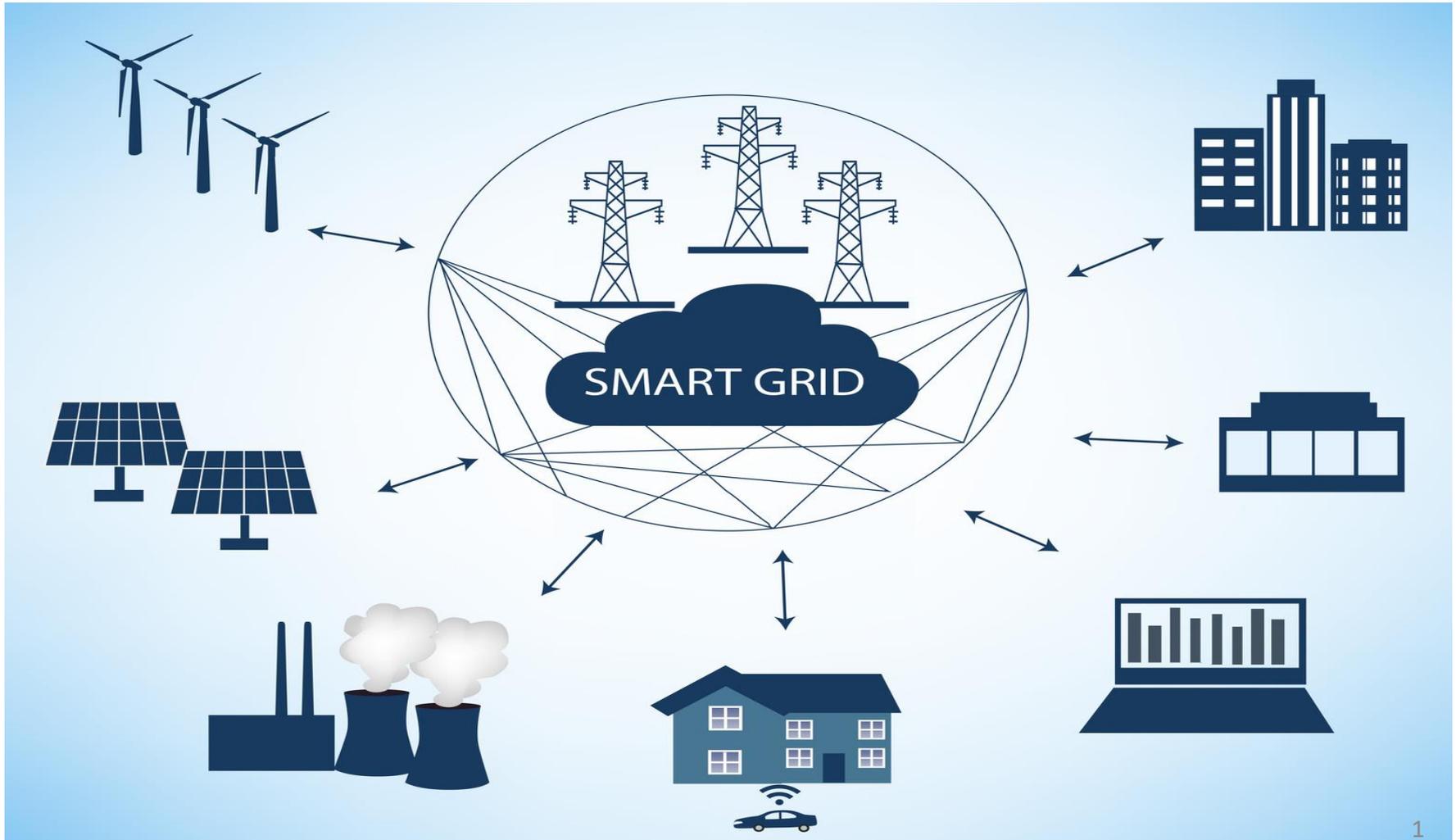


Réseaux Electriques Intelligents

Smart Grids



Chapitre IV Description des technologies des microgrids, l'intégration des énergies renouvelables et du stockage de l'énergie

