

Fonctionnement barrages

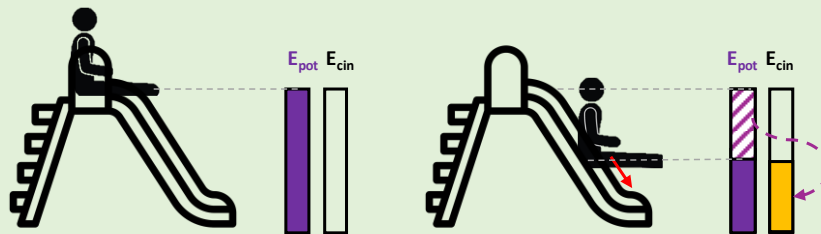
Rappel sur les types d'énergie

Energie potentielle de pesanteur

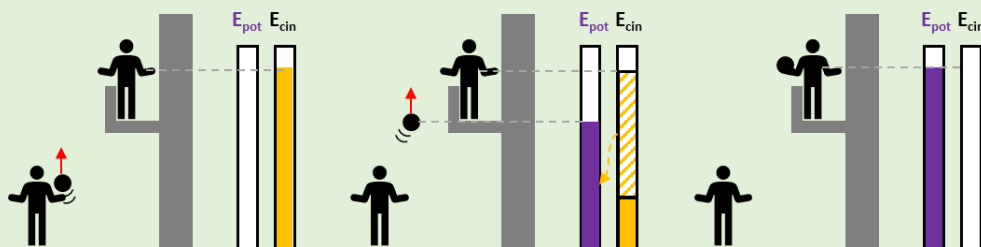
L'énergie potentielle de pesanteur est une conséquence physique de la gravité. Elle décrit l'énergie que peut fournir un corps qui se trouve à une certaine hauteur (le potentiel d'énergie), en fonction de sa masse, grâce au simple effet de la gravité. On peut rapidement le percevoir quand on essaie de soulever un objet quel qu'il soit, surtout s'il est lourd, et le poser en hauteur, cela va nous demander de l'énergie. Cette énergie qui a été fournie pour lutter contre la gravité sera alors « stockée » dans l'objet et pourrait être utilisée.

L'énergie cinétique

L'énergie cinétique décrit l'énergie d'un objet en fonction de sa vitesse et de sa masse. Dans énormément d'applications, on va faire en sorte de transformer l'énergie potentielle en énergie cinétique. Par exemple sur un toboggan, on va utiliser notre énergie potentielle initiale pour gagner de la vitesse et glisser. Il est important de remarquer qu'on parle bien d'une transformation d'une énergie dans une autre, et non de création d'énergie, selon le principe de conservation d'énergie.



Pour prendre un exemple inverse, imaginons qu'on veuille lancer un objet à quelqu'un se trouvant sur un balcon au deuxième étage. On va devoir lancer l'objet très vite pour qu'il monte assez haut. On va donc utiliser de l'énergie cinétique pour la transformer en énergie potentielle.



On peut voir ça comme des sortes de jauges d'énergies qui font vase communicant, permettant de transformer une énergie en une autre. Cela fonctionne cependant dans une considération parfaite de l'énergie, où aucune perte n'existe, que ça soit par frottement ou chaleur par exemple.

Fonctionnement des barrages

Le fonctionnement des barrages est basé sur l'utilisation de l'énergie contenue dans l'eau, qui servira à entrainer une roue, pour ensuite produire de l'électricité.

Barrage de chute (moyenne ou haute chute)

Pour les barrages de chutes, qui se trouvent plutôt dans les régions d'altitude, en Valais par exemple, on va stocker sous forme de lac d'importantes quantités d'eau provenant des glaciers, torrents et rivières ainsi que de la fonte saisonnière de neige. Ces réserves vont permettre de créer de grandes réserves d'énergies potentielles qui pourront être transformées en électricité en cas de besoin.

