

# LES BARRAGES EN ENROCHEMENTS À MASQUE AMONT



1/60

## QUELQUES STATISTIQUES

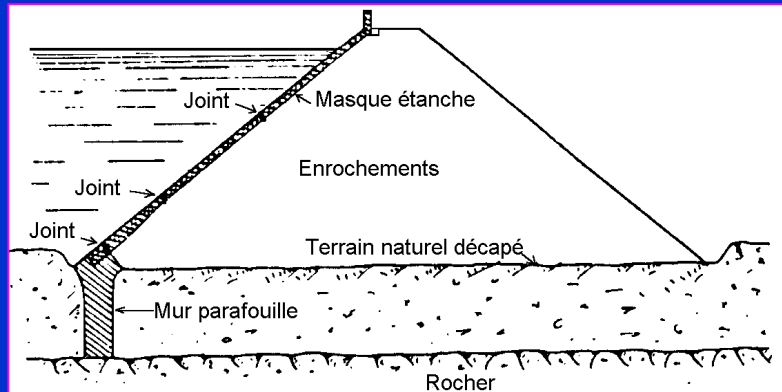
- Le plus haut : Shuibuya (Chine) 233m
- Le plus haut barrage français : Les Fades 68 m



2/60

## MORPHOLOGIE GÉNÉRALE

- La recharge en enrochements assure la stabilité
- Le masque amont assure l'étanchéité



3/60

## CARACTÉRISTIQUES DES ENROCHEMENTS

- Perméable  $K \geq 10^{-5}$  m/s
- Dépend des matériaux disponibles sur le site
- Pas de sensibilité au gel
- Bonne résistance à la compression
- Granulométrie serrée
  - moins de 10 à 15 % d'éléments de 10 à 15
  - dimension maxi < épaisseur des levées

4/60

## ENROCHEMENTS



5/60

## MISE EN ŒUVRE DES ENROCHEMENTS

- Rangement « à la main » : coût prohibitif
- Enrochements déversés (+ 2 à 3 m<sup>3</sup> d'eau pour 1 m<sup>3</sup> d'enrochements pour faciliter la mise en place)
- Enrochements compactés (par couche à 0,5 m à 2 m + 0,5 m<sup>3</sup> d'eau par m<sup>3</sup> d'enrochements) : **seule méthode utilisée actuellement**

6/60

## ENROCHEMENTS RANGÉS A LA MAIN



7/60

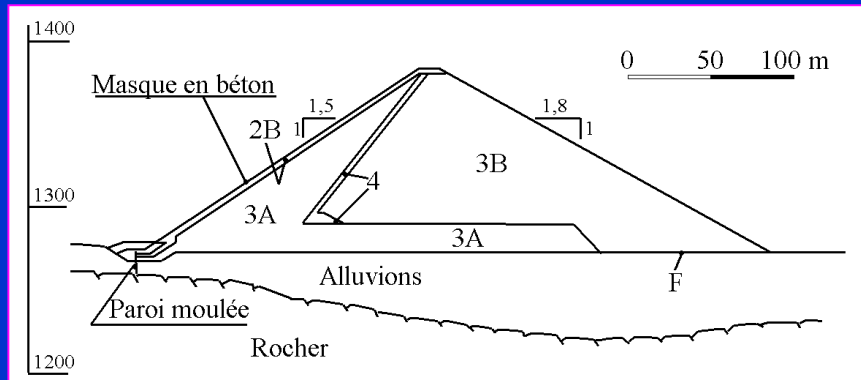
## BARRAGE DE GRANDES PATURES



8/60

## CONCEPTION RÉCENTE DES MASSIFS D'ENROCHEMENTS

- Zonage
  - moins déformables à l'amont
  - plus perméables à l'aval



## CONCEPTION RÉCENTE DES MASSIFS D'ENROCHEMENTS (suite)

- Meilleure utilisation des gisements
- Limitation des tassements du masque
- Limitation des pressions interstitielles dans le barrage

10/60

## CALCUL DE STABILITÉ

$$S = f \times \tan(\phi)$$

Avec :

f fruit de parement aval

$\phi$  n'est lié à la contrainte de compression que pour les hauteurs importantes

