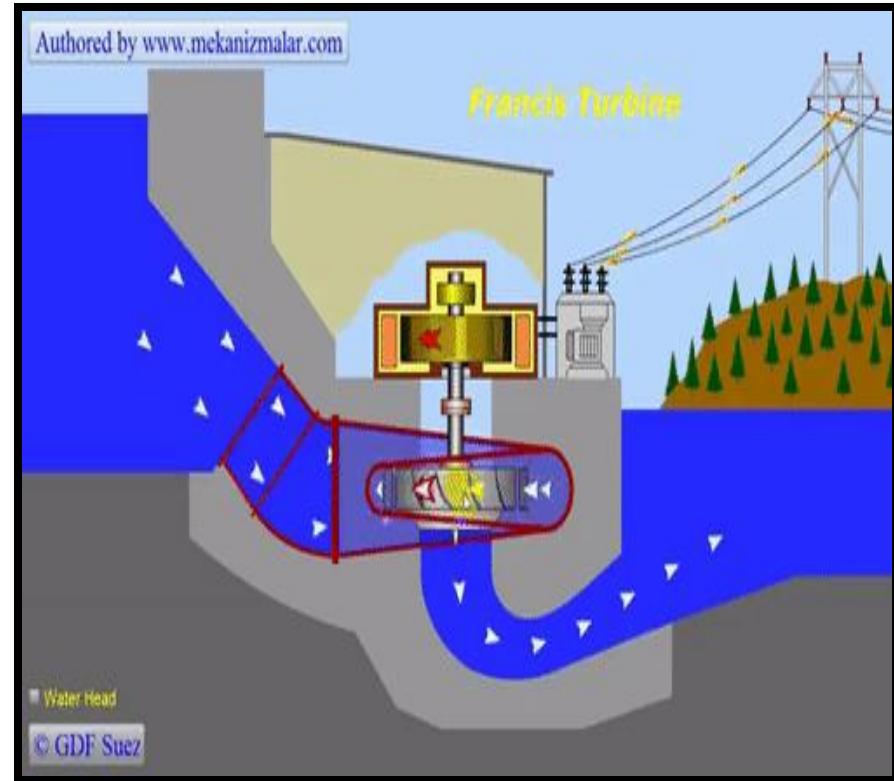
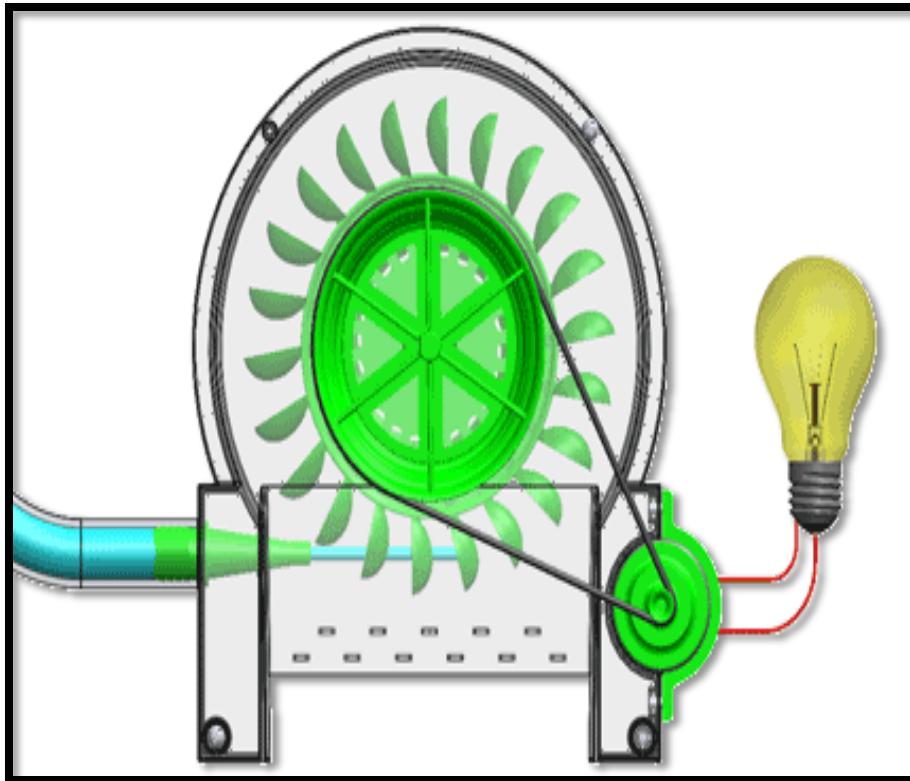


Turbines hydraulique

Partie 2



Plan de la présentation

Avantages et inconvénients des centrales hydroélectriques

Différents types de turbines hydrauliques

Les turbines à Action

Les turbines à Réaction

Abaques de choix

Comparaison et différence entre turbine Francis et Kaplan

Avantages et inconvénients des centrales hydroélectriques

Les avantages

élimination du coût du carburant, elle a besoin d'eau comme carburant.

Il n'entraîne pas de pollution de l'air par la fumée et ne pollue pas l'environnement.

Frais d'exploitation journaliers bon marché.

Les inconvénients

Variation de la quantité d'énergie électrique générée de temps à autre.

Coûts initiaux élevés pour construire la centrale.

Difficulté à effectuer la maintenance.

Différents types de turbines hydrauliques

Les **turbines hydrauliques** sont le cœur des centrales hydroélectriques. Elles sont des machines qui développent un couple à partir de l'action dynamique et de la pression de l'eau. Elles peuvent être regroupées en **deux types**.

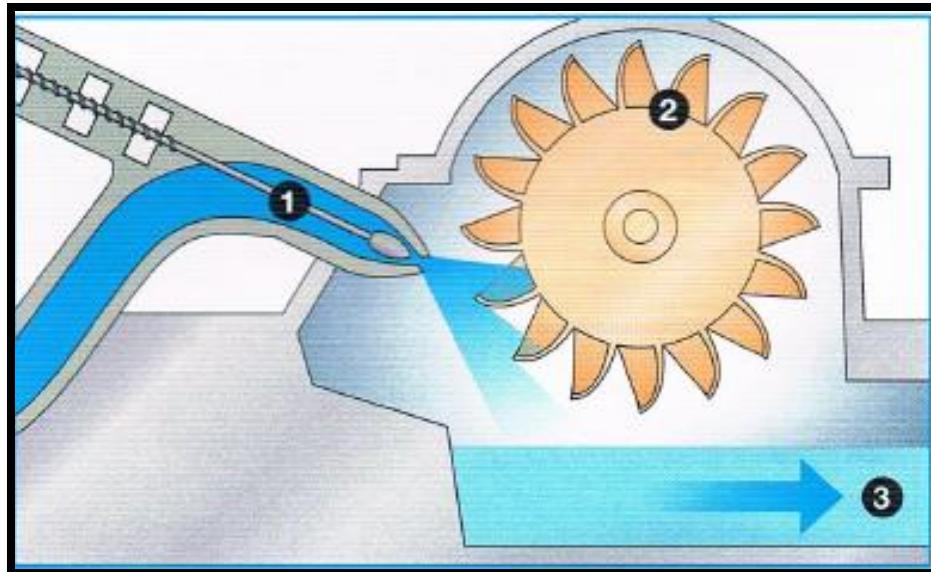
Les turbines à Action

Les turbines à Réaction

Les turbines à Action

La famille des **turbines à action** (appelée aussi à **impulsion**) utilise l'énergie cinétique d'un jet d'eau à grande vitesse pour transformer l'énergie de l'eau en énergie mécanique.

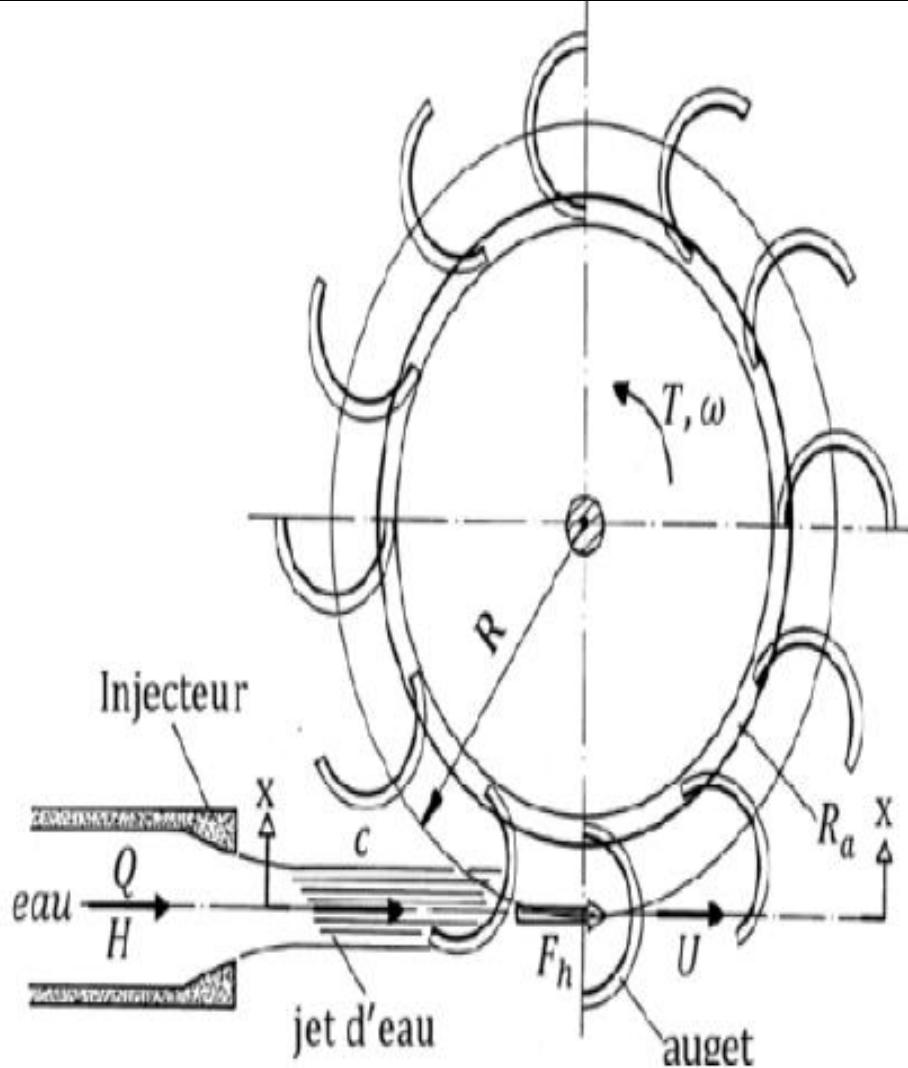
Les **turbines à action** sont **dénoyées**, c'est à dire qu'elles ne sont pas **entourées d'eau**.