Pour ce faire, on utilisera simplement la gravité en amenant l'eau grâce à des conduites jusqu'à une usine hydroélectrique située à une altitude plus basse. L'eau en descendant va prendre beaucoup de vitesse et va ainsi nous permettre d'entrainer des turbines. Plus le volume d'eau et la chute seront grands, plus on pourra transformer d'énergie hydraulique en énergie électrique.

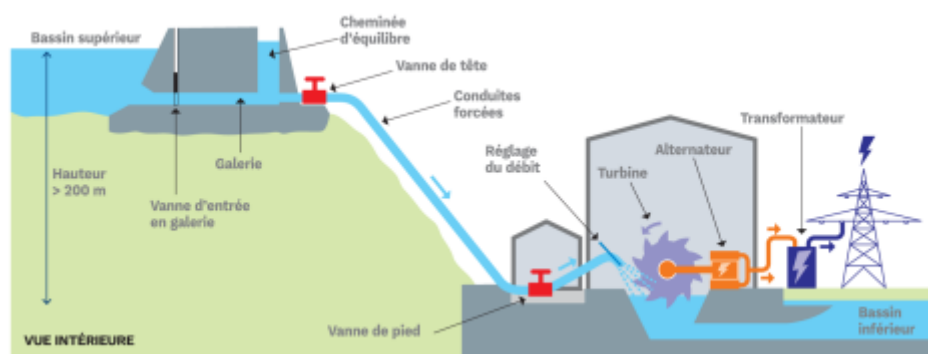


Figure 1 : Schéma d'un barrage de haute chute (edf.fr)

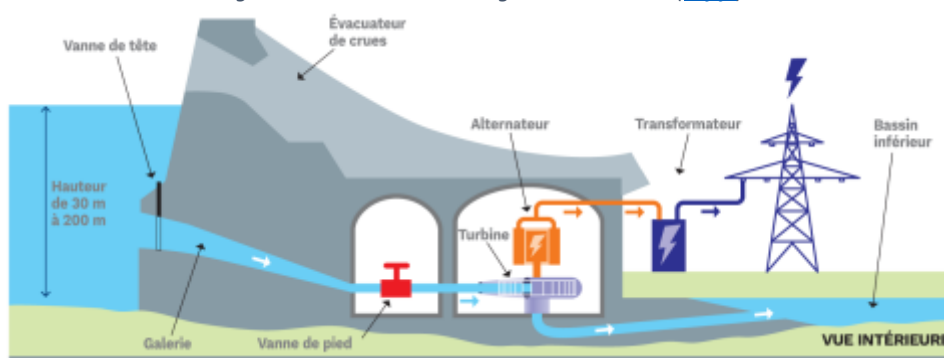
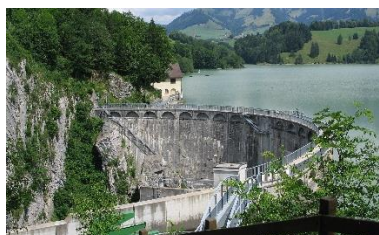


Figure 2 : Schéma d'un barrage de moyenne chute (edf.fr)

Exemple de barrages de chute



[Grande-Dixence \(Valais\)](#)



[Montsalvens \(Fribourg\)](#)



[Rossens \(Fribourg\)](#)

1880 m (record du monde)
2 TWh (2000 millions kWh)

96.2 à 122m
66 GWh (66 millions kWh)

75 à 110 m
13.6 GWh (13.6 millions de kWh)

Barrage au fil de l'eau (ou « basse-chute »)

Pour cette deuxième famille de barrage, on va les retrouver le long de rivières et de fleuves, donc dans des zones à faible dénivelé. Pour produire de l'électricité ici, on n'utilisera donc pas l'énergie potentielle de notre réserve d'eau, mais directement l'énergie cinétique naturellement présente dans le cours d'eau à travers son débit. On n'a pas besoin ici de créer de la vitesse puisqu'elle est naturellement présente dans la circulation du fleuve ou de la rivière. On aura donc une production continue pour ce type de construction et on ne pourra pas vraiment adapter la production en fonction de la demande.

