

TIPE : Turbine Pelton



Problématique : Comment prévoir le rendement d'une turbine Pelton et améliorer celui-ci ?

I. Une turbine idéale

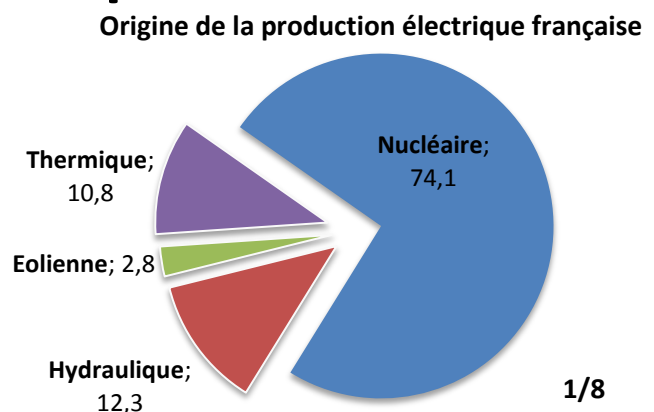
1. Étude de l'auget en translation
2. Étude de la turbine

II. Avec une maquette

1. Dispositifs et instruments
2. Comparaison des résultats théoriques et expérimentaux

III. Dans la pratique

1. Forme des augets
2. Utilité des injecteurs



Bilan de l'énergie électrique en France, RTE, juin 2011 –
chiffre de production 2010) ©EDF

Introduction



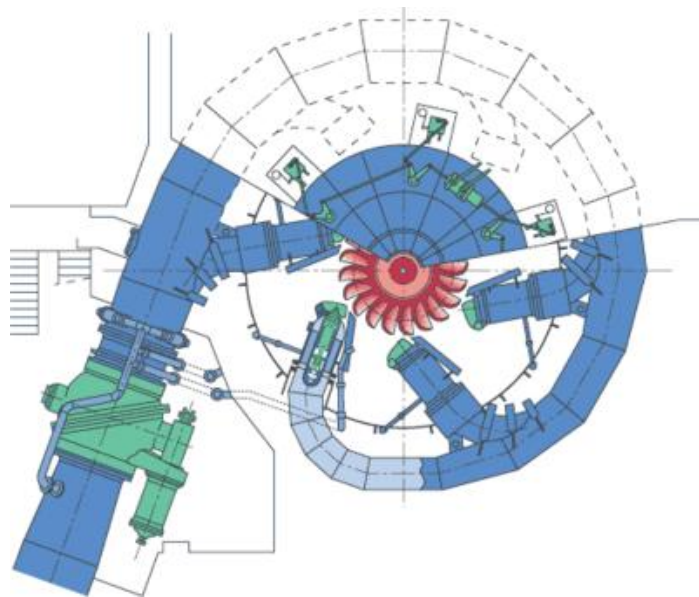
Turbine Pelton



Maquette de turbine Pelton

Diamètre : 2-3 mètres Nombre d'augets : 15 à 25.

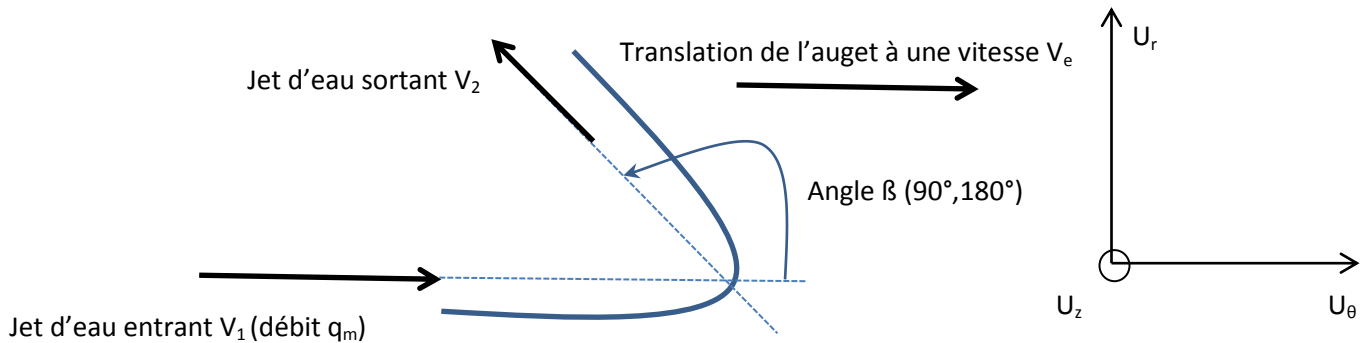
Utilisation de cette turbine pour des « hautes chutes » avec des hauteurs supérieures à **400 mètres** avec des débits faibles inférieurs à **15 m³/s**.



