

Barrages à contreforts

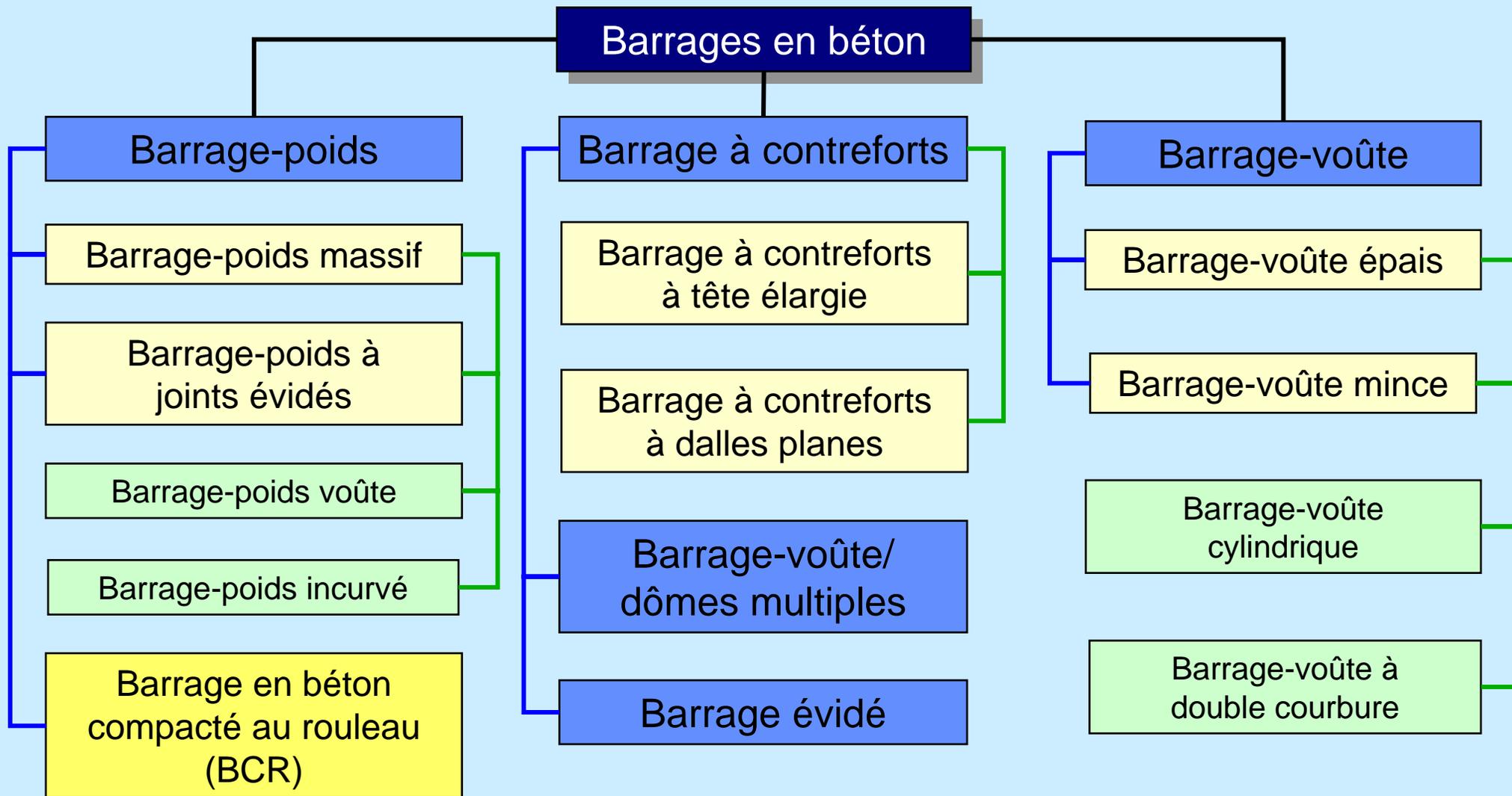
El Kansera, Maroc



El Kansera, Maroc

# Barrages en béton

## Barrages à contreforts



## Comparaison barrage poids - barrage à contreforts

### ⇒ Caractéristique d'un barrage poids

- ◆ forme simple, s'adapte facilement à la topographie
- ◆ volume de béton important
- ◆ contraintes faibles, béton peu sollicité  
(  $\sigma_{max} = \rho_b \cdot g \cdot h$  , dosage en ciment  $\geq 140 \text{ kg/m}^3$ )
- ◆ sous-pressions importantes et déterminantes pour la stabilité
- ◆ changement important de l'état de contraintes dans la fondation entre lac vide et plein (→ amplification de la déformation du rocher)
- ◆ accumulation importante de chaleur dans le massif de béton  
(→ refroidissement artificiel du béton nécessaire)

# Barrages en béton

## Barrages à contreforts

### Comparaison barrage poids - barrage évidé - barrage à contreforts

Barrage - poids

 **béton mal utilisé**

 *enlever du béton*

Barrage - poids à joints évidés

-  moins de béton
-  refroidissement plus aisé
-  drainage plus facile (réduction des sous-pressions)
-  stabilité réduite (moins de poids)
-  plus de coffrages
-  renforcement du noyau évidé par des étrésillons
-  **stabilité devient critique**

 *déplacer le centre de gravité vers l'amont*

 *élargir la base du barrage*

 *ouvrir le barrage à l'aval pour assurer le drainage*

Barrage - poids à contreforts

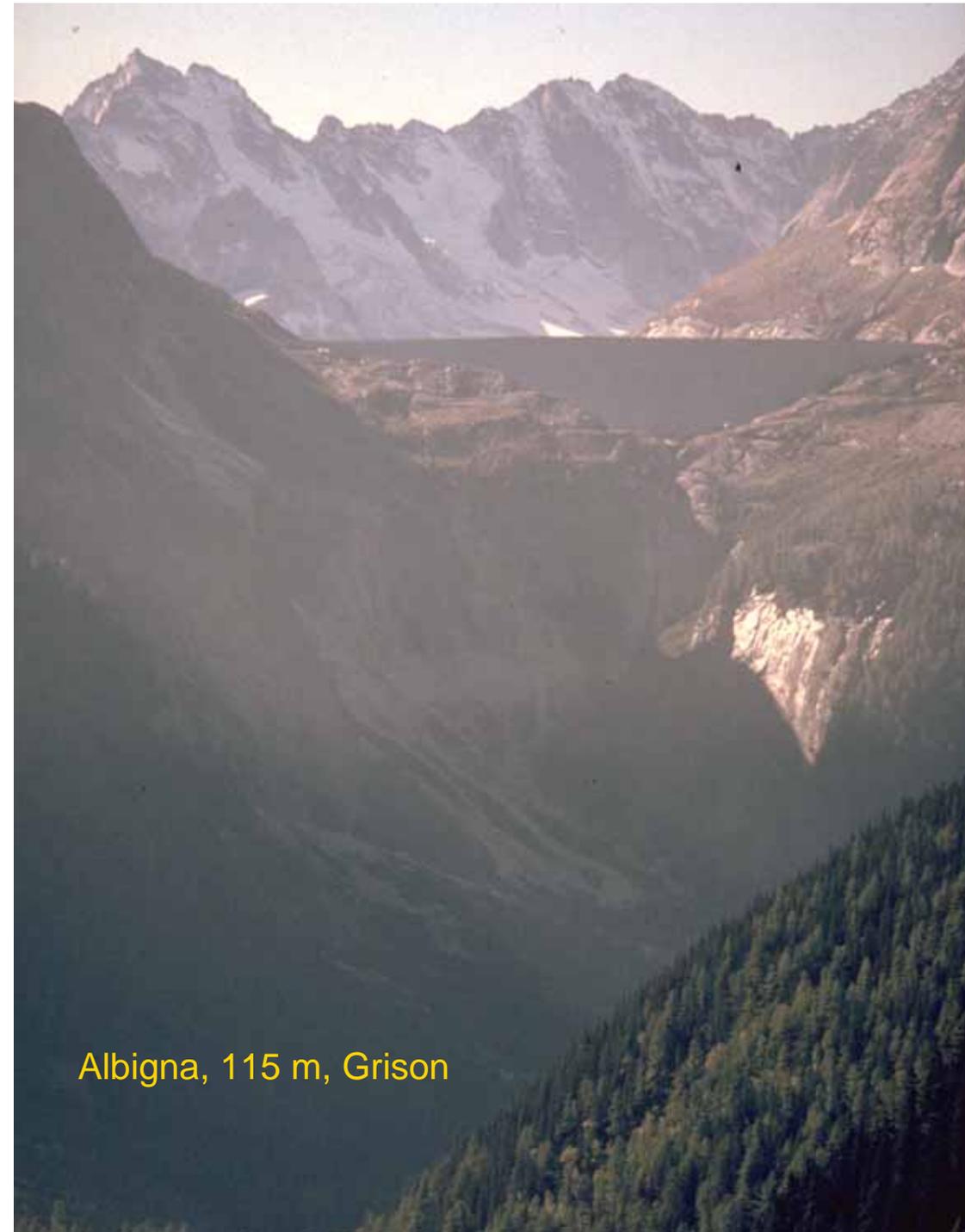
-  stabilité améliorée (composante verticale de la poussée de l'eau)
-  faibles sous-pressions (drainage libre)
-  volume de béton réduit (-25 à 30%)
-  dégagement aisé de chaleur
-  surface du coffrage
-  stabilité latérale en cas de séisme
-  fondation difficile des contreforts aux flancs de la vallée

## Marécottes, 18 m, 1923-1929 (A. Sarrasin)

QuickTime™ et un  
décompresseur TIFF (non compressé)  
sont requis pour visionner cette image.