Principe de fonctionnement

Un **jet libre** agit sur les **augets** (aubes) d'une **roue** (turbine). Ce jet exerce une **force** sur l'auget en mouvement de rotation, qui est transformé en **couple et puissance mécanique** sur l'arbre de la turbine.

L'**échange d'énergie** entre l'**eau** et l'**aubage** a lieu à pression constante, généralement la pression atmosphérique. La roue de la turbine dénoyée **tourne dans l'air**.



R_a : roue de la turbine

R : rayon de la roue tangent au jet [m]

C : vitesse du jet d'eau [m/s]

T : couple sur l'arbre [Nm]

ω : vitesse de rotation [rad/s]

F_h : force hydrodynamique du jet sur l'auget [N]

U : vitesse périphérique de la roue à l'auget [m/s]

Q : débit de l'eau [m^3/s]

H : chute nette [m]

Schéma d'une turbine à action avec ses paramètres de fonctionnement et ses composants.

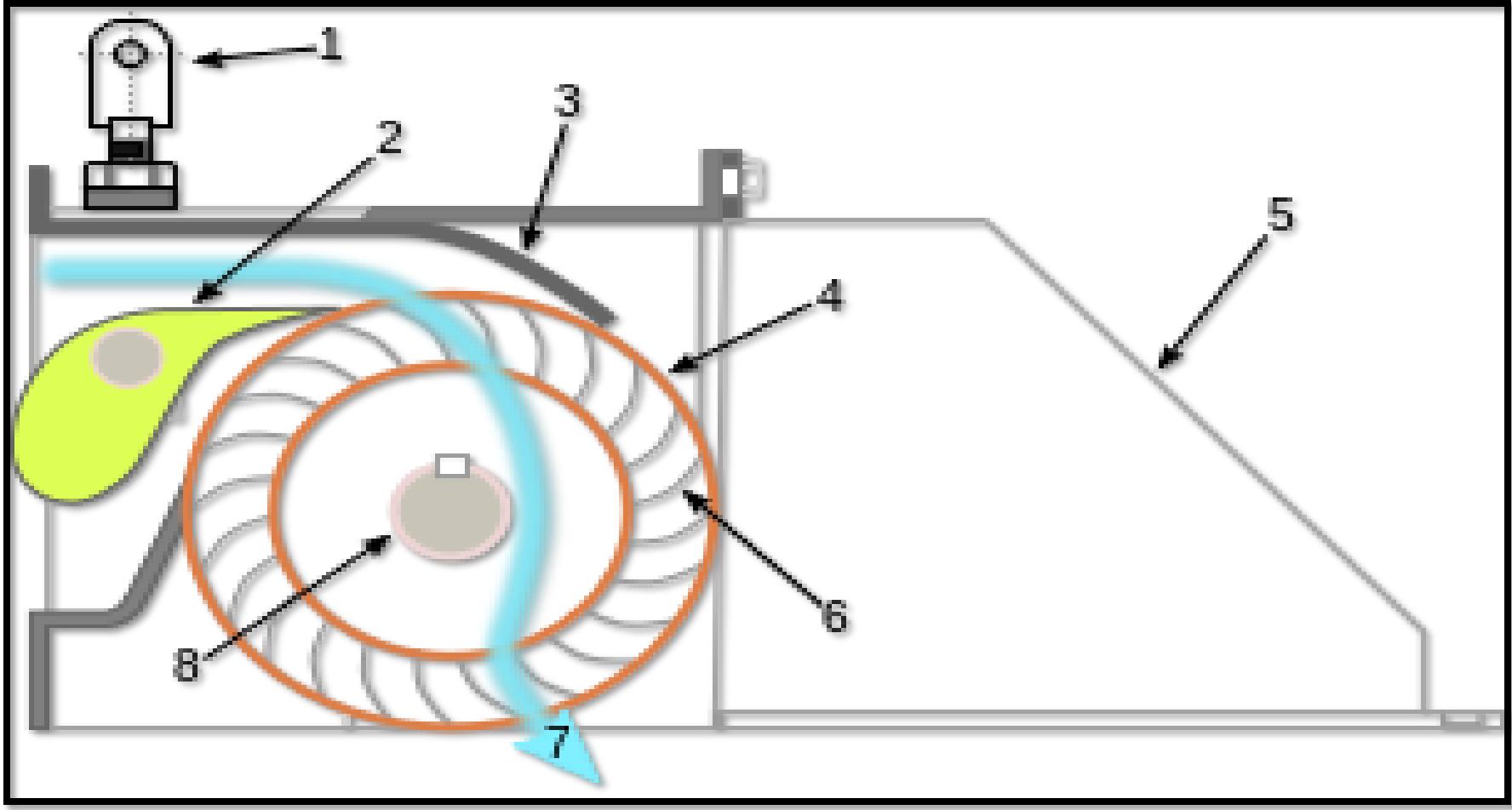
Exemples de turbines à action

1- Turbine Cross flow (ou Banki Mitchell)

La **turbine Cross flow**, appelé aussi **turbine à flux traversant**, est une machine à **action** qui a la particularité que l'eau traverse **deux fois** la roue, elle est constituée de trois parties principales :

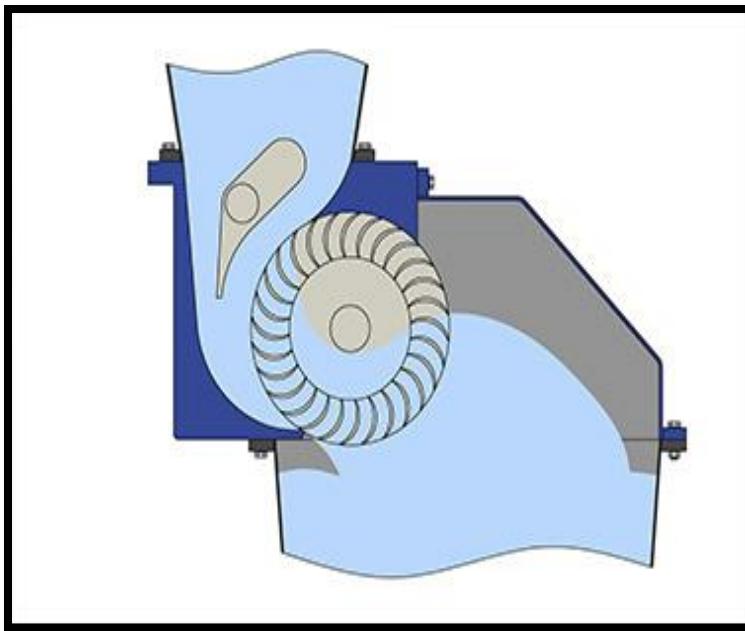
- Un **injecteur** de section rectangulaire et dont le débit est réglé à l'aide d'une aube profilée rotative, similaire à une vanne papillon,
- Une **roue** dotée d'aubes cylindriques profilée,
- Un **bâti** enveloppant la roue et sur lequel sont fixés les paliers de la turbine.

En général sa vitesse de rotation est **faible**, ce qui justifie l'emploi d'un multiplicateur pour la coupler à une génératrice.

