



## SEQUENCE 7

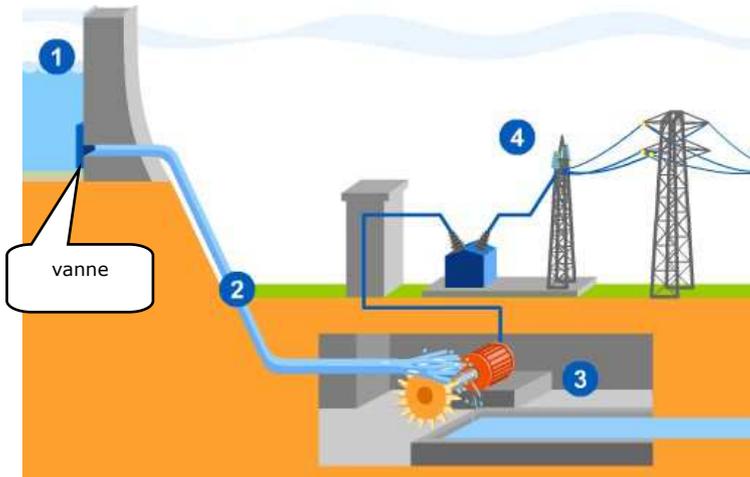
# SCIENCES DE L'INGENIEUR

## Régulation des moyens de production d'énergie

## ETUDE DE CAS

### 1 – Présentation du système

Une centrale hydraulique utilise les chutes d'eau de grande hauteur pouvant se présenter en montagne pour produire de l'électricité.



Le barrage crée une retenue d'eau (1). A sa base est présente une vanne qui permet de réguler le débit d'eau qui circule dans la conduite (2). L'eau est ainsi acheminée jusqu'à une turbine (roue à aubes) qu'elle entraîne en rotation. Ce mouvement de rotation est communiqué à un alternateur (3) dont la fonction est de convertir l'énergie mécanique de rotation en énergie électrique qui est ensuite envoyée sur le réseau électrique (4).

### 2 – Problématique

On souhaite déterminer la puissance électrique injectée sur le réseau et définir si ce type de centrale peut être utilisé comme un outil permanent ou temporaire de production d'énergie électrique.

### 3 – Données

- L'eau est considérée comme étant un fluide incompressible et homogène de masse volumique :  $\rho = 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$
- Pression atmosphérique :  $P_0 = 1 \text{ bar}$
- Accélération de la pesanteur :  $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$
- Hauteur de la chute d'eau :  $h = 447 \text{ m}$  (dénivelée entre la surface libre de la retenue d'eau et la vanne)
- Débit d'eau dans la conduite (2) :  $Q = 1080 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$
- Rendement du barrage :  $\eta_B = 86 \%$  (les pertes sont essentiellement dues aux frottements de l'eau sur la paroi interne de la conduite)
- Rendement de la turbine PELTON :  $\eta_T = 88 \%$ .
- Rendement de l'alternateur :  $\eta_A = 95 \%$ .

On admettra que la dénivelée entre la vanne et la turbine est négligeable (la figure de principe ci-dessus n'est pas à l'échelle).

### 4 – Travail demandé

**PARTIE A :** Détermination de la puissance électrique fournie au réseau.

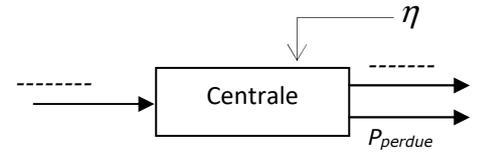
**PARTIE B :** Détermination de la criticité de la centrale concernant l'approvisionnement en France.

## PARTIE A

### DETERMINATION DE LA PUISSANCE ELECTRIQUE FOURNIE AU RESEAU

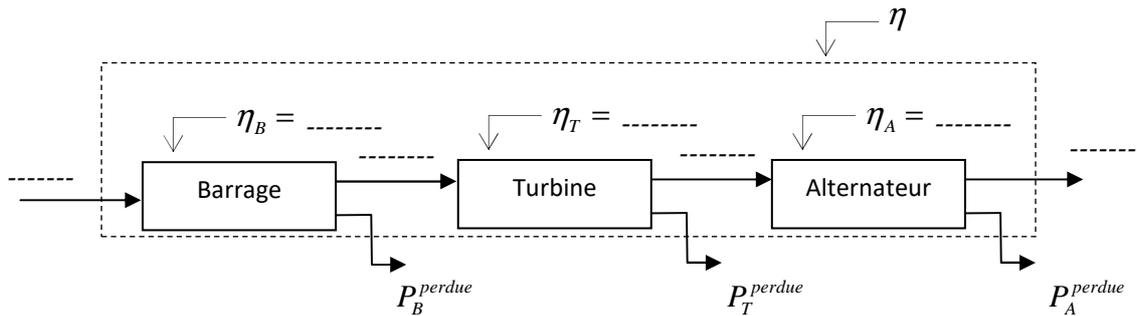
**Q1** - Compléter ci-contre le schéma bloc général de la centrale.

⇒ Indiquer les types de puissance mis en jeu.



