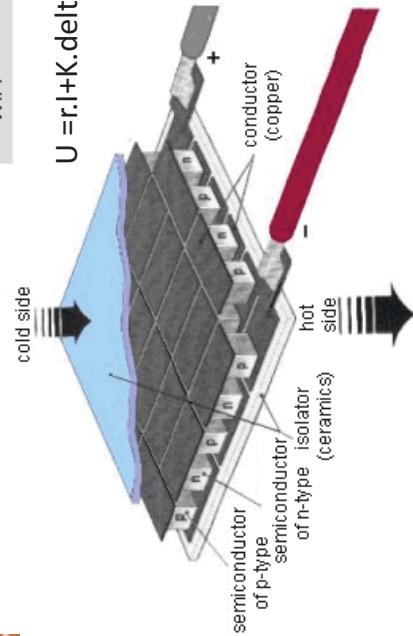
Module PELTIER



Energy Source	Harvested Power
Vibration/Motion	$4\ \mu\text{W/cm}^2$
Human	$100\ \mu\text{W/cm}^2$
Industry	
Temperature Difference	$25\ \mu\text{W/cm}^2$
Human	$1\text{--}10\ \text{mW/cm}^2$
Industry	
Light	$10\ \mu\text{W/cm}^2$
Indoor	$10\ \text{mW/cm}^2$
Outdoor	
RF	$0.1\ \mu\text{W/cm}^2$
GSM	$0.001\ \text{mW/cm}^2$
WiFi	

<http://ixtlabs.com/articles/peltiercoolers/>

$$U = rI + K \cdot \Delta\theta$$



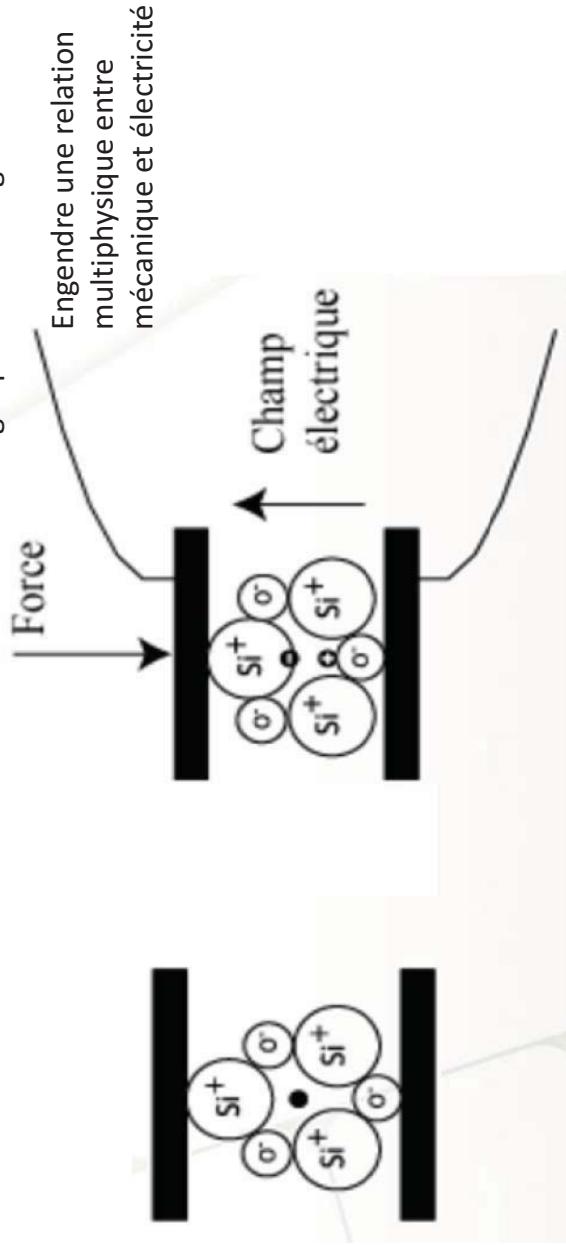
III. SYSTEMES DE RECUPERATION

Dispositifs piezoélectriques

L'effet piézoélectrique direct se traduit par l'apparition d'un champ électrique (d'une tension entre les électrodes) lorsque le matériaux est soumis à une déformation mécanique.