Albigna, 115 m, Grison



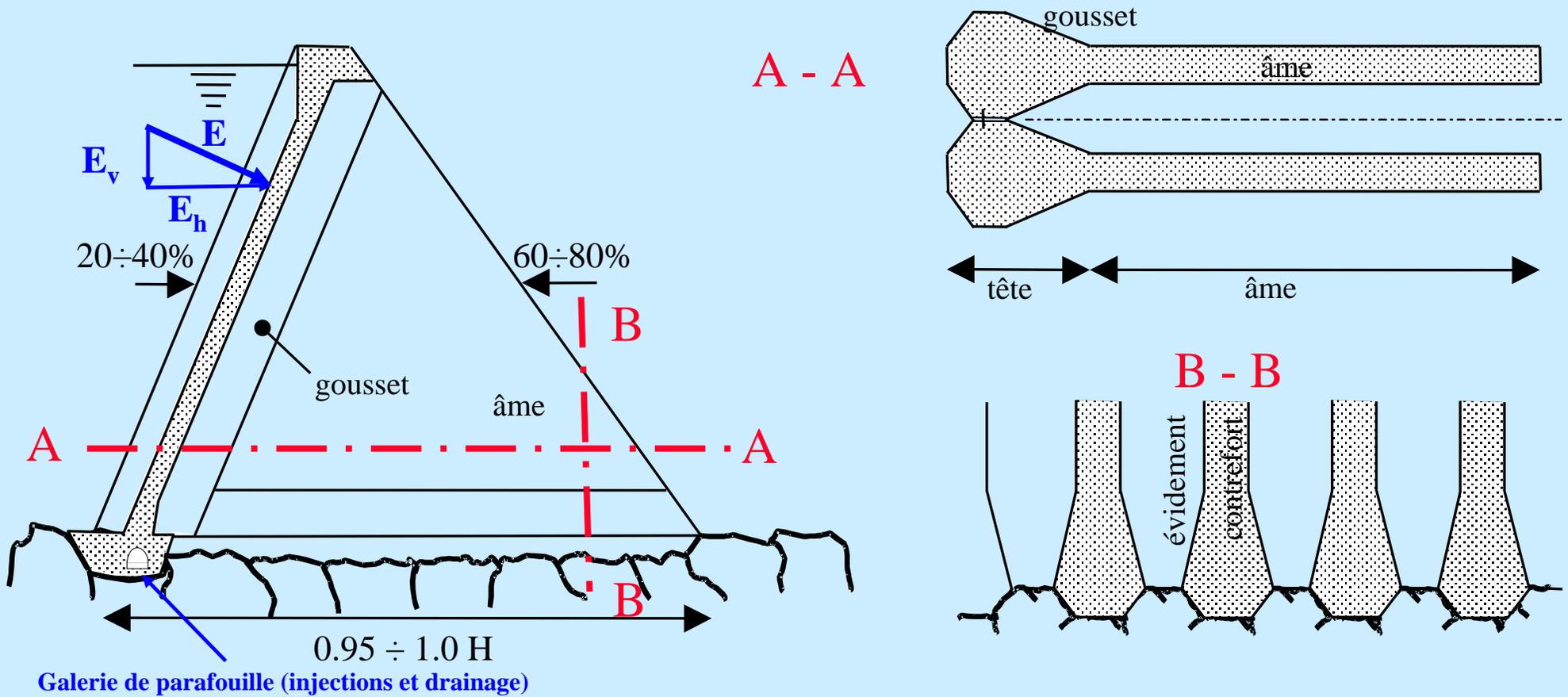
Albigna, 115 m, Grison

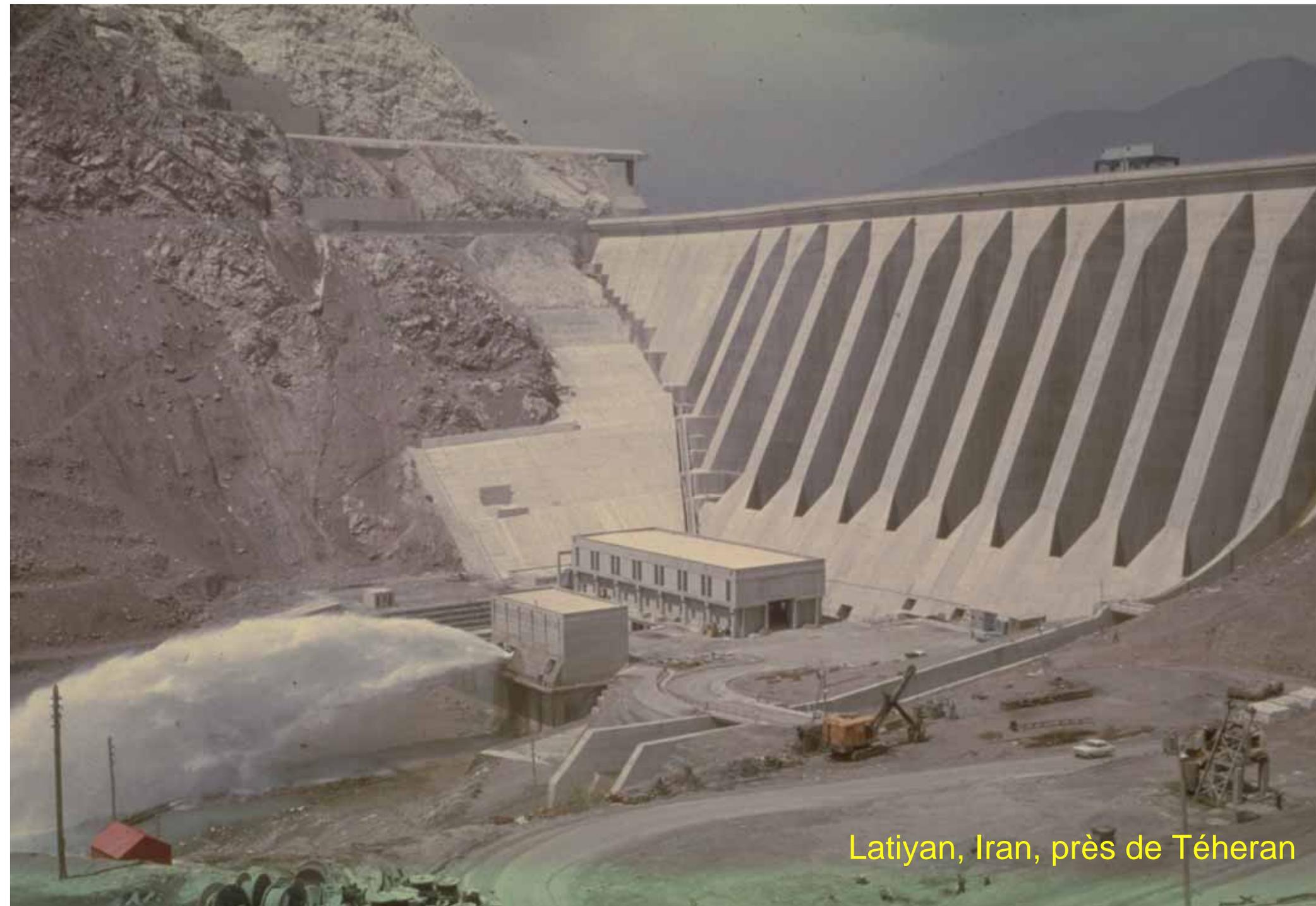


# Barrages en béton

## Barrages à contreforts

### Dispositions générales d'un barrage à contreforts





Latiyan, Iran, près de Téhéran

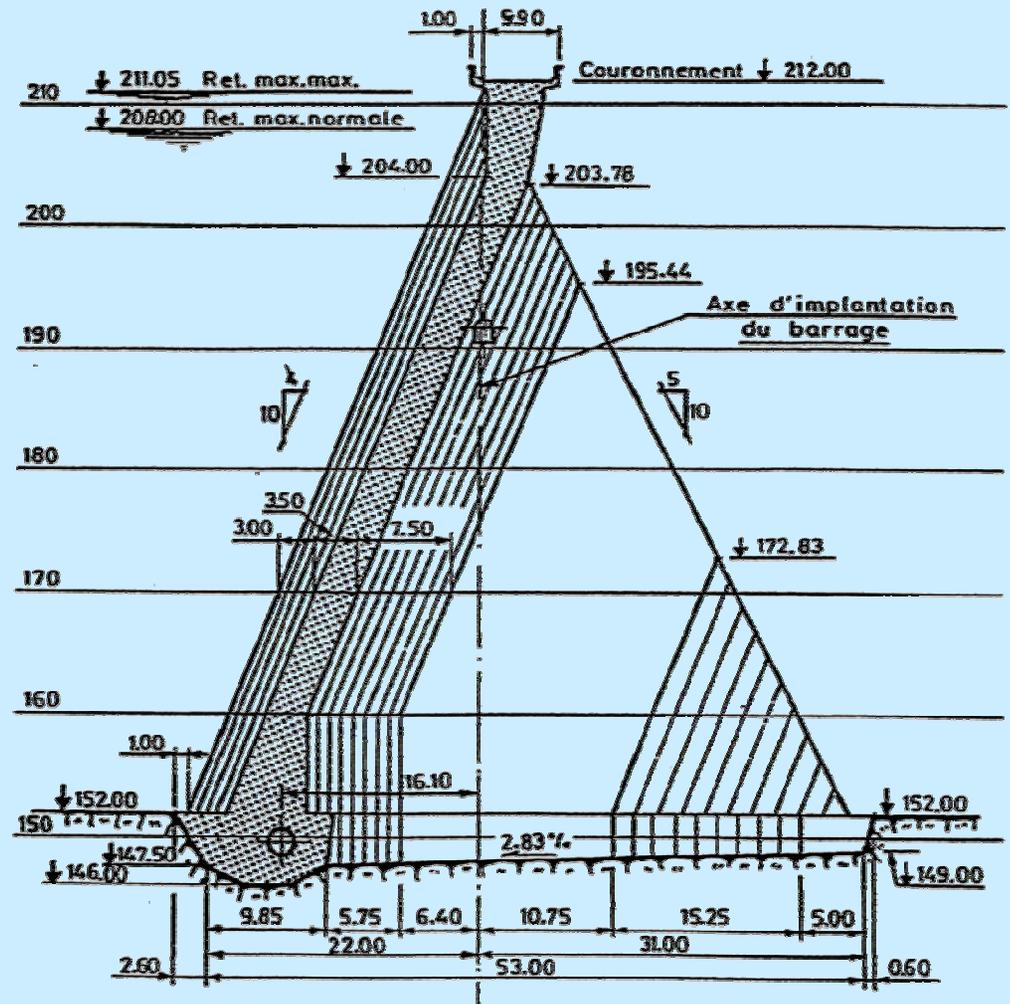
# Barrages en béton

## Barrages à contreforts

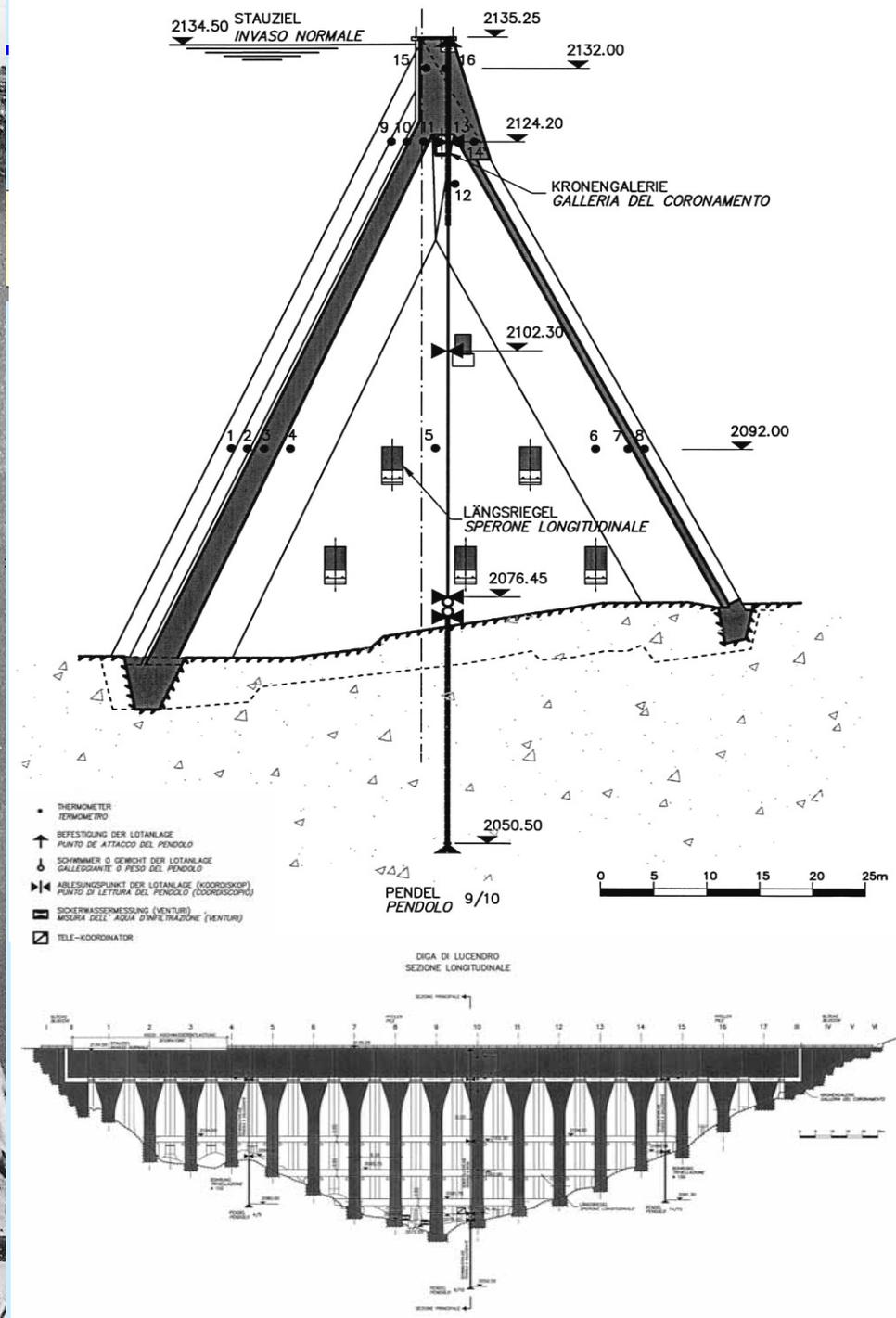
### Barrage à contreforts (Manantali, Mali)

Le plus haut:

	du monde	de la Suisse
Nom:	<b>José Maria Oriol</b> (Alcantara II, Espagne)	<b>Lucendro</b>
Hauteur:	<b>130 m</b>	<b>73 m</b>
Volume béton:	<b>956 · 10<sup>3</sup>m<sup>3</sup></b>	<b>154 · 10<sup>3</sup>m<sup>3</sup></b>









№ 646 25.7.19



## Barrages en béton

### Barrages à contreforts

# Barrages au Valais avec une hauteur plus grande que 60 m

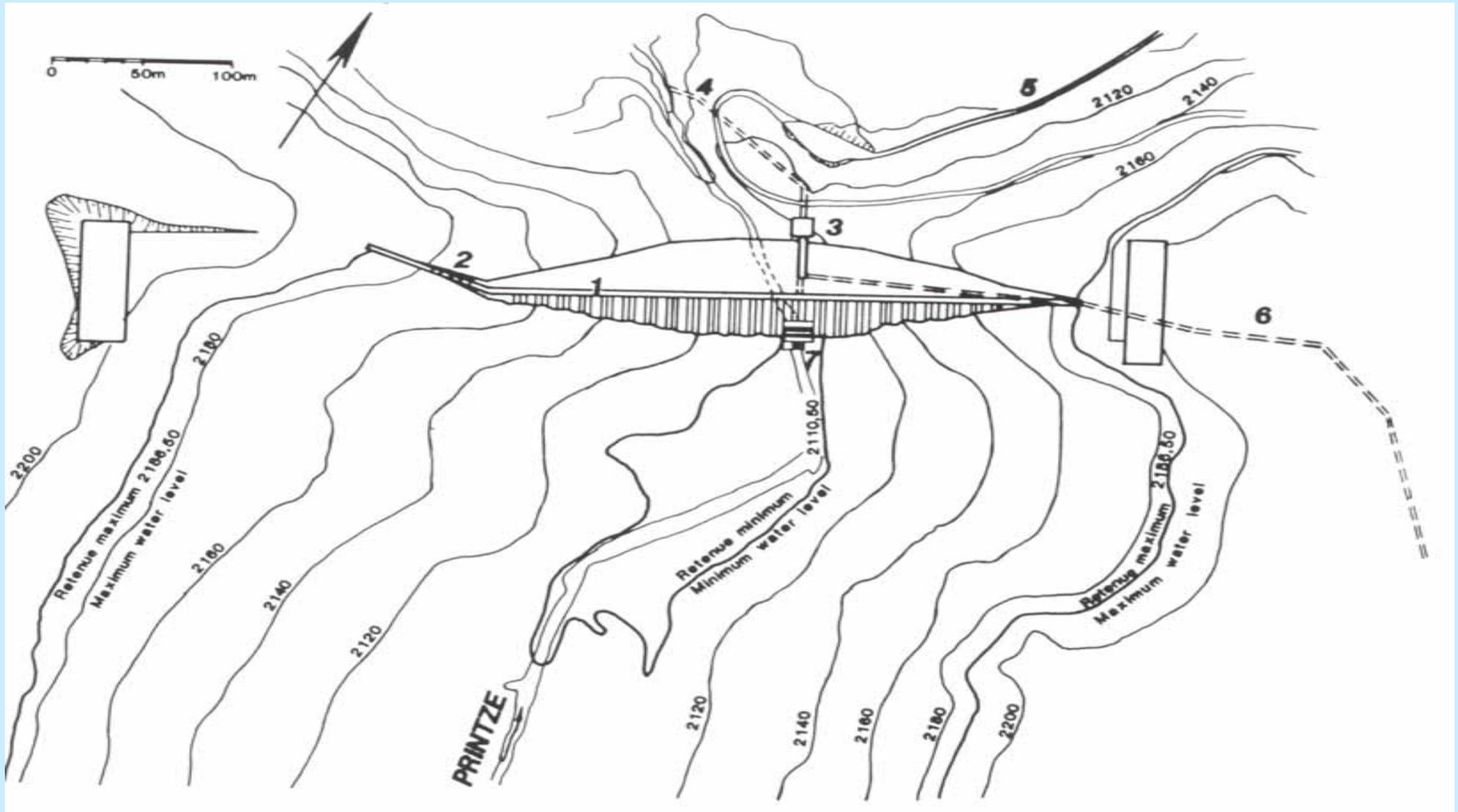
## Barrage de Cleuson:

- Hauteur 87 m
- Volume de la retenue:  
20 Mio m<sup>3</sup>
- Mise en service 1950

QuickTime™ et un  
décompresseur TIFF (non compressé)  
sont requis pour visionner cette image.