$\phi$  dépend beaucoup de la méthode de mise en œuvre

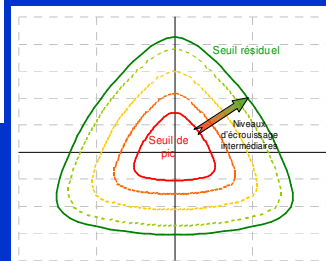
11/60

## UN PEU PLUS COMPLIQUÉ

- « Si le mécanisme déviatoire et le mécanisme isotrope sont activés simultanément, alors les incréments des multiplicateurs plastiques sont définis par : (Extrait document EDF 2012)

$$\lambda^d = \frac{\frac{\sigma^d}{K_{\sigma^d}} \mathbf{E}_{\sigma^d} \mathbf{G}_{\sigma^d} \left( \frac{\sigma^d}{K_{\sigma^d}} \right)^2 \mathbf{G}_{\sigma^d} \left( \frac{\sigma^d}{K_{\sigma^d}} \right)^2}{\left( \frac{\sigma^d}{K_{\sigma^d}} \right)^2 \mathbf{E}_{\sigma^d} \mathbf{G}_{\sigma^d} \left( \frac{\sigma^d}{K_{\sigma^d}} \right)^2 \mathbf{G}_{\sigma^d} \left( \frac{\sigma^d}{K_{\sigma^d}} \right)^2 + \left( \frac{\sigma^d}{K_{\sigma^d}} \right)^2 \mathbf{E}_{\sigma^d} \mathbf{G}_{\sigma^d} \left( \frac{\sigma^d}{K_{\sigma^d}} \right)^2 \mathbf{G}_{\sigma^d} \left( \frac{\sigma^d}{K_{\sigma^d}} \right)^2}$$

$$\lambda^i = \frac{\left( \frac{\sigma^d}{K_{\sigma^d}} \right)^2 \mathbf{E}_{\sigma^d} \mathbf{G}_{\sigma^d} \left( \frac{\sigma^d}{K_{\sigma^d}} \right)^2 \mathbf{G}_{\sigma^d} \left( \frac{\sigma^d}{K_{\sigma^d}} \right)^2}{\left( \frac{\sigma^d}{K_{\sigma^d}} \right)^2 \mathbf{E}_{\sigma^d} \mathbf{G}_{\sigma^d} \left( \frac{\sigma^d}{K_{\sigma^d}} \right)^2 \mathbf{G}_{\sigma^d} \left( \frac{\sigma^d}{K_{\sigma^d}} \right)^2 + \left( \frac{\sigma^d}{K_{\sigma^d}} \right)^2 \mathbf{E}_{\sigma^d} \mathbf{G}_{\sigma^d} \left( \frac{\sigma^d}{K_{\sigma^d}} \right)^2 \mathbf{G}_{\sigma^d} \left( \frac{\sigma^d}{K_{\sigma^d}} \right)^2}$$



12/60

## TASSEMENT DES ENROCHEMENTS

- A la mise en place
- Déformation sous l'effet du poids
- Déformation sous l'effet de la poussée transmise par le masque
- Tassement de la fondation
- Séismes
  - **contre-flèches de construction**
  - **tassements néfastes pour les organes d'étanchéité rigides (masque en béton)**