Phénomène piézoélectrique expliqué par le déplacement d'un moment dipolaire à l'intérieur même de la maille du matériau

Crée une non-coïncidence des barycentres des charges positives et négatives



III. SYSTEMES DE RECUUPERATION

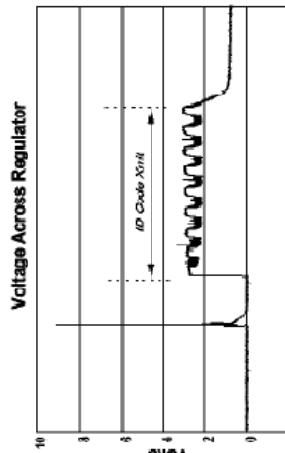
Dispositifs piezoélectriques

● *Les touches piézoélectriques :*

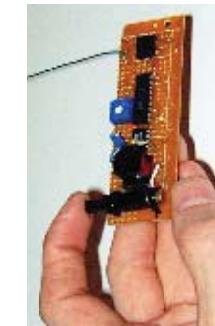
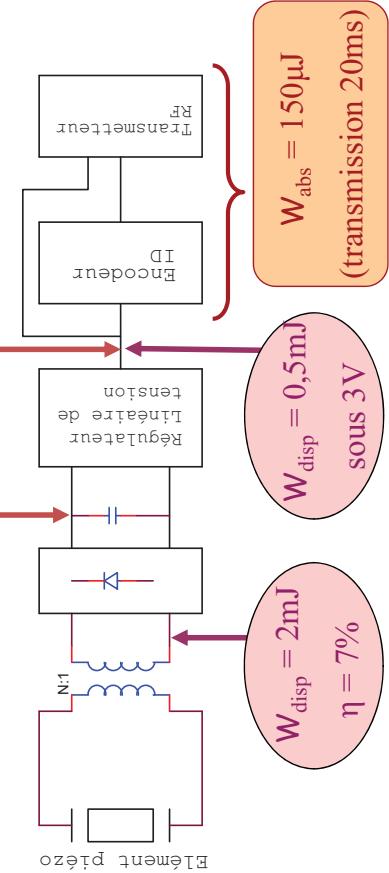
★ Démonstrateur simple:

Alimentation d'un émetteur RFID

(Identification par RadioFréquence)



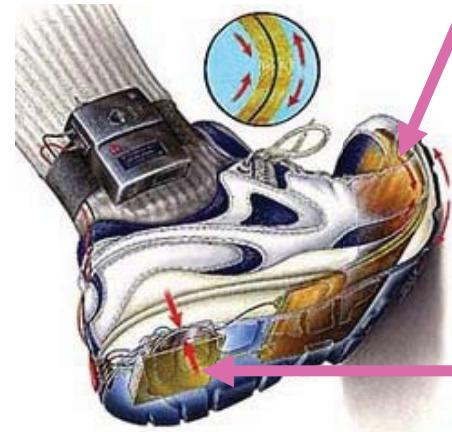
Source : Mr Dejan Vazic ENS CACHAN



III. SYSTEMES DE RECUPERATION

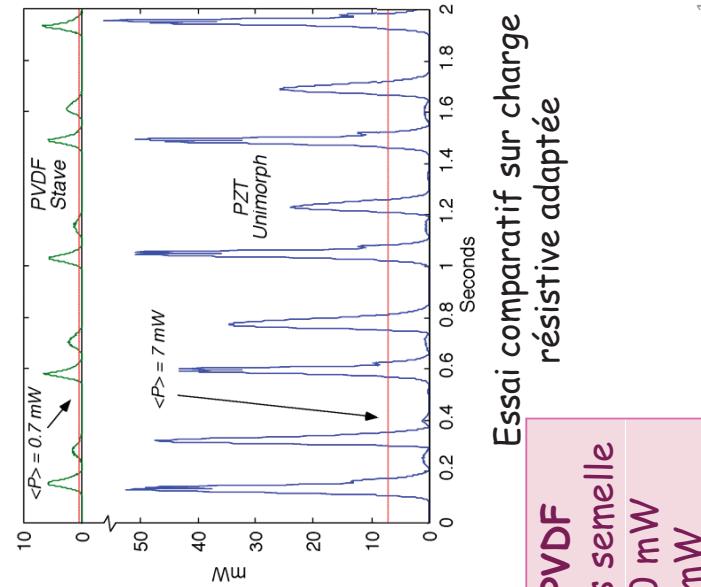
Dispositifs piezoélectriques

• Les chaussures piezoélectriques :