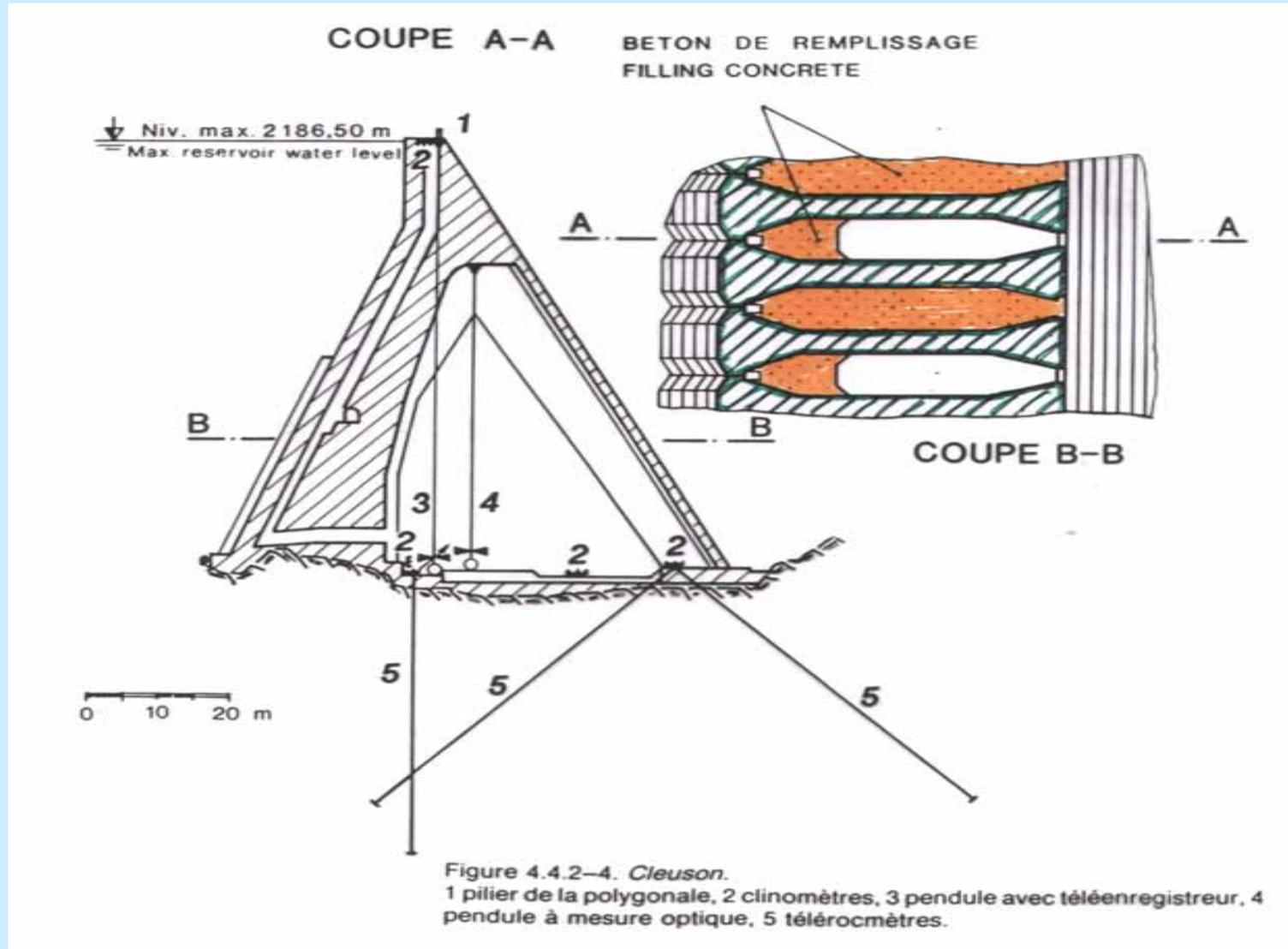
# Barrages en béton

## Barrages à contreforts



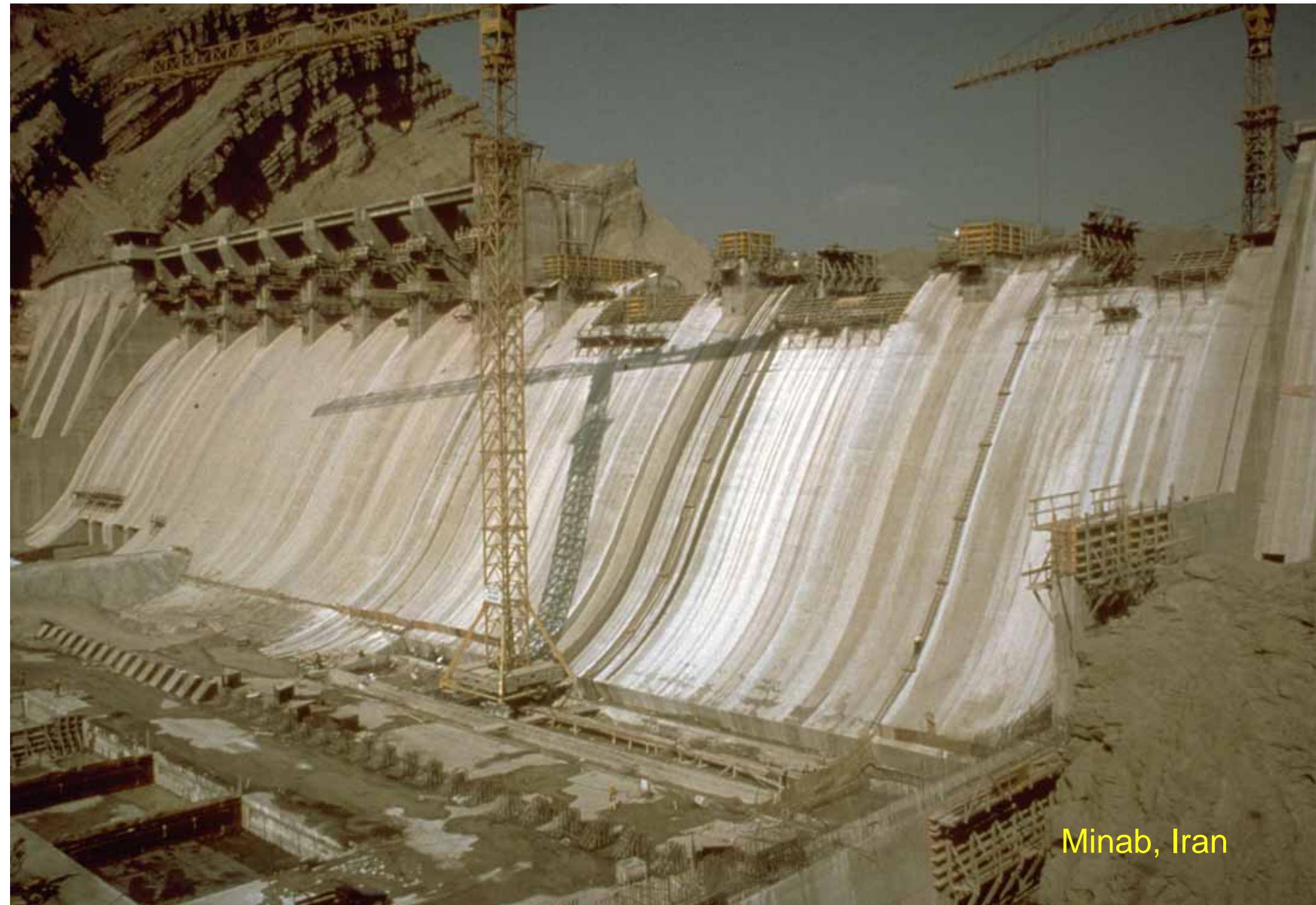
# Barrages en béton

## Barrages à contreforts





Minab, Iran

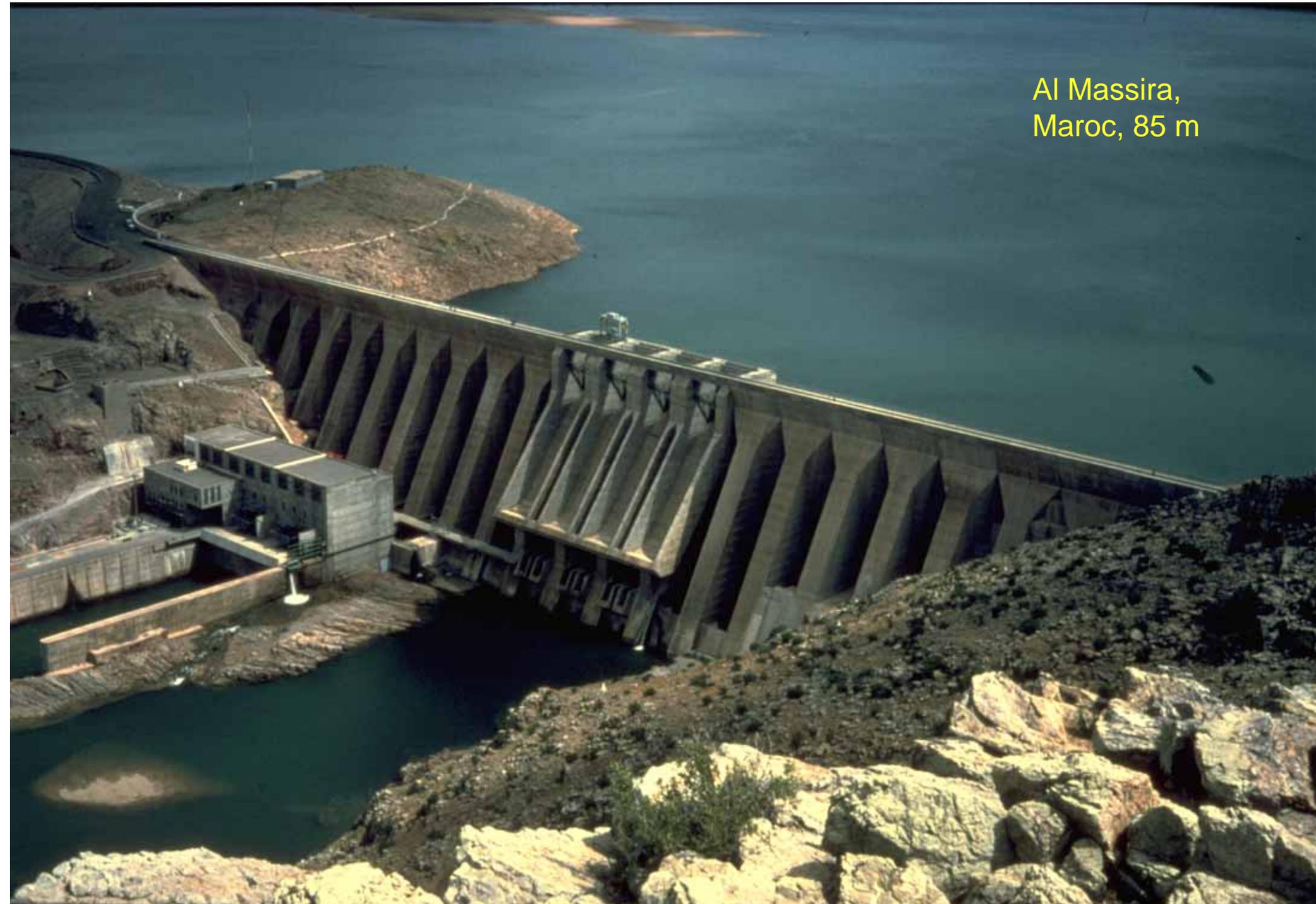


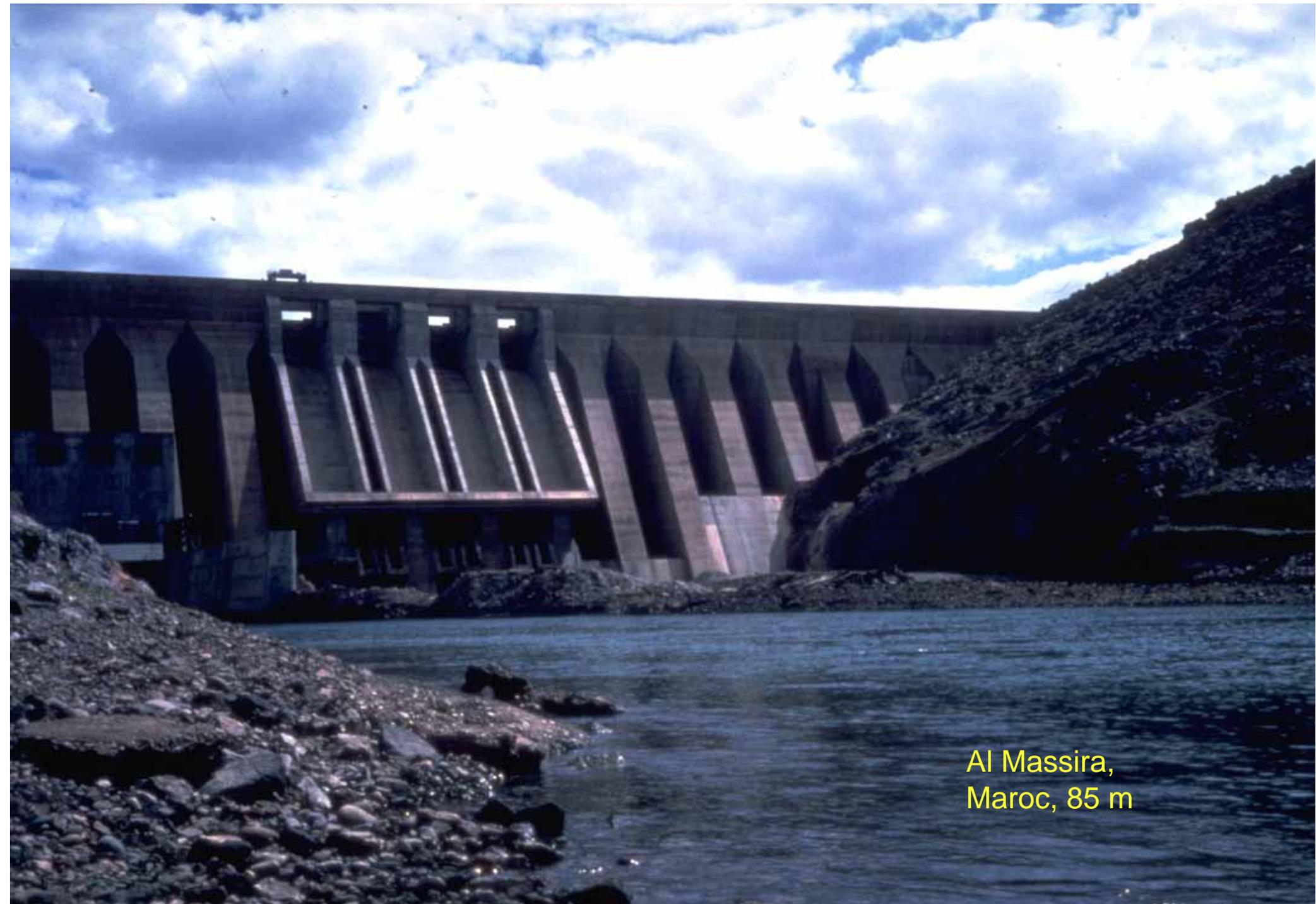
Minab, Iran

Almendra, Espagne, 198 m



Al Massira,  
Maroc, 85 m

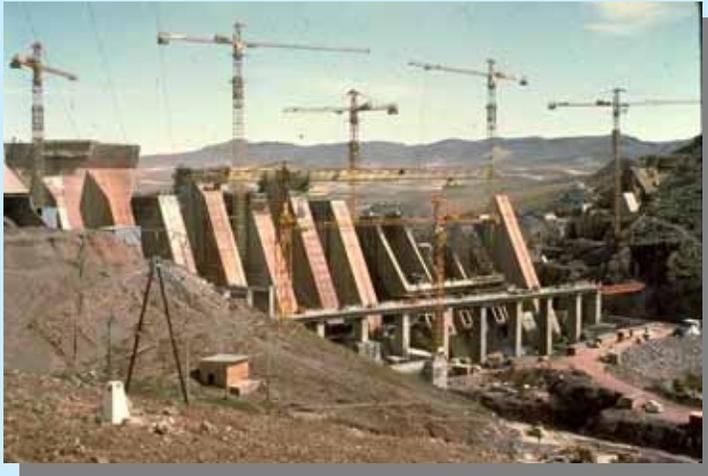




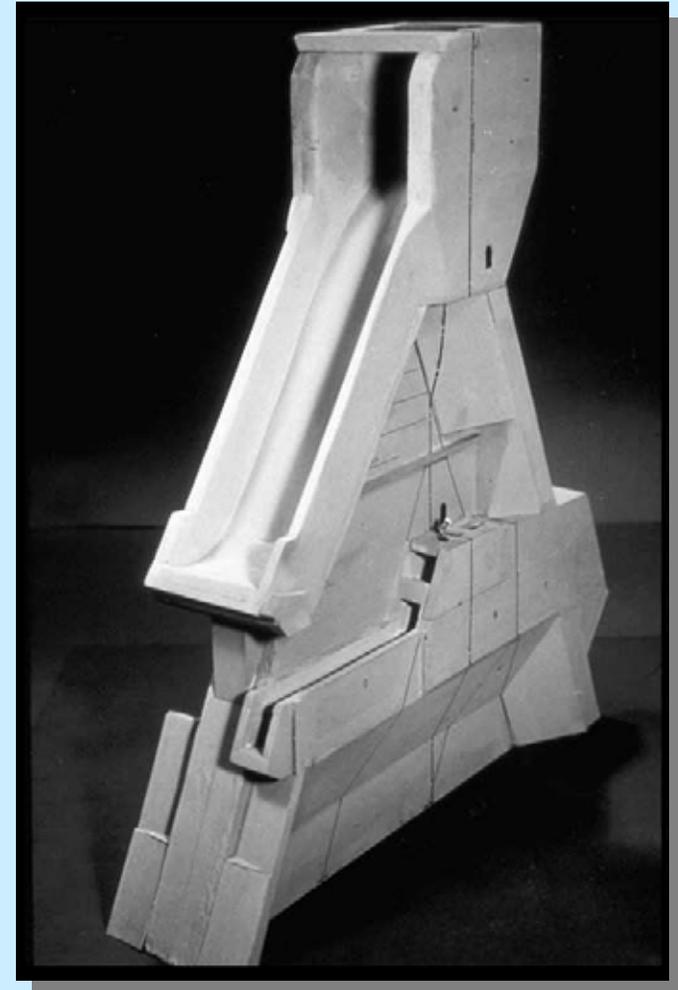
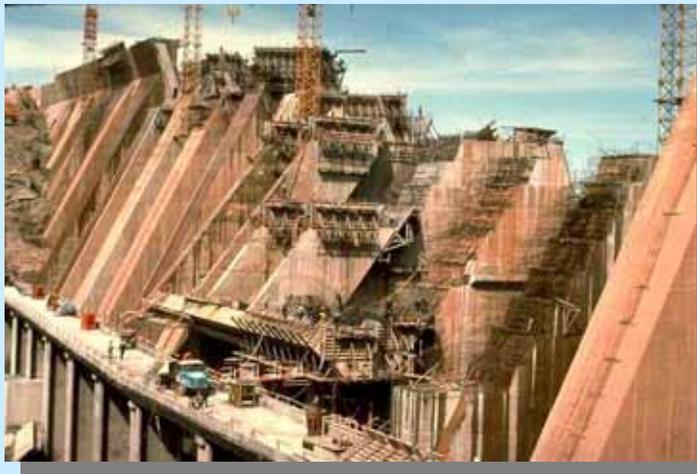
Al Massira,  
Maroc, 85 m

# Barrages en béton

## Barrages à contreforts

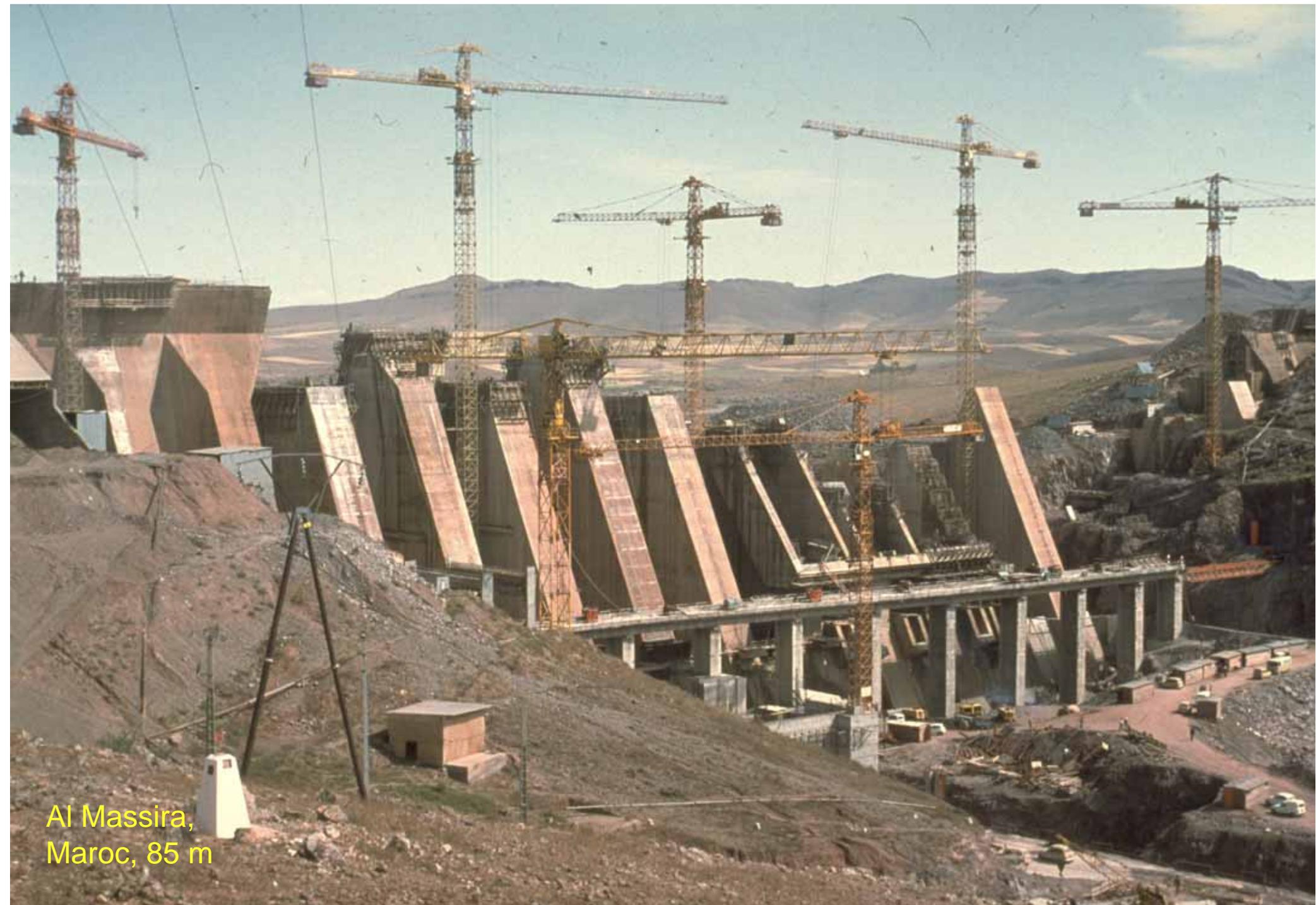


Al Massira,  
Maroc, 85 m





Al Massira,  
Maroc, 85 m



Al Massira,  
Maroc, 85 m

Al Massira,  
Maroc, 85 m



Al Massira,  
Maroc, 85 m

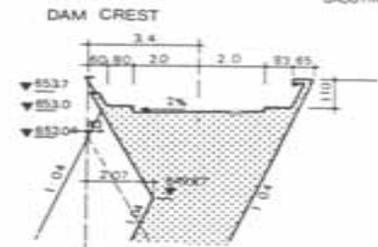
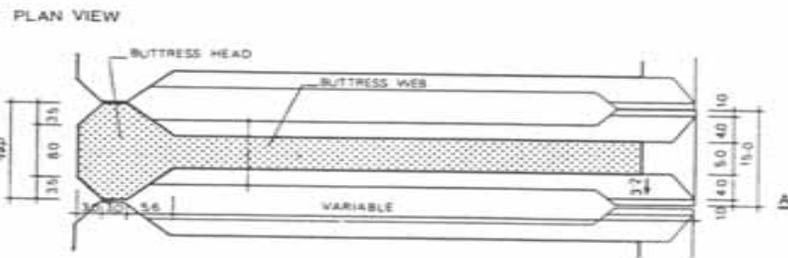
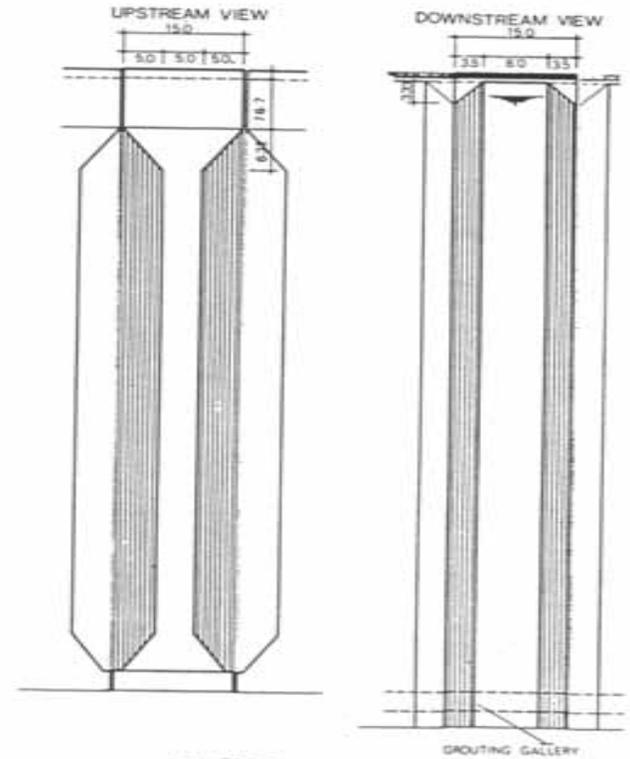
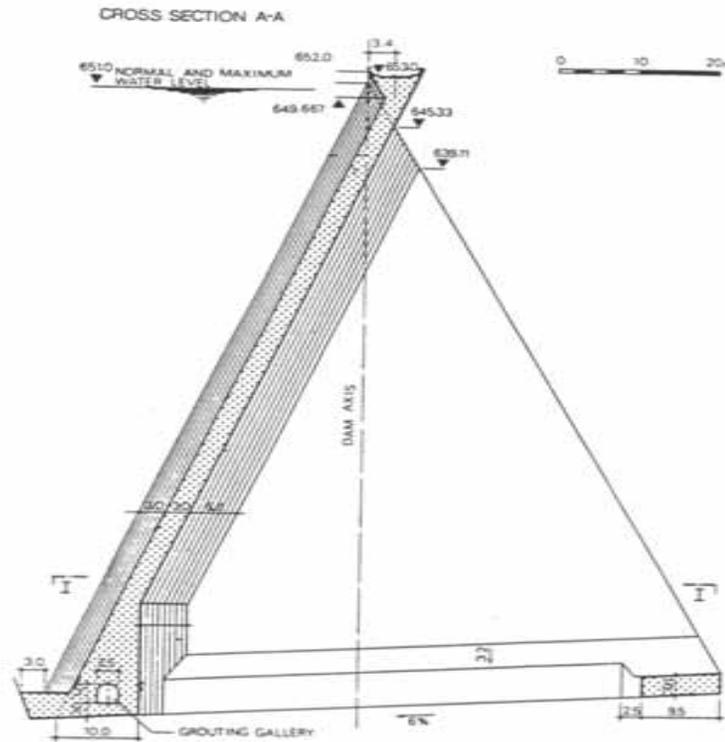




