



SEMAINE 4 : L'ÉNERGIE HYDRAULIQUE

Ce document contient les retranscriptions textuelles des vidéos proposées dans la partie « Caractéristiques fondamentales » de la semaine 4 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. Des figures choisies par les intervenants ont été ajoutées afin d'illustrer leurs propos.

Énergie hydraulique : caractéristiques fondamentales

François COLLOMBAT

Chargé de mission, Division production hydraulique - EDF

Lorsqu'on veut construire une centrale hydro-électrique, en fait on a deux points importants à déterminer et ensuite tout en découle :

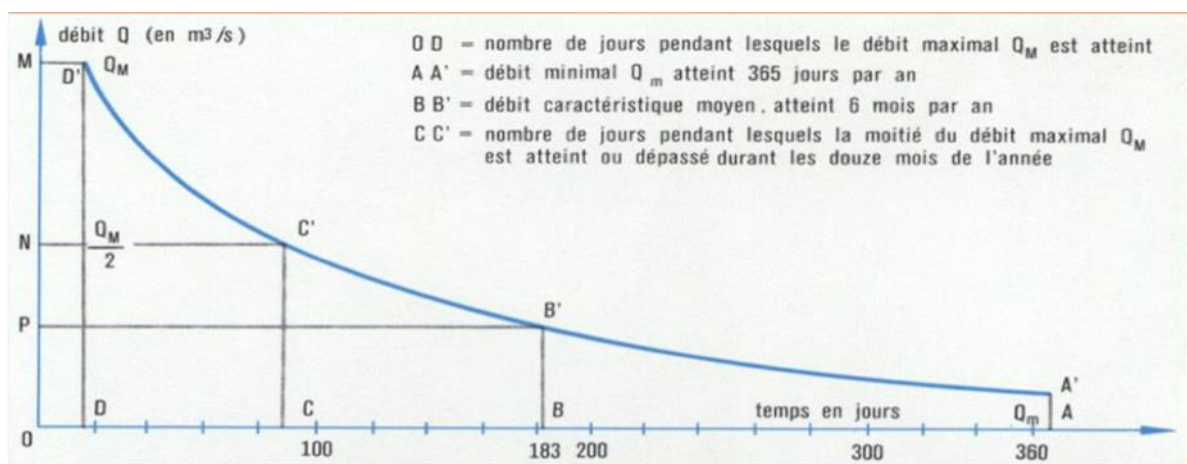


- Le premier, c'est la hauteur de chute.
- Donc lorsqu'on arrive au bord d'une rivière, ce qui est important, c'est de voir quel est le dénivelé entre deux points.
- ⇒ Vous voyez sur le petit croquis de gauche, un barrage et beaucoup plus bas une centrale et donc entre ces deux points, ces deux points naturels, on a ce qu'on appelle une hauteur de chute, un dénivelé qu'il faudra prendre en compte et qui sera en fait la partie la plus importante sur la puissance

qui va être développée par la centrale.

- La deuxième partie, c'est le débit d'équipement.
- Autant le dénivelé, lorsqu'il est choisi, il est fixe et il ne changera plus jamais, autant le débit d'équipement peut être variable.

Donc en fait on prend ce qu'on appelle la courbe des débits classés pour une rivière, la courbe des débits classés en un point donné, c'est sur les 365 jours de l'année qui sont représentés ici en abscisse et en ordonnée, vous prenez le débit moyen de la journée considérée et vous regardez au fil du temps, de façon statistique, quelle est la valeur du débit moyen.



⇒ Donc vous voyez que, par exemple, la valeur AA' est le débit minimal : 365 jours par an, on sait qu'on a au moins ce tout petit débit, et si vous regardez tout à gauche de la courbe, et bien vous avez le débit maximum qui est le DD' où là, c'est vraiment le débit maximum qui n'est que de quelques jours.

Pour faire l'aménagement, bien entendu, il faut déterminer de façon technico-économique quelle est la meilleure valeur à prendre et donc, les débits qui nous intéressent ce sont les débits moyens annuels et là on voit par exemple en BB', le débit caractéristique moyen annuel six mois par an.

⇒ Donc là si on dit au moins six mois par an j'ai ce débit, je vais pouvoir le prendre pour faire mon aménagement.

Et donc, lorsqu'on a déterminé cette hauteur de chute, que l'on va appeler H ici, et ce débit que l'on va appeler Q, et bien très facilement - très facilement parce que c'est une formule qui a été extraite de nombreux calculs et de nombreuses théories, en particulier le théorème de BERNOULLI qui est un ingénieur des années 1600 -, on sait que la puissance maximale brute est proportionnelle à la hauteur de chute, au débit exprimés multiplié par l'accélération de la pesanteur ($9,81 \text{ m/s}^2$).

⇒ Donc très simple, vous prenez deux points sur une rivière, vous avez la hauteur de chute, vous déterminez le débit en fonction de la courbe du débit classé et vous avez la puissance.

- Si vous prenez un petit débit, vous aurez une petite puissance mais vous l'aurez pratiquement toute l'année ;
- Si vous prenez un grand débit et bien vous aurez une grosse puissance mais simplement quelques jours par an.