PZT unimorphe
inséré dans talon
 $P_{crête} \approx 50 \text{ mW}$
 $\langle P \rangle \approx 10 \text{ mW}$

Couche PVDF
insérée dans semelle
 $P_{crête} \approx 10 \text{ mW}$
 $\langle P \rangle \approx 1 \text{ mW}$



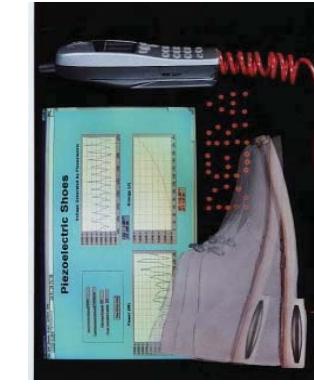
Source : Mr Djeban Vazic ENS CACHAN

Source : Mr Djeban Vazic ENS CACHAN

III. SYSTEMES DE RECUPERATION

Dispositifs piezoélectriques

DERA ⇔ The Electric Shoe Company
Grande-Bretagne
Baylis T.



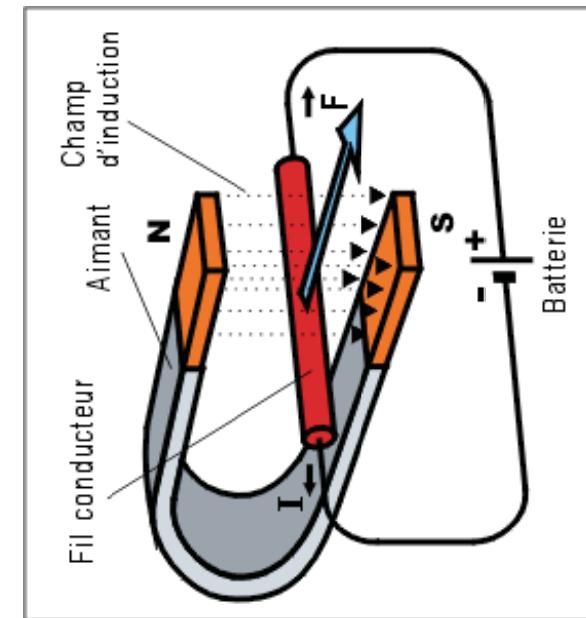
↳ Juin 2000: Marche en Namibie (120km)

↳ Charge d'un portable + appel

DERA: Defense Evaluation and Research Agency

III. SYSTEMES DE RECUPERATION

Dispositifs électromagnétiques



1) Moteur :

courant « I » + champ d'induction « B » \rightarrow force « F » sur le conducteur

2) Générateur :

champ d'induction « B » + déplacement \rightarrow force électromotrice E

15

III. SYSTEMES DE RECUPERATION

Dispositifs électromagnétiques

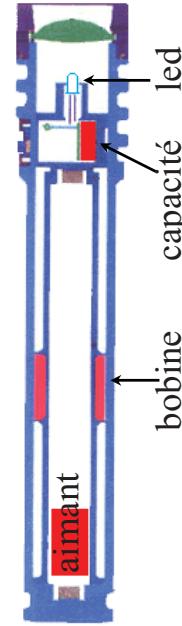
● Système à main (poignée) :

⇒ Système le plus élémentaire
↳ Pas de stockage d'énergie



Forever Flashlight

Applied Innovative Technologies Inc.



★ Secouer 30 secondes (3 Hz)
↳ 5 minutes de lumière



Nightstar Flashlight

16

III. SYSTEMES DE RECUPERATION

Dispositifs électromagnétiques

● Système à manivelle, ressort et générateur (lampe, radio) :