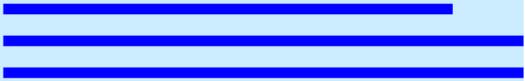
Tamzaourt,  
Maroc, 94 m, 1981



## NORMAL BUTTRESS

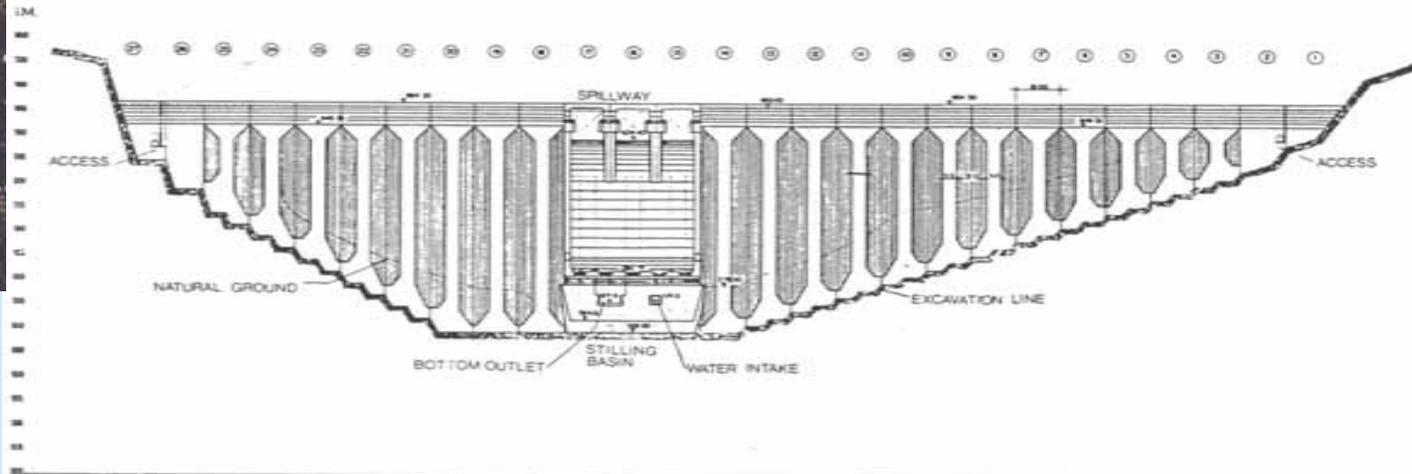


Tamzaourt,  
Maroc, 94 m, 1981

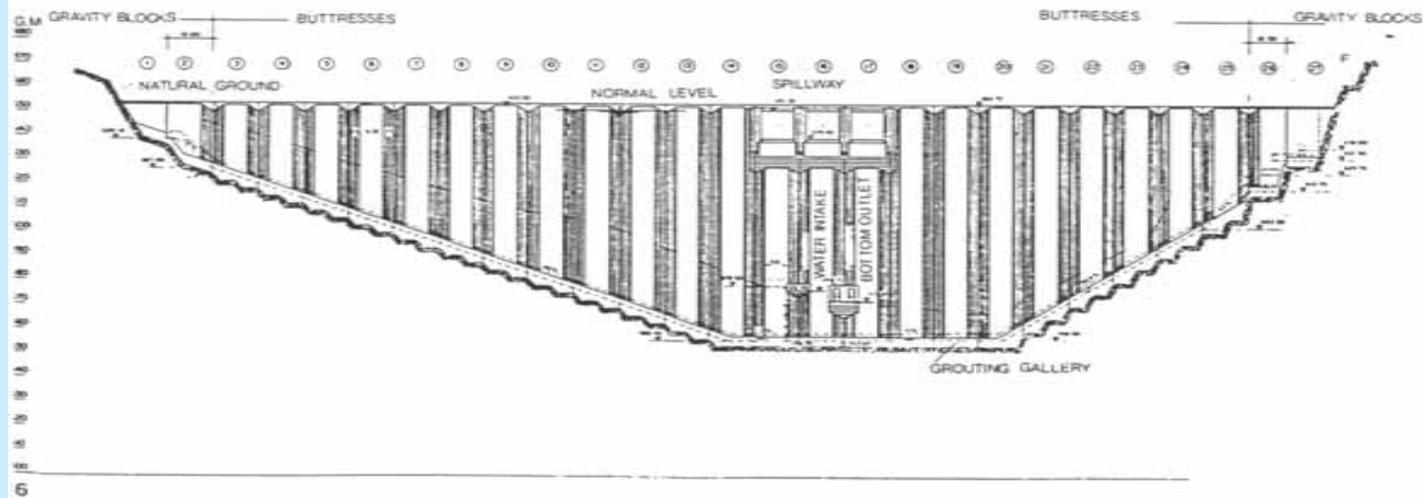


# BUTTRESS DAM

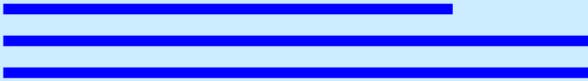
DOWNSTREAM FRONT VIEW



UPSTREAM FRONT VIEW

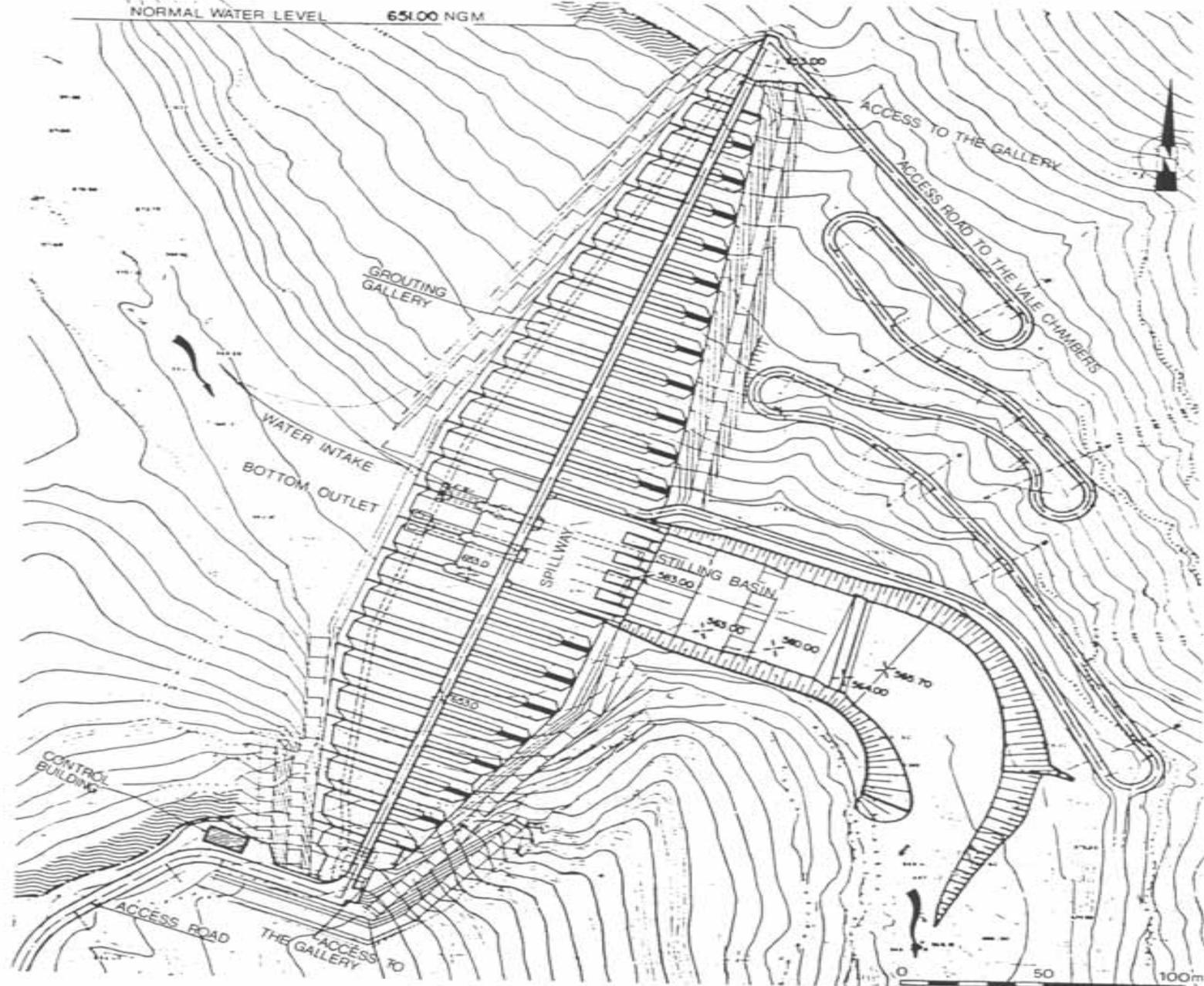


Tamzaourt,  
Maroc, 94 m, 1981

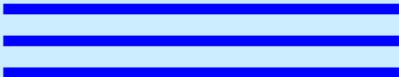


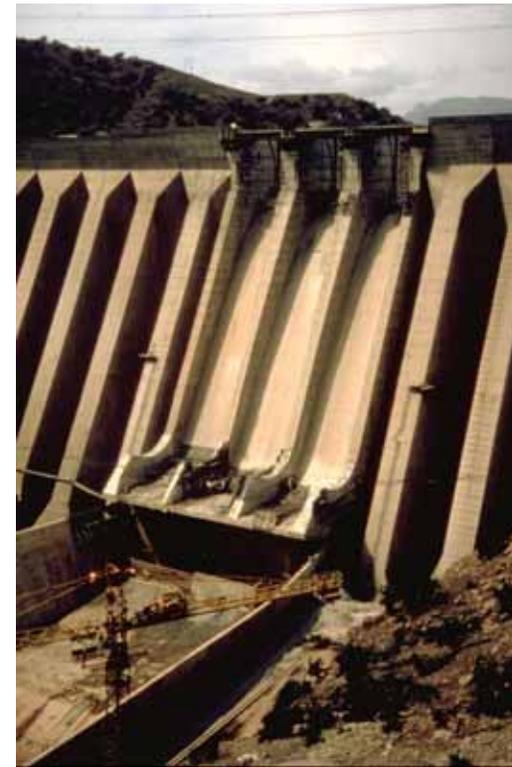


# PLAN VIEW OF THE DAM

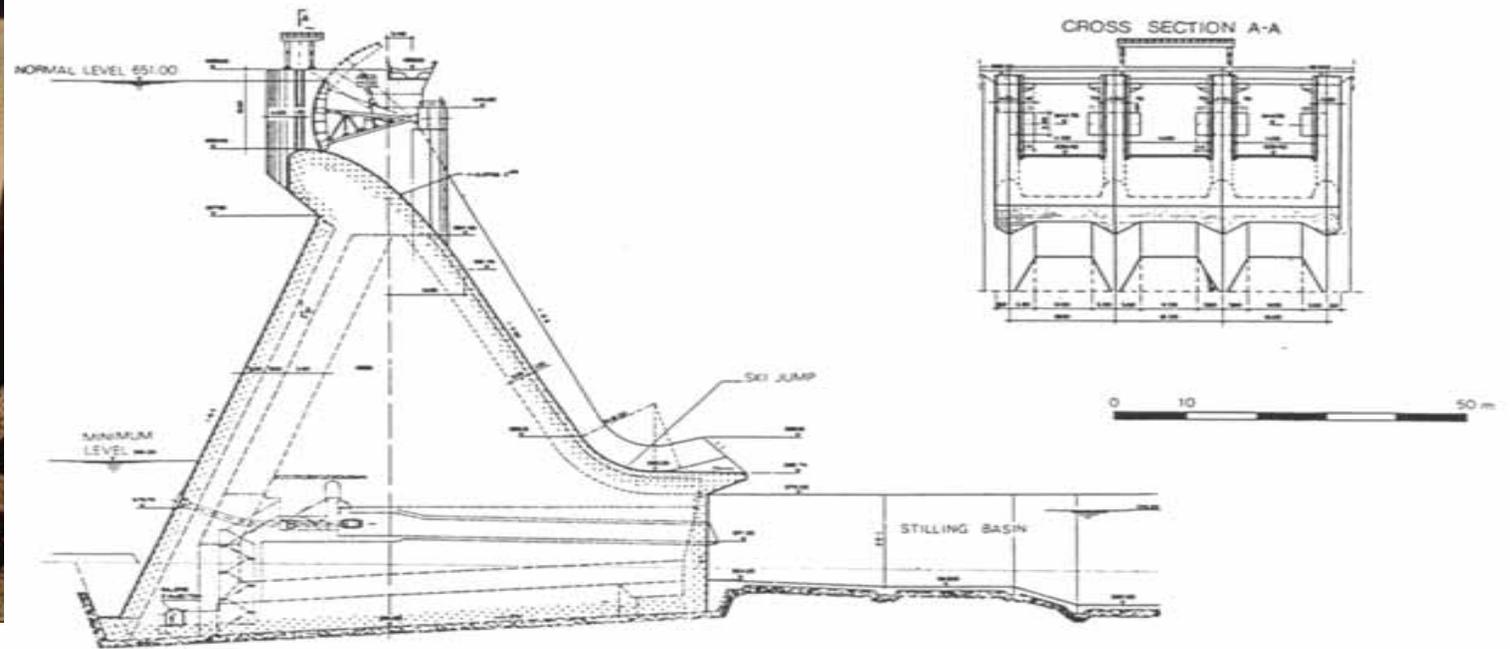


Tamzaourt,  
Maroc, 94 m, 1981

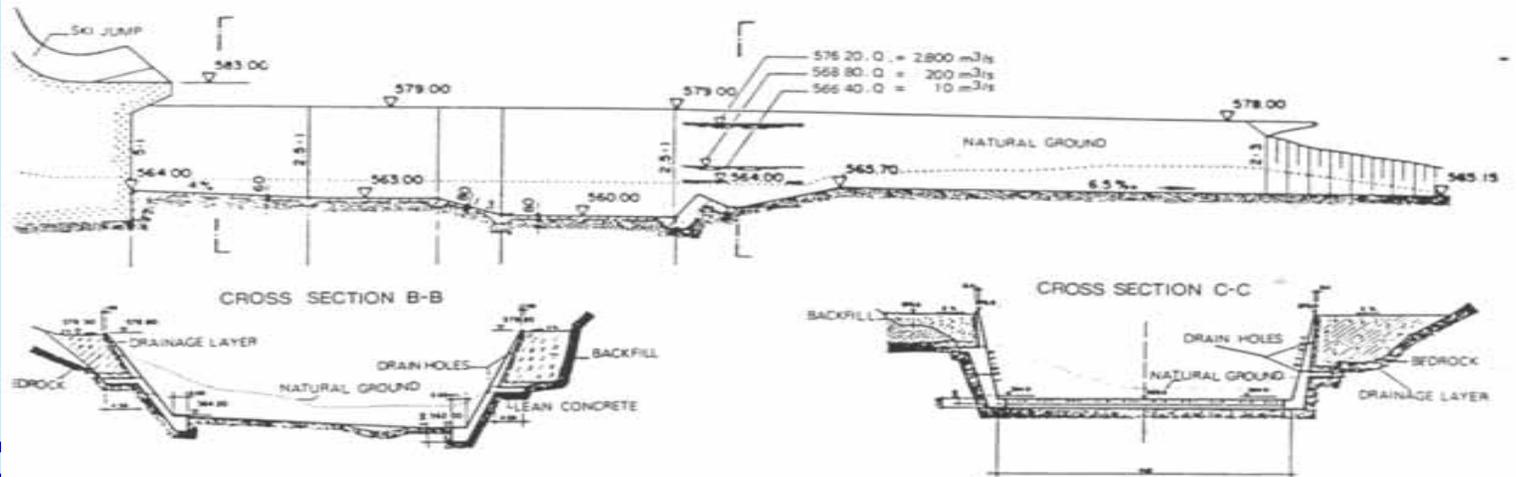




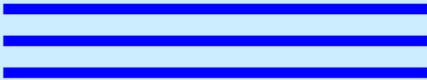
## BUTTRESS WITH SPILLWAY

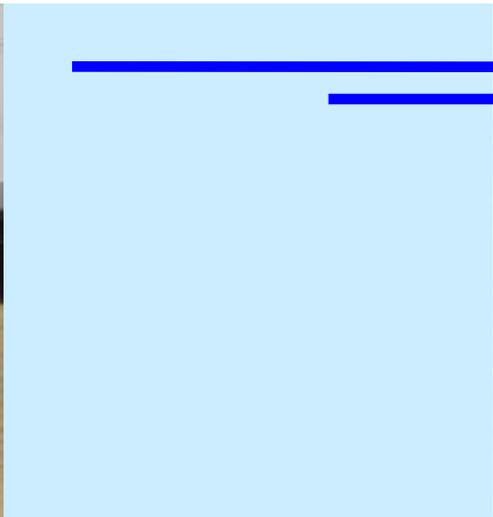
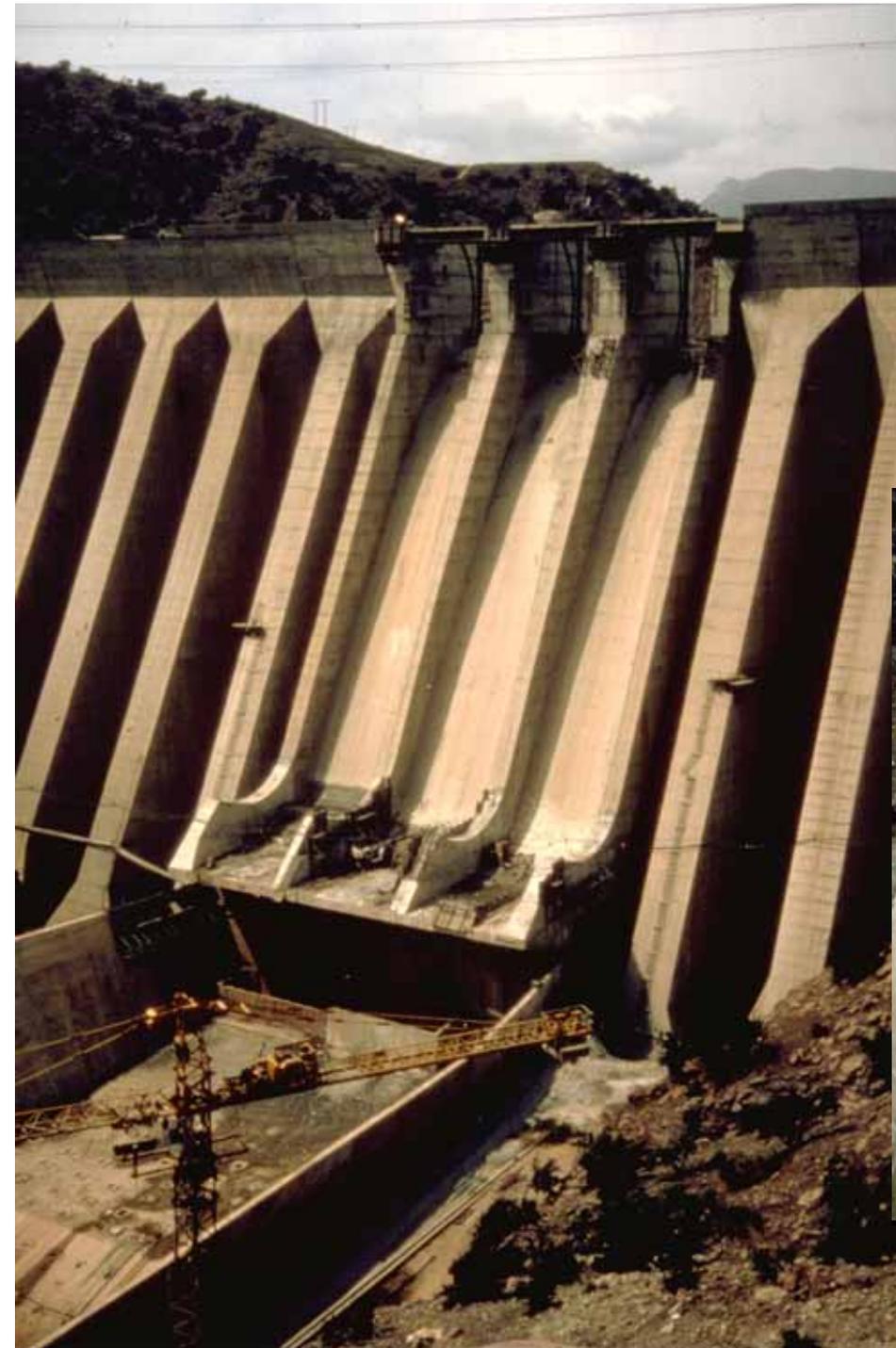