Turbine Pelton avec injecteurs

I. Turbine idéale

1. Étude de l'auget en translation



Force exercée par l'eau sur l'auget :

$$F_{eau} = (v_1 - v_e)Q_m(1 - \cos \beta)$$

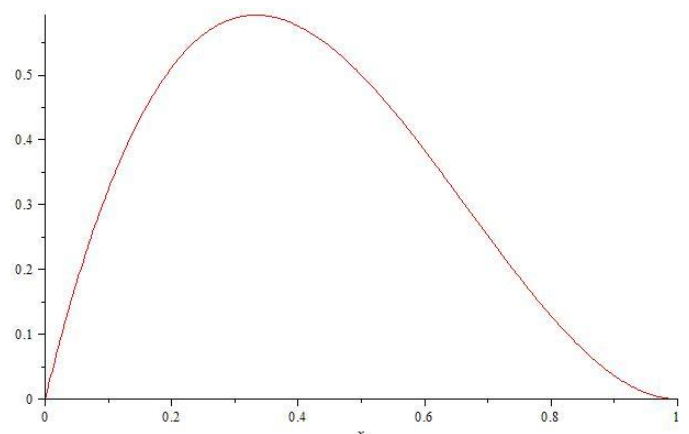
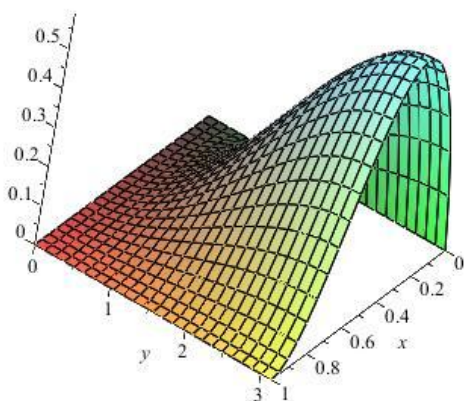
Puissance du jet d'eau en sortie de l'injecteur :

$$P_{Hydraulique} = \frac{1}{2} q_m v_1^2$$

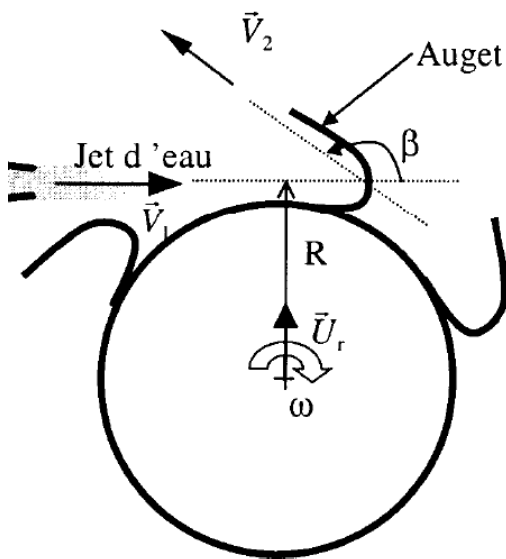
Rendement en posant $x = \frac{v_e}{v_1}$

$$\eta = \frac{P}{P_H} = \frac{(v_1 - v_e)^2 \rho S_1 (1 - \cos \beta) v_e}{\frac{1}{2} q_m v_1^2} = 2(1 - x)^2 (1 - \cos \beta) x$$

Le maximum est atteint pour un angle $\beta = 180^\circ$ et pour une valeur de $x = \frac{1}{3}$ donc un rendement de $\frac{16}{27}$ on retrouve ici le rendement de Betz.