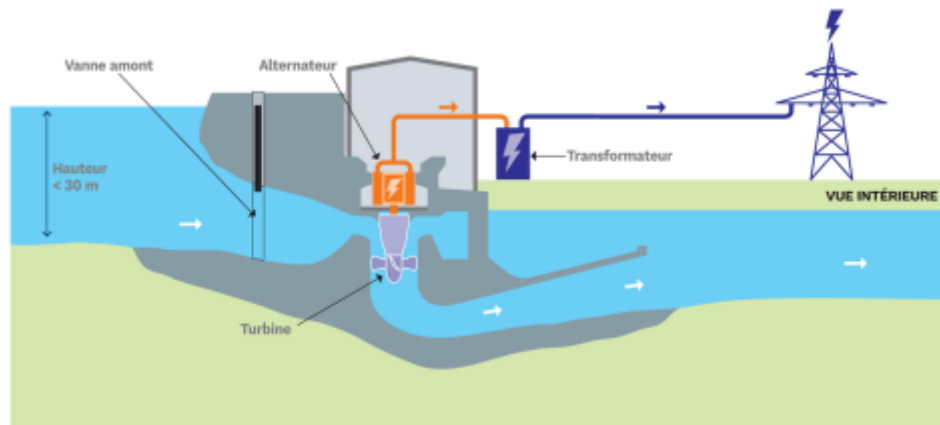


Figure 3 : Schéma d'un barrage au fil de l'eau (edf.fr)

Exemple de barrages au fil de l'eau



[Seujet \(Genève\)](#)

Rhône (moy. 200-250 m³/s)

25 GWh (25 millions kWh)



[Flumenthal \(Soleure\)](#)

Aare (moy. 610 m³/s)

146 GWh (66 millions kWh)



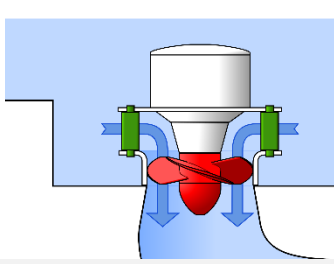
[Trois-Gorges \(Chine\)](#)

Yangtsé (moy. 30'000 m³/s)

103.6 TWh (103'600 millions de kWh)

Type de turbines

Pour transformer l'énergie hydraulique en électricité, on utilise donc une turbine. Il existe cependant différents types de turbine dont les principales qu'on puisse retrouver dans les usines hydroélectriques sont :



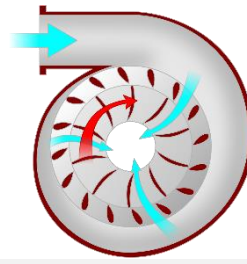
Kaplan

Axiale et/ou mixte

Faible chute (< 30 m)

À réaction

Grands débits 70-800 m³/s



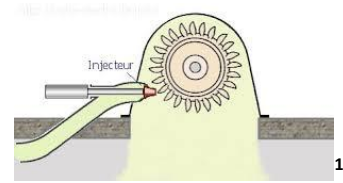
Francis

Radiale et/ou mixte

Pour moyenne chute (30 – 300 m)

À réaction

Moyens-hauts débits 10 – 700 m³/s



Pelton

Tangentielle

Haute chute (> 300 m)

À action

Faible débit (< 15 m³/s)

Turbines Kaplan



Figure 4 : Turbine Kaplan

La turbine Kaplan est une turbine axiale et/ou mixte. Cela signifie qu'il existe des turbines avec entrée axiale également (turbine purement axiales) ou avec entrées diagonales (turbines mixtes). La sortie quant à elle, dans ce type de turbine sera tout le temps axiale (parallèle à l'axe de rotation).