## STILING BASIN



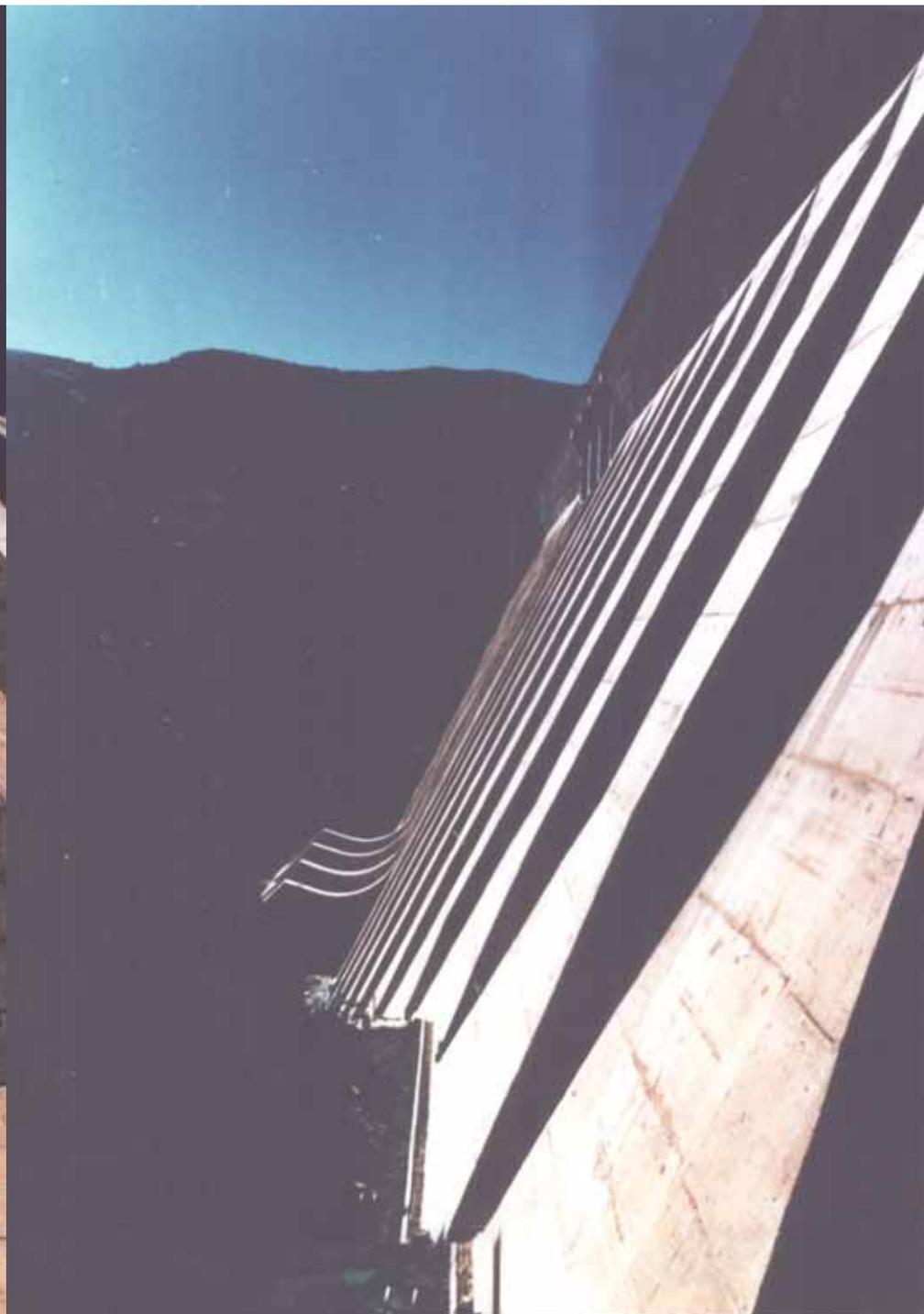
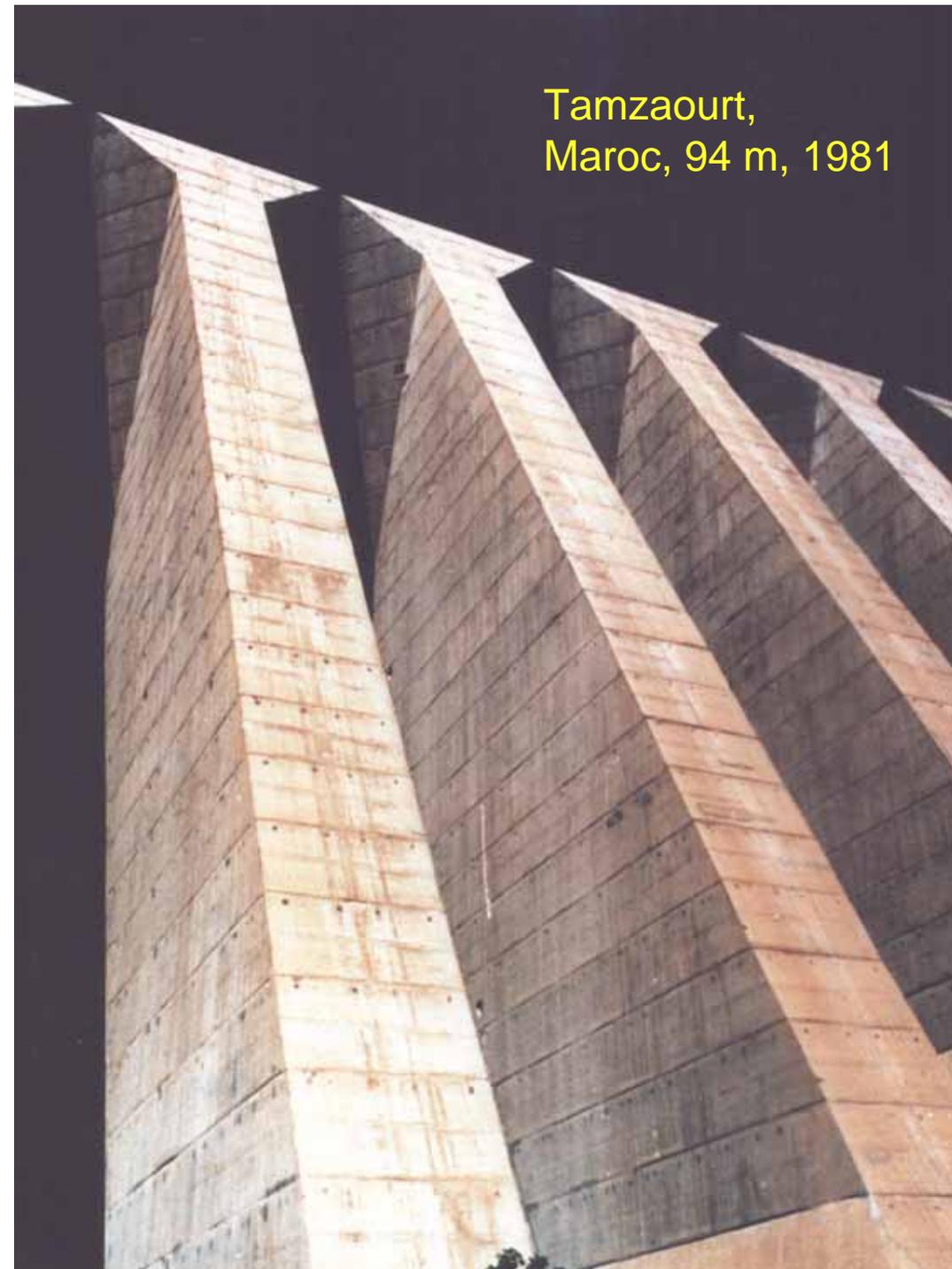
Tamzaourt,  
Maroc, 94 m, 1981



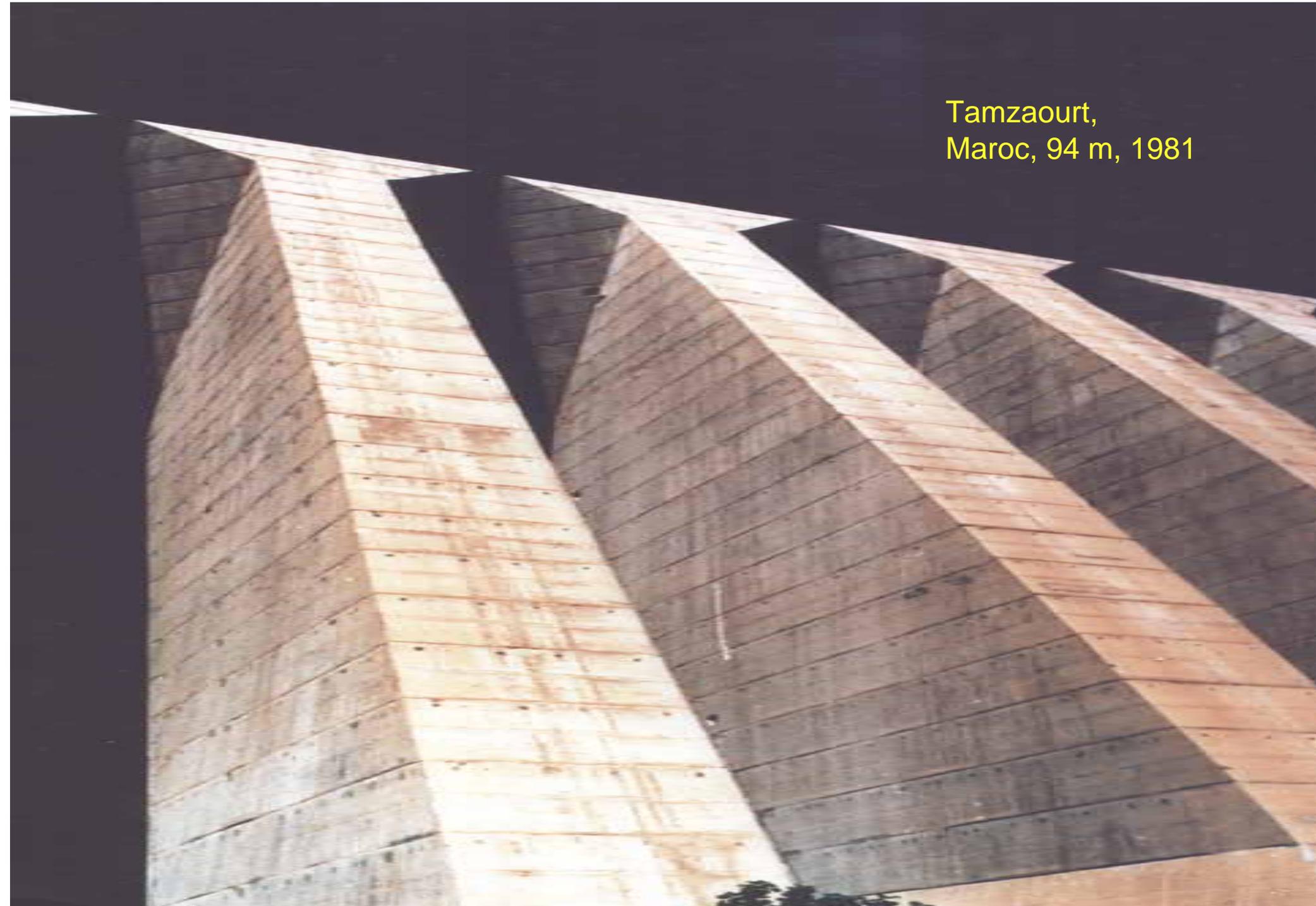


Tamzaourt,  
Maroc, 94 m, 1981

Tamzaourt,  
Maroc, 94 m, 1981



Tamzaourt,  
Maroc, 94 m, 1981



## Barrage évidé

⇒ Cas particulier d'un barrage à contrefort: masque aval est continu

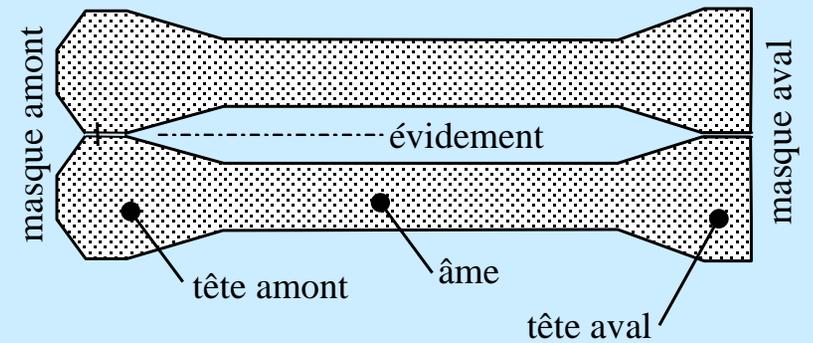
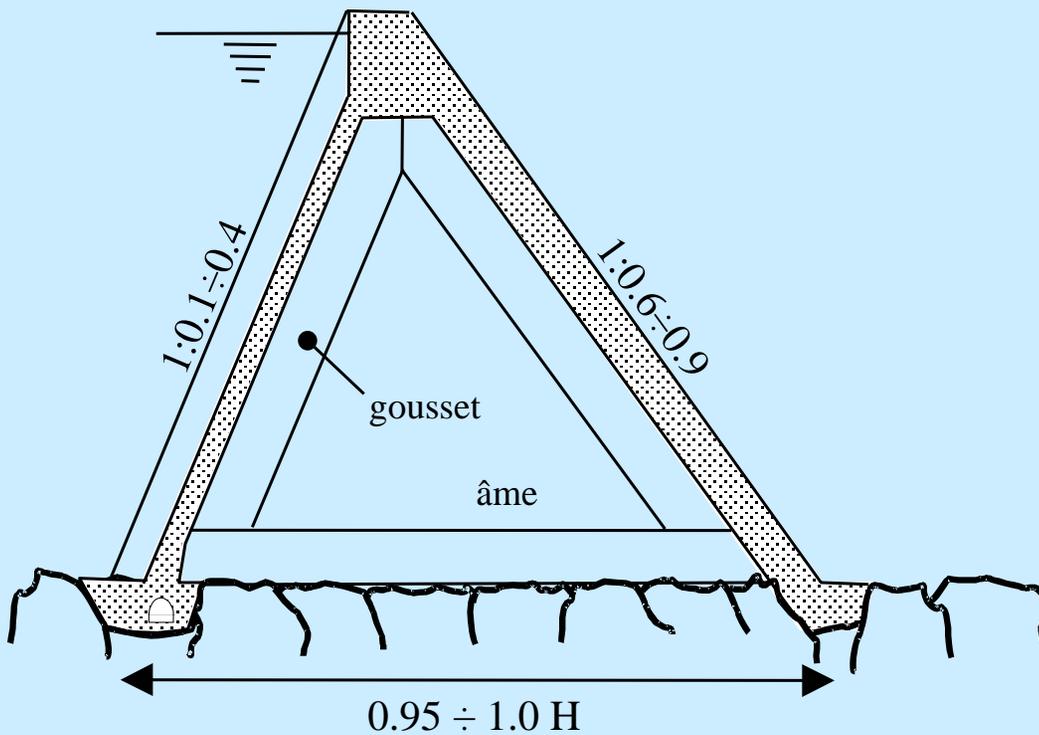
⇒ Objectifs d'un masque aval

- ◆ réduire la vulnérabilité
- ◆ protéger l'âme contre l'action du gel
- ◆ réduire l'effet de la température
- ◆ augmenter la stabilité latérale au cas de tremblements de terre

# Barrages en béton

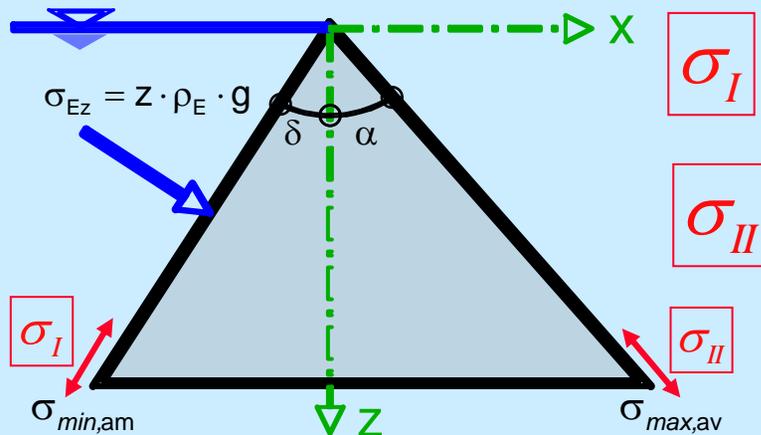
## Barrages à contreforts

### Dispositions générales d'un barrage évidé



### Contraintes dans le contrefort

⇒ contraintes principales (sur les parements): lac plein

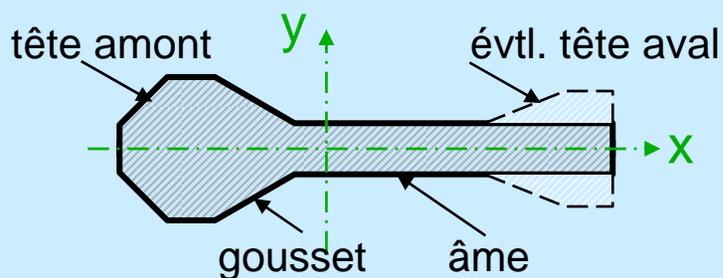


$$\sigma_{max,av} = \sigma_{z,av} (1 + \tan^2 \alpha)$$

$$\sigma_{min,am} = \sigma_{z,am} (1 + \tan^2 \alpha) - \sigma_{Ez} \cdot \tan^2 \delta$$

$$\sigma_{min,am} \geq 0 \Rightarrow \sigma_{z,am} \geq \sigma_{Ez} \cdot \sin^2 \delta$$