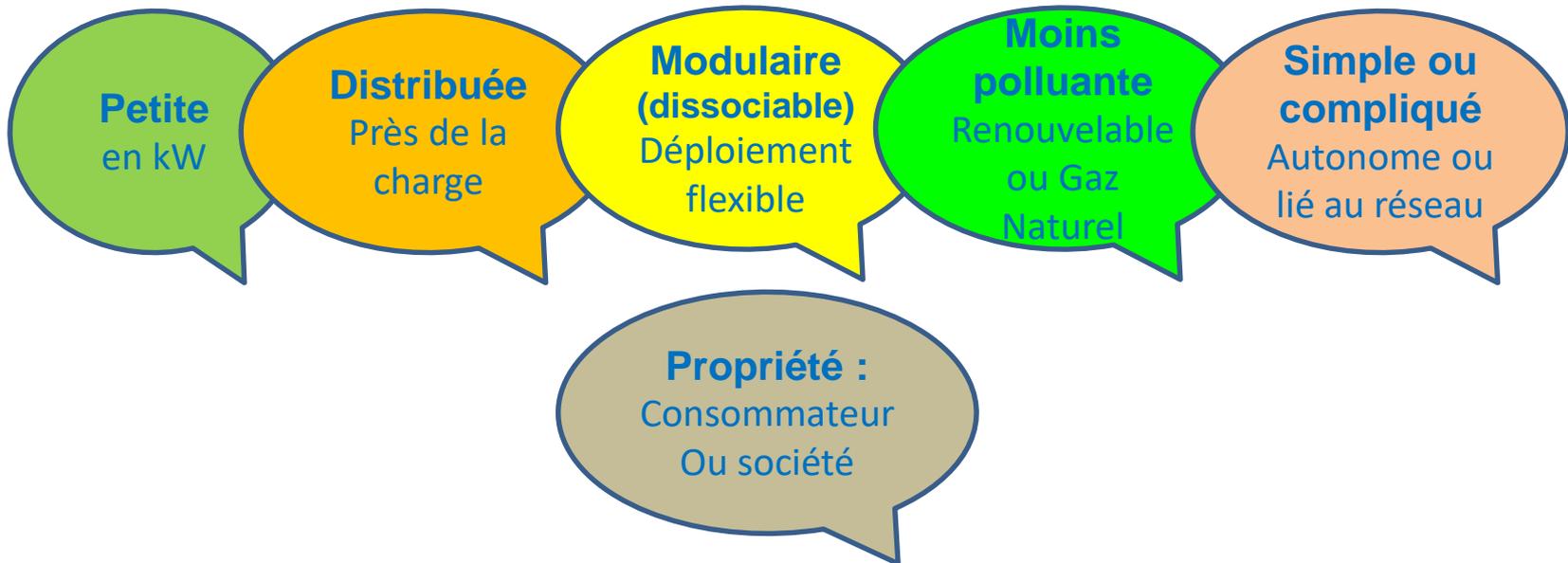


Causes de l'intégration des énergies renouvelables

- La diminution des ressources énergétiques fossiles et la hausse durable de leur prix,
- l'augmentation considérable des besoins en énergie,
- les difficultés d'approvisionnement (fourniture),
- le poids du secteur énergétique dans les émissions de CO2 et la lutte contre le changement climatique imposent d'adapter les modes de production et de consommation d'énergie.
- On sait bien que parmi les caractéristiques principales de smart grid qui a été défini par AIE est qu'il soit capable d'accueillir tout type de technologie de production, notamment les nouveaux générateurs dispersés qui permettent de fournir de l'électricité aux sites isolés et d'éviter la création de nouvelles lignes.

La production décentralisée

Est un ensemble de technologies de production d'énergie à petite échelle situées à proximité de la charge desservie, capable de réduire les coûts, d'améliorer la fiabilité, de réduire les émissions et d'élargir les options énergétiques.



La production décentralisée

Ressources énergétiques renouvelables

Solaire:

Photovoltaïque



Thermique directe



Thermique à concentration



éolienne



biomasse



Géothermique



Le stockage de l'énergie

- L'électricité est un très bon vecteur énergétique car elle est la **plus commode (pratique) à utiliser** et peut se **convertir sous d'autres formes d'énergie** avec des rendements plus ou moins significatifs.
- Cependant elle est difficilement stockable. Idéalement ce stockage pourrait participer à maintenir un équilibre entre l'offre et la demande d'électricité, par exemple si on stockait l'électricité en période de **faible demande** ou alors durant les fortes **productions des énergies intermittentes**, on pourrait ensuite la restituer lors des **pics de consommation**.

