



Zoom

HYDROENERGIE EN BELGIQUE

Le pompage-turbinage : une solution efficace pour suivre la demande énergétique

À l'instar de notre mode de vie, notre consommation électrique varie au cours d'une journée, d'une semaine et même d'une année. Du côté de la production, les énergies renouvelables peuvent avoir aussi une activité fluctuante dont le délai de prévisibilité dépend de la source.

Toutes ces fluctuations sont compensées par l'effet de foisonnement, des actions de pilotage de la consommation et des actions d'adaptation de la production. Ces dernières n'ont pas toujours de bons rendements et peuvent conduire à une surconsommation.

Dans un marché libéralisé où la qualité prime autant que la réduction des coûts, il est de plus en plus important d'apporter de nouvelles solutions qui garantiront la satisfaction de tous les acteurs de la distribution électrique, qui minimiseront les pertes énergétiques et qui permettront de soutenir l'expansion des énergies renouvelables.

Une vieille méthode pour compenser les fluctuations prévisibles ou aléatoires de la demande énergétique est de faire suivre au mieux la production des centrales électriques. Cependant les centrales n'ont, en général, qu'un seul niveau optimal de production et ne supportent pas n'importe quelle amplitude de variation. Les centrales nucléaires, par exemple, doivent fonctionner à un régime constant. Quant aux centrales à combustion, elles peuvent accepter des variations de leur production, mais en échange d'une chute souvent catastrophique de leur rendement.

Globalement, cette solution aboutit à de grandes pertes énergétiques et est génératrice de pollution inutile. De plus, elle suppose que l'on ait la maîtrise des sources énergétiques, or ce n'est pas le cas avec des sources renouvelables non stockables.

L'introduction de systèmes de stockage énergétique, qui agissent comme des amortisseurs et des régulateurs dans les réseaux électriques, permet de résoudre efficacement le problème des fluctuations et d'augmenter significativement la qualité de la distribution. Cette solution a été abordée sérieusement dès la seconde moitié du vingtième siècle et ne cesse d'évoluer dans de nouvelles technologies et dans de nouveaux projets concrets à travers le monde.

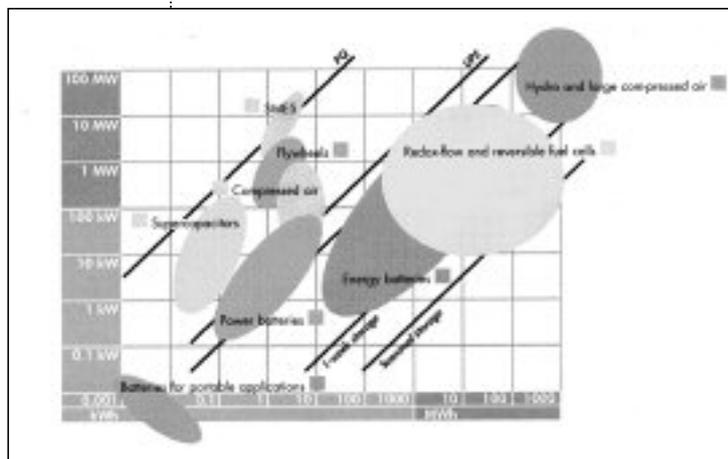
Parmi les solutions pour le stockage de très grandes capacités (de l'ordre du GWh), les systèmes par pompage-turbinage hydraulique tiennent une des meilleures places grâce à leur simplicité technique, leur sûreté, leur propreté et à leurs avantages économiques. Le principe est d'accumuler de l'énergie

Les cycles d'une centrale de stockage
Idéalement, le choix des cycles de charge-décharge de la centrale dépend des alternances du prix de l'énergie. On vend l'énergie stockée lorsque son prix est au plus haut et on l'accumule lorsqu'elle est la moins chère.

Lorsqu'un système de stockage est couplé à une source d'énergie fluctuante, il peut être intéressant d'augmenter le nombre de cycles pour suivre les fluctuations de la production électrique. Exemple : si une éolienne fonctionne en heures creuses, on peut accumuler l'énergie pour la revendre lorsque le prix sera plus intéressant.



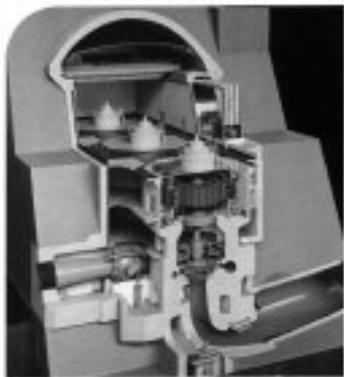
Vue aérienne de la centrale de Coo-Trois-Ponts, avec bassin supérieur en avant-plan



Plage d'utilisation de divers systèmes de stockage de l'énergie en fonction de la capacité (Wh) et de la puissance développable (W) (Source : « Energy Storage - A key technology for decentralised power, power quality and clean transport », Energy Environment and sustainable development, UE Publication, 2001.)

sous forme d'énergie potentielle hydraulique entre un bassin en hauteur et un réservoir d'eau inférieur. L'eau du réservoir inférieur peut être ainsi pompée vers le bassin supérieur en période d'excès d'énergie et être ensuite turbinée vers le réservoir inférieur en période de demande d'énergie. La centrale hydroélectrique de Coo-Trois-Ponts en Belgique est un bel exemple d'application de cette solution de stockage. Elle fut mise en service dans les années 1970 et continuera encore longtemps à effectuer ses cycles de pompage et de turbinage quotidiens.