⇒ contraintes verticales

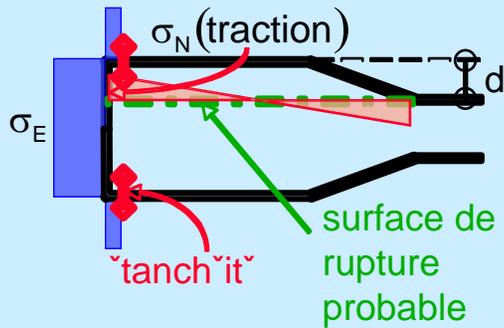


$$\sigma_z = \frac{N}{A} \pm \frac{M_y}{J_y} \cdot x$$

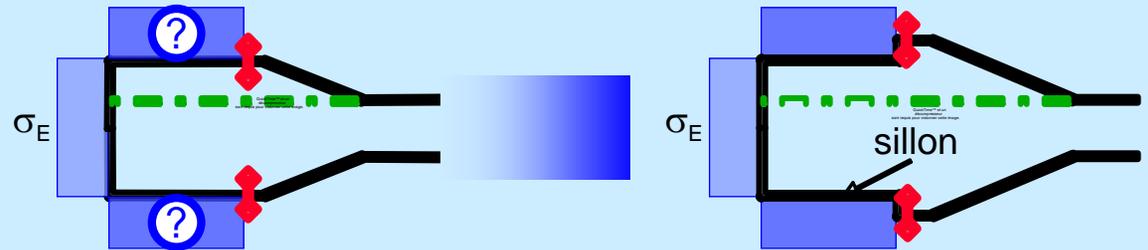
# Barrages en béton

## Barrages à contreforts

### Choix de la forme de la tête amont



a

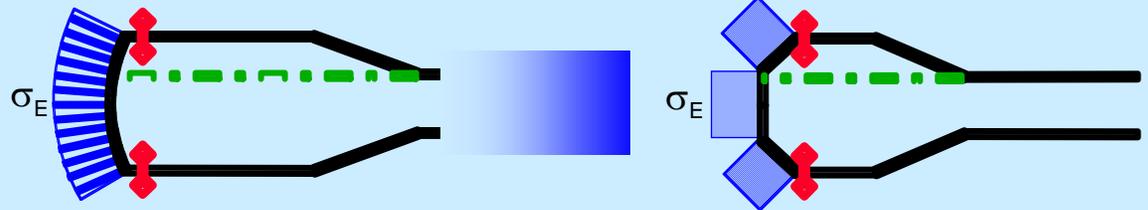


existence de la pression latérale discutable

mieux

T te ronde

b

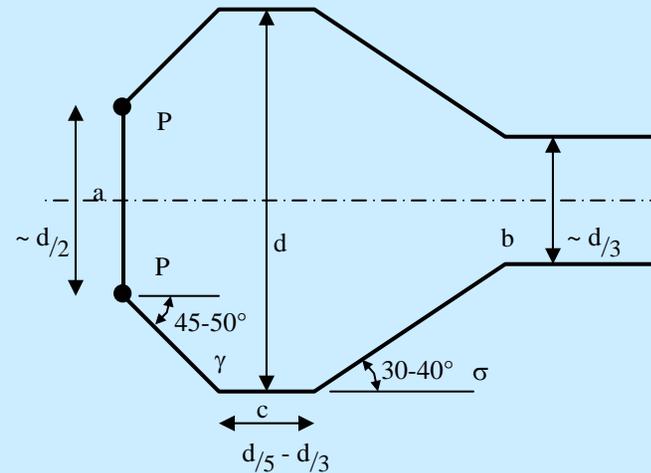


coffrages compliqués

mieux

### Optimisation de la tête en diamant

→ Objectif:  
éliminer les tractions dans les points P dues à la poussée de l'eau et au poids propre de la tête de contrefort



→ Exemples:

Barrage Al Massira, Maroc

$H = 82 \text{ m}$  (1980)  
 $d = 15 \text{ m}$   
 $a = 8 \text{ m}$   
 $b = 6 \text{ m}$   
 $c = 3 \text{ m}$   
 $\gamma = 60^\circ$   
 $\delta = 28^\circ$

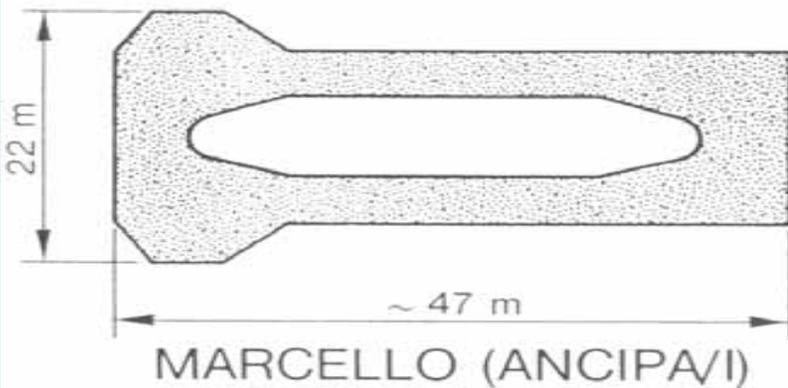
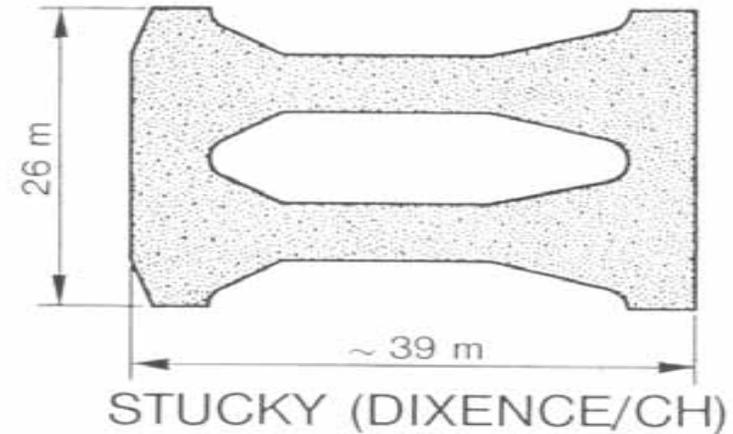
Barrage Tamzaourt, Maroc

$H = 94 \text{ m}$  (1981)  
 $d = 15 \text{ m}$   
 $a = 8 \text{ m}$   
 $b = 5 \text{ m}$   
 $c = 3 \text{ m}$   
 $\gamma = 49^\circ$   
 $\delta = 32^\circ$