Les stratégies de stockage

- Malheureusement l'énergie ne se stocke que de façon indirecte, on stocke l'énergie mécanique, thermique, chimique mais non électrique.
- Il existe deux sortes de stockage :
 - **Le stockage centralisé** : Il est utilisé pour la gestion du réseau de transport afin d'obtenir un équilibre entre l'offre et la demande.
 - **Le stockage décentralisé** : de dimension plus modeste (discrète), ce stockage est un appui pour pallier localement l'intermittence d'une source d'énergie renouvelable, ou alors répond aux exigences des applications mobiles dans les transports.

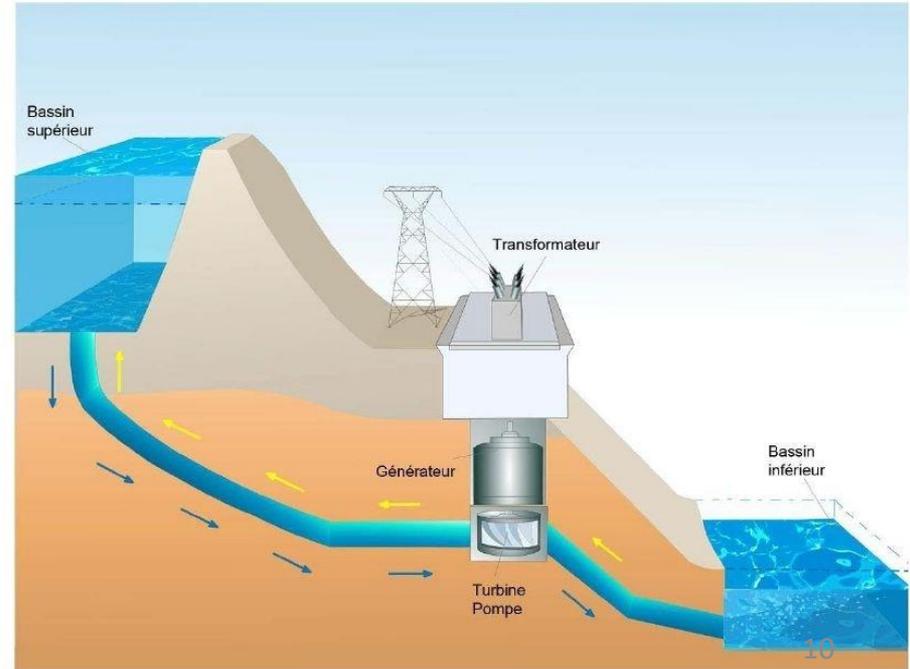
Les stratégies de stockage

Nous allons maintenant faire un rapide état des lieux des différents moyens de stockage utilisés actuellement.

Les stations de transfert d'énergie par pompage (STEP)

L'eau est pompée d'un bassin inférieur ou d'un cours d'eau vers un bassin supérieur en cas d'excès d'électricité; L'eau est ensuite turbinée lors de la pointe (75-80%, 3GW).