⇒ Donc en fait après ce qu'il faut, c'est faire un calcul technico-économique.

- Intuitivement, on sent bien que si on prend des gros débits, les investissements seront plus importants que si on prend des petits débits.
- La puissance réelle de l'aménagement ensuite, c'est comment est-ce qu'on transforme cette puissance maximale brute que l'on appelle aussi la puissance sauvage en puissance électrique ?

Donc au départ, on a une puissance brute. On va la faire passer dans des tuyaux, on va l'amener sur une turbine.

- Ce passage dans les tuyaux c'est là où on a le plus de perte, on a un rendement hydraulique qui va être entre 75 % et 80 %, les pertes étant liées essentiellement à l'écoulement dans les tuyaux, simplement la force de frottement dans les tuyaux, force qui retient et qui fait perdre de la puissance mais aussi et surtout le passage dans les particularités de ce tuyau, c'est ce qu'on appelle les pertes de charges singulières.
 - Lorsque l'eau arrive dans la turbine, cette puissance hydraulique va être transformée en puissance mécanique.
- ⇒ Alors là, les rendements des turbines à l'heure actuelle sont très bons, on arrive jusqu'à 98 % de rendement.
- La turbine a donc une puissance mécanique qui va entraîner un générateur électrique, on va donc réaliser une puissance électrique, là aussi, maintenant les générateurs électriques ont un très bon fonctionnement, un très bon rendement, 98 % également.
 - La plupart du temps, la tension qui est générée par ces alternateurs ou ces génératrices est de faible valeur.
- ⇒ Pour pouvoir l'envoyer sur le réseau, il faut l'augmenter avec un transformateur, on l'augmente en tension grâce à un transformateur qui lui aussi a un rendement de 98 %.
- ⇒ Donc si on regarde, j'allais dire, la somme - mais c'est plutôt le produit de l'ensemble de ces rendements -, on arrive à un k qui de l'ordre de 8.

- Donc ce qu'il faut retenir, c'est que la puissance électrique d'un aménagement hydroélectrique, la puissance qui est générée et qui est envoyée sur le réseau est environ 8 multiplié par le débit, multiplié par la hauteur de chute.

Alors, en fonction de cette hauteur de chute, on aura différents aménagements.

- Le premier aménagement que l'on appelle de basse chute, c'est lorsque le dénivelé est inférieur à 30 mètres.
- ⇒ Donc là on a un exemple d'aménagement sur le Rhin, une hauteur de chute d'une vingtaine de mètres environ mais avec un gros débit.
- ⇒ Donc vous voyez que la puissance va être surtout proportionnelle à ce débit important.
- Ensuite, on a ce qu'on appelle les moyennes chutes, lorsque le dénivelé est entre 30 mètres et 300 mètres.
- ⇒ Là, c'est pour avoir la même puissance, on peut avoir des valeurs de débits et de hauteurs moyens.
- Et puis, la haute chute, c'est lorsque les hauteurs sont supérieures à 300 mètres, l'exemple que vous avez ici, c'est la centrale de Pragnères dans les Hautes-Pyrénées.
- ⇒ On a pratiquement 1200 mètres de chute, on voit la conduite forcée qui part du sommet de la montagne et qui vient dans la centrale.

Très important de connaître ces différentes catégories, car le matériel est très différent entre les différentes chutes.

Un autre classement que l'on peut faire, c'est en fonction du volume d'eau que l'on retient derrière le barrage.

- Si ce volume est très faible par rapport aux débits, on a ce qu'on appelle une centrale au fil de l'eau. Centrale au fil de l'eau, ça veut dire que tout débit qui arrive est turbiné et continue sur la rivière.
- ⇒ Impossible de placer cette énergie au moment où on le voudrait.
- ⇒ C'est ce qu'on appelle de l'énergie fatale.
- Ensuite on crée des aménagements avec des volumes relativement faibles par rapport à ces débits mais un peu plus importants que ceux du fil de l'eau, - à ce moment-là, on peut à certains moments lorsque l'on n'a pas besoin d'énergie -, laisser se remplir le barrage et au moment où on en a besoin, quelques heures après ou quelques jours après mais pas plus, faire marcher les turbines avec un débit supérieur au débit naturel.

- ⇒ Donc on voit bien qu'à ce moment-là, le niveau va baisser lorsqu'on turbinera et va monter lorsque l'usine sera à l'arrêt.
- ⇒ On a ce qu'on appelle un marnage dans le barrage.
- Le dernier point est celui qui est le plus intéressant au niveau placement électrique, c'est ce qu'on appelle les usines de lac.
- ⇒ À ce moment-là on a des retenues très importantes, plusieurs millions de mètres cubes.
- ⇒ On stocke l'eau au moment où elle arrive, la plupart du temps c'est lorsqu'on a des fortes fontes de neige (ça correspond surtout aux lacs dans les Pyrénées, des Alpes et du Massif Central), et là on a des quantités importantes d'énergie stockée que l'on peut faire envoyer sur le réseau électrique au moment des fortes consommations.