

 <b>LYCÉE GERMAINE TILLION</b> BTS Electrotechnique	Lycée Germaine Tillion Montbéliard	Système : e-centrale 
	<h1>Conversion d'énergie mécanique en énergie électrique</h1>	Essais de systèmes
<b>TP 4.1</b>		

Le sujet et ses annexes sont à télécharger sur <http://laurent.macherel.free.fr>

## MESURES ET TRAVAIL À RÉALISER

### 1 Observation des variations de puissance produite en fonction du débit sur la centrale hydroélectrique didactique

- Mettre en service la centrale en mode couplé (fonctionnement automatique)
- Régler la pression à 7 bars (70 m) et relever pour 3, 4, 5 et 6 jets, le débit  $q$  et la puissance active électrique produite  $P$ .
- Tracer sur un même graphe la puissance hydraulique ( $P_{hydro} = q \cdot \rho \cdot g \cdot h$  avec  $q$  le débit,  $\rho$  la masse volumique de l'eau en  $kg \cdot m^{-3}$  et  $h$  la hauteur de chute) et la puissance électrique en fonction du débit.
- Tracez sur un autre graphe la courbe du rendement de la turbine en fonction de la hauteur de chute. Que peut-on en déduire ?
- Est-il possible de faire fonctionner la centrale sur d'autre valeur de débit que celles des points mesurés ?
- Que se passerait-il dans la réalité si le débit turbinable se situe au-dessus du débit autorisé par les injecteurs ?
- Que se passerait-il dans la réalité si le débit turbinable se situe en dessous du débit autorisé par les injecteurs ?
- Valider votre réponse en réalisant un essai satisfaisant cette dernière condition (vous travaillerez avec tous les injecteurs en service et choisirez un débit de rivière le plus faible possible. Vous reporterez vos observations et indiquerez la puissance produite lorsque le fonctionnement se sera stabilisé.
- A partir de vos observations vous justifierez la nécessité d'avoir un nombre d'injecteur variable.

### 2 Conversion d'énergie hydraulique en énergie mécanique : la turbine Pelton

#### 2.1 Principe :

L'eau de la canalisation sous pression est amenée sur des injecteurs créant ainsi des jets qui viennent heurter des augets en forme de demi coquilles.

Le nombre d'injecteur est variable. Ils peuvent être commandés en tout ou rien ou posséder une aiguille de réglage de débit.

Principe de la transformation de l'énergie La vitesse du jet en sortie d'injecteur est donnée par la relation :  $v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$

Avec  $h$  : hauteur d'eau nette à l'entrée de l'injecteur

- Calculer la vitesse du jet d'eau à la sortie de l'injecteur.
- Pour un diamètre du jet d'eau de 10 mm, quel serait alors  $q_v$  le débit correspondant ?

Afin d'expliquer le phénomène de transformation d'énergie, nous allons étudier 3 cas :

- Cas N°1 : l'auget est à l'arrêt
- Cas N°2 : l'auget se déplace à une vitesse linéaire égale à la moitié de la vitesse du jet
- Cas N°3 : l'auget se déplace à une vitesse linéaire égale à la vitesse du jet d'eau

La vitesse du jet d'eau  $V_j$  est considérée constante

On définit  $V_i$  la vitesse d'impact comme étant la vitesse d'une goutte d'eau mesurée par rapport à un auget (comme l'auget se déplace dans le même sens que l'eau on peut dire que c'est la vitesse à laquelle l'eau le rattrape)

On définit  $V_{ra}$  la vitesse de renvoi de l'eau par rapport à un auget. C'est la vitesse d'une goutte d'eau après avoir « rebondi » sur l'auget. Pour simplifier, on considère que le rebond est parfait et que cette vitesse est la même que  $V_i$  mais en sens inverse.

Pour calculer l'énergie cinétique d'une goutte d'eau on doit connaître sa vitesse par rapport à un référentiel fixe. c'est à dire le bâti de la turbine. On définit donc  $V_{rb}$  la vitesse de renvoi mesurée par rapport au bâti.

Compléter le tableau ci-dessous pour les 3 cas en répondant aux questions suivantes :

En se plaçant sur l'auget (référence)

- Déterminer la vitesse d'impact  $V_i$  du jet en fonction de  $V_j$  et  $V_a$  .
- En déduire l'expression de  $V_{ra}$  en fonction de  $V_j$  et  $V_a$  .
- Déterminer l'expression  $V_{rb}$  de l'eau renvoyée en fonction de  $V_j$  et  $V_a$  .

On détermine maintenant les expressions de l'énergie cinétique en se plaçant sur le bâti de la turbine (repère fixe)

- Déterminer l'expression permettant de calculer la masse d'eau sortant d'un injecteur en fonction de la masse volumique de l'eau  $\rho$  , du débit  $q_v$  et du temps  $t$
- Déterminer l'énergie cinétique du jet entrant  $W_{je}$  en fonction de la masse volumique de l'eau  $\rho$  , du débit  $q_v$  , de  $V_j$  et du temps  $t$  .
- Déterminer l'énergie cinétique du jet renvoyé  $W_r$  en fonction de la masse volumique de l'eau  $\rho$  , du débit  $q_v$  de  $V_{rb}$  et du temps  $t$  .
- On rappelle qu'une variation d'énergie ne peut se faire que par une interaction et que l'eau n'interagit qu'avec les augets de turbine. Déterminer l'expression de l'énergie reçue par la turbine en fonction de  $\rho$  ,  $q_v$  ,  $V_{rb}$  ,  $V_j$  et  $t$  .
- Déterminer la puissance  $P_a$  transmise à l'auget en fonction de la masse volumique de l'eau  $\rho$  , du débit  $Q$  , de  $V_j$  et  $V_a$  . (on rappelle que la puissance est l'énergie transmise par unité de temps).
- Compléter le tableau en y inscrivant les relations que vous venez de démontrer et en faisant les applications numériques. (on prendra une durée de 1s pour les calculs d'énergie)

	Relations	Cas 1 : $V_a=0$	Cas 2 : $V_a=\frac{V_j}{2}$	Cas 3 : $V_a=V_j$
Vitesse d'impact $V_i$				
Vitesse de renvoi par rapport à l'auget $V_{ra}$				
Vitesse de renvoi par rapport au bati $V_{rb}$				
Energie cinétique du jet entrant $W_e$				
Energie cinétique du jet renvoyé $W_s$				
Energie cinétique transmise à l'auget $W_a$				
Puissance transmise à l'auget $P_a$				

- Expliquer pourquoi le cas 2 transmettra une puissance optimale.

**Une turbine Pelton est donc construite en fonction des données du site pour obtenir un fonctionnement optimum.**

- On cherche à déterminer le diamètre de la roue de la turbine du système. Connaissant la hauteur de chute optimale, vous pourrez calculer la vitesse d'éjection de l'eau puis en déduire la vitesse optimale des augets et enfin, sachant que le couplage au réseau impose que la roue tourne à  $n=50 \text{ tr} \cdot \text{s}^{-1}$  vous calculerez son rayon.
- Expliquer pourquoi dans une centrale hydroélectrique raccordée au réseau, il est impératif d'avoir une pression constante à l'entrée de la turbine Pelton.

