



## SEMAINE 8 : LE MIX ÉNERGÉTIQUE

*Ce document contient les transcriptions textuelles des vidéos proposées dans la partie « Le stockage mécanique de l'énergie » de la semaine 8 du MOOC « Énergies renouvelables ». Ce n'est donc pas un cours écrit au sens propre du terme ; le choix des mots, l'articulation des idées et l'absence de chapitrage sont propres aux interventions orales des auteurs.*

### *L'énergie mécanique*

**Xavier PY**

*Professeur – Université de Perpignan Via Domitia*

Le stockage de l'énergie mécanique est encore un mode de stockage utilisé dans les énergies renouvelables. C'est en fait un mode de stockage qui exploite la force de gravité et qui consiste globalement à déplacer des charges à différentes altitudes.

- Alors, il y a des exemples bien connus dans la vie de tous les jours, on peut citer par exemple la comtoise de nos grands-parents, ces grosses horloges tout en hauteur que l'on remontait en déplaçant des poids à l'aide d'une petite manivelle.
- On peut aussi citer les montres mécaniques avec les remontoirs avec un ressort hélicoïdal.

⇒ Ce sont des modes effectivement de stockage d'énergie mécanique.

Alors, en ce qui nous concerne, ça concerne essentiellement pour les énergies renouvelables tout ce qui est éolien et hydroélectrique, et en fait on reproduit quasiment le cycle de l'eau, de la nature.

⇒ Donc dans la nature, le cycle de l'eau procède tout d'abord et avant tout de l'énergie solaire.

- Le rayonnement solaire permet une évaporation d'eau au niveau notamment des mers et des océans, la vapeur produite rencontre des massifs et des zones froides et condense d'où des précipitations et l'eau issue de ces précipitations, s'écoule sur les reliefs pour former des rivières, des cours d'eau.
- Et depuis fort longtemps, l'homme exploite la force mécanique motrice de ces cours d'eau avec des moulins, des turbines, des barrages pour stocker ce potentiel d'énergie mécanique.
- Et en fait on utilise ça aussi pour stocker l'énergie, pas seulement d'ailleurs pour les énergies renouvelables.
- ⇒ Historiquement, en France par exemple, lorsque l'on a trop d'énergie nucléaire la nuit, et bien on remonte de l'eau d'un bassin inférieur vers un bassin supérieur - ce que l'on appelle les stations de pompage -, donc ça revient à avoir deux barrages hydroélectriques l'un au-dessus de l'autre, et donc on fait tourner des pompes, on remonte de l'eau d'un bassin inférieur vers un bassin supérieur et pendant la journée, lorsque l'on a besoin d'électricité au-delà de ce que l'on est capable de produire avec les centrales, et bien on va déstocker de l'eau du bassin supérieur vers le bassin inférieur en turbinant.
- Voilà, donc c'est des systèmes qui fonctionnent depuis très longtemps, qui sont très utilisés par EDF pour réguler son réseau et qui ont des temps de réponse très courts - de quelques dizaines de minutes -, avec des centaines de mégawatts à la clef, donc ce sont des choses effectivement très efficaces.
- De manière un petit peu plus domestique, on va dire, ce sont des choses qui sont connues depuis longtemps, on a tous vu les westerns, les films de cow-boy avec des éoliennes qui pompent l'eau du sous-sol et qui les stockent dans des petits châteaux d'eau, des réserves de quelques mètres cubes à une dizaine de mètres du sol et puis lorsque l'on a besoin effectivement après de l'eau en question et bien on a cette charge hydraulique sur ce petit château d'eau.
- ⇒ C'est aussi une forme de stockage de l'énergie éolienne sous forme gravitaire d'une réserve d'eau donc à un certain niveau par rapport au niveau du sol.
- C'est utilisé aussi largement dans le domaine du solaire avec le photovoltaïque, notamment dans des pays comme l'Afrique où là encore, pendant la journée, les gens ne sont pas forcément chez eux, ils sont dans les champs en train de travailler, le Soleil est là, le photovoltaïque fonctionne, produit de l'électricité.
- ⇒ Si on met des batteries électrochimiques ça pose des gros problèmes environnementaux puisque les durées de vie des batteries dans ces pays-là c'est 4/5 ans et au bout de 4/5

ans, on a tendance dans ce cas-là à mettre la batterie dans le buisson au fond du jardin, ce qui pose des gros problèmes évidemment environnementaux.

- ⇒ Donc au lieu de faire ça, le photovoltaïque pendant la journée va produire de l'électricité, on va pomper à nouveau de l'eau dans le sous-sol par exemple, remonter de l'eau dans des réserves là encore de quelques mètres cubes à une dizaine de mètres du sol et on aura ainsi transformé quelque part l'énergie solaire, le rayonnement en charge hydraulique et aussi avec un produit qui est l'eau qui dans ces pays-là a beaucoup plus de valeur que l'électricité.
- Alors, ça c'est un mode très hydro, il y a aussi un autre domaine dans lequel on exploite, on utilise l'énergie, le stockage sous forme d'énergie mécanique, c'est ce qu'on appelle les CAES, les systèmes de stockage par compression d'air dans des cavités.
- ⇒ Alors ce sont des systèmes qui sont très peu connus, qui sont des concurrents des barrages hydroélectriques.
- ⇒ Ça consiste à prendre en fait une cavité souterraine, une caverne en quelque sorte et de comprimer de l'air à l'intérieur.
- ⇒ Alors il y a deux systèmes qui fonctionnent comme ça depuis une trentaine d'années : Huntorf en Allemagne et McIntosh aux Etats-Unis. Ce sont des centaines de mégawatts pendant plusieurs heures.
- ⇒ Donc ça a exactement les mêmes caractéristiques qu'un barrage hydroélectrique, lorsqu'on a trop d'électricité, on va faire tourner des compresseurs, on va comprimer de l'air jusqu'à 70 bars dans les cavernes en question et lorsque l'on a besoin d'électricité, on va détendre cet air comprimé sur les turbines, éventuellement on va compléter en brûlant un peu de gaz et on va produire de l'électricité.
- Alors, en France, on a fait l'étude au cours d'un programme à ENR SACRE et on s'est rendu compte qu'on a un gisement d'une centaine de cavernes en sous-sol type qui serait susceptible d'être utilisées pour ce genre de mode de stockage à grande échelle et particulièrement dans l'Est de la France, l'industrie chimique avait besoin de saumure pendant quelques décennies, donc injectait de l'eau dans le sous-sol et dans des gisements de sel gemme et remontaient de la saumure et au fil des années ça a permis de créer des belles cavernes bien étanches qui peuvent être utilisées pour stocker du gaz ou pour faire ce genre de stockage d'air comprimé.
- Alors c'est des systèmes qui ont des rendements de l'ordre de 50 %, tout un chacun a déjà gonflé un pneu de vélo, avec une pompe à vélo on se rend compte qu'une partie de l'énergie est transformée en chaleur au lieu de comprimer le gaz.

- ⇒ Les systèmes avancés sur lesquels on travaille aujourd'hui, c'est le système adiabatique qui consiste à intégrer un sous-stockage thermique dans le stockage à air comprimé pour stocker la chaleur de compression, pour la rendre à la détente.
- ⇒ Et là, le rendement pourrait augmenter jusqu'à 70 % et là ce sont les systèmes CAES adiabatiques de future génération.