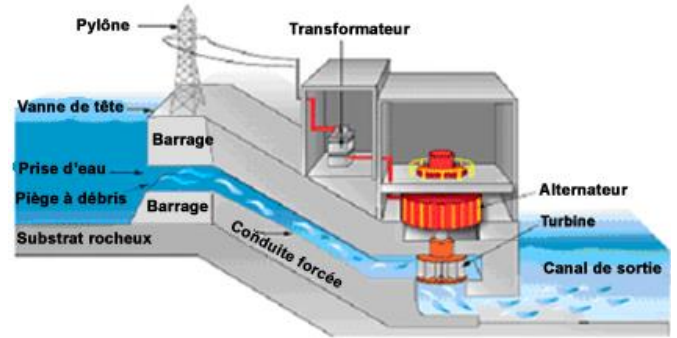


Etudes de contraintes s'exerçant sur un barrage hydraulique

I- Intérêt d'un barrage

Un barrage permet de constituer un réservoir d'eau et donc une forme de stockage d'énergie. On transforme l'énergie hydraulique en énergie cinétique avec une turbine. Cette énergie mécanique est ensuite transformée en énergie électrique grâce à un alternateur couplé à la turbine.



II- Exemple du barrage poids et barrage voûte

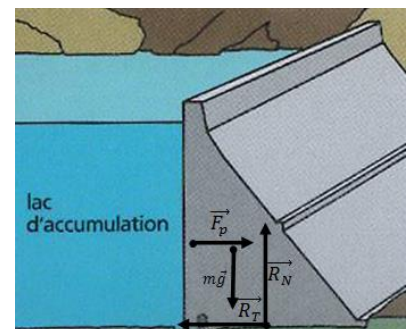
	Barrage poids	Barrage voûtes
Présentation	<p>C'est un des types de barrage les plus anciens : c'est le poids de la structure qui retient l'eau. Ils présentent l'avantage de ne solliciter que très peu la résistance des berges, par contre leur construction nécessite une grande quantité de béton, et une excellente qualité du sol d'assise.</p> <p>Le barrage de la Grande-Dixence, en Suisse</p>	<p>A masse égale avec un barrage poids, les performances d'un tel barrage sont meilleures mais nécessitent des rives permettant un bon support de la structure.</p> <p>Le barrage Hoover, aux USA</p>
Modélisation simple	<p>Nous retiendrons le modèle suivant. Le barrage poids est assimilé à un prisme.</p>	<p>Le barrage voûtes est assimilé à un quart de sphère de rayon R (on néglige donc l'épaisseur du barrage pour le calcul de la force de pression)</p>

III- Barrage poids sans sous pression :

Un barrage est soumis à différentes contraintes, on peut citer :

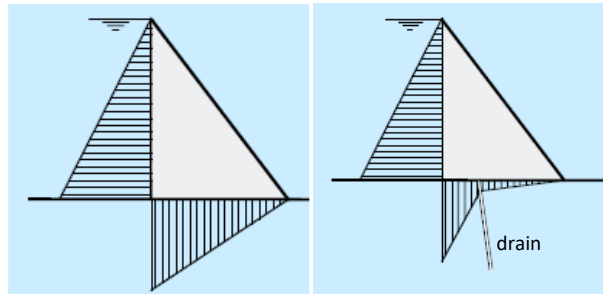
- La résultante \vec{F}_p de toutes les forces de pression
- Son propre poids $m\vec{g}$
- La réaction normale dont la résultante est notée \vec{R}_N
- La réaction tangentielle résultante \vec{R}_T s'opposant au glissement.

On rappelle la loi de Coulomb relative au frottement de glissement $\|\vec{R}_T\| \leq f \|\vec{R}_N\|$ où f est un coefficient de frottement statique entre le barrage et le sol.



IV- Barrage poids avec sous pression

Le modèle précédent omet les infiltrations de l'eau inévitables sous la structure béton pourtant responsables d'une poussée ascendante verticale appelée sous pression. Les ouvrages du XIX^e siècle ont été dimensionnés en négligeant cette sous-pression à l'eau. On surestimait alors la réaction normale et donc la limite de non glissement du barrage. Pour éviter ce phénomène, on évacue l'eau infiltrée sous le barrage par des drains. Les deux dessins ci-dessous représentent par des traits l'intensité des forces de pression dans le cas d'un barrage poids non drainé et d'un barrage poids drainé.