# Barrages en béton

## Barrages à contreforts

### Optimisation de la tête en diamant



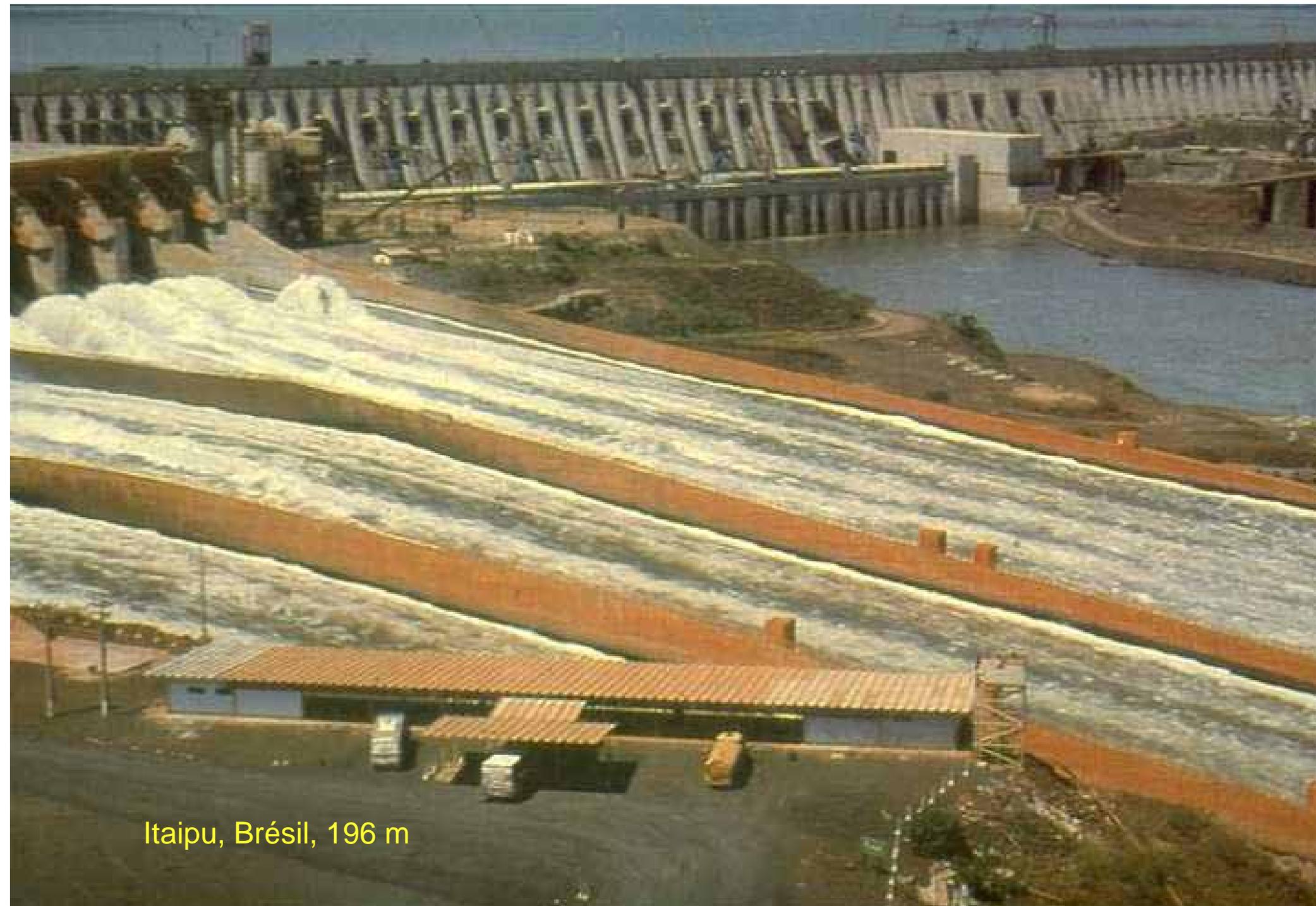


Itaipu, Brésil, 196 m

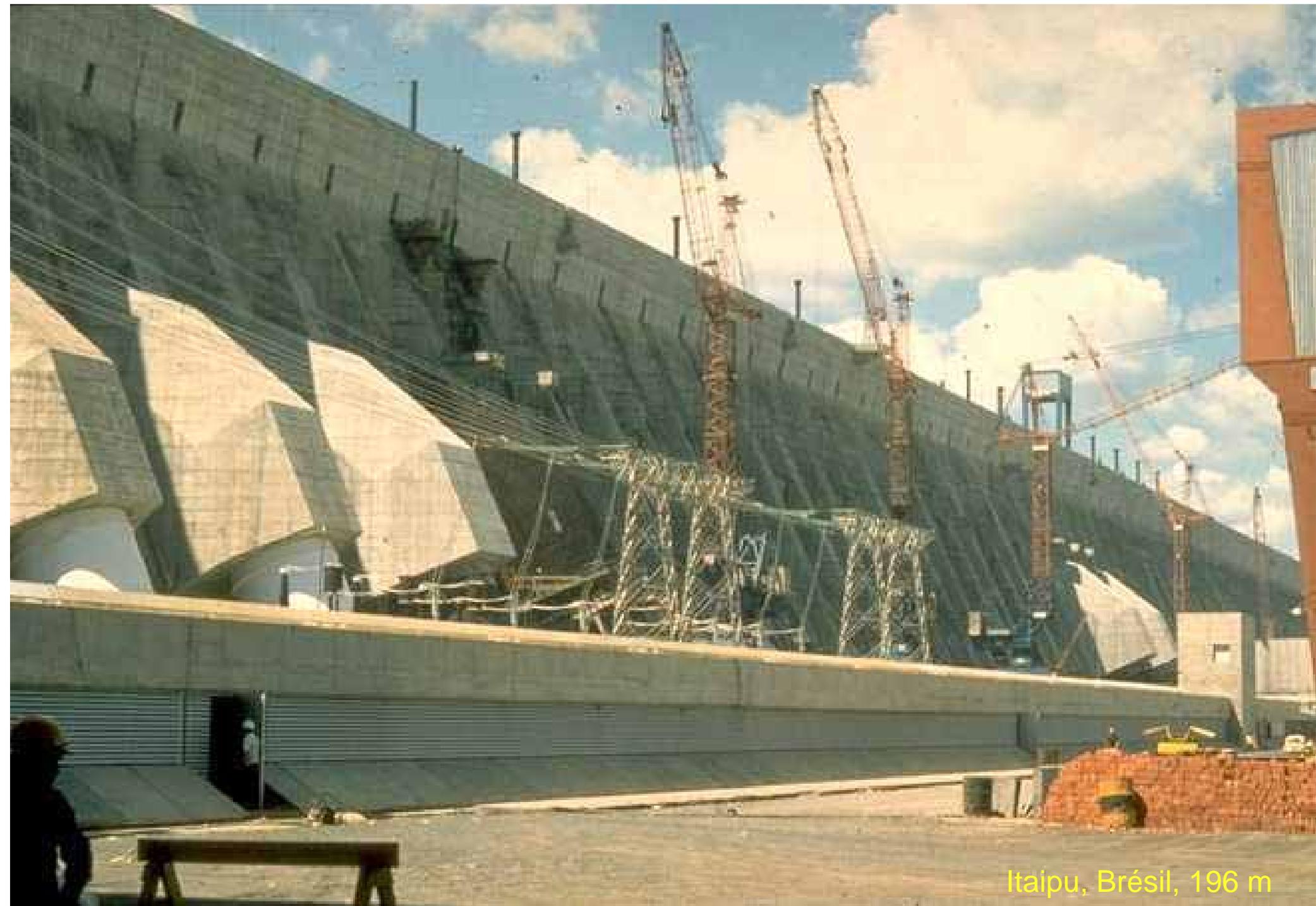


Itaipu, Brésil, 196 m

87 4 28



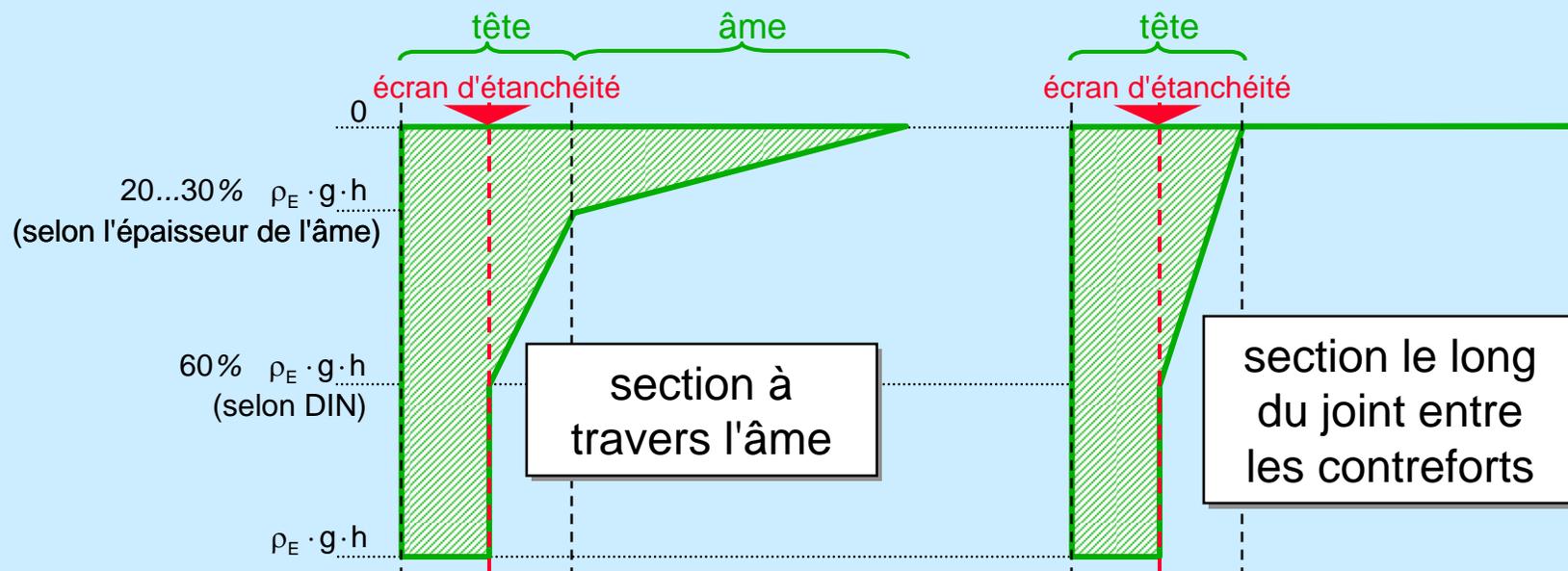
Itaipu, Brésil, 196 m



Itaipu, Brésil, 196 m

### Sécurité au renversement et au glissement

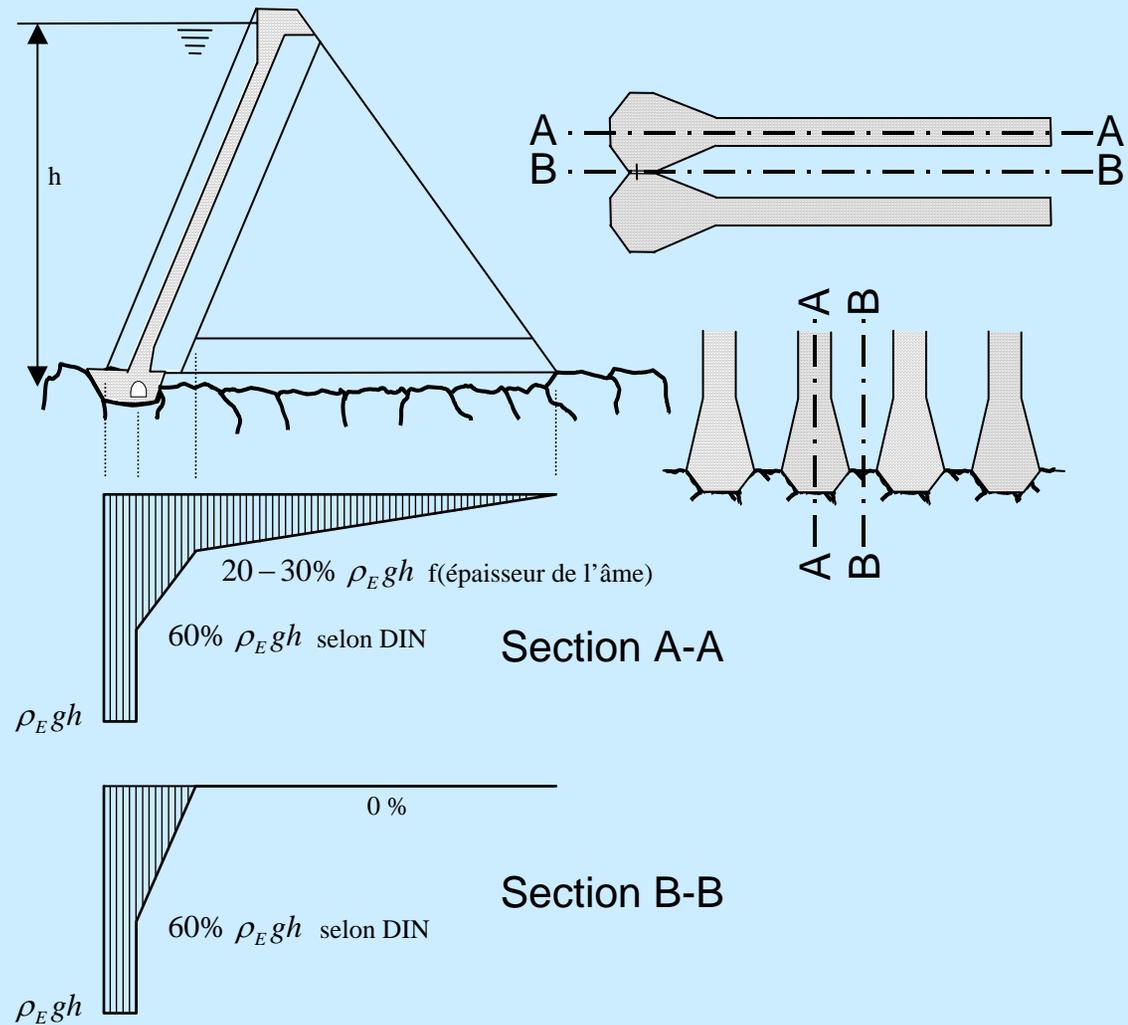
- ⇒ Méthode de calcul équivalente aux barrages-poids  
centre de gravité du noyau des sections horizontales doivent être déterminés en tenant compte de la forme exacte
- ⇒ hypothèse des sous-pressions



# Barrages en béton

## Barrages à contreforts

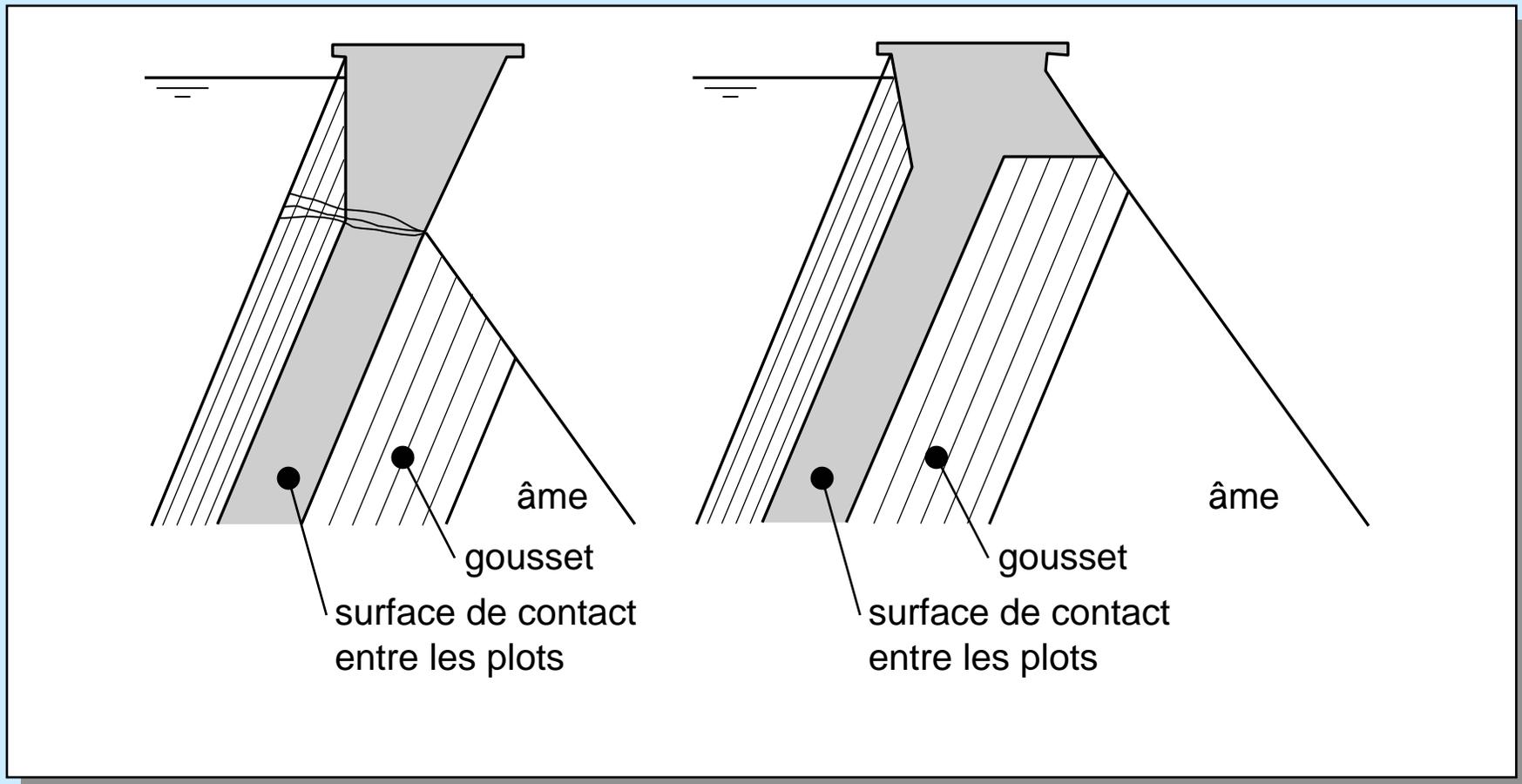
### Diagramme de sous-pressions



# Barrages en béton

## Barrages à contreforts

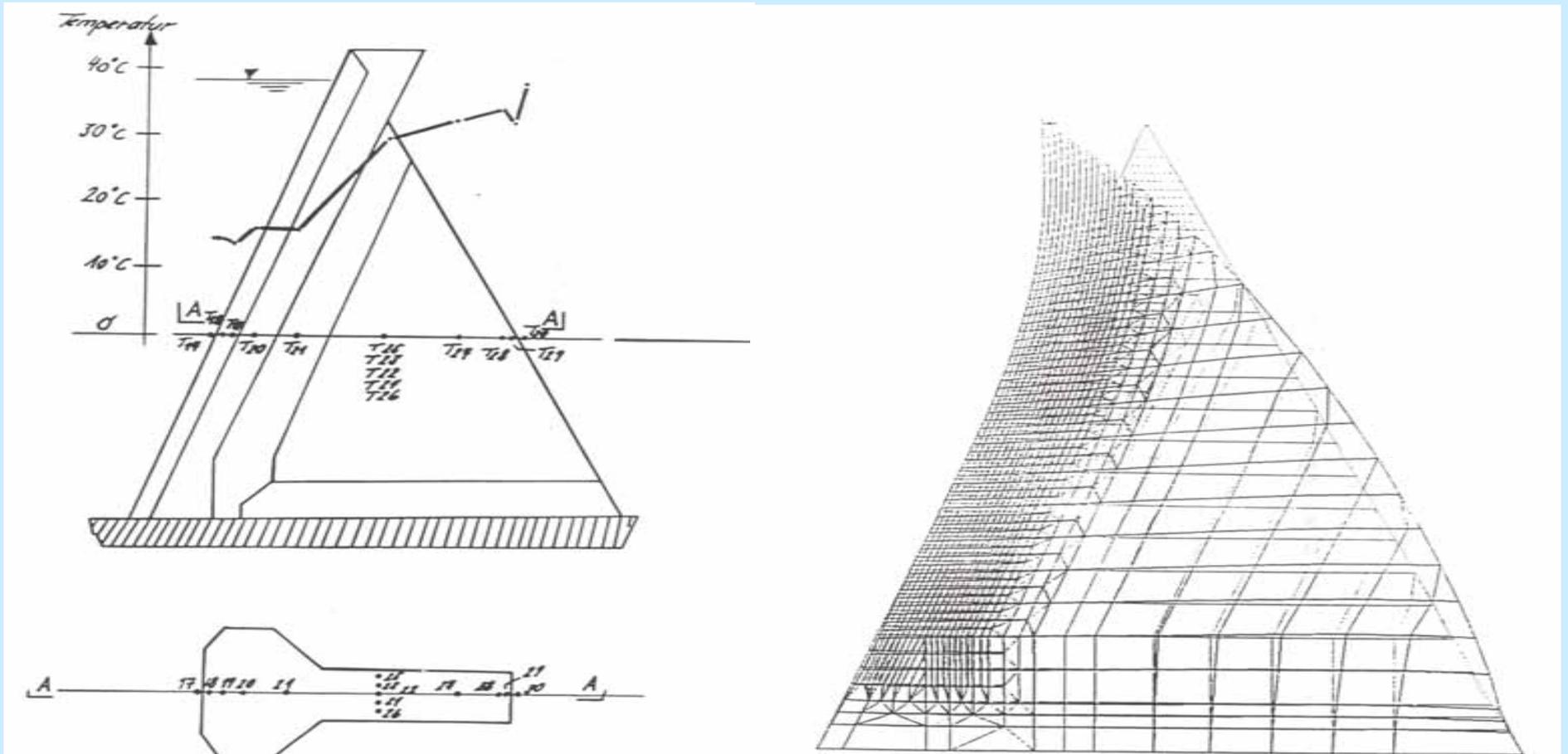
### Comportement en cas de séisme - Conception du couronnement



# Barrages en béton

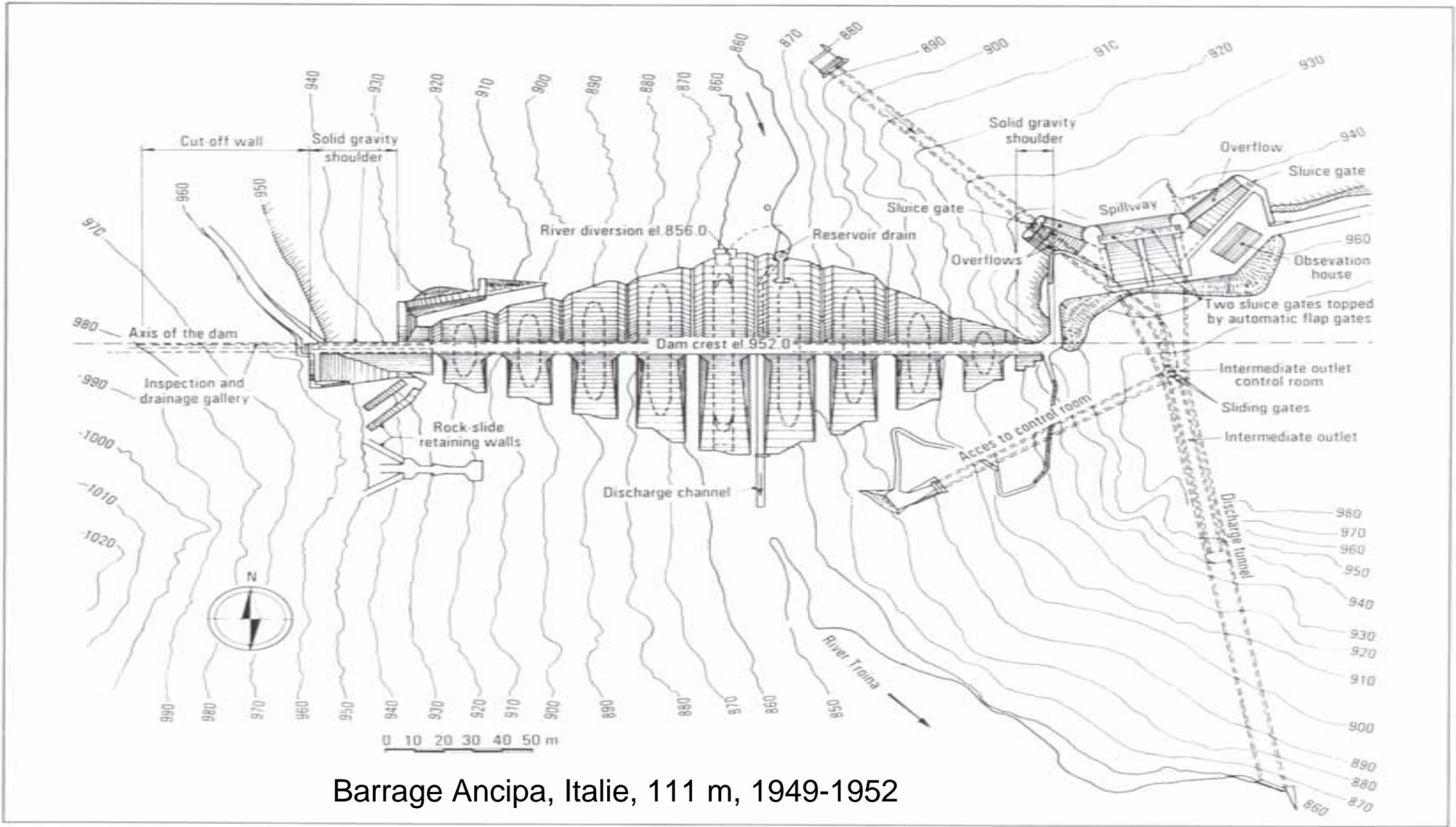
## Barrages à contreforts

### Effets de température



# Effets de température

Fig.  
the A



Effets de température

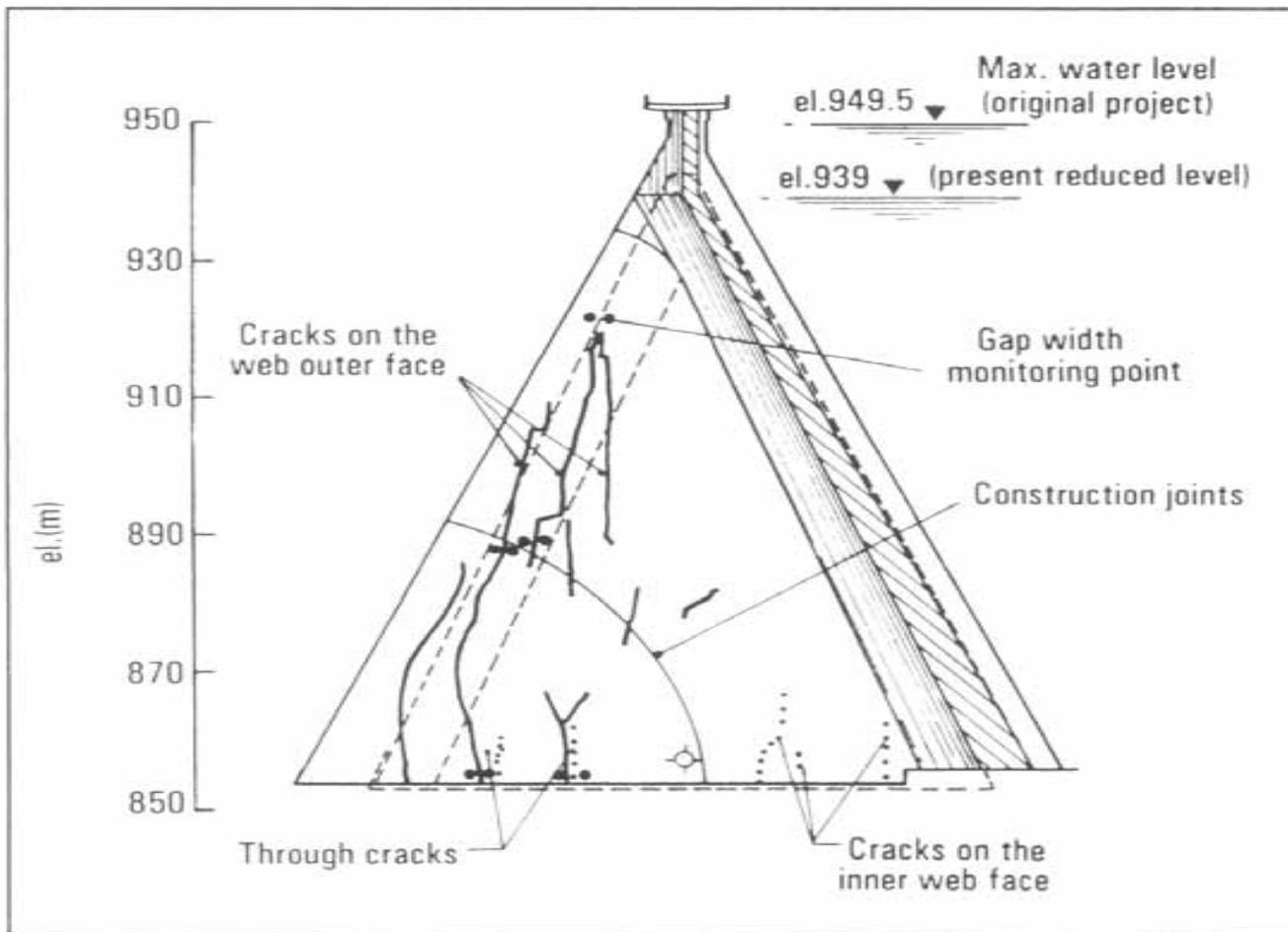
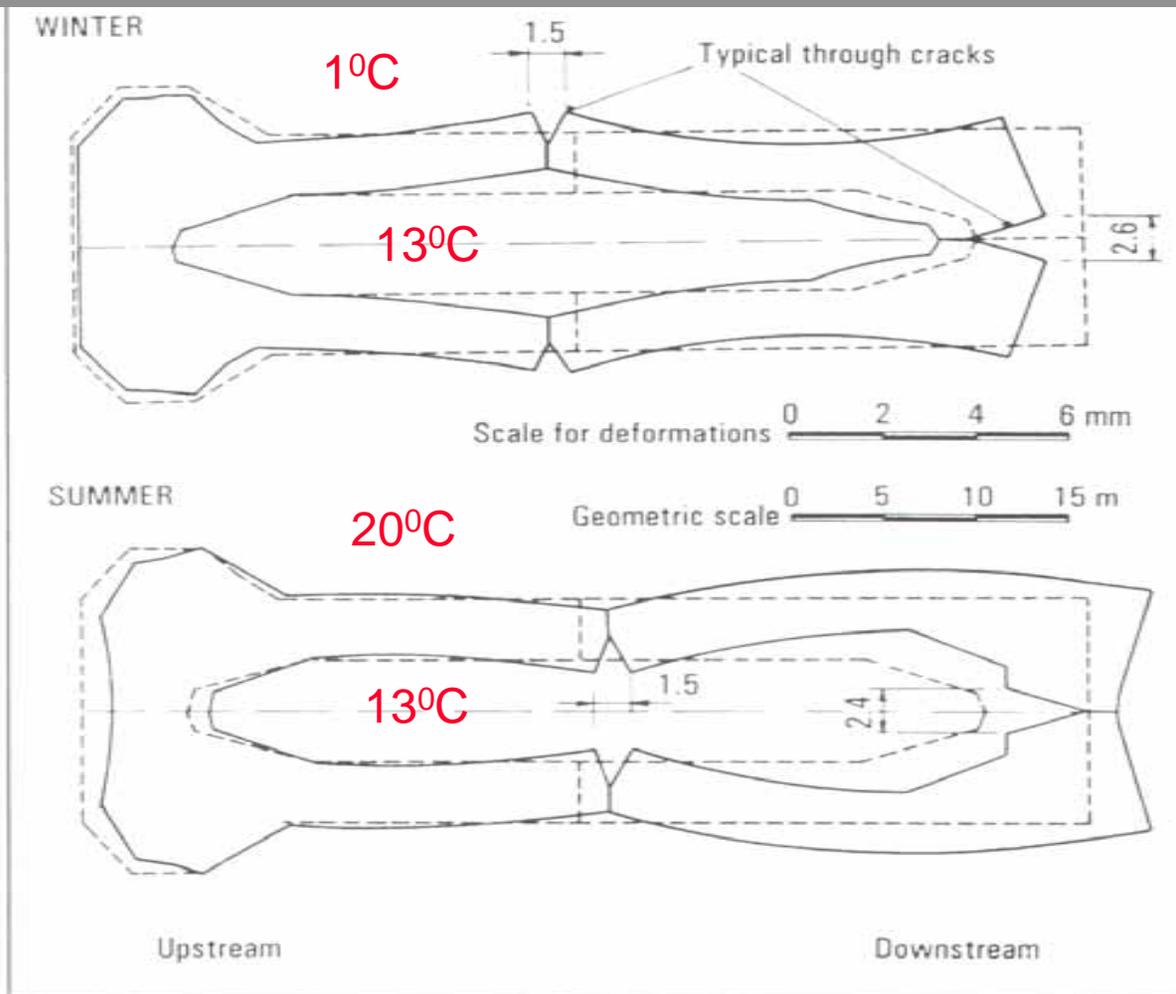