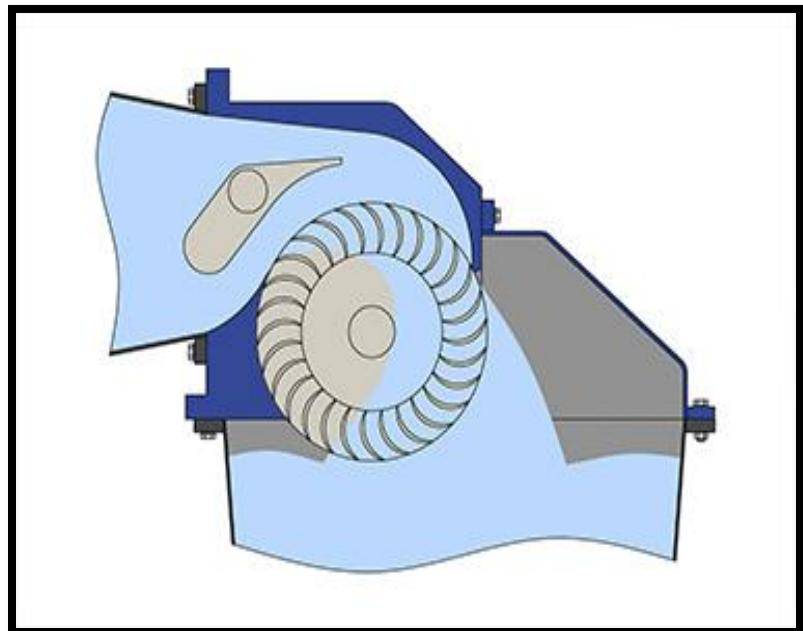


Turbine Cross flow

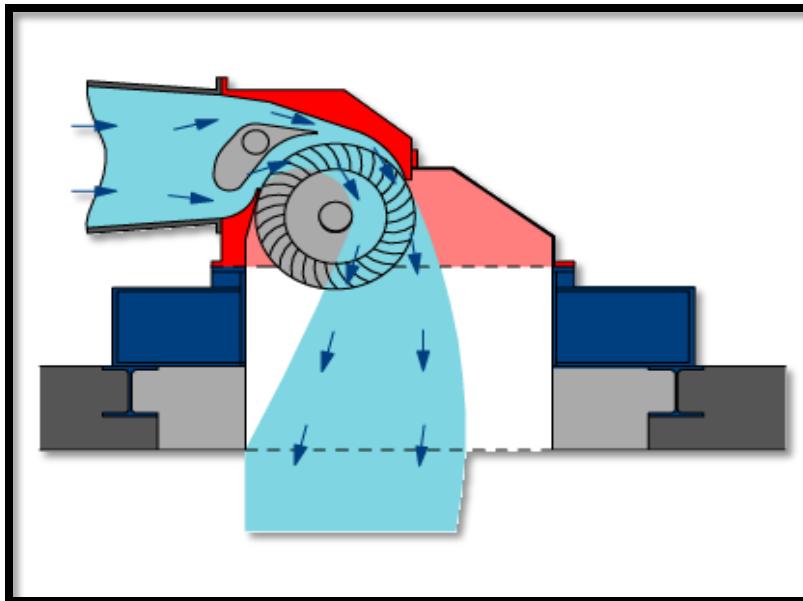
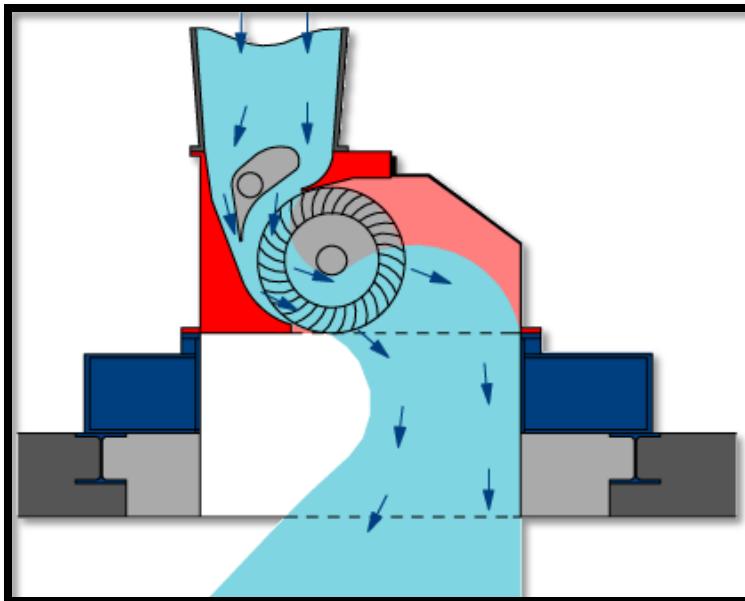
1 - soupape de purge d'air. 2 - distributeur. 3 - carter de turbine.
(tout gris épais). 4 - roue. 5 - coque arrière amovible. 6 - aubes.
7 - débit d'eau. 8 - arbre.