Malheureusement il ne vient que trop rarement à l'esprit d'utiliser l'hydraulique pour la construction d'une unité de stockage. Ce principe est masqué par la publicité des procédés miracles tels que les piles à



© Electrabel

Ensemble d'un groupe (maquette)

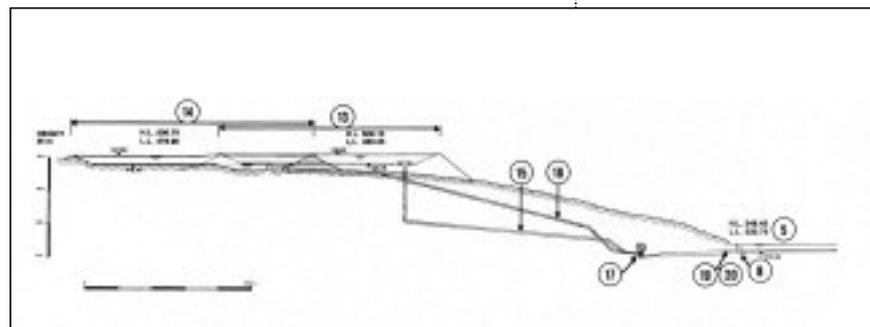
Combien coûte une centrale de stockage hydraulique ?

La construction d'une centrale comme Coo-Trois-Pont coûterait aujourd'hui 720 millions d'€. Pour une installation complète reprenant les dimensions de notre exemple ci-dessus, ça coûterait aux alentours de 4 millions d'€. L'investissement serait amorti en \pm 40 ans pour devenir très lucratif. Ce genre d'installation n'a pas de limite de durée de vie, seule la machinerie doit être régulièrement entretenue et mise à jour.

Si c'est aussi avantageux, pourquoi ne fabrique-t-on plus de centrales de stockage hydraulique ?

On le fait ! Le Japon, par exemple, a bien compris tous les avantages de l'hydraulique et est en passe d'installer la plus grande station de stockage par pompage au monde.

Si nous voulons continuer dans la voie des énergies renouvelables et si nous sommes désireux de conserver un système de distribution électrique fiable, il est grand temps d'entamer de nouveaux projets concrets.



© Electrabel

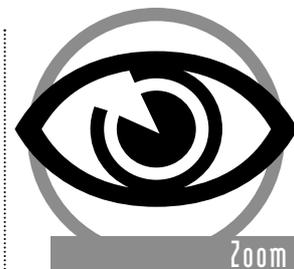
Profil longitudinal de la Centrale de Coo-Trois-Ponts

Il est tout à fait imaginable de reproduire l'expérience Coo-Trois-Ponts en Belgique, même à une échelle réduite. Il suffit de trois choses : trouver un terrain adéquat, un investisseur, et informer tous les acteurs potentiels, depuis les politiques jusqu'aux industriels.

IR FABIEN GABRIEL

Ceci est un résumé de mon travail universitaire « Etude de l'application actuelle et future des technologies de stockage d'énergie électrique par procédés hydrauliques en Belgique », 2004, Faculté des Sciences Appliquées de l'ULB dans le cadre du cours ENER002 « Energies non conventionnelles »¹. Si vous avez une question, vous pouvez obtenir mes coordonnées au secrétariat de l'APERe.

¹ http://www.ulb.ac.be/prog/polytech/resumes/ENER_002.html



Quelques caractéristiques de Coo-Trois-Ponts

- capacité volumique de 8 450 000 m³ d'eau (2 bassins supérieurs) ;
- chute moyenne de 250 m entre le bassin et le réservoir ;
- énergie stockable (mesurée à la sortie des transformateurs) de 4 800 MWh ;
- rendement de 75 % ;
- puissance nominale totale de 1 160 MVA ;
- un cycle pompage-turbinage par jour ;
- la centrale peut passer du pompage à la marche en génératrice en 2 minutes.

Quelle est l'énergie que nous pouvons stocker ?

Prenons l'exemple d'un petit bassin d'une surface de 1 ha et d'une profondeur de 10 m, soit un volume de 100 000 m³, situé à 100 m de hauteur du réservoir. Nous obtenons une énergie de 100 000 m³ x 100 m x 1 000 kg/m³ (masse volumique de l'eau) x 9,81 m/s² (pesanteur) = 98 100 100 MJ = 27,25 MWh.

Quel est le revenu de l'activité de pompage-turbinage ?

Faisons une estimation à partir des prix moyens du MWh de l'électricité pour l'année 2004, soit 37,5 € en heure de pointe et 19,6 € en heure creuse, et supposons qu'on effectue un cycle complet de pompage-turbinage chaque jour avec un rendement de 75 %. Nous gagnons ainsi par cycle (37,5 €/MWh x 75 % - 19,6 €/MWh) x 27,25 MWh = 232,3 €, et donc 84,79 k€ par an. Si nous retirons les coûts d'entretien, nous devons arriver à environ 80 k€/an. Les revenus augmentent avec une gestion plus réaliste des cycles, c'est-à-dire en tenant compte des variations continues du prix plutôt que de leurs moyennes.

Quelques chiffres représentatifs

- 1 kWh est une quantité d'énergie qui correspond au travail à fournir pour soulever 3 600 litres d'eau 100 mètres plus haut. C'est pratiquement ce que nous consommons pour chaque kilomètre parcouru en voiture. C'est en moyenne ce que notre métabolisme consomme en 10 heures.
- 1 kWh est la quantité d'énergie qu'une bonne batterie électrique de 10 kg peut stocker.