Fig. 2. Typical crack pattern in a web.

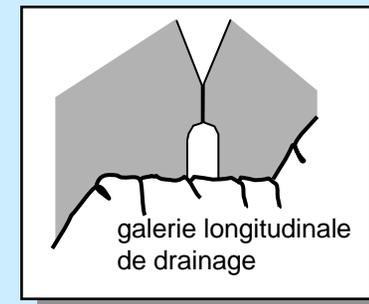
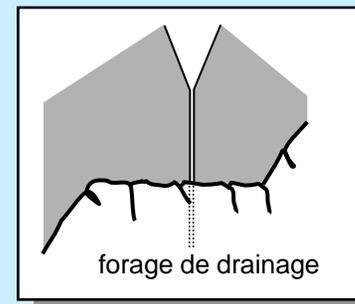
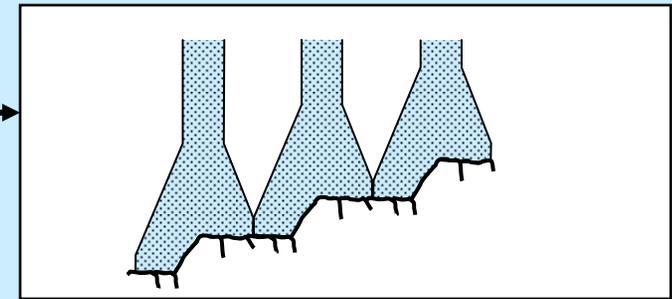
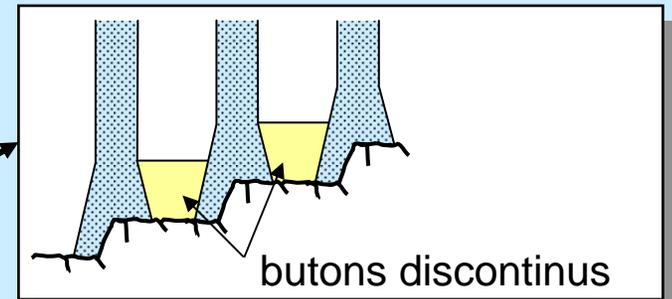
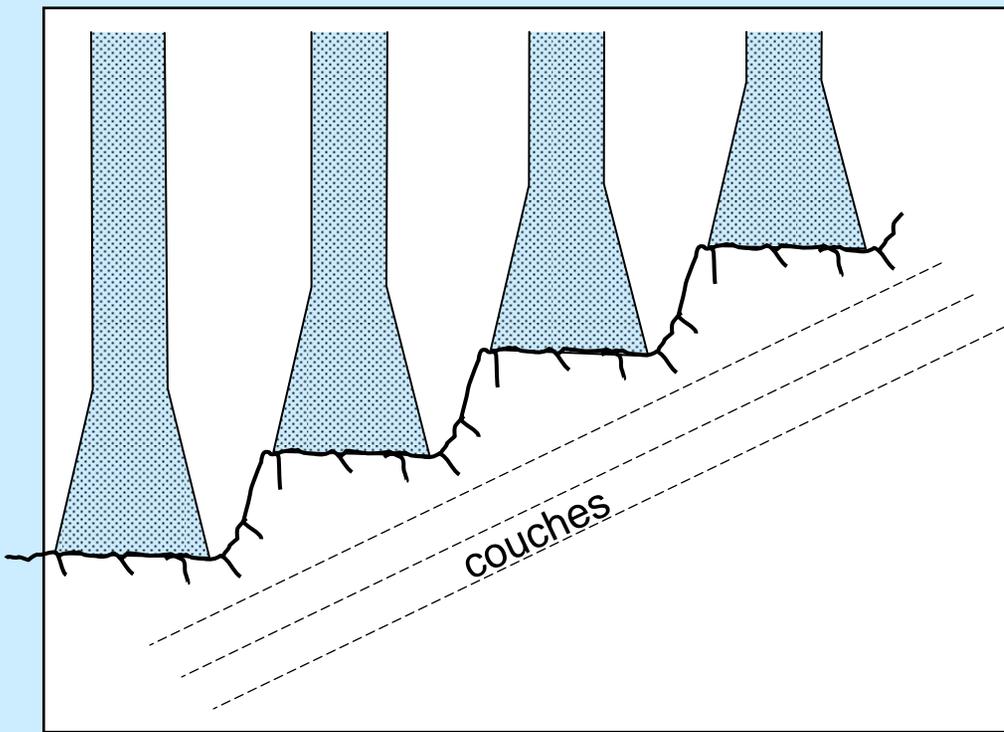
Effets de température



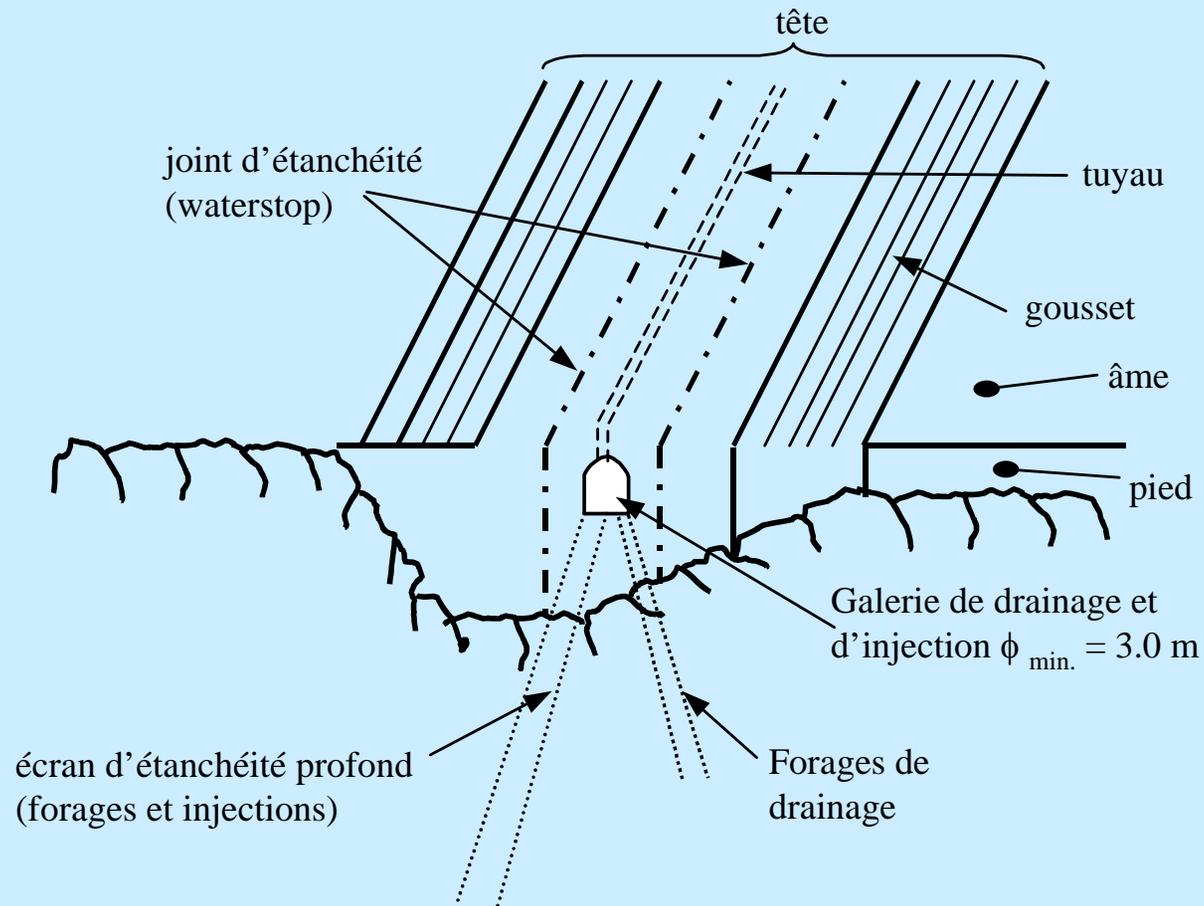
Insolation  
1°C >> 20°C

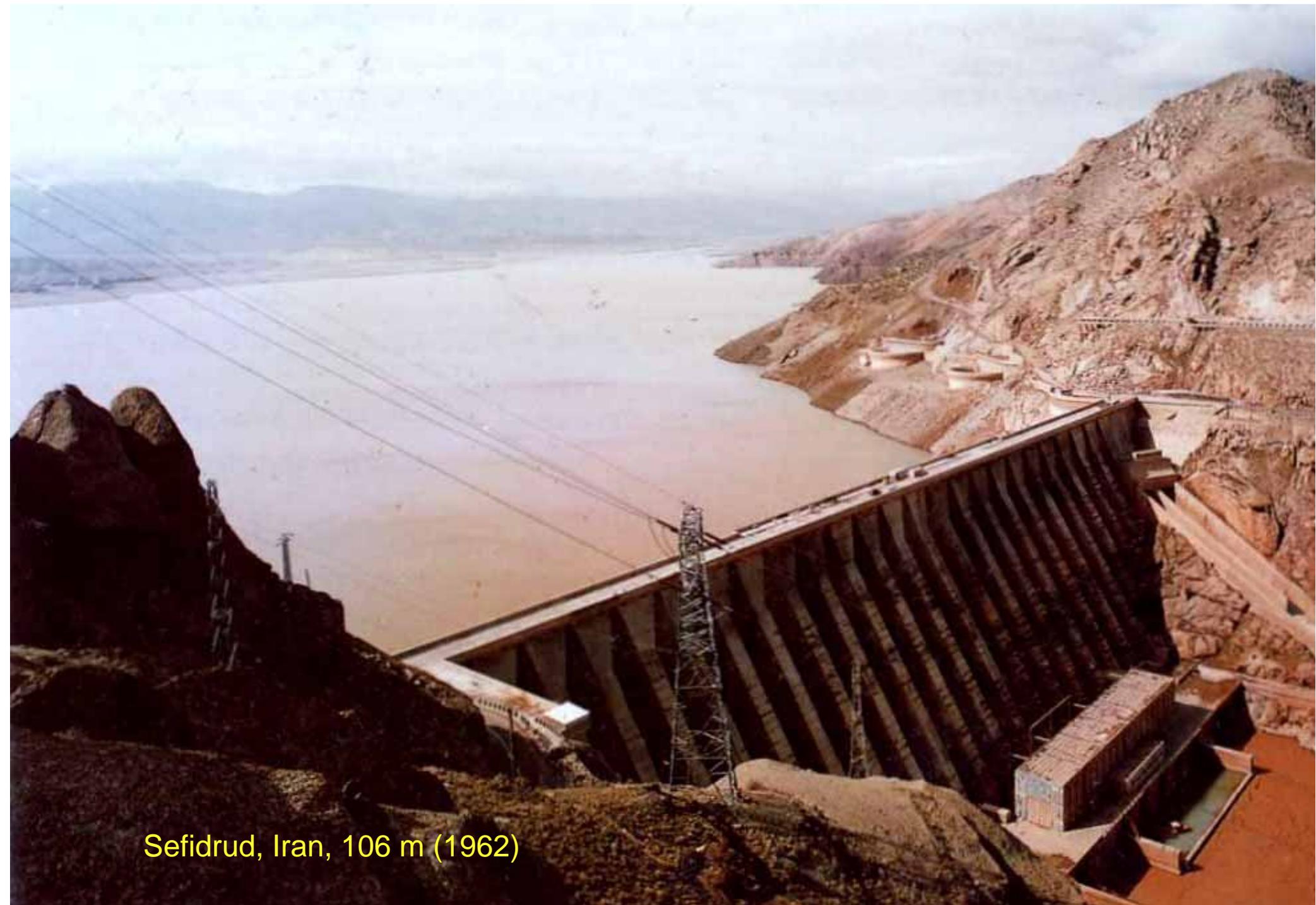
Fig. 3. Computed temperature induced deformations in a horizontal section of a buttress.

Problèmes particuliers - Fondation des contreforts



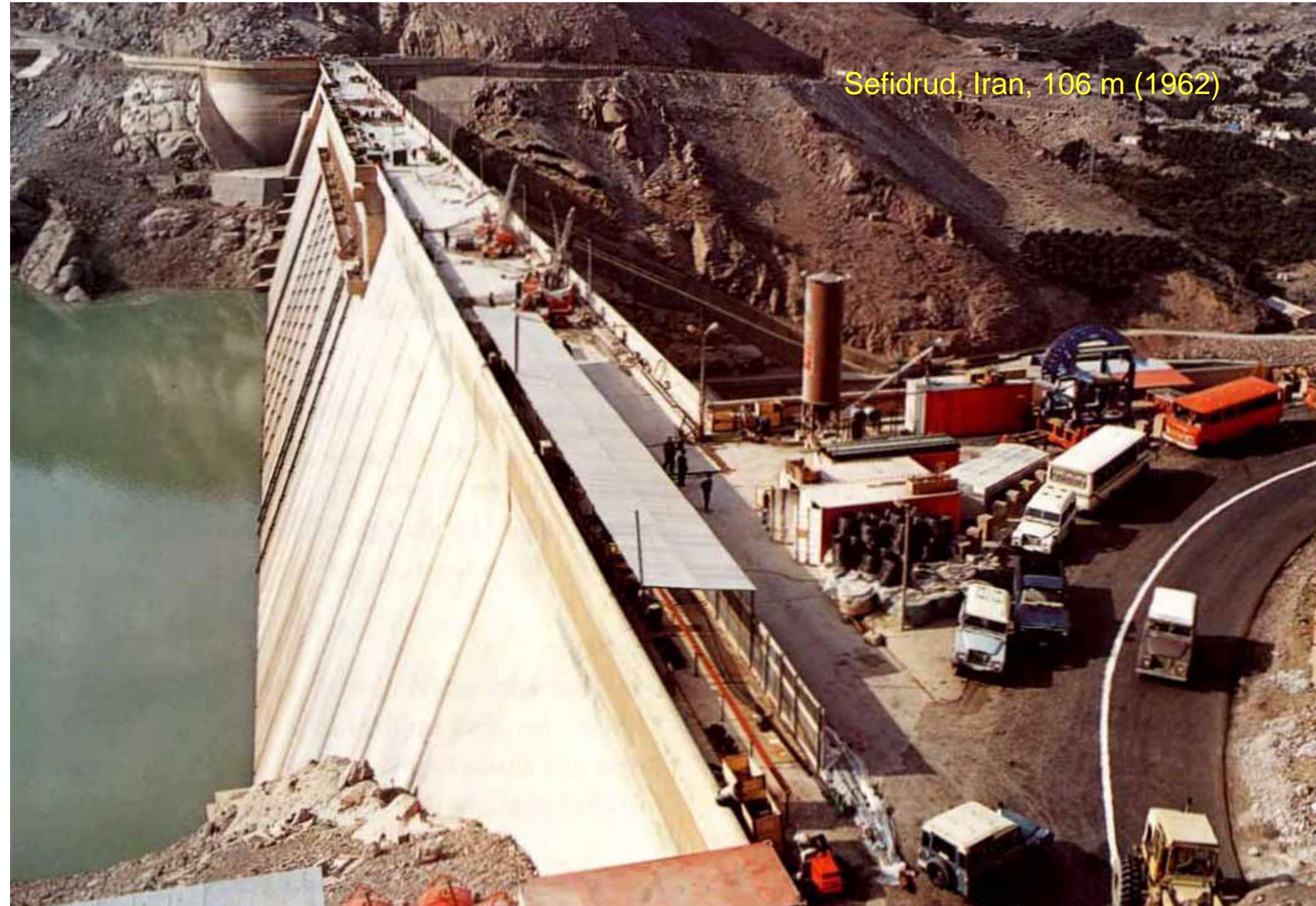
Connexion du dispositif d'étanchéité à la fondation