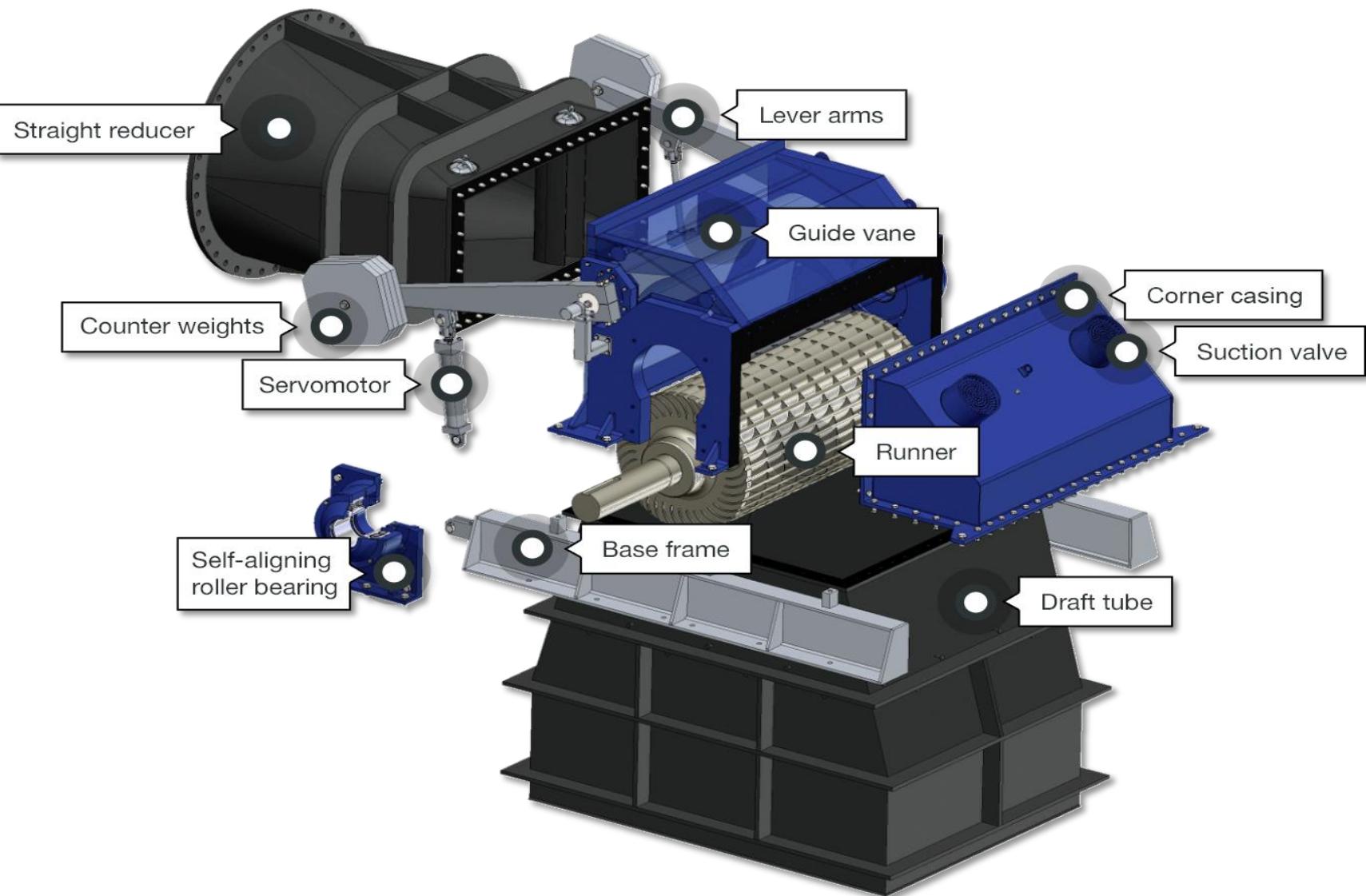


Ecoulement verticale

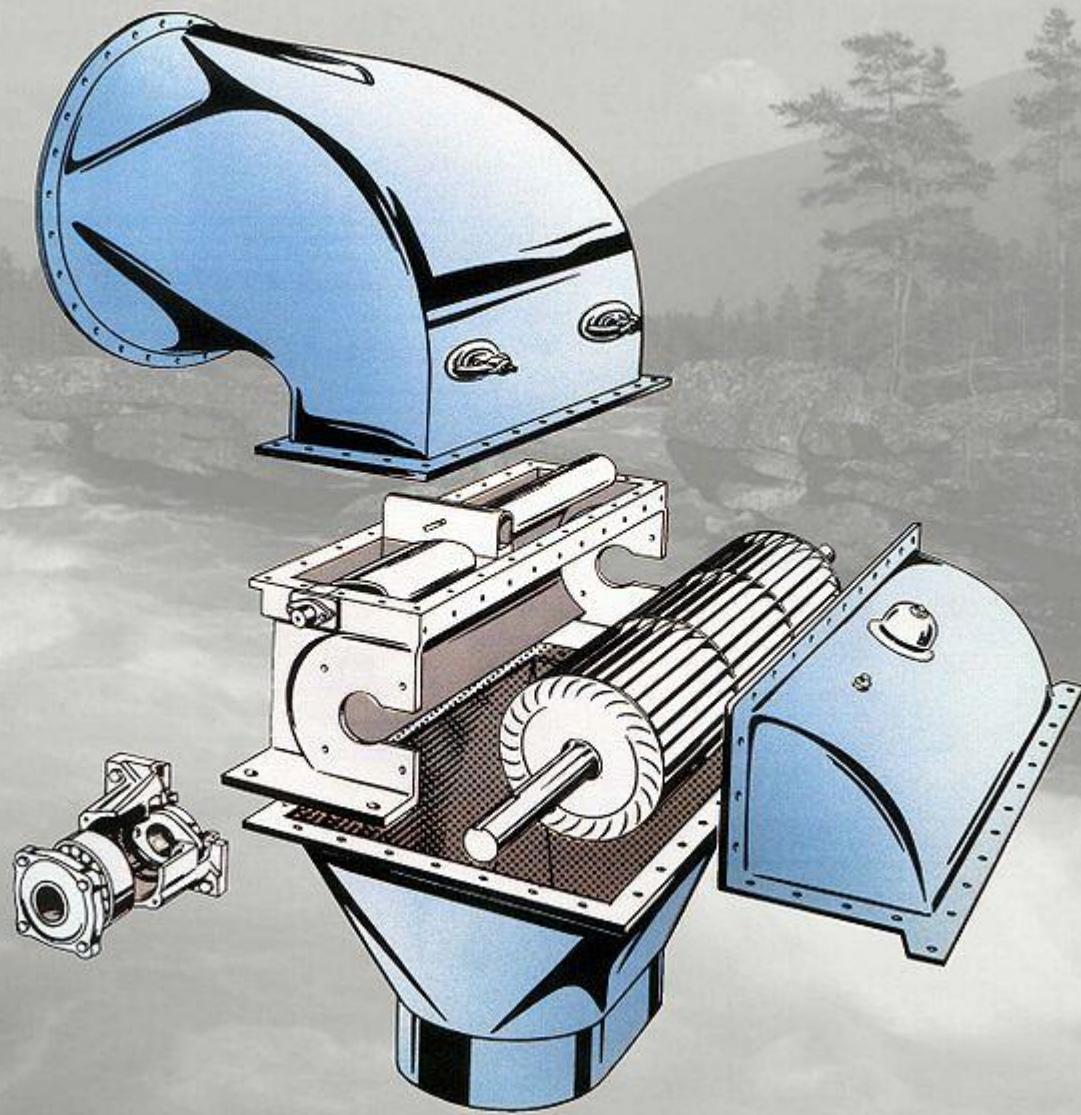


Ecoulement horizontale

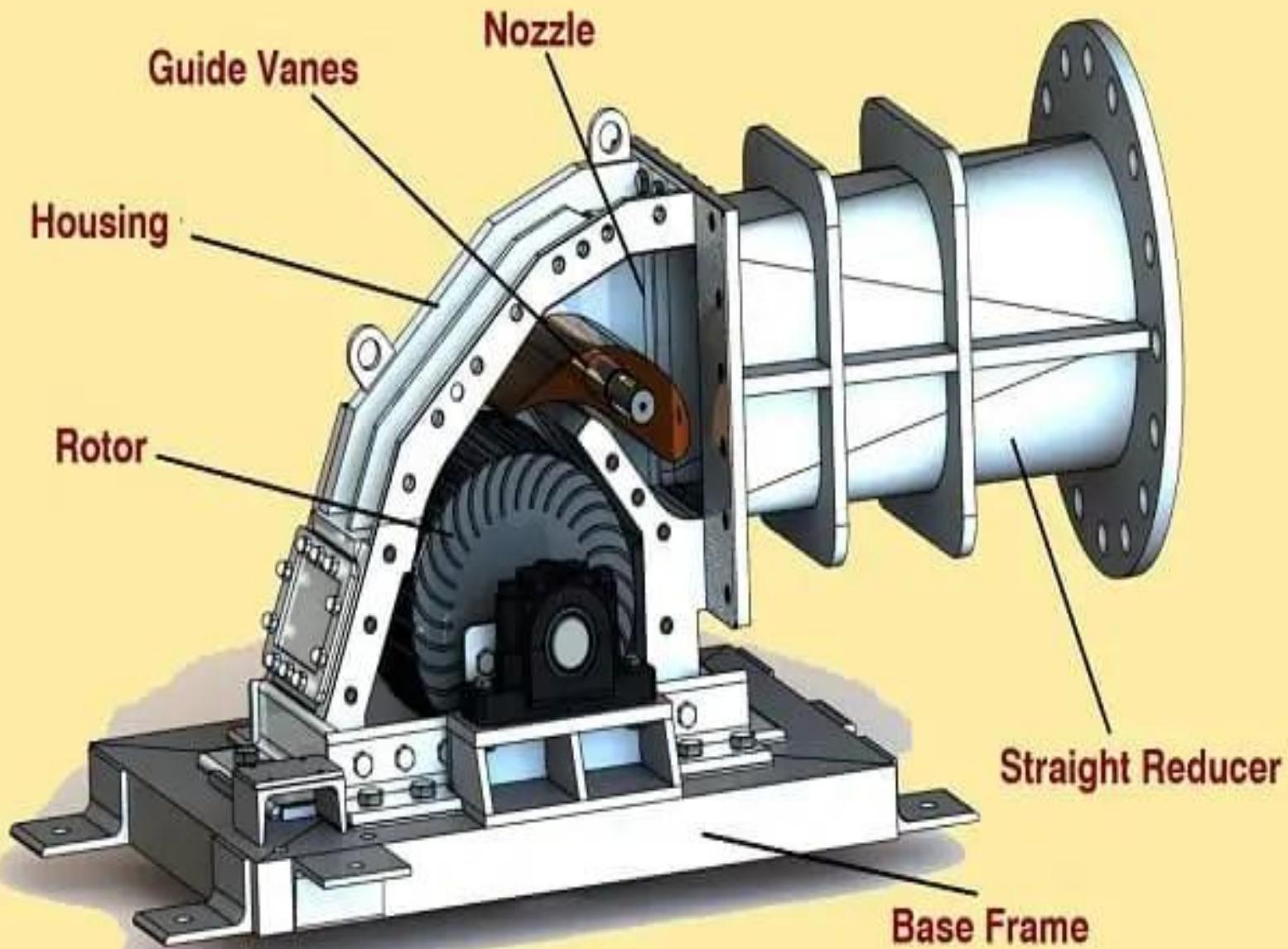




Turbine de Cross flow







Choix et Caractéristiques

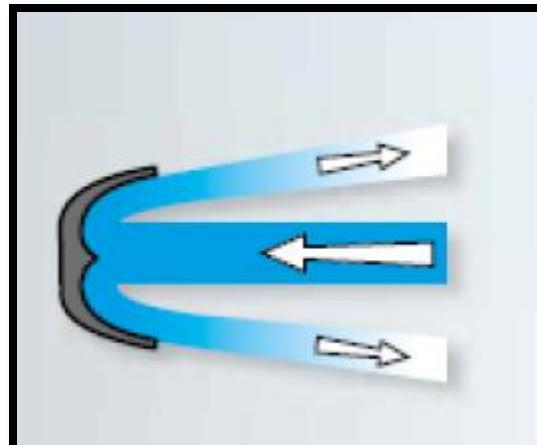
le **choix** dépend du **débit**, de la **hauteur de chute** et du **rendement** souhaité. Ce type de turbine opère à **basse vitesse**, car il serait inefficace à grande vitesse et grand débit.

C'est une turbine **très simple** avec un **rendement moyen** si on la compare aux turbines **Pelton**, et son **rendement est relativement faible**, généralement cette turbine est placée dans un **rivière** .

2- Turbine Pelton

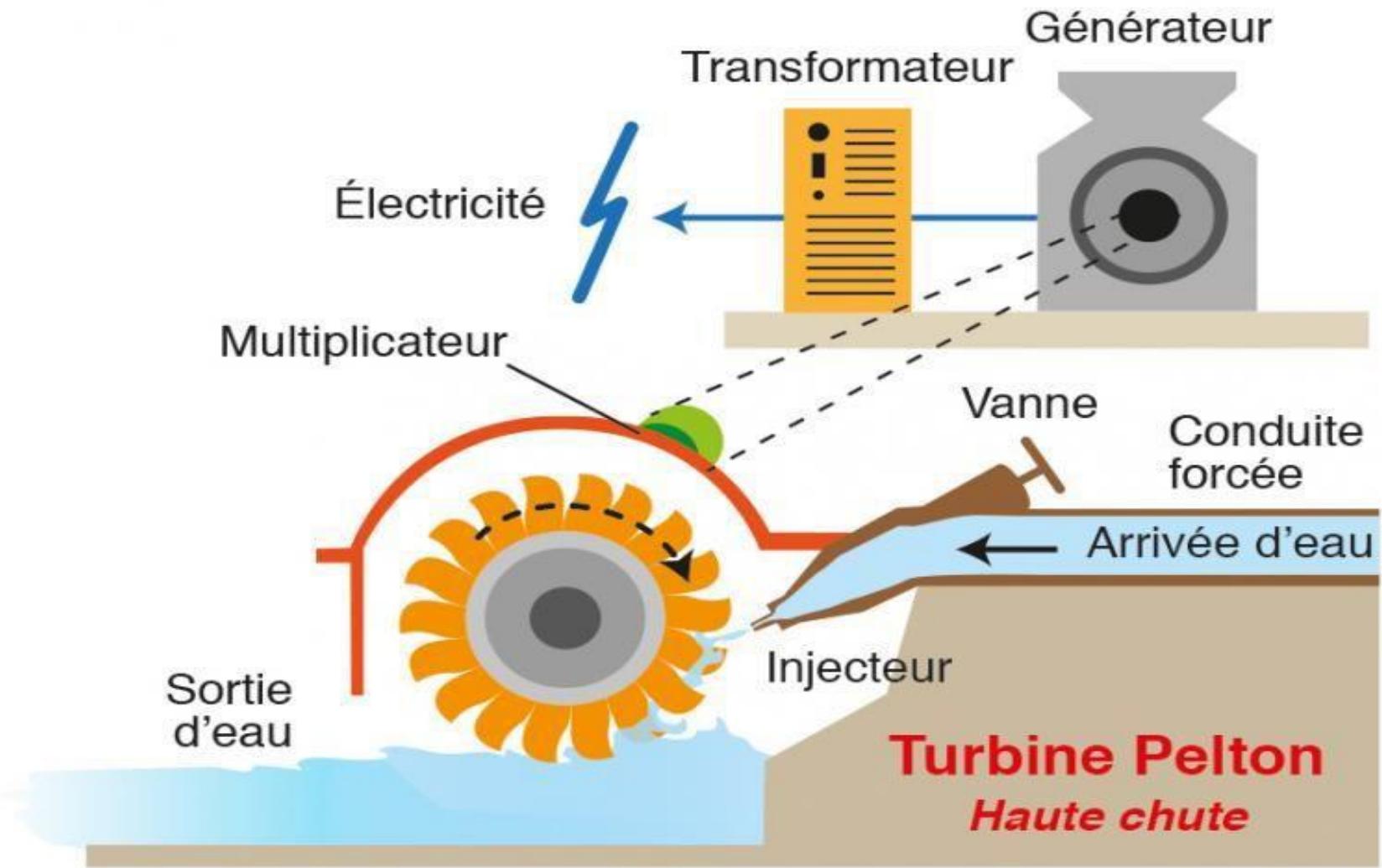
La **turbine Pelton** est constituée par une **roue à augets** qui est mise en mouvement par un **jet d'eau** provenant d'un **injecteur**..