2. Étude de la turbine



Avec les résultats précédents, on détermine que le couple fourni à l'arbre par l'eau est :

$$\vec{C} = R(v_1 - v_e)q_m(1 - \cos \beta)\vec{u}_z$$

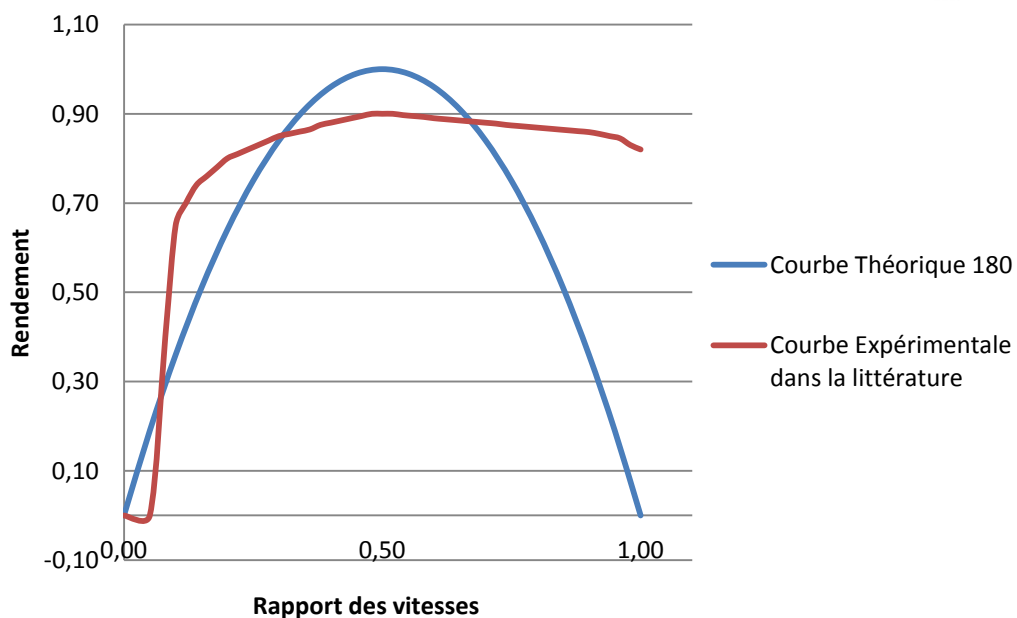
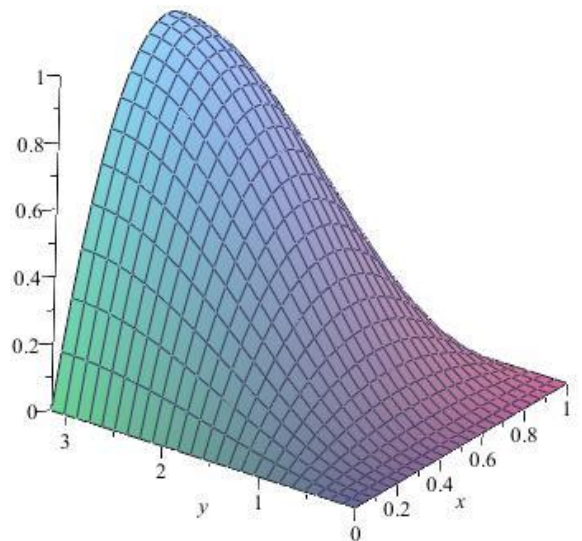
D'où la puissance développée par le couple :

$$P_{\text{pelton}} = \vec{C} \cdot \vec{\Omega} = v_e(v_1 - v_e)v_1\rho S_1(1 - \cos \beta)$$

On recalcule le rendement de la turbine de la même manière que précédemment :

$$\eta = \frac{P_{\text{pelton}}}{P_H} = 2(1 - x)(1 - \cos \beta)x$$

Rendement maximum de 1 pour un angle $\beta = 180^\circ$ et pour un $x = \frac{1}{2}$.



