

CONNAISSANCES DE BASE

TURBINES HYDRAULIQUES

Principe de base des turbines hydrauliques

Les turbines hydrauliques sont avant tout utilisées dans les centrales électriques pour la production d'énergie électrique. On utilise à cet effet l'énergie potentielle gravitationnelle de l'eau retenue dans les biefs de retenue de fleuves ou dans les barrages, appelée également énergie de pression ou énergie potentielle. Parmi les applications spécifiques on peut citer, l'utilisation de centrales hydrauliques à accumulation par pompage. Lorsque la demande en électricité est faible, un réservoir en hauteur est rempli à l'aide de pompes à entraînement électrique. Lorsque la demande en électricité est élevée, le réservoir est vidé et un surplus d'électricité est produit au moyen de turbines hydrauliques.

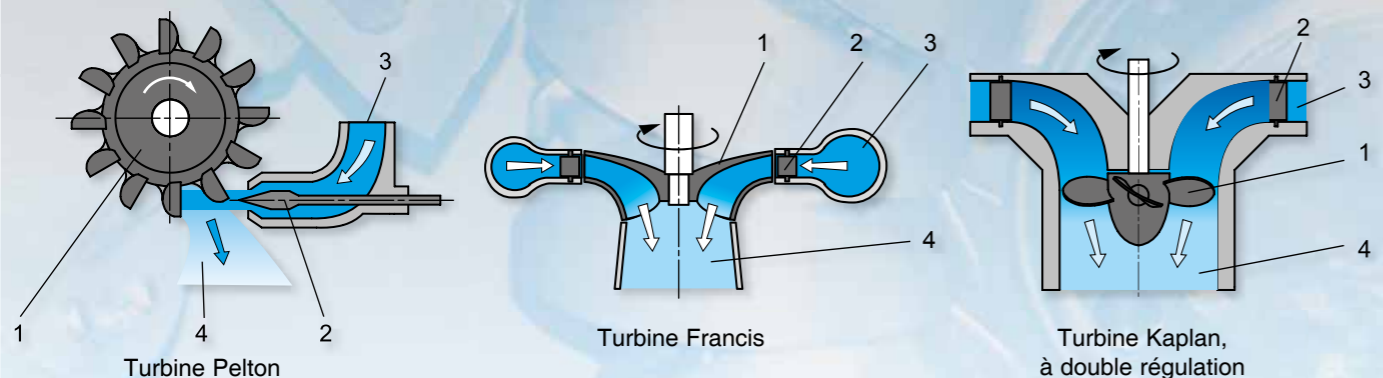
Les turbines hydrauliques font partie des turbomachines. Elles convertissent l'énergie potentielle de l'eau en énergie mécanique. Pour ce faire, l'énergie potentielle gravitationnelle est tout d'abord convertie en énergie cinétique. L'eau en écoulement est accélérée

à une vitesse la plus élevée possible à l'intérieur d'un distributeur ou d'une buse. L'impulsion du fluide est rendue exploitable comme force périphérique en le déviant dans une roue.

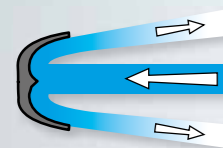
Selon l'endroit où a lieu la transformation énergétique, on distingue:

Turbine à action: l'énergie potentielle totale est transformée en vitesse dans le distributeur fixe. Il n'y a pas de chute de pression entre l'entrée et la sortie de la roue. L'écoulement est uniquement dévié dans le rotor. Exemple: turbine Pelton

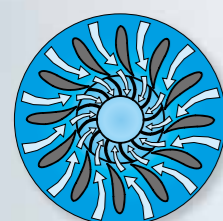
Turbine à réaction: l'énergie potentielle est convertie en partie dans le distributeur, et en partie dans le rotor. Dans le rotor, une différence de pression existe entre l'entrée et la sortie. L'écoulement est dévié et accéléré dans le rotor. Exemples: turbines Francis, Kaplan



1 rotor, 2 distributeur, 3 entrée d'eau, 4 sortie d'eau


Turbine à action (Pelton):

dévié du jet d'eau sans modification de la vitesse dans l'aube mobile


Turbine à réaction (Francis):

les sections d'écoulement changent. Accélération du jet d'eau dans l'aube directrice et l'aube mobile.