Les **injecteurs** sont disposés autour de la turbine et permettent l'alimentation en eau. L'énergie cinétique de l'eau sortant de l'injection est directement convertie en énergie mécanique grâce au **choc de l'eau** sur les **augets**.



*Turbine à action
(Pelton):*

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



Principe de fonctionnement d'une turbine Pelton.

Choix et Caractéristiques

Les turbines Pelton sont utilisées pour les **barrages à haute chute**, et des **débits** compris (**0,2 – 8 m³/s**).

La **puissance maximale** développée par cette turbine est de l'ordre de **350MW** . La **vitesse nominale** de la turbine varie de **500 tr/min** à **1500 tr/min**. Ce type de turbine est utilisé dans les **petites centrales hydrauliques** (PCH) de **haute chute**.

Elle est **performante** pour des **hauteurs de chute supérieures à 100m** et des débits compris (**0,2 - 8m³/s**).

Les turbines à Réaction

Une **turbine à réaction** est une machine **fermée** (noyée) qui utilise à la fois **la vitesse de l'eau** (énergie cinétique) et **une différence de pression**. Les turbines à réaction fonctionnent **complètement immergées**.



Principe de fonctionnement

Les **turbines à réaction** transforment l'**énergie de pression** de l'eau en **énergie cinétique** dans le distributeur et dans le rotor.

Le distributeur est alimenté en eau par un **carter en spirale**. Ce carter crée un **tourbillon** (vortex).

l'écoulement de l'eau provoque sur le profil de l'aube **une force hydrodynamique** qui induit un **couple sur l'arbre** de la turbine.

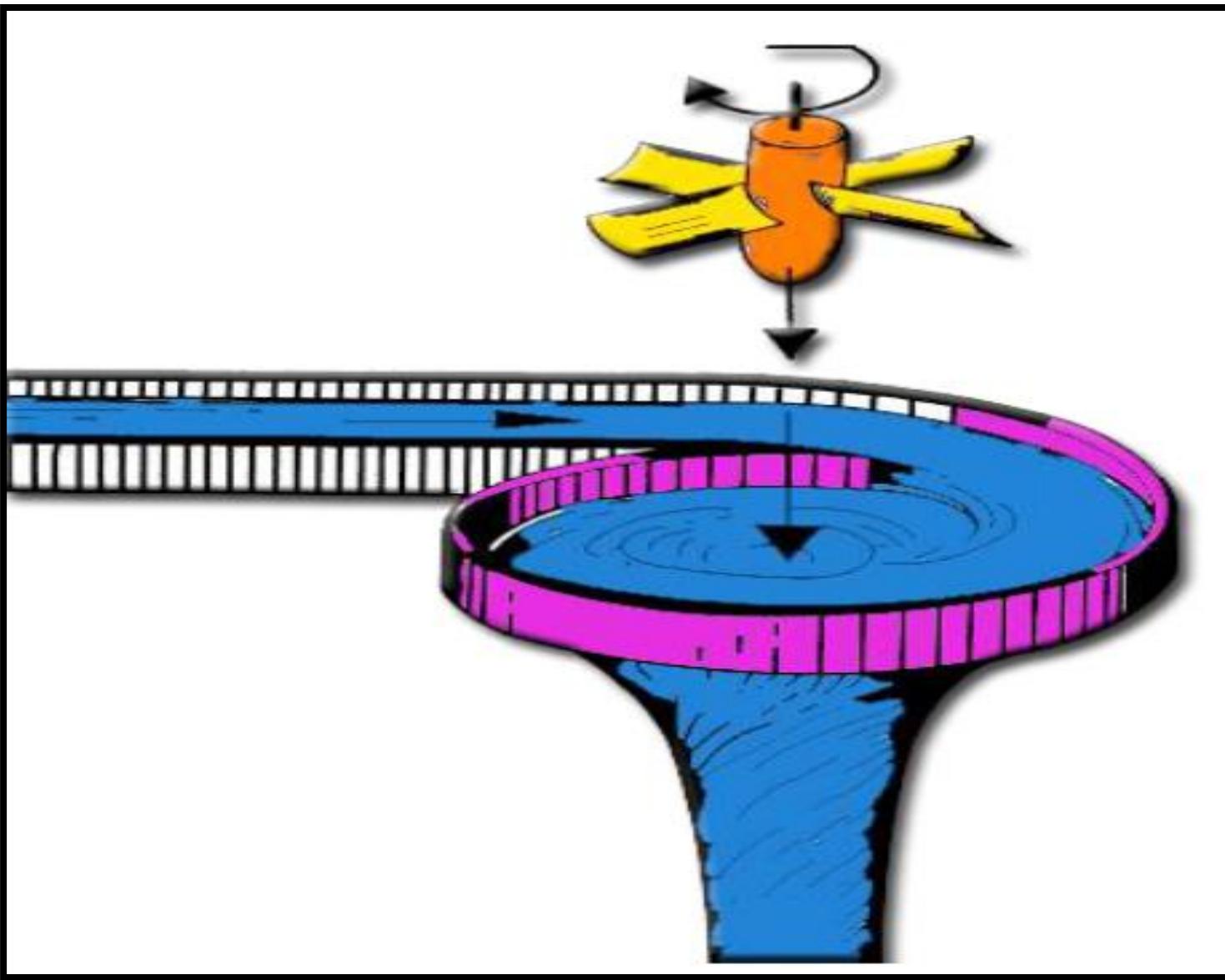


Schéma d'une turbine à réaction

Exemples de turbines à réaction

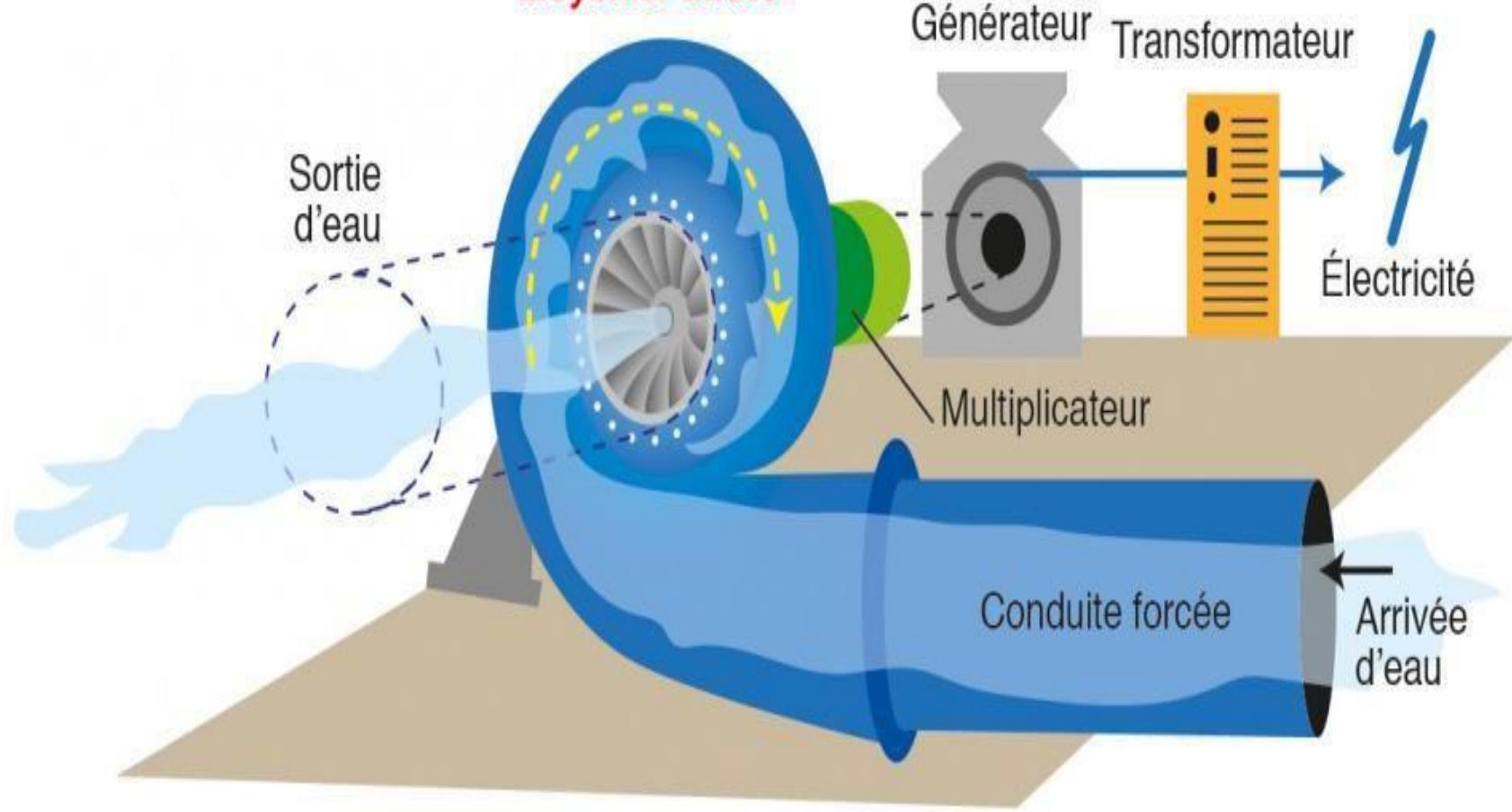
1- Turbine Francis

Les **machines Francis** sont des machines **robustes** et particulièrement adaptées Aux **moyennes chutes**. Elles réalisent la transformation d'énergie hydraulique en énergie mécanique avec un **rendement élevé** dans une plage de fonctionnement étendue.