Flashlight

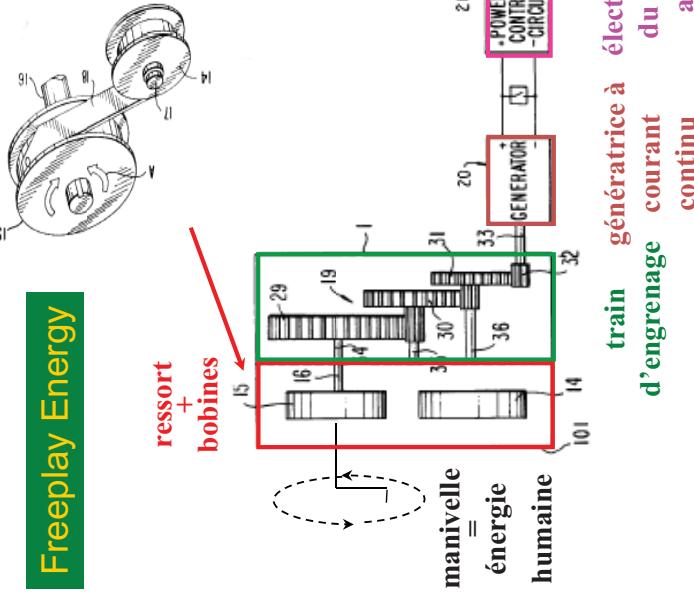


★ 60 tours de manivelle

↳ 20-30 minutes d'écoute
Poids : 250 g



Radio S360



III. SYSTEMES DE RECUPERATION

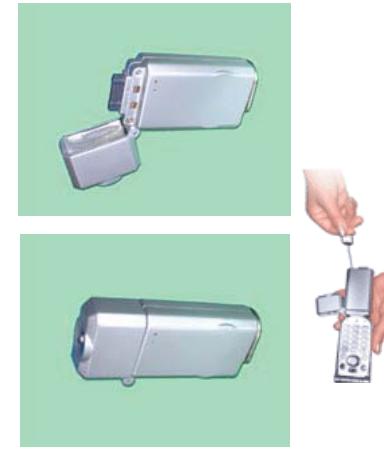
Dispositifs électromagnétiques

⇒ Applications spécifiques : téléphones portables

Motorola - Freeplay



Freecharge



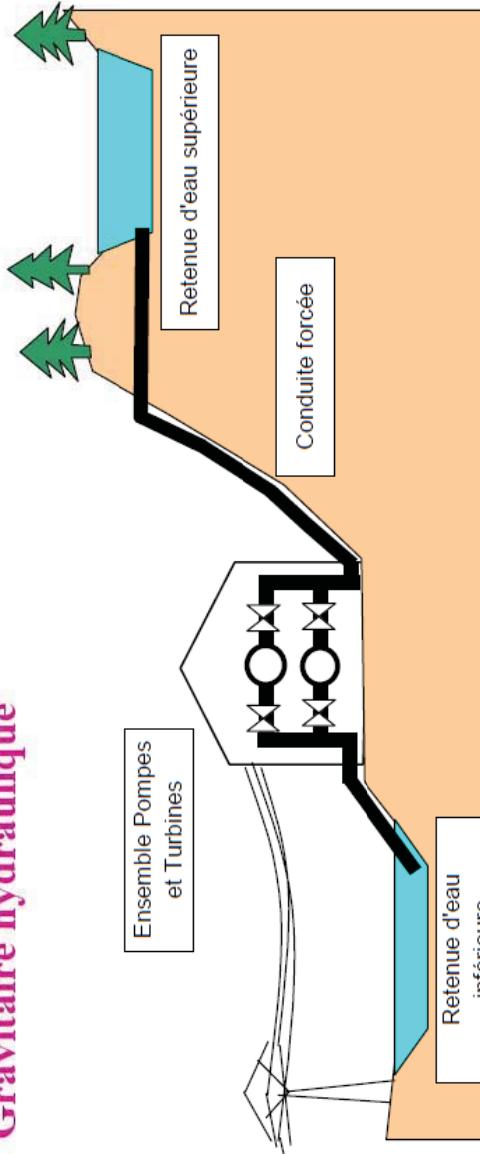
★ 45 s de tours de manivelle
↳ 3 à 6 min d'appel
Poids : 200 g