Les différents types de turbines ont différents domaines d'application

- turbine Pelton: hauteur de chute très élevée, de 130m à 2000m, barrages, réservoirs de haute montagne
- turbine Francis: hauteur de chute moyenne, 40m à 730m, barrages, centrales au fil de l'eau
- turbine Kaplan: hauteur de chute faible, de 5m à 80m, barrages, centrales au fil de l'eau

Les hauteurs de chute citées sont valables pour des puissances élevées. Pour les faibles puissances, les hauteurs de chute peuvent être beaucoup plus petites. Les centrales au fil de l'eau sont des centrales hydroélectriques n'ayant pas de capacité de stockage de l'eau motrice.

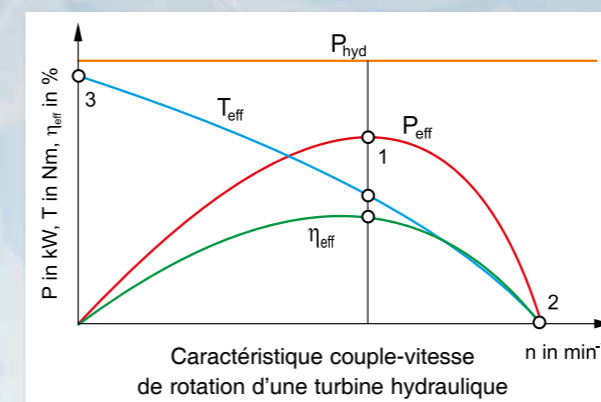
Nombre caractéristique des turbines hydrauliques

La vitesse de rotation spécifique n_q est le principal nombre caractéristique des turbines hydrauliques. Elle mesure le rapport entre la vitesse de l'eau et la vitesse de rotation. On distingue les turbines lentes, pour lesquelles la vitesse de l'eau est nettement supérieure à la vitesse périphérique, et les turbines rapides, pour lesquelles c'est le contraire.

$$n_q = n \cdot \frac{\sqrt{Q}}{H^{3/4}}$$

Ici, n est la vitesse de rotation, Q le débit volumétrique et H la hauteur de chute de la turbine hydraulique. Les rapports sont clairement reconnaissables dans le triangle des vitesses. Dans la figure ci-dessous, les triangles des vitesses sont enregistrés du côté de l'entrée du rotor. c_1 est la vitesse absolue, w_1 la vitesse relative de l'eau et u_1 la vitesse périphérique du rotor.

VITESSE DE ROTATION SPÉCIFIQUE	TRIANGLE DES VITESSES	FORME DU ROTOR
$n_q = 10$		
$n_q = 30$		
$n_q = 90$		
$n_q = 200$		



P_{hyd} puissance hydraulique à l'entrée de la turbine,
 P_{eff} puissance mécanique produite dans le rotor,
 T_{eff} couple de rotation sur le rotor,
 η_{eff} rendement de la turbine, n vitesse de rotation

Comportement en service et points de travail d'une turbine hydraulique

La caractéristique montre le comportement typique d'une turbine hydraulique.

On fait fonctionner de préférence la turbine hydraulique au point de fonctionnement (1). C'est là qu'elle atteint le rendement le plus élevé. Pour une turbine Pelton, le couple de rotation correspond à environ la moitié du couple à l'arrêt (3). Lorsqu'elle n'est plus chargée, la turbine accélère jusqu'à la vitesse d'emballement (2). Cette survitesse peut atteindre le double de la vitesse de dimensionnement et entraîner la détérioration complète de la turbine. Un régulateur de vitesse de rotation empêche cela en fermant le distributeur, ce qui a pour effet d'étrangler l'alimentation en eau.