<https://youtu.be/cOKSst-un8c>

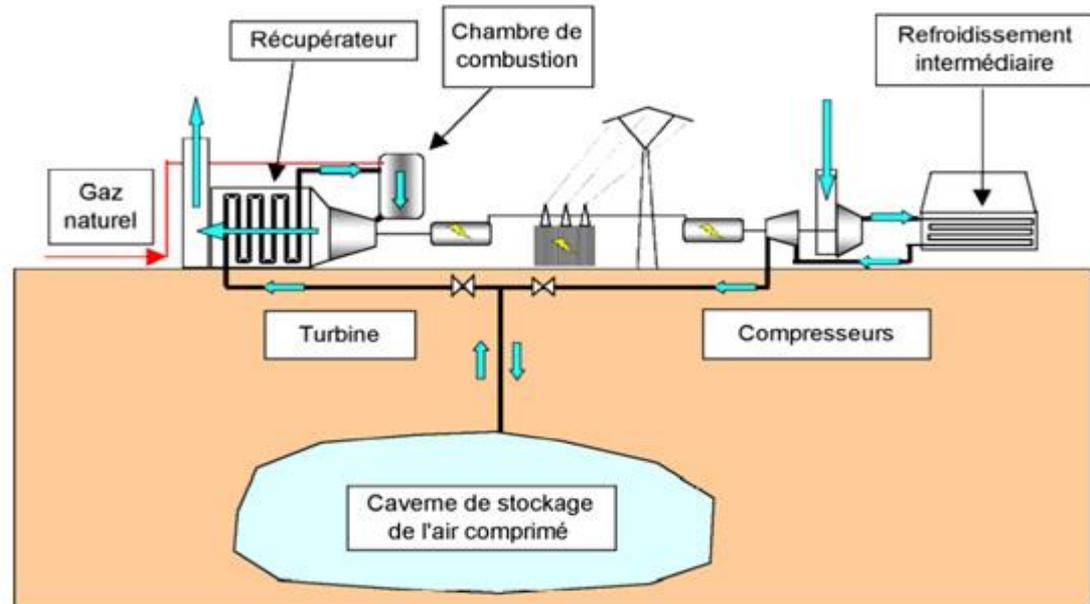


Les stratégies de stockage

Le stockage d'énergie sous forme comprimée (CAES)

- De l'air est comprimé aux heures creuses par un compresseur accouplé à une turbine à gaz et est stocké dans des cavités souterraines.
- Aux heures de pointe, l'air comprimé mélangé à un combustible en donnant un gaz de combustion (chaud) peut être utilisé pour mettre en mouvement une turbine produisant de l'électricité.
- Il est également possible de récupérer la chaleur dégagée lors de la compression de l'air et de la stocker (stockage de chaleur sous haute pression) pour la restituer lors de la détente de l'air.