13/60

## BARRAGE D'ESCOUBOUS



14/60

## BARRAGE DE GRÉZIOLLES



15/60

## MASQUES D'ÉTANCHÉITÉ

- En acier

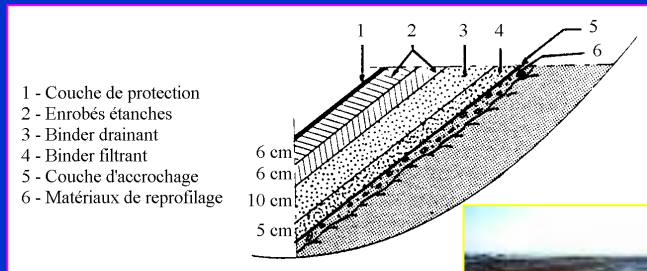


16/60



## MASQUES D'ÉTANCHÉITÉ

- En béton bitumineux



17/60

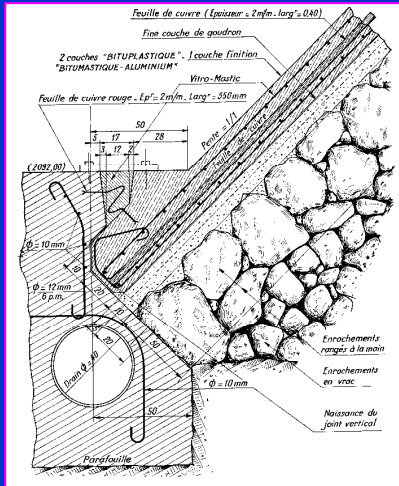
## BARRAGE DE L'ÉTANG



18/60

# MASQUES D'ETANCHÉITÉ

- En béton armé



19/60

# BARRAGE DE BOUZHEY



20/60

## BARRAGE DE PLA DE SOULCEM



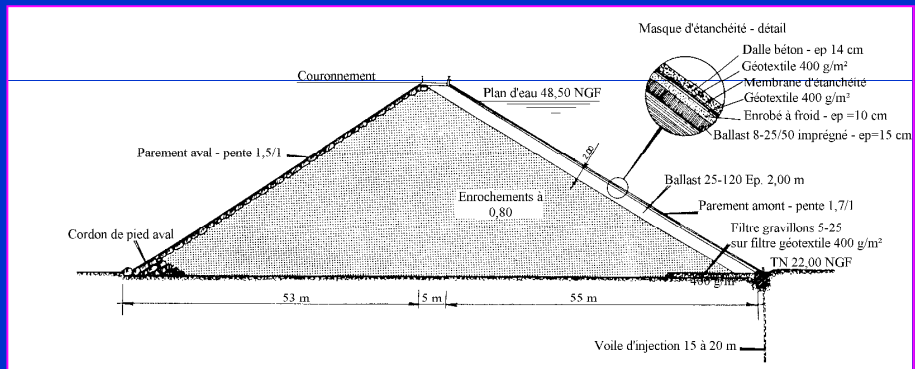
## BARRAGE DE CANDES



22/60

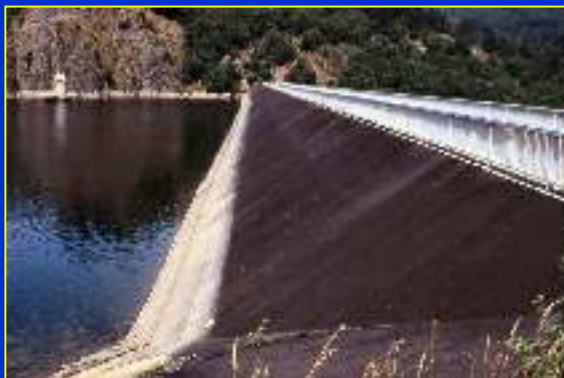
## MASQUES D'ÉTANCHÉITÉ

- En feuilles souples



23/60

## BARRAGE DU ROUCHAIN



24/60

## BARRAGE DU ROUCHAIN

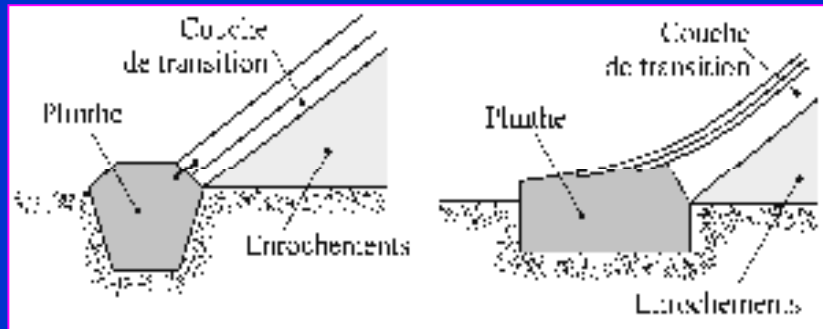


## BARRAGE DU ROUCHAIN



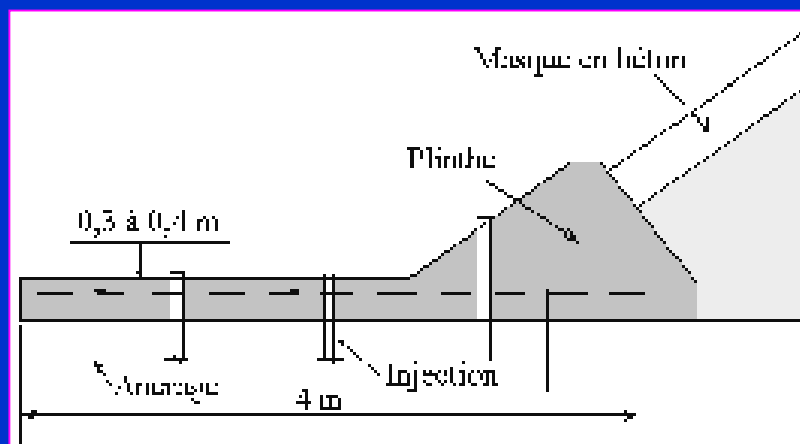
26/60

## ÉTANCHÉITÉ AU VOISINAGE DE LA FONDATION



27/60

## PLINTHE AVEC DALLE AMONT



28/60



## BARRAGE DE MAZAR (Equateur)



31/60

## BARRAGE DE KARAHNJUKAR (198m, Islande)



Longueur de la crête : 730 m  
Volume des remblais : 1 500 000 m<sup>3</sup>

32/60



## BARRAGE DE KARAHNJUKAR (198m, Islande)



33/60

## BARRAGE DE KARAHNJUKAR (198m, Islande)



34/60

## BARRAGE DE KARAHNJUKAR (198m, Islande)



35/60

## BARRAGE DE KARAHNJUKAR (198m, Islande)



36/60

## BARRAGE DE KARAHNJUKAR (198m, Islande)



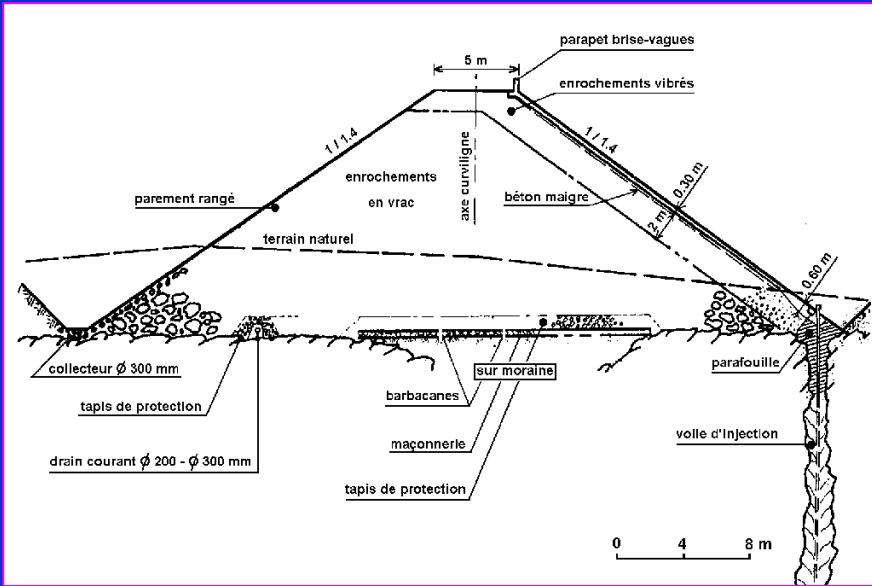