II. Avec une maquette

1) Dispositif et instruments

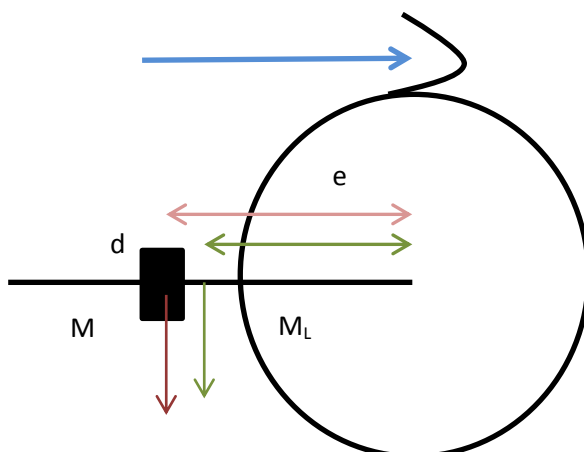


Turbine en plastique

Injecteur



Tachymètre DT 2236 :
Mesure des vitesses de rotation de la turbine avec une bande réfléchissante



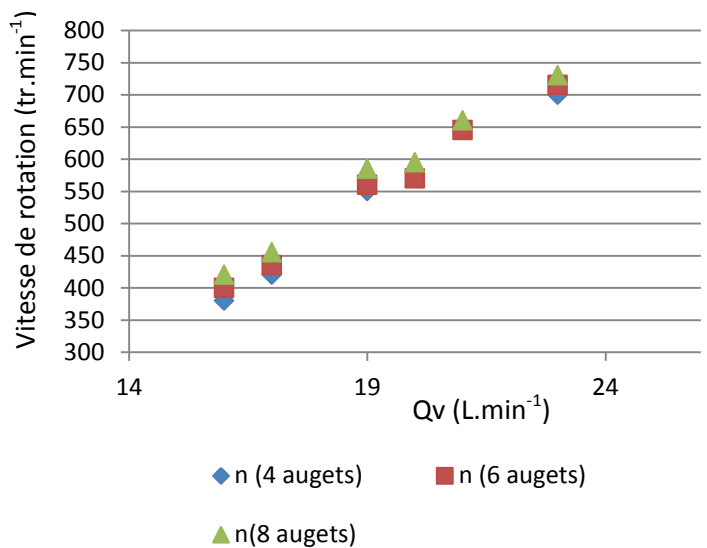
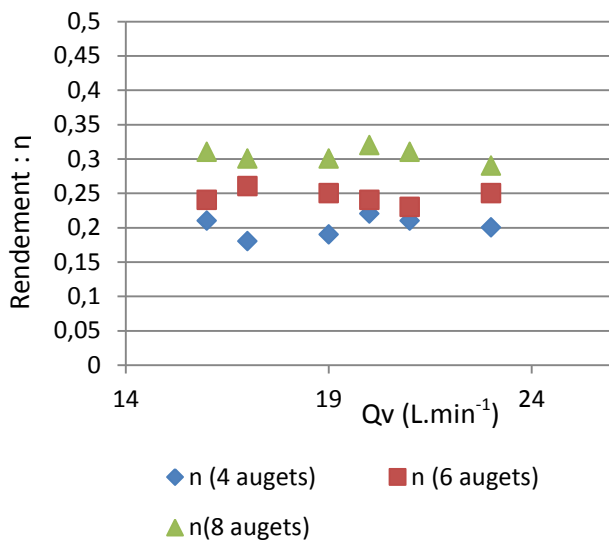
Détermination du couple pour un débit donné :

