

### Mise en situation

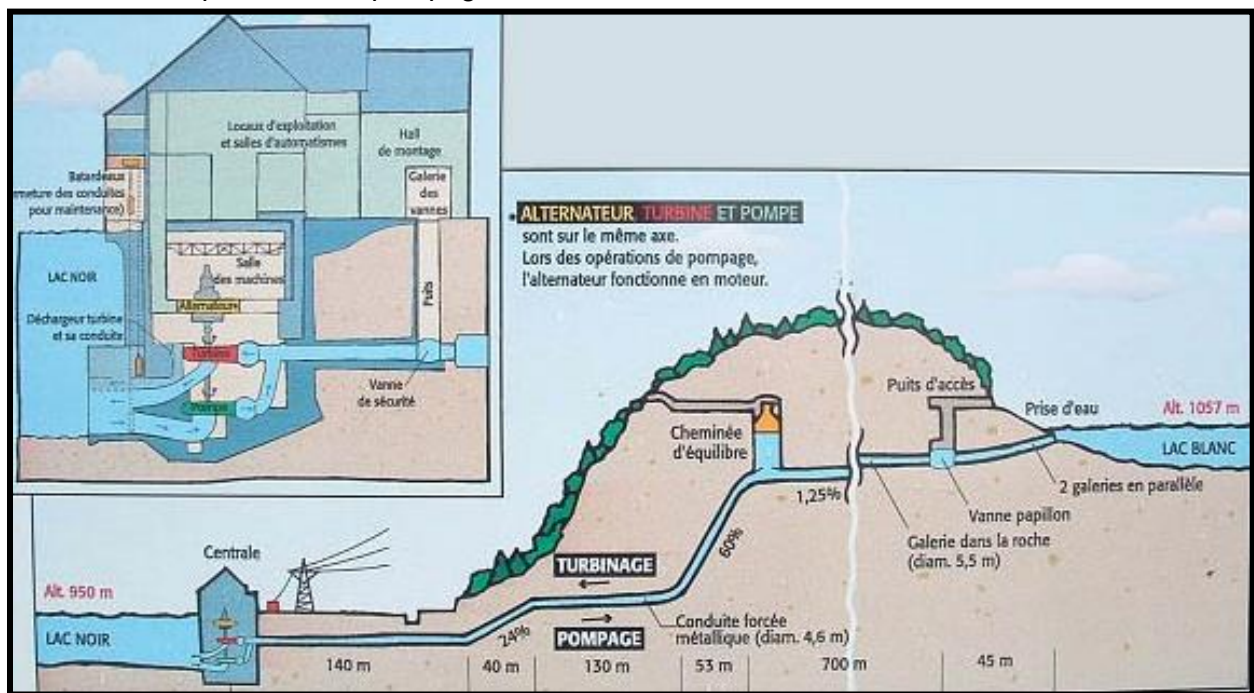
Le lac Blanc et le lac Noir sont deux lacs situés dans le massif des VOSGES. Ils constituent deux réservoirs entre lesquels la centrale fait circuler l'eau. Ce type de centrale est aussi appelé **STEP** (Station de Transfert d'Énergie par Pompage/turbinage).



Pendant les heures de forte consommation d'électricité, l'eau circule du lac Blanc vers le lac Noir ; elle est turbinée. La centrale produit alors de l'électricité et participe à la fourniture de l'énergie électrique utilisée par les abonnés du réseau EDF.

Pendant les heures de faible consommation d'électricité (l'énergie électrique est peu chère), l'eau est pompée du lac Noir vers le lac Blanc.

La centrale du lac Noir est équipée de quatre groupes composés chacun d'un alternateur, d'une turbine Francis et d'une pompe, le tout disposé verticalement sur le même axe. Lors des opérations de pompage, l'alternateur fonctionne en moteur.



### Caractéristiques principales :

Puissance totale disponible : 80 MW (4 groupes de 20 MW)

**Le lac Blanc :** Cote de retenue maximale : 1057,6 m  
Cote de retenue minimale : 1041,4 m  
Capacité totale : 3 800 000 m<sup>3</sup>

**Le lac Noir :** Cote de retenue maximale : 950,5 m  
Cote de retenue minimale : 932,0 m  
Volume utile : 2 000 000 m<sup>3</sup> (ce volume correspond à la quantité d'eau échangée entre les deux lacs, il est inférieur à la capacité totale du lac Noir)

### Travail demandé

**Q1** : Calculer en fonction des cotes maximale et minimale des deux lacs, le dénivelé maximal noté  $H_{\max}$  et le dénivelé minimal noté  $H_{\min}$ .

**Remarque** : Pour toute la suite de l'exercice on adoptera une hauteur de chute moyenne  $H=100$  m.

#### Etude lors de la phase de turbinage :

Lors de cette phase, le débit de l'ensemble des quatre turbines est considéré constant et égal à  $Q_{\text{turb}} = 96 \text{ m}^3/\text{s}$ . Le volume d'eau transféré du lac Blanc vers le lac Noir est de 2 millions de  $\text{m}^3$ .

**Q2** : Calculer la masse d'eau transférée (masse volumique de l'eau : 1 kg/litre).

**Q3** : Démontrer que l'énergie fournie par l'eau lors de son déplacement est égale à  $1,962 \cdot 10^{12}$  Joules. ( $g=9,81 \text{ m/s}^2$ ).

**Q4** : Calculer le temps de fonctionnement de la phase de turbinage.

**Q5** : Déduire des résultats précédents la puissance hydraulique (supposée constante) reçue par l'ensemble des quatre turbines.

**Q6** : Sachant que la puissance fournie par les alternateurs est de 80 MW, calculer le rendement global des groupes turbines/alternateurs.

**Q7** : Calculer l'énergie électrique totale fournie par les alternateurs de la centrale lors de la phase de turbinage. Exprimer cette énergie en kWh.

#### Etude lors de la phase de pompage

Lors de cette phase, le débit de l'ensemble des quatre pompes est considéré constant et égal à  $Q_{\text{pomp}} = 52 \text{ m}^3/\text{s}$ . Le volume d'eau pompé est identique au volume turbiné.

**Q8** : Sans faire de calculs, expliquer pourquoi l'énergie à fournir pour remonter le volume d'eau considéré est égale à  $1,962 \cdot 10^{12}$  Joules.

**Q9** : Calculer le temps de fonctionnement de la phase de pompage.

**Q10** : Déduire des résultats précédents la puissance hydraulique fournie par l'ensemble des quatre pompes.

**Q11** : Sachant que la puissance électrique absorbée par les alternateurs (fonctionnant en moteur) est de 80 MW, calculer le rendement global des groupes alternateurs/pompes.

**Q12** : Calculer l'énergie électrique totale (en kWh) consommée lors de la phase de pompage.

#### Bilan

**Q13** : Comparer les résultats des questions Q7 et Q12. Expliquer l'éventuelle différence.

**Q14** : Calculer la consommation d'électricité (en kWh) en régime de pompage pour pouvoir récupérer 1 kWh en turbinage. Comment ce type d'installation peut-il être rentable ?