Tup Power

Changement d'échelle pour le stockage de l'énergie

IV. STOCKAGE. Grande capacité

Gravitaire hydraulique



Source : Données et dessins Jacques RUE, SAIPEM

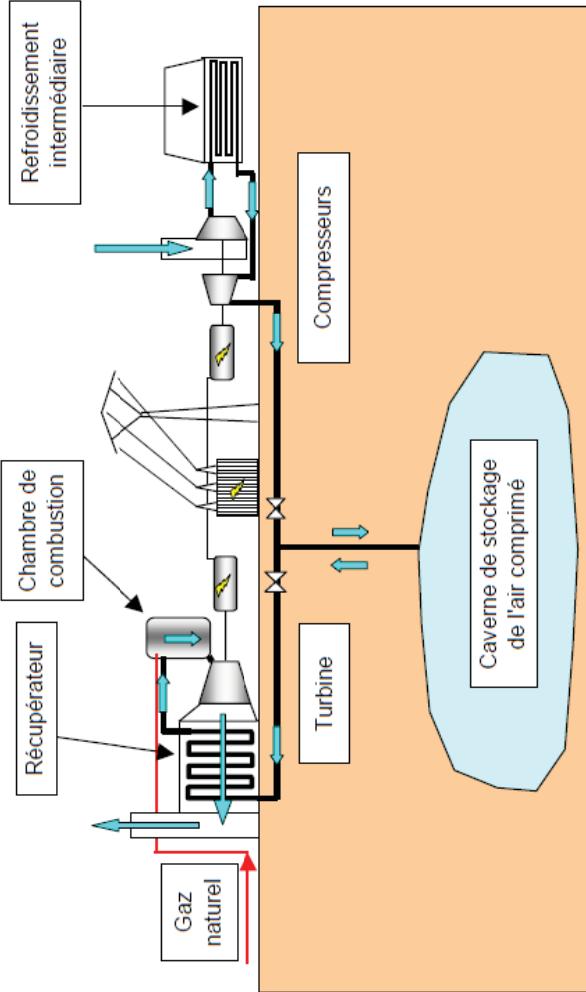


Exemple: Grand-Maison
935 m de dénivelée, 170 Mm³
400 GWh 12 groupes 150 MW
1400 MW en pompage
1800 MW en turbinage

Rendement: 65 à 75 %
Démarrage : 10 à 15 min
Capacité: 1 à qq 100 GWh
Puissance: 100 à 1000 MW

IV. STOCKAGE. Grande capacité

Air comprimé en caverne



Hundorf (1979) air à 70 bars
dans 2 cavernes de 310 000m³
290MW, 2 heures

Caverne 12 kWh/m³ caverne à 100 bars Rendement :
50% (avec apport Gaz) Démarrage : 5 à 10 mn
Capacité: 0,1 à 10 qqqGWh Puissance: 100 à 1000 MW

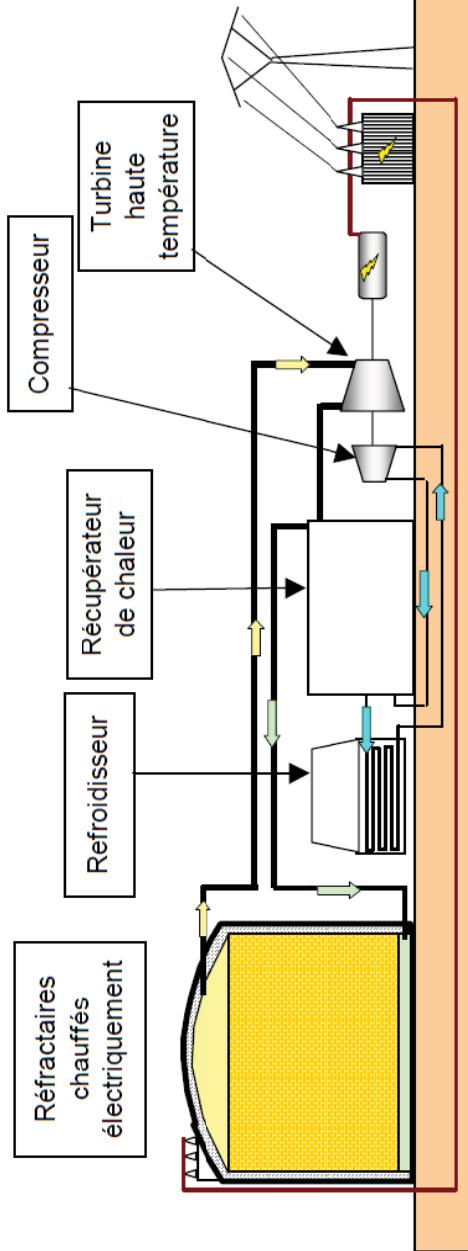
Source : Données et dessins Jacques RUER, SAIPEM