Schéma de principe d'une installation de stockage à air comprimé



<https://youtu.be/gofp7jZWPJU>

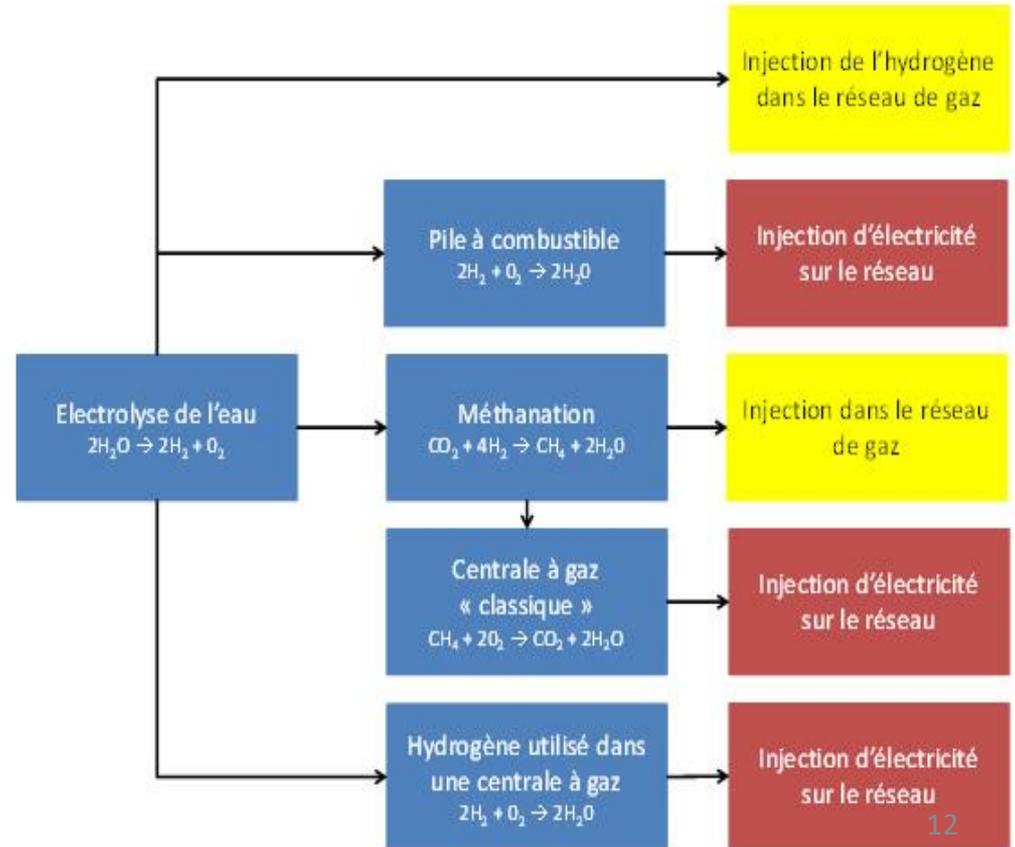
<https://youtu.be/i7F4wbEf1z8>

Les stratégies de stockage

- Stockage d'énergie grâce à l'hydrogène

Les systèmes de stockage d'énergie grâce à l'hydrogène utilisent un électrolyseur intermittent. Pendant les périodes de faible consommation d'électricité, l'électrolyseur utilise de l'électricité pour décomposer de l'eau en oxygène et en hydrogène, selon l'équation $2 \text{H}_2\text{O} = 2 \text{H}_2 + \text{O}_2$. Cet hydrogène est ensuite comprimé, liquéfié ou stocké sous forme d'hydrure métallique.

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



Les stratégies de stockage

- **Stockage d'énergie grâce à l'hydrogène**

Ensuite, il existe trois moyens différents pour réinjecter de l'électricité sur le réseau à partir de l'hydrogène stocké :

- le premier consiste à alimenter une pile à combustible ;
- le deuxième consiste à synthétiser du gaz naturel selon le procédé de la méthanisations. Ce gaz peut certes être injecté directement dans le réseau de gaz existant mais surtout être utilisé pour alimenter une centrale à gaz « classique », produisant de l'électricité ;
- le troisième consiste à utiliser l'hydrogène directement dans une centrale à gaz spécialement conçue à cet effet, afin de fabriquer de l'électricité.

Les stratégies de stockage

Batteries électrochimiques

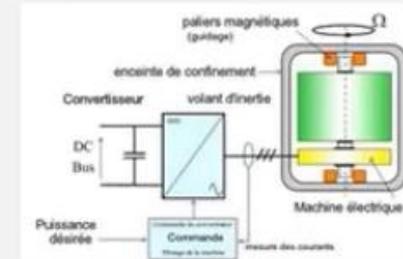
- Les batteries électrochimiques sont conçues par empilement de disques composés de différents types d'éléments chimiques. Il existe ainsi des batteries plomb-acide, nickel-cadmium, nickel-hydrure métallique, lithium-ion, lithium-polymère, lithium-air, sodium-soufre, chlorure de sodium (zebra), etc. Rendement (60-90%)

	Pb	Ni-Cd	Ni-Mh	Ni-Zn	Zebra	LMP	Li-ion	Li-Po	LiFePo4	Li-air
Wh/kg	40	60	90	80	120	110	150	190	110	1000
Durée de vie (cycles)	500	2000	1500	nc	nc	1800	1000	2000	2000	nc

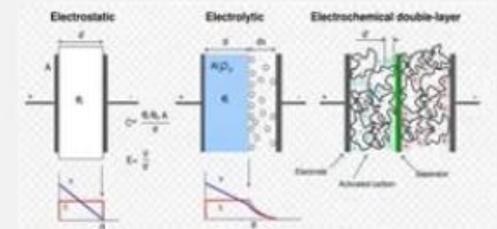
Les stratégies de stockage

En plus du stockage de masse sur des durées importantes existent des moyens d'injecter de grandes puissances sur des temps très courts pour équilibrer les réseaux.

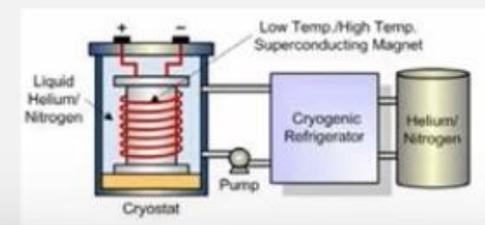
Les **volants d'inertie** présentent des disques en rotation très rapide dans le vide, avec sustentation magnétique.



Les **supercondensateurs** utilisent des charbons actifs de très grande surface et un électrolyte.