Mixed Flow and Axial Flow Kaplan Turbines

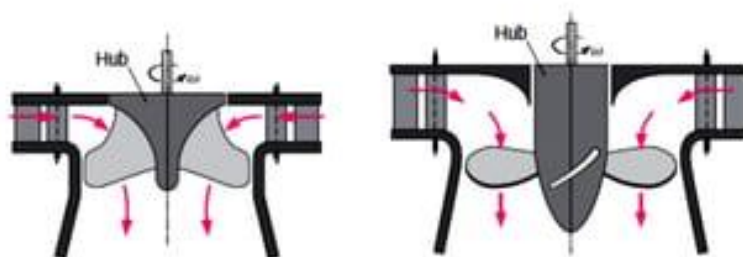


Figure 5 : Turbine Kaplan mixte (gauche) et purement axiale (droite)²

¹ <https://www.volta-electricite.info/articles.php?lng=fr&pg=3037&tconfig=0>

² <https://fr.slideshare.net/slideshow/tevitmmod-2-4kaplan-turbinepdfpdf/261317166>

Les turbine Kaplan ont un fonctionnement qu'on qualifie « à réaction », ce qui signifie qu'on va utiliser directement la pression de l'eau pour transmettre l'énergie à la turbine en la faisant tourner. Pour cela, toutes les turbines de ce type seront donc immergées dans l'eau.

Elles sont surtout utilisées dans les usines à faible chute, au fil de l'eau, avec de hauts débits. De plus, ces pales sont souvent orientables, ce qui permet d'optimiser son fonctionnement et son rendement en cours d'utilisation (environ 90 – 95%).

Turbines Francis



Figure 6 : Turbine [Francis](#)

Les turbines Francis sont le type de turbine hydraulique le plus utilisé. Leur fonctionnement est radial ou mixte, c'est-à-dire que l'eau va arriver cette fois dans la turbine de manière perpendiculaire aux pales. Si l'eau arrive parfaitement perpendiculairement, on la qualifiera de purement radiale, si elle arrive plus en diagonale on la dira mixte. La sortie sera quant à elle axiale.

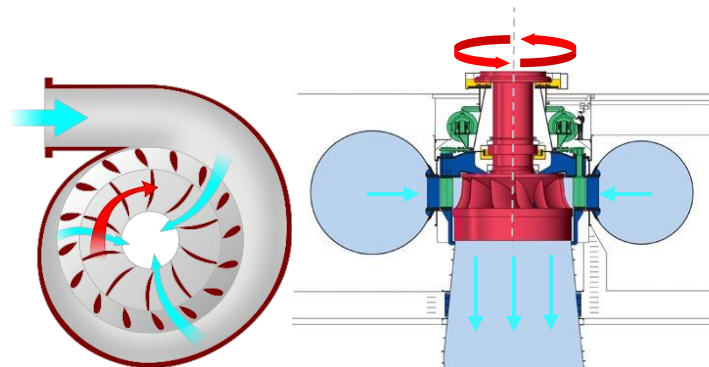


Figure 7 : Schéma de fonctionnement du turbine [Francis](#)

Les turbines Francis sont utilisées généralement dans les centrales à moyenne chute, soit entre 30 et 300m, mais sont également utilisées jusqu'à des hauteurs de 600m. Elles fonctionnent sur une assez grande plage de débit, soit entre 10-700 m³/s. Elles sont également des turbines à réaction, tout comme les Kaplan, et ont des rendements avoisinant le plus souvent les 90%.

Turbine Pelton



Figure 8 : [Schéma d'une turbine Pelton à 6 injecteurs](#) et images d'une roue [Pelton](#) ainsi que de la forme de ses augets

Ce type de turbine se différencie des deux précédentes par son fonctionnement « à action ». Cela signifie qu'on va utiliser l'énergie cinétique de l'eau pour faire tourner la turbine en distribuant l'eau arrivant de la conduite forcée dans des injecteurs, dont la direction sera optimisée. Ainsi, l'eau qui atteindra les augets de la turbine transmettra sa vitesse, puis s'écoulera lentement avant d'être récoltée par la bêche, qui est la partie entourant la roue Pelton.

Elles sont surtout utilisées dans les barrages à haute chute et pour des débits faibles ($< 15 \text{ m}^3/\text{s}$) avec des rendements autour des 90% également.