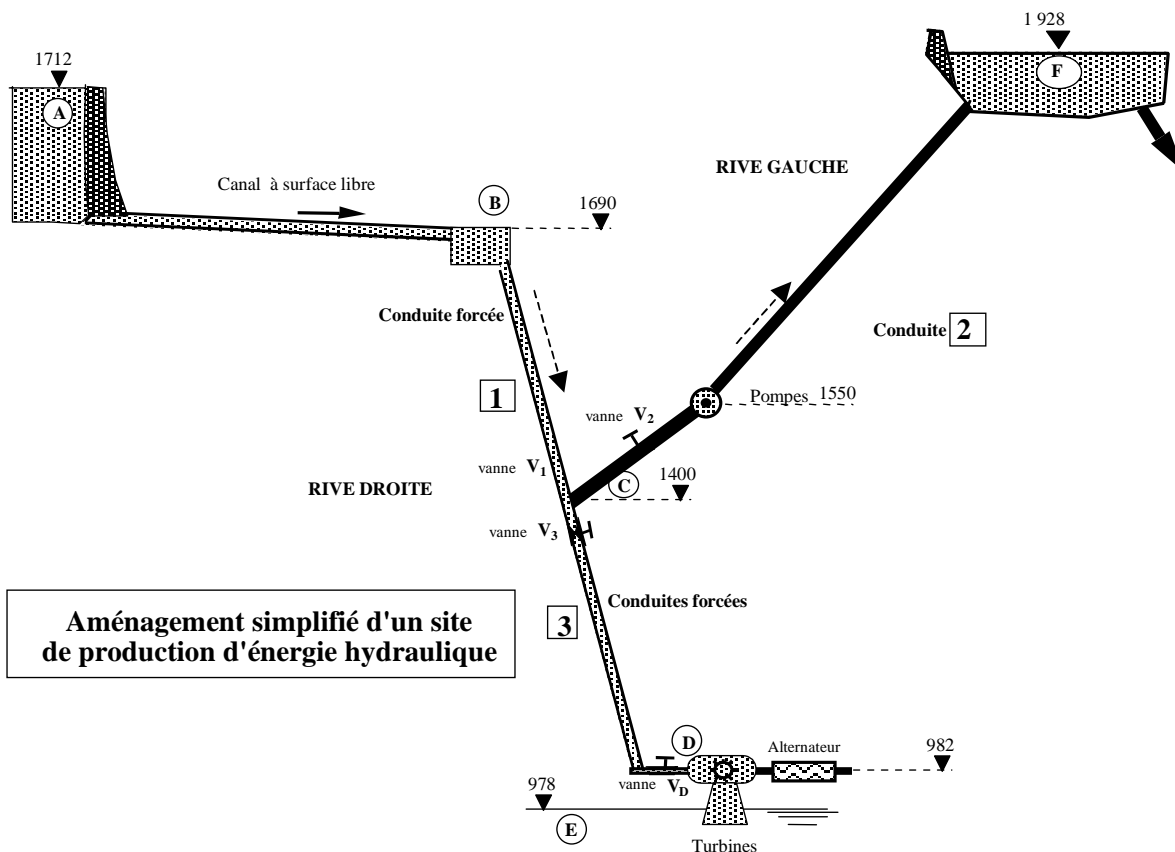


CONTROLE D'HYDRAULIQUE 2011

L'aménagement d'un site hydroélectrique se présente sous forme simplifiée suivant le schéma ci-joint. En rive droite, un barrage (1712 m d'altitude) crée un réservoir de haute altitude, importante réserve d'énergie pour répondre en hiver à la demande ponctuelle d'énergie sur le réseau électrique national. En rive gauche, à 1928 m d'altitude un barrage réservoir utilisé pour alimenter d'autres sites hydroélectriques. Une station de pompage située à 1550 m d'altitude permet un pompage de la rive droite vers la rive gauche.

Sur la rive droite un canal d'amenée à surface libre de 5 km de long aboutit à un réservoir à niveau constant (à la cote de l'eau 1690 m). À partir de cette cote, une conduite forcée (1) de 1400 m de longueur qui aboutit à la cote 1400 dans une conduite forcée (3) de 2500 m de longueur conduit l'eau vers une turbine Pelton qui transforme l'énergie hydraulique en énergie mécanique puis un transformateur en énergie électrique et rend l'eau à son cours naturel dans la rivière située dans la vallée.