- Masse du levier.
- Masse mobile que l'on déplace.

$$C = (M_L \cdot e + M \cdot d) \cdot g^{5/8}$$

Ordre de grandeur :

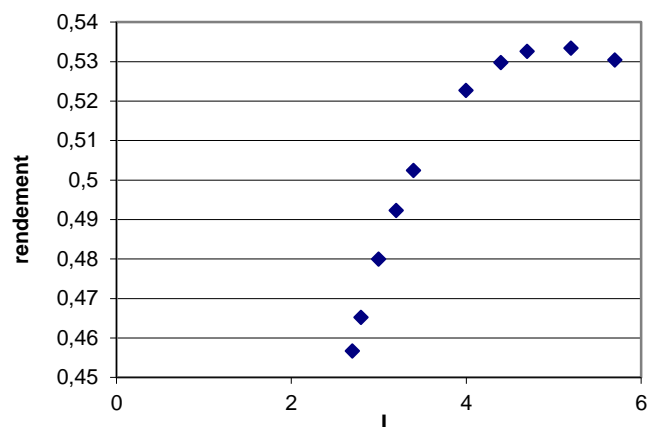
- ⇒ **Débit** : 10 L.min^{-1}
- ⇒ **Vitesse du jet incident** : 5 m.s^{-1}
- ⇒ **Vitesse de rotation** : $400 - 800 \text{ tr.min}^{-1}$ soit $40 \text{ à } 70 \text{ rad.s}^{-1}$
- ⇒ **Puissance développée** : 10 W
- ⇒ **Couple fourni à l'arbre** : $0,2 \text{ Nm}$



Calcul du rendement pour un **moteur à courant continu**.

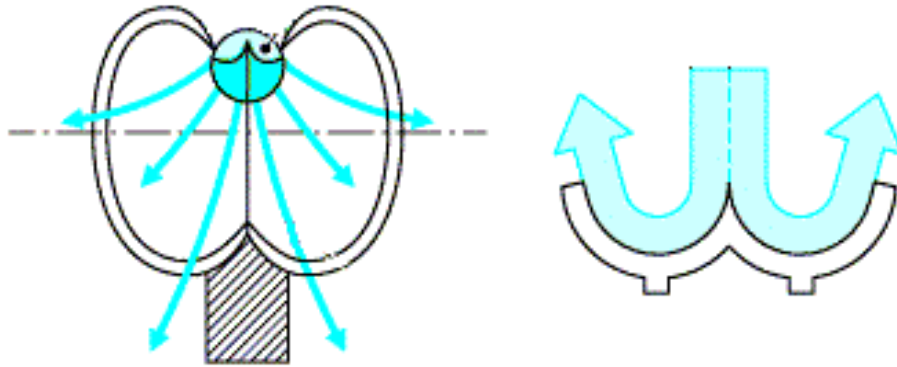
Moteur	Génératrice
$U_N = 24 \text{ V}$	$U_N = 24 \text{ V}$
$I_N = 5 \text{ A}$	$I_N = 5 \text{ A}$
$u_{eN} = 24 \text{ V}$	$u_{eN} = 24 \text{ V}$
$i_{eN} = 0,6 \text{ A}$	$i_{eN} = 0,6 \text{ A}$
$n_N = 3100 \text{ tr/min}$	$n_N = 3100 \text{ tr/min}$
$P_u = 80 \text{ W}$	$P_u = 40 \text{ W}$