Dans ce type de machine, le tourbillon est créé par une **bâche spirale**, L'eau s'écoule **radialement** pour changer de direction à travers la roue et en ressortir **axialement**.

Turbine Francis

Moyenne chute

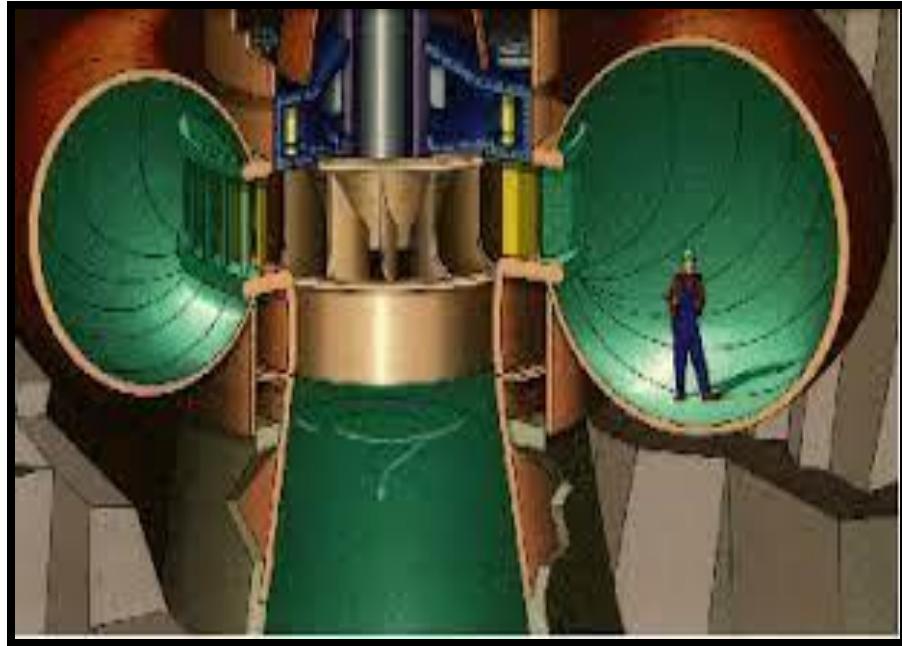
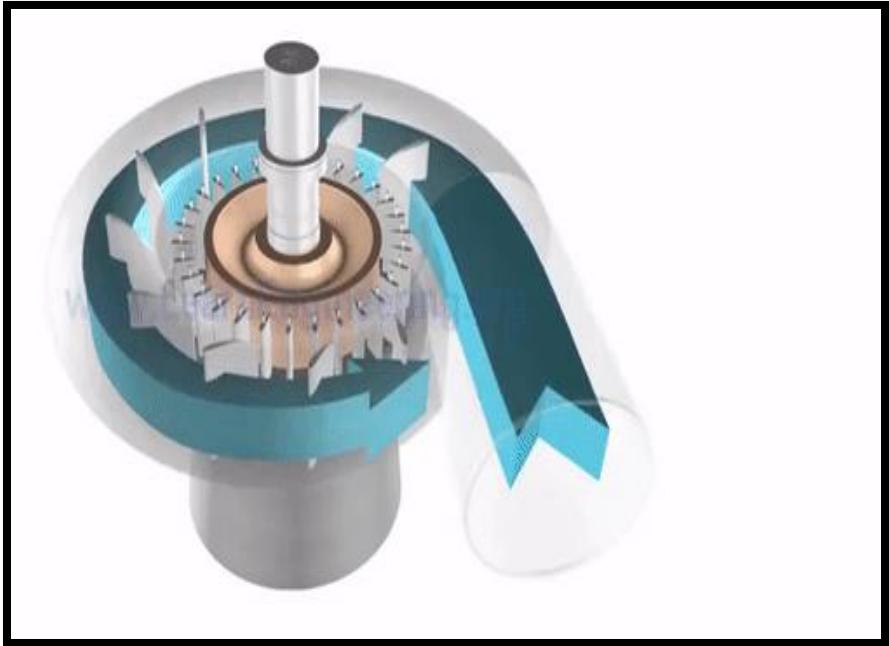


Principe de fonctionnement d'une turbine Francis

Choix et Caractéristiques

La **turbine Francis** est utilisée pour des **faibles variations de débit** (débits moyens entre **100 l/s** et **6000 l/s**). Elle s'adapte bien aux **chutes moyennes de 10m à 100m**.

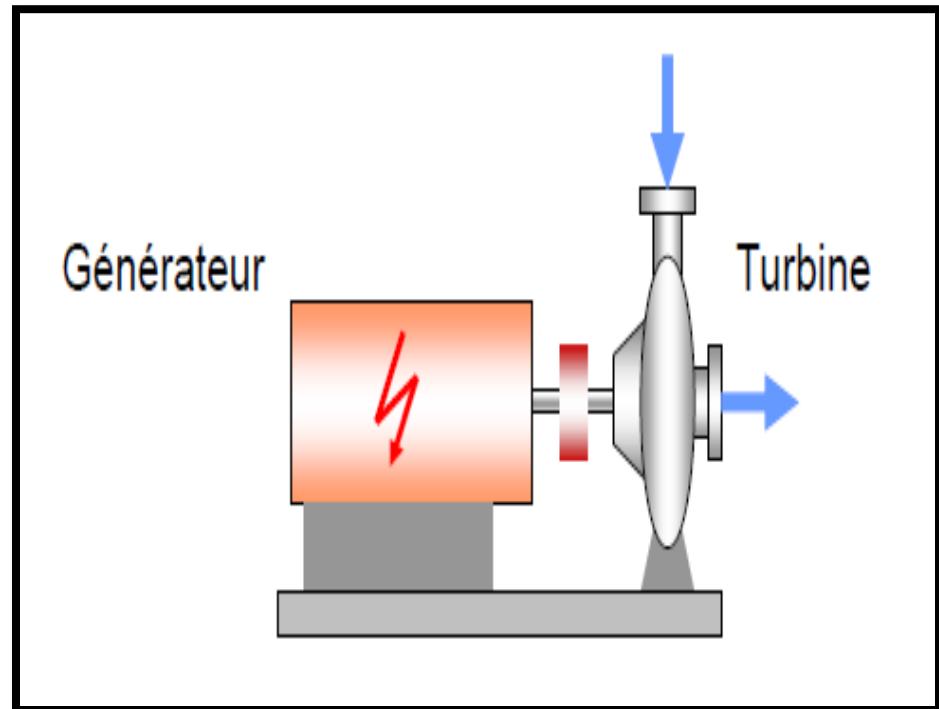
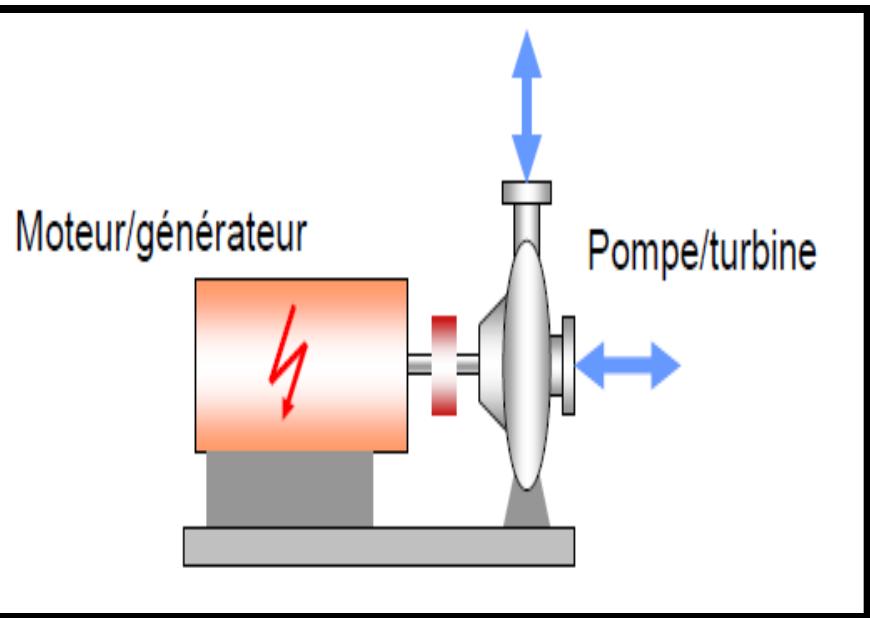
Elle a un **bon rendement** et une **vitesse de rotation élevée (1000 tr/min)**. Le rendement mécanique d'une petite turbine Francis en laboratoire est d'environ **92 %**.