Sur la rive gauche (2) une conduite forcée de 1200 m de longueur peut permettre le passage de l'eau de la rive droite vers la rive gauche en passant par la station de pompage. Un

ensemble de vannes télécommandées permet d'effectuer des aiguillages différents et de changer de configuration souvent plusieurs fois en une journée.

On se propose d'évaluer les puissances des turbines et des pompes ainsi que les débits de fonctionnement. Dans tout le problème, pour simplifier, les pertes de charge singulières (vannes, entrée, jonctions, autres) seront globalement évaluées à 7 % de la perte de charge

linéaire. On prendra : $H_a = \frac{P_{atm}}{\rho g} = 10 \text{ m C.E.}$

On négligera l'énergie cinétique en sortie de turbine.

Données :

Conduites	1	2	3 (4 conduites)
Longueurs (m)	800	2 000	800
Diamètres (m)	1,5	1.0	1
λ	0,016	0,016	0,016

Points	A	B	C	D	E	F
Côtes (m)	1 712	1 690	1 400	982	978	1 918
H (m C.E.)	10	?	?	?	10	10

A : Lois de fonctionnement des conduits.

1) Pression en C e D

A débit nul, vanne VD fermée, quelles sont les pressions (en bar) en C et D. Pour résister à la pression en D, il est nécessaire d'utiliser des conduites épaisses et de faibles diamètres. Ainsi la conduite 3 est constituée de quatre conduites identiques associées à quatre turbines identiques. Cela permet également de turbiner des débits différents suivant la demande et donne ainsi plus de souplesse pour la gestion du site.

2) Lois de fonctionnement des conduites forcées (1), (2) et (3)

On prendra pour toutes les conduites forcées un coefficient de perte de charge linéaire constant égal à $\lambda_c = 0,016$ et on rappelle que les pertes de charge singulières sont évaluées à 7 % de la perte de charge linéaire. Donner les lois de perte de charge:

a) De la conduite forcée (1) $\Delta H_{BC} = \Delta H_1 = K_1 Q_1^2$

b) De chaque conduite forcée (3) : $\Delta H_{CD} = \Delta H_3 = K_3 Q_3^2$

c) De la conduite (2) : $\Delta H_{CF} = \Delta H_2 = K_2 Q_2^2$

Δ Faire un tableau récapitulatif de tous les coefficients K_i . Afin d'éviter de regrettables erreurs de calculs, on s'assurera que : $0,1 < K_i < 3$

B- Exploitation

1 - Fonctionnement rive droite

Les vannes V_1 , V_3 et V_D sont ouvertes, la vanne V_2 est fermée.

Ecrire le bilan d'énergie entre B et E et à l'aide de la courbe caractéristique de chaque turbine, déterminer le débit maximal Q_3 pour chaque turbine et le débit total turbinable. En déduire, pour chaque turbine, les valeurs de la charge motrice : $H_{mT} = H_{TD} - H_{TE}$, du rendement et la puissance maximale obtenue.

2 - Station de pompage

(Vannes V_D , V_3 fermées et Vanne V_2 ouverte)

On envisage de pomper un débit Q_p A vers F. pendant les heures creuses

Ecrire le bilan d'énergie entre B et F. On rappelle que les pertes de charge singulières sont évaluées à 7 % de la perte de charge linéaire et que la dissipation d'énergie cinétique dans F est comprise dans les 7% de pertes de charge singulières.

A l'aide de la courbe caractéristique de la pompe déterminer le débit de pompage. Quelle est alors la puissance de la pompe nécessaire à cette opération?

C) Canal d'amenée

Le canal à surface libre est rectangulaire de largeur $B = 20$ m, de 5 km de long, de pente $I = 8 \cdot 10^{-4}$ et de coefficient de Chezy $C_H = 50$ S.I.

En utilisant la formule de Chezy approchée ci-après et pour le débit maximal turbiné trouvé précédemment (4 turbines en fonctionnement), calculer la hauteur normale et la vitesse normale.

En déduire le nombre de Froude normal.

Dans l'ignorance de ce débit on prendra $Q = 28 \text{ m}^3/\text{s}$.