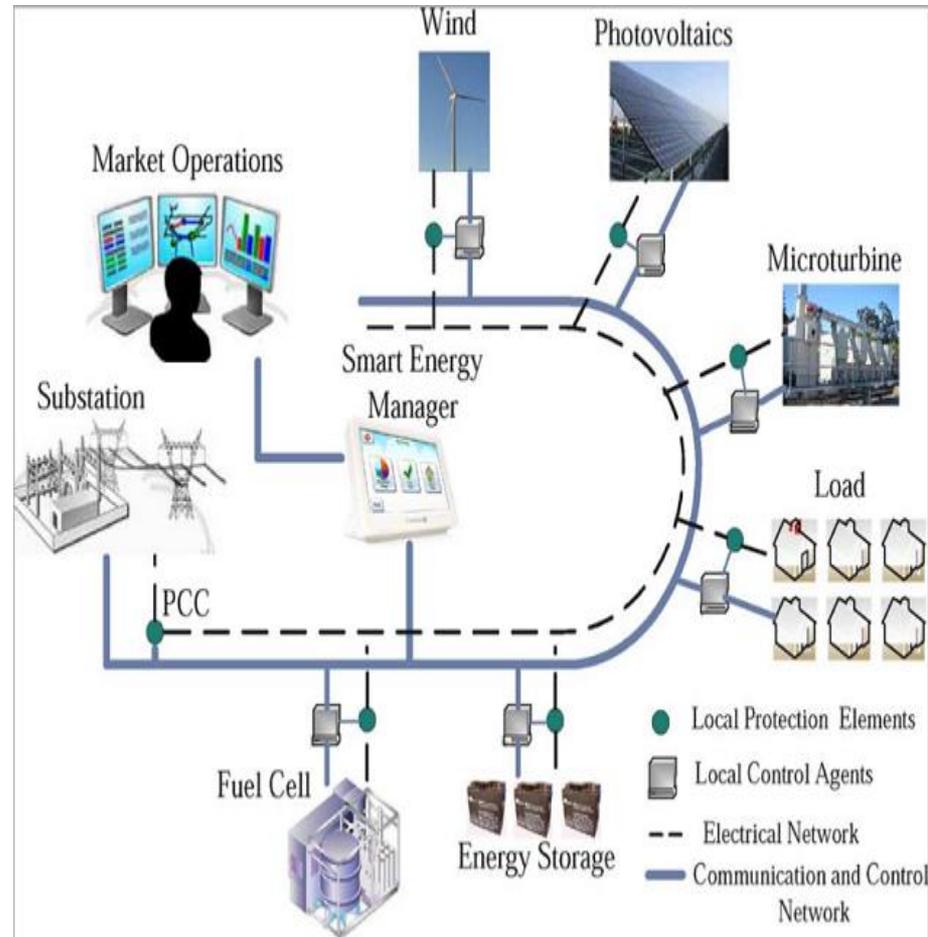
Le **stockage magnétique supraconducteur (SMES)** stocke une boucle de courant dans un supraconducteur, supprimant les pertes par résistance, mais nécessitant une très basse température.



Les **centrales solaires thermodynamiques** produisent un fluide chaud (**sels fondus**) qui peut être stocké et utilisé en cas de nébulosité ou pour couvrir les besoins du soir (hors soleil).