2- Pompe centrifuge inversée

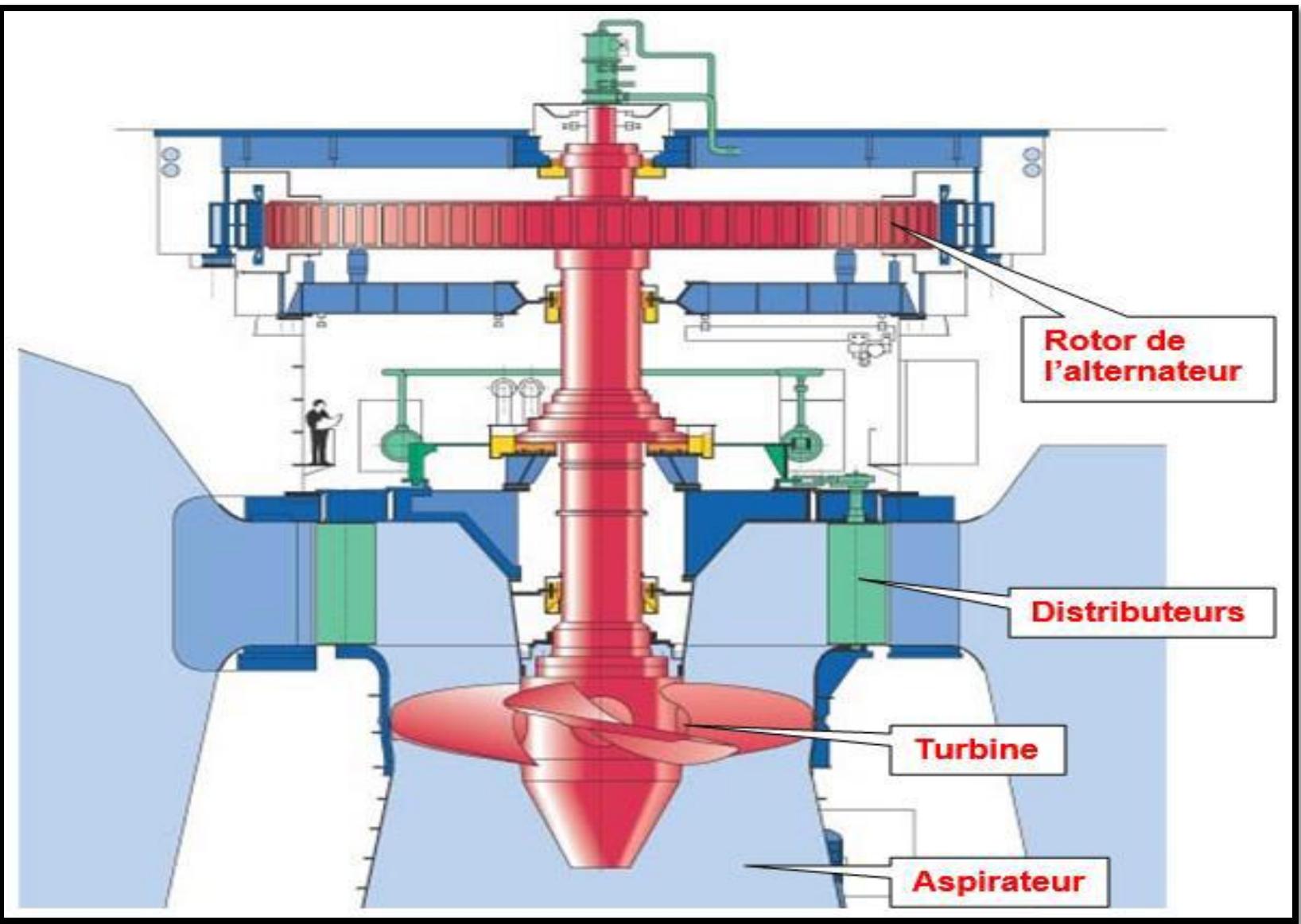
La **pompe inversée** est une **pompe standard** qui est utilisée comme turbine en **inversant le sens de l'écoulement** de l'eau ainsi que celui de la **rotation de l'arbre**

Toutes les pompes centrifuges peuvent être utilisées pour le turbinage pratiquement **sans modification**. Il s'agit d'une **machine simple**. Son **débit faible à moyen**, et sa hauteur manométrique (**hauteur de chute**) **moyenne à grande**



3- Turbine Kaplan

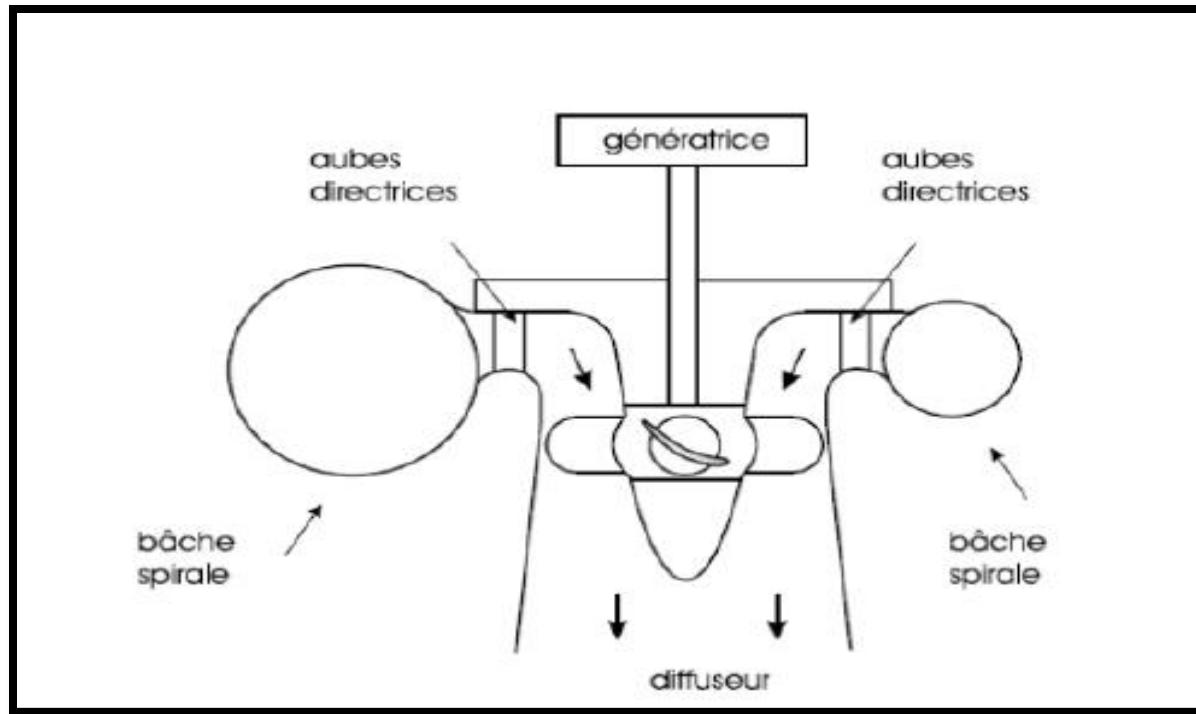
Les **turbines Kaplan** (ou turbines hélice) sont les turbines les mieux adaptées pour les **faibles chutes (environ 2m)** et des **débits importants** de l'ordre de **300 l/s à 15000 l/s**. Elles conviennent bien pour des débits variables et leur **rendement est bon (84-90%)** avec une **vitesse de rotation faible**. La roue de la turbine Kaplan est semblable à une **hélice de bateau** et les pâles sont **orientables** pour optimiser le coefficient de rendement de la turbine. La turbine Kaplan offre une analogie intéressante avec les turbines éoliennes sur l'aspect du réglage de l'orientation des pâles.



Principe de fonctionnement d'une turbine Kaplan

Composants d'une turbine Kaplan

Les éléments principaux d'une **turbine Kaplan** sont semblables à ceux d'une **turbine Francis**, soit, une **bâche spirale**, un **distributeur avec des aubes directrices**, un **rotor** et finalement un **diffuseur**.