Systèmes à stockage thermique : à l'étude

À compléter

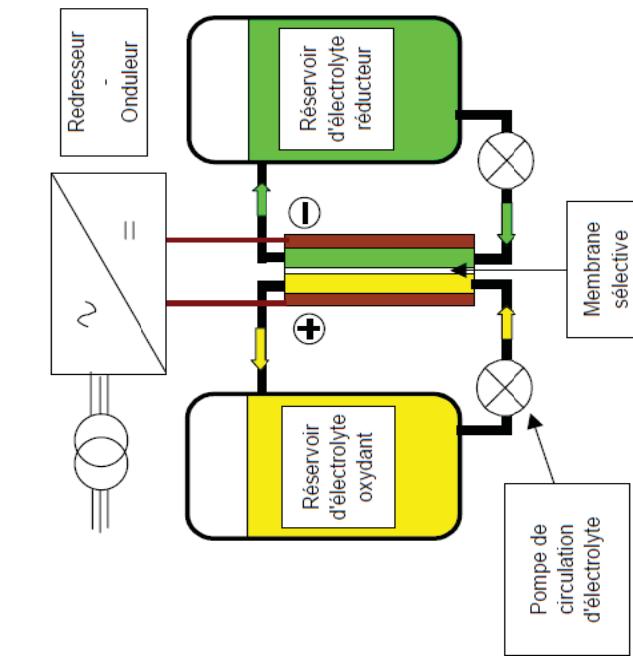
Source : Données et dessins Jacques RUER, SAIPEM



200 kWh/m³ Rendement : environ 60 %
Capacité: 1 à qq100 GWhPuissance : 10 à 100
MWGaz

IV. STOCKAGE. Grande capacité

Batteries à circulation



33 kWh/m³
Rendement : environ 70 %
Capacité: 10 à qq100 MWh
Puissance : 1 à 10 MW

Exemple: LittleBardford
1800 m³d'électrolyte



Illustrations are
Courtesy of Regenesys Technologies

Source : Données et dessins Jachues RUE, SAIPEM Retenué

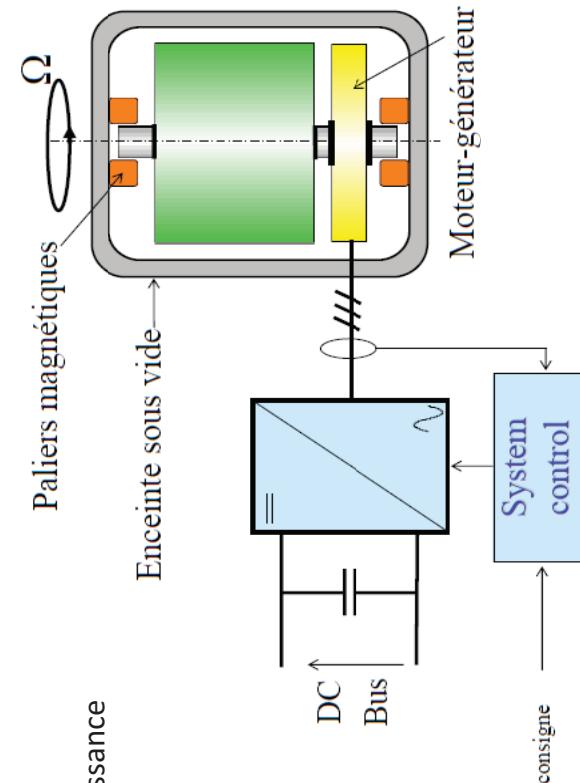
IV. STOCKAGE. Grande capacité

Volant d'inertie

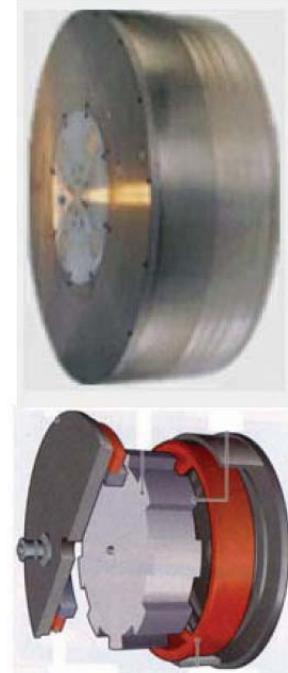
(Source de puissance
et d'énergie)



Le système AFS-Trinity
200 kW - 2 kWh, masse:
540 kg, 40 000 tr/min,
100 000 cycles



Système Active Power gamme 160 à 800 kW,
masse 1400 à 2250 kg, 7000 tr/min,
temps de charge 20 min,
temps de décharge 15 à 5 s, machine à
réistance variable, vide
partiel, paliers hybrides mécanique +
magnétique passif