Formule de Chezy approchée : $Q = C_H B H \sqrt{H J}$

2) En aval une hauteur $H_{av} = 3$ m est imposée par le réservoir de tête (au départ de la conduite C1). En utilisant la formule de Bresse déterminer la courbe de remous (faire un tableau) et la tracer dans le canal. En déduire la distance à partir de l'aval pour laquelle la hauteur d'eau est à 2% de la hauteur normale.

D) Bilans énergétiques et économiques

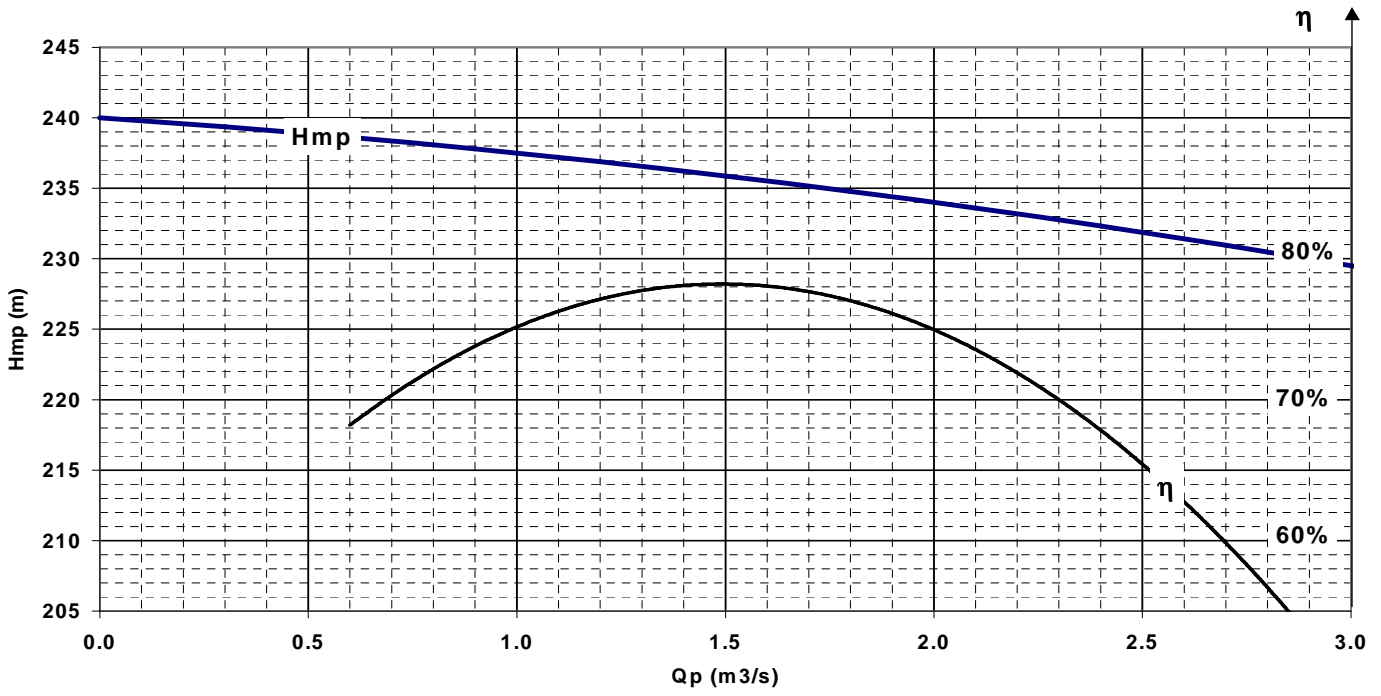
Le scénario moyen de fonctionnement envisagé est le suivant :

- a) Turbinage au débit maximal, en heures de pointes pendant 4 heures par jour. (8h à 12 h par exemple)
- b) Pompage de A vers F en heures creuses pendant 12 heures par jour (18h à 6 h), et stockage des apports dans F le reste du temps.

1) **Bilan énergétique.** Quelle est, en kilowattheure, l'énergie mécanique journalière produite et l'énergie électrique délivrée et vendue à EDF (le rendement du transformateur de la turbine est de l'ordre de 85%) ? Quelle est l'énergie électrique journalière achetée à EDF (pas de transformateur) pour le pompage ? Commentaires.

2) Examiner le **bilan économique** sachant que le prix du kilowattheure électrique est vendu à EDF 0,15 euro en heures de pointe et s'achète 0,05 euro en heures creuses.

Caractéristique de la pompe



Caractéristique de la turbine PELTON