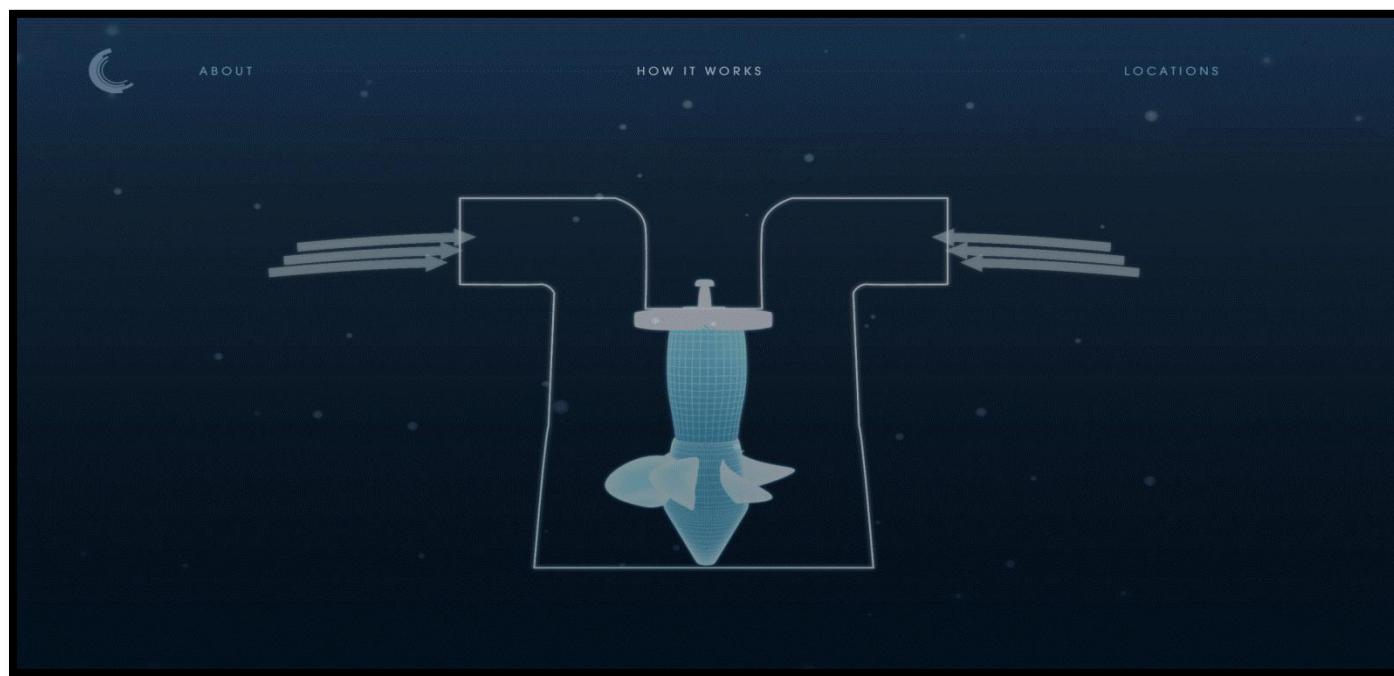
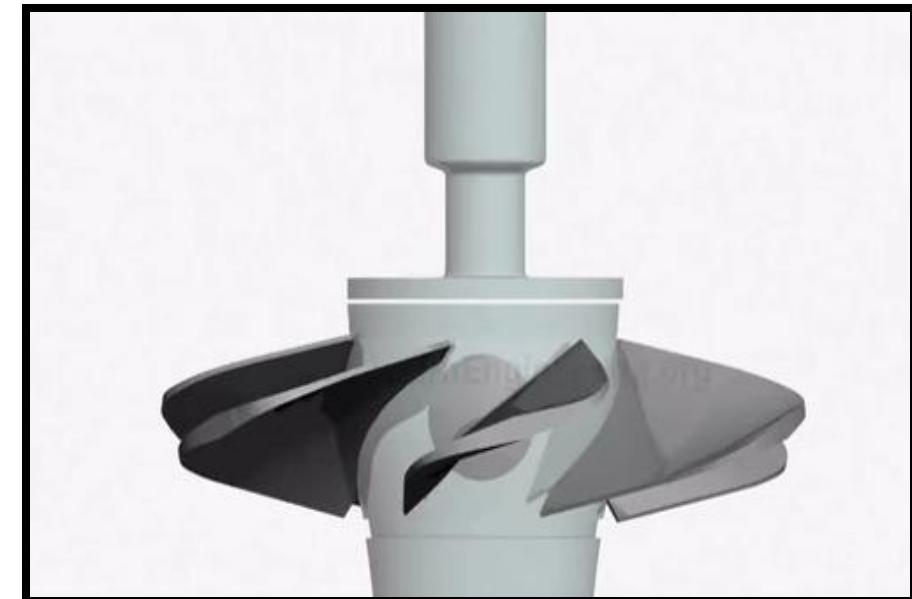
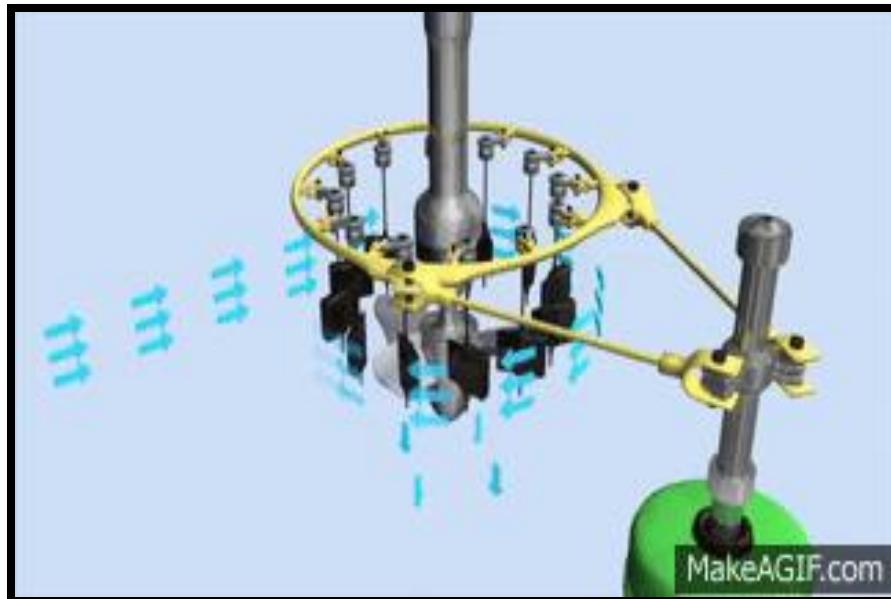


L'écoulement dans ce type de turbine est **axial** de sorte que la vitesse périphérique à l'entrée et à la sortie du rotor est essentiellement **la même ($U_1 = U_2$)**.

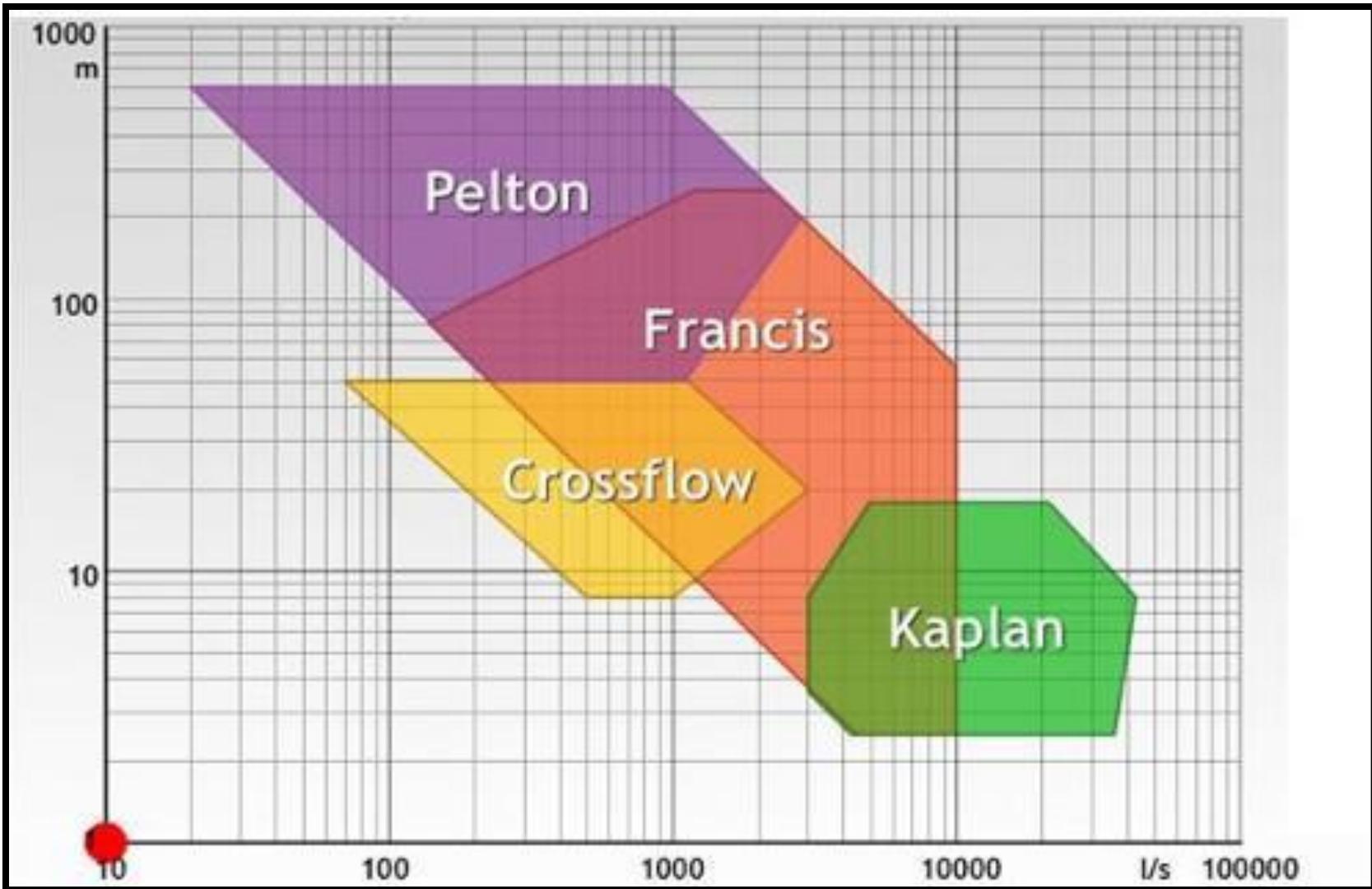


illustrations





Abaques de choix



Abaque de choix H-Q

Comparaison et différence entre turbine Francis et Kaplan

turbine Francis	turbine Kaplan
<p>l'eau pénètre radialement dans les aubes de roue et sort axialement, on peut donc l'appeler turbine à flux mixte.</p>	<p>l'eau entre et sort des aubes de roue de turbine dans la direction axiale.</p>
<p>le nombre de pales dans la roue est généralement compris entre 16 et 24.</p>	<p>le nombre de pales dans la roue est généralement compris entre 3 et 8.</p>
<p>la perte d'énergie due au frottement des pales est plus importante en raison du grand nombre de pales.</p>	<p>la perte d'énergie due au frottement des pales est moindre du fait du petit nombre de pales.</p>

<p>l'efficacité de la turbine Francis est inférieure à celle de la turbine Kaplan.</p>	<p>l'efficacité de la turbine Kaplan est supérieure à celle de la turbine Francis.</p>
<p>la taille de la turbine Francis est relativement grande par rapport à la turbine Kaplan.</p>	<p>la turbine Kaplan est plus petite et compacte par rapport à la turbine Francis.</p>
<p>la position de l'arbre peut être verticale ou horizontale selon l'exigence.</p>	<p>la position de l'arbre est toujours dans le sens vertical car il s'agit d'une turbine à flux axial.</p>
<p>la vitesse de rotation (RPM) est relativement inférieure à celle de la turbine Kaplan.</p>	<p>la vitesse de rotation (RPM) est relativement plus élevée que celle de la turbine Francis.</p>

La turbine Francis nécessite un débit d'eau moyen.	la turbine Kaplan nécessite un débit d'eau élevé.
la turbine Francis nécessite une plage de hauteur d'eau moyenne (100 à 400m).	La turbine Kaplan fonctionne à très faible hauteur de chute, l'exigence de hauteur de chute est généralement de 100 mètres.
La turbine Francis fonctionne sur une plage de vitesse moyenne spécifique, varie de (60 à 300).	nécessite une valeur élevée de vitesse spécifique car il s'agit d'un travail à faible hauteur de chute. généralement la plage de vitesse spécifique varie de (600 à 1000).
le servomoteur est situé à l'extérieur de l'arbre du rotor.	les servomoteurs sont situés à l'intérieur de l'arbre creux de la roue de turbine.

Merci pour votre attention