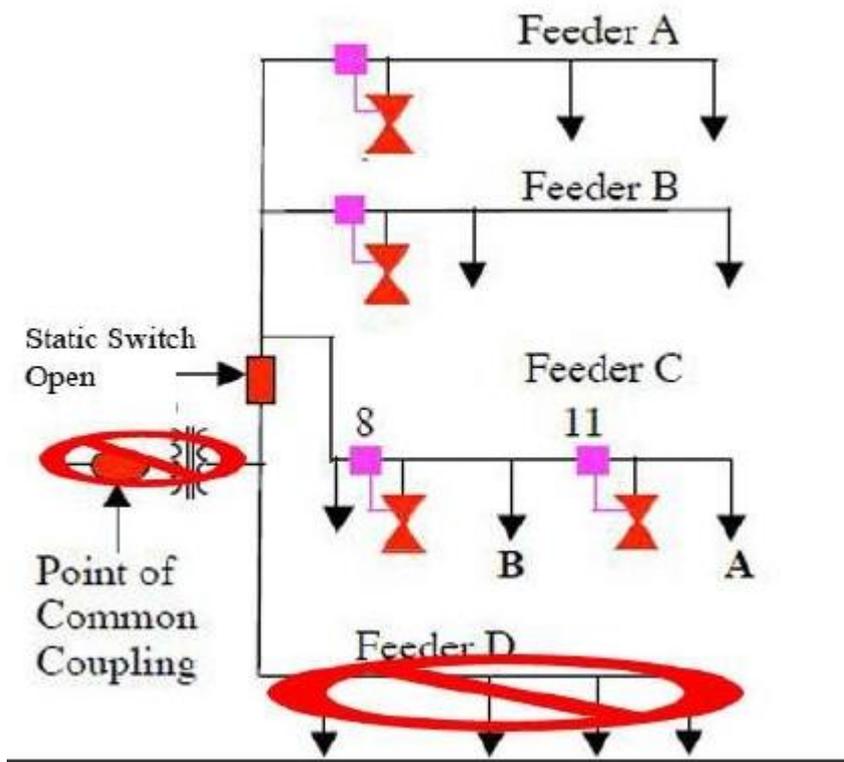
Les micro-grids

- Appelé aussi mini Smart grids ou micro-réseaux intelligents,
- les microgrids sont des réseaux électriques de petite taille, conçus pour fournir un approvisionnement (réserve) électrique fiable et de meilleure qualité à un petit nombre de consommateurs.
- Ils agrègent (associent) de multiples installations de production locales et diffuses (micro-turbines, piles à combustible, petits générateurs diesel, panneaux photovoltaïques, mini-éoliennes, petite station hydraulique), des installations de consommation, des installations de stockage et des outils de supervision (contrôle) et de gestion de l'énergie.

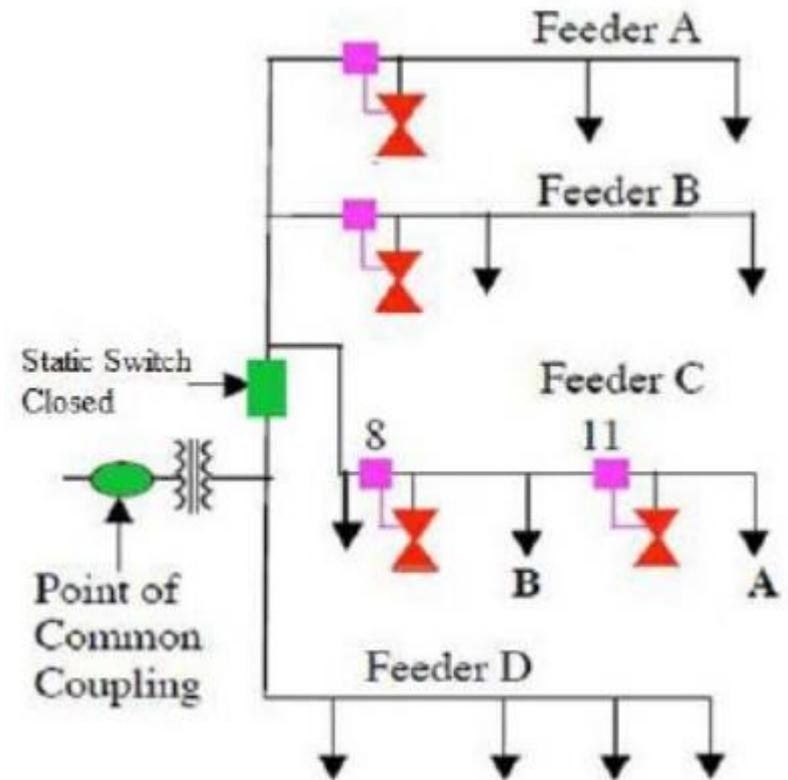


Les micro-grids

Modes de fonctionnement



Mode îloté



Raccordés directement au réseau

Les micro-grids

La raison pour le déploiement des microgrids réside

- dans la volonté de rapprocher la production d'électricité de sa consommation,
- de limiter les investissements dans les réseaux de transport et de distribution et de réduire les pertes.

Et cela est aujourd'hui rendu possible par la multiplication des installations de production d'énergie décentralisées, solaires ou éoliennes et le développement des dispositifs de stockage.

Les micro-grids

Catégories

- les microgrids des zones commerciales, artisanales ou industrielles
- les microgrids de campus universitaire
- les microgrids alimentant des zones isolées car faiblement ou non raccordées aux réseaux électriques ou temporairement coupées du réseau pour cause d'intempéries :
- les éco quartiers (cartier écologique)
- les microgrids de « base de vie » (camp militaire ou hôpital)