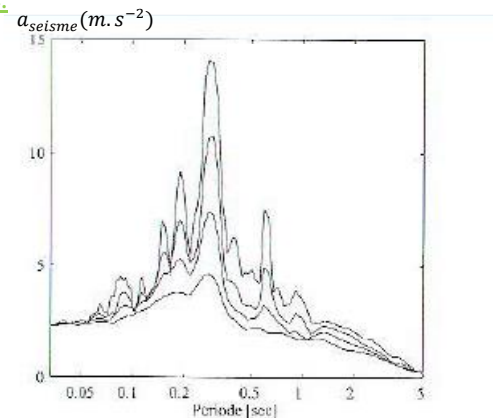
Lors de la construction des barrages, une attention particulière est donc apportée à l'adhérence du béton sur son support. Le tableau ci-dessous donne des renseignements sur les coefficients de frottement de glissement entre différents matériaux.

1	Béton-béton	<ul style="list-style-type: none"> < Cassure en pleine masse, fissure : 2.0 à 3.0 < Reprise de bétonnage, soignée : 1.5 à 2.1
2	Béton-rocher	<ul style="list-style-type: none"> < Rocher de bonne qualité : 1.5 à 1.9 < Rocher de mauvaise à moyenne qualité : 0.5 à 1.5
3	Rocher-rocher	<ul style="list-style-type: none"> < Bonne qualité et faiblement diaclasé : 1.0 à 1.9 < Moyenne qualité et fortement diaclasé : 0.5 à 1.0

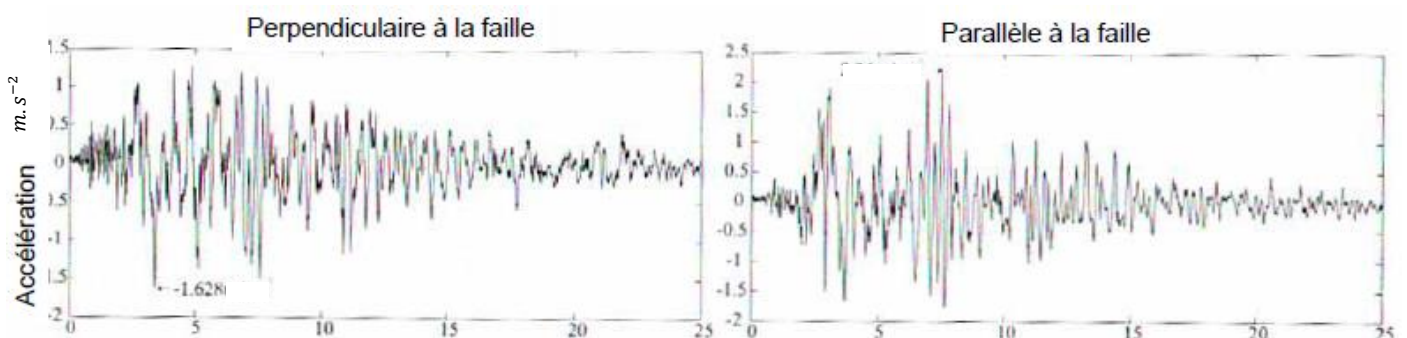
V- Comportement d'un barrage suite à un tremblement de Terre.

La construction d'un barrage n'est pas faite sans une réflexion sur sa capacité à résister à un séisme. Peu de barrages ont cédé à la suite d'un séisme malgré leur éventuelle proximité avec l'épicentre.

Ci-contre l'enregistrement du spectre du séisme de 1999 à Izmit (Turquie) mesuré par des accéléromètres à 4 distances différentes de l'épicentre.



Ci-dessous, on donne également le relevé temporel de l'accélération $a_{barrage}$ mesurée sur le barrage.



Questions :

- 1) En considérant que l'installation à un rendement de $r = 80\%$ pour convertir l'énergie potentielle de l'eau en énergie électrique, quel volume d'eau placé à 450 m est nécessaire pour assurer 1kWh ?
- 2) Démontrer puis comparer la résultante des forces de pression suivant Ox pour les barrages poids et voûte en l'absence de sous pression. Nous supposons le champ de pesanteur et la pression atmosphérique uniformes. La hauteur d'eau et la hauteur du barrage sont identiques et notées h . On donne $2R = 2h = l$.
- 3) Calculer le coefficient de frottement f pour le barrage poids (en supposant un drainage permettant de négliger la sous pression) afin d'éviter le glissement en utilisant les données suivantes : la masse volumique du béton ρ_b et de l'eau ρ_e sont telles que $\frac{\rho_b}{\rho_e} = 2,5$; $h = 20m$ et $L = 10m$. Que dire de la performance du contact béton-rocher pour ce barrage ?
- 4) On modélise la réponse en accélération $a_{barrage}$ du barrage d'Izmit par un système d'ordre 1 de type passe bas dont la fréquence de coupure est notée f_0 et d'amplification statique unitaire. Quelle doit être la fréquence de coupure f_0 du barrage pour que la fréquence f_m , fréquence pour laquelle l'excitation a_{seisme} a été maximale en 1999, soit atténuée de 20 dB ?