dms didalab
4, ave. d'Alembert - 78197 Trappes Cedex France

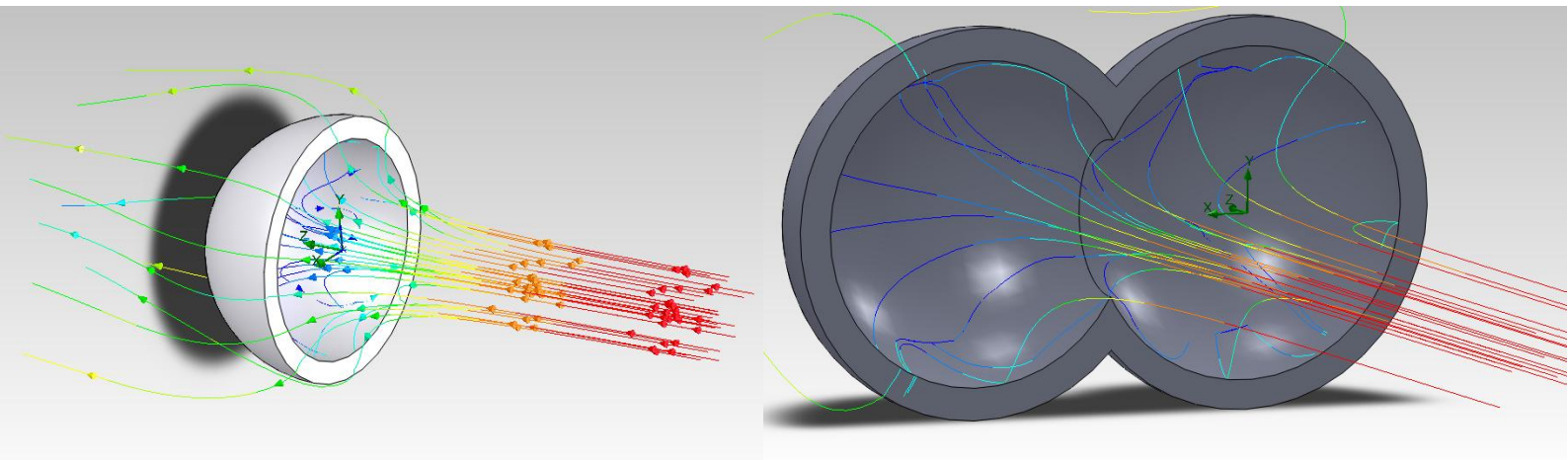


III. Dans la pratique

1) Forme des augets



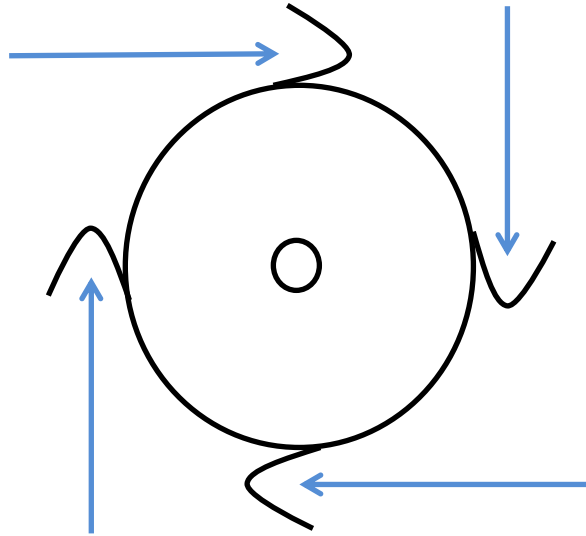
Retour des jets sur les côtés avec un **angle proche de 180°** dans la pratique environ **165°**



Modélisation de deux types d'auget sous **Solidworks**. On les place dans un fluide avec le logiciel **COSMOS Flowworks**.

Nombre de Reynolds pour l'écoulement dans les augets **Re = 100000**.
Régime turbulent.

2) Utilité des injecteurs



Nombre d'injecteurs : entre 2 et 6.

- **Limite géométrique** pour que l'eau d'un injecteur ne perturbe pas un autre injecteur.
- Permet de réduire la **taille** du dispositif.
- Réduit les **efforts radiaux**.