37/60

## BARRAGE DE LA SASSIÈRE



38/60

## BARRAGE DE LA SASSIÈRE



39/60

## BARRAGE DE LA SASSIÈRE



40/60

## BARRAGE DE LA SASSIÈRE



41/60

## BARRAGE DE LA SASSIÈRE



## BARRAGE DE LA SASSIÈRE



43/60

## BARRAGE DE LA SASSIÈRE



44/60

## BARRAGE DE TAUM SAUK - USA 2005



## BARRAGE DE TAUM SAUK - USA 2005



46/60

## BARRAGE DE TAUM SAUK - USA 2005



## BARRAGE DE CAMPOS NOVOS (h=200m)



48/60



## BARRAGE DE CAMPOS NOVOS (h=200m)



49/60

## BARRAGE DE CAMPOS NOVOS



50/60

## BARRAGE DE CAMPOS NOVOS



51/60

## BARRAGE DE CAMPOS NOVOS



52/60

## BARRAGE DE CAMPOS NOVOS



53/60

## BARRAGE DE CAMPOS NOVOS



54/60

## BARRAGE DE ZIPINGPU (CHINE)

- Enrochements + masque béton
- Construit en 2006
- H=156m
- Lcrête= 638m
- Vréservoir=1132hm<sup>3</sup>



55/60

## BARRAGE DE ZIPINGU (CHINE)



56/60

## BARRAGE DE ZIPINGPU (CHINE)



Séisme du Sichuan : 12 mai 2008  
M= 8 RICHTER

57/60

## BARRAGES D'ALTITUDE



58/60

## BARRAGES D'ALTITUDE

- Implantation au-dessus de zones habitées
- Qualité/Morphologie du terrain
- Agressions thermiques
- Impact des avalanches

59/60

## DIGUES À MASQUE

- Remblais en terre et non en enrochements
- Étanchéité par feuille ou masque bitumineux
- Revêtement du plafond du canal



60/60