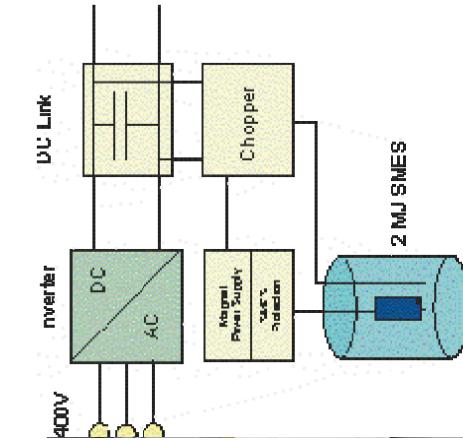


IV. STOCKAGE. Grande capacité

Inductances supraconductrices (SMES)

(Source de puissance)

ACCEL Instruments GmbH www.accel.de
2 MJ (0,5 kWh) – 200 kW ($\tau = 10$ s)
Supra LTC NbTi – 4,5 K

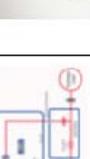


Applications actuelles : faibles constantes de temps, comme les super condensateurs

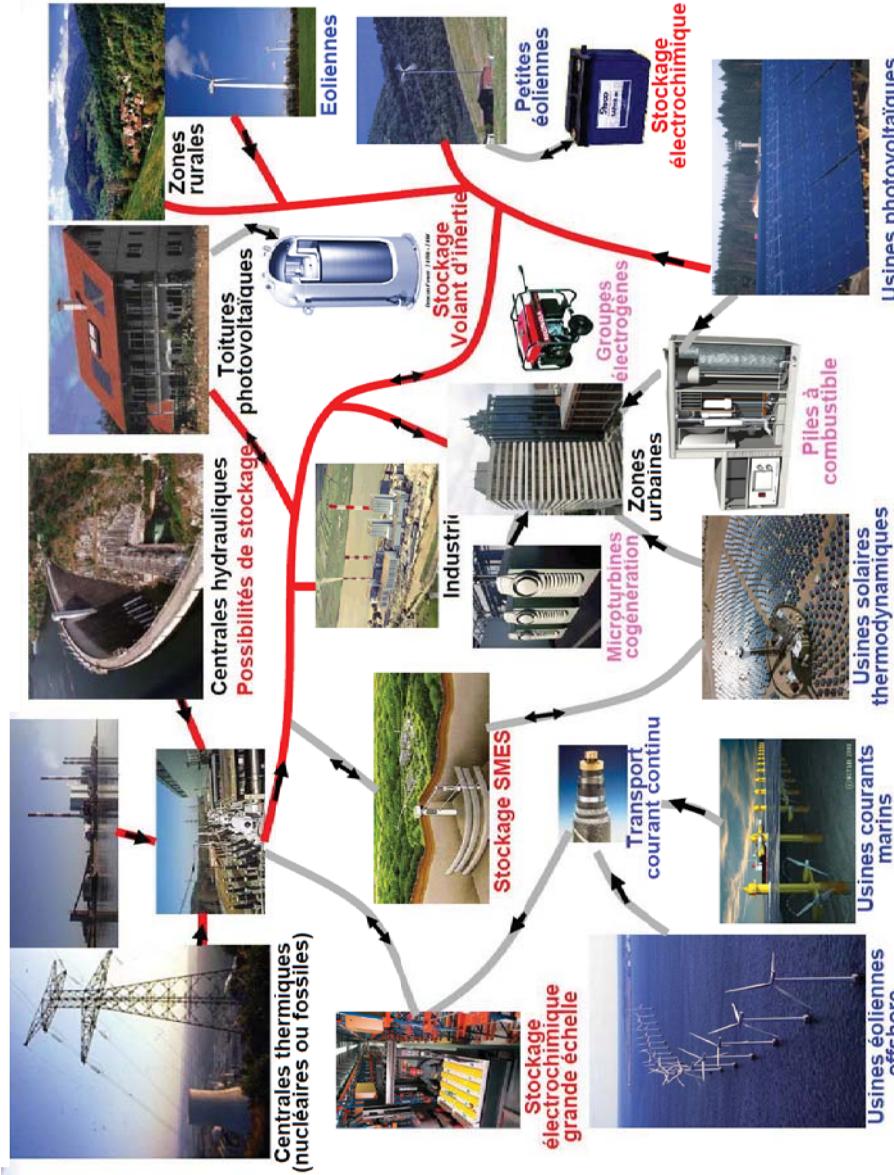


Technologie	Hydraulique gravitaire	Air comprimé en caverne	Batteries électrochimiques	Batteries à circulation	Thermique à turbine
Stockage grande échelle					
Densité d'énergie	1 kWh/m³ pour une chute de 360 m	12 kWh/m³ par m³ de caverne à 100 bars	Batterie au plomb : 33 kWh/Wh Batterie Li-ion : 100 kWh/Wh	33 kWh/m³	200 kWh/m³
Capacité réalisable	1000 – 100000 MWh	100 – 10000 MWh	0,1 – 40 MWh	10 – qq 100 MWh	1000 – 100000 MWh
Puissance réalisable	100 – 1000 MW	100 – 1000 MW	0,1 – 10 MW	1 – qq 10 MW	10 – 100 MW
Rendement électrique	65% - 80%	50% (avec l'apport de gaz naturel)	70% ou moins en décharge rapide	70%	60%
Installations existantes	100 000 MWh 1000 MW	600 MWh 290 MW	40 MWh 10 MW	120 MWh 15 MW	----
Cout €/MWh et €/kWh	70 à 150 600 à 1500	50 à 80 400 à 1200	200 (Pb) à 2000 (Li) 300 (Pb) à 3000 (Li)	100 à 300 1000 à 2000	50 350 à 1000
Maturité	Très bonne	Plusieurs expériences au monde	Plusieurs expériences au monde	En développement prototypes en fonctionnement	A l'état de projet
Remarques	Sites avec dénivellation et retenues d'eau	Sites avec cavernes	Métaux lourds	Produits chimiques	Indépendant des contraintes géographiques

Technologie	Inductif Supra-conducteur	Super condensateur	Electro-chimique	Volant Inerte	Air comprimé en bouteille	Hydrogène PAC réversible
Stockage moyenne échelle	 					
Forme d'énergie						