**Q2** - Compléter le schéma bloc détaillé de la centrale.

⇒ Indiquer les types de puissance ainsi que le rendement de chacun des convertisseurs.



**Q3** - Calculer en  $Pa$  la pression de l'eau  $p_{eau}$  à l'entrée de la vanne.

⇒ Utiliser la loi de l'hydrostatique (noter que l'eau du barrage est immobile ; c'est à l'entrée de la vanne qu'elle se met en mouvement).

**Q4** - Calculer en  $W$  la puissance hydraulique  $P_h$  qui passe par la vanne.

⇒ On est ici à l'entrée du barrage.

**Q5** - Calculer en  $W$  la puissance hydraulique  $P_T$  disponible en sortie de barrage et donc en entrée de turbine.

**Q6** - En déduire en  $W$  les pertes  $P_B^{perdue}$  dues au barrage.

**Q7** - Calculer en  $W$  la puissance mécanique  $P_A$  disponible en sortie de turbine et donc à l'entrée de l'alternateur.

**Q8** - En déduire en  $W$  les pertes  $P_T^{perdue}$  dues à la turbine.

**Q9** - Calculer en  $W$  la puissance électrique  $P_{elec}$  disponible en sortie d'alternateur (i.e. celle injectée dans le réseau).

**Q10** - En déduire en  $W$  les pertes  $P_A^{perdue}$  dues à l'alternateur.

**Q11** - Retrouver le résultat de la Q9 en passant par le rendement global  $η$ .

## PARTIE B

### DETERMINATION DU MODE DE FONCTIONNEMENT DE LA CENTRALE

On souhaite déterminer le mode de fonctionnement (permanent ou temporaire) et évaluer la criticité de cette centrale sur la consommation d'électricité en France.

On admet que la retenue d'eau (figure 2) présente une réserve d'eau telle que l'on puisse turbiner sans arrêt avec un débit  $Q_s = 0,3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  pendant un intervalle de temps de durée  $t_f$ . Une fois vidée, on ferme complètement la vanne pour remplir la retenue ; pendant cette opération qui dure  $t_r$ , la production d'électricité est nulle (la turbine ne fonctionne pas pendant le remplissage). On appelle « cycle » le fait de vider la réserve et de la remplir.

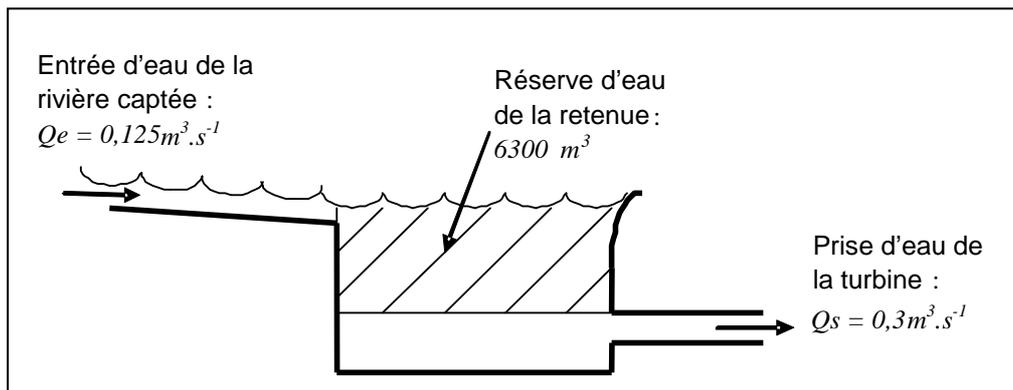


Figure 2 : retenue d'eau

**Q12** - Calculer en  $h$  le temps  $t_f$  pendant lequel la turbine peut fonctionner sans arrêt.

⇒ Aide : utiliser les débits et le volume de la retenue d'eau !

**Q13** - Calculer en  $h$  le temps  $t_r$  nécessaire pour que la rivière remplisse la réserve d'eau de la retenue.

**Q14** - Calculer en  $h$  la durée  $t_{\text{cycle}}$  d'un cycle.

**Q15** - Calculer en  $kWh$  l'énergie électrique  $E_{\text{cycle}}$  produite pendant un cycle.

**Q16** - Calculer le nombre de cycles dans une journée de 24 heures.

**Q17** - Calculer en  $kWh$  l'énergie électrique  $E_{\text{jour}}$  produite pendant une journée de 24 heures.

**Q18** - Calculer en % le temps de fonctionnement des turbines sur une journée de 24 heures.

**Q19** - Conclure sur le fonctionnement possible de la centrale comme outil permanent de production d'énergie électrique ou temporaire. Justifier.

En 2014, la consommation d'énergie électrique en France par habitant est de  $7 \text{ MWh} \cdot \text{hab}^{-1}$  avec une population de  $66,3 \cdot 10^6$  habitants.

**Q20** - Donner en % la contribution de cette centrale à la consommation d'énergie électrique (voir données ci-dessus) ; en déduire sa criticité quant à l'approvisionnement en électricité si jamais elle tombe durablement en panne (le sujet abordé ici est en fait beaucoup plus complexe).