Densité d'énergie (accumulateur seul, hors équipements annexes)	1 à 5 Wh/kg	10 Wh/kg → 60 Wh/kg	20 à 120 Wh/kg	1 à 5 Wh/g	8 Wh/kg (200 bars)	300 à 600 Wh/kg (200 à 350 bars) hors PAC NA
Capacité réalisable ou réalisée	qq kWh	qq kWh	qq kWh à qq MWh	qq kWh à qq 10 kWh	qq kWh à qq 10 kWh	
Constante de temps	qq s à 1 mn	qq s à qq mn	qq 10 min (NiCd) à qq 10 heures (Pb)	qq mn à hh	1 h à qq jours (peu d'autodécharge)	1 h à qq jours (peu d'autodécharge)

Stockage moyenne échelle	 					
Cyclabilité	qq 10 000 à qq 10C 000 fatigue mécanique	qq 10 000 à qq 100 000	qq 100 à qq 1000 dégradations chimiques	qq 10 000 à qq 100 000 fatigue mécanique	qq 1000 à qq 10 000 fatigue mécanique	??
Rendement électrique	> 0,9	0,3 à > 0,9 selon régime	0,7 à 0,8 selon technico-régime	0,8 à > 0,9 selon régime	0,3 à 0,5 selon régime	0,3 à 0,5
Connaissance de l'état de charge	Aisée (courant)	Aisée (tension)	Difficile Paramètres variables	Aisée (vitesse)	Aisée (pression)	Aisée (remplissage H2)
Coût en €/kWh ⁽¹⁾	?	50 000 à 150 000 (dimensionnement en puissance)	Pb-acide : 50 à 200 Lithium : 700 à 1000	150 à 2000 (seulement technologique et performances)	?	500 à 1500
Remarques	Cryogénie	Grande cyclabilité	Technologies matures	Coût global compétitif sur la durée de vie	Rendement faible	Intéressant si contexte de réseau d'hydrogène

Production/stockage/consommation



Source : Bertrand Multon SATIE / CNRS

IV. STOCKAGE. Grande capacité

Pourquoi stocker?

- appli portable : énergie embarquée
- appli stationnaire :

- lisser la demande
- lisser la production (si source intermittente)
- sécuriser l'approvisionnement (UPS, qualité de service)
- acheter (ou vendre) quand pas cher (ou cher) (gestion des réseaux)

V. CONCLUSION

consommer moins,
consommer mieux,
récupérer de l'énergie si possible,
stocker quand c'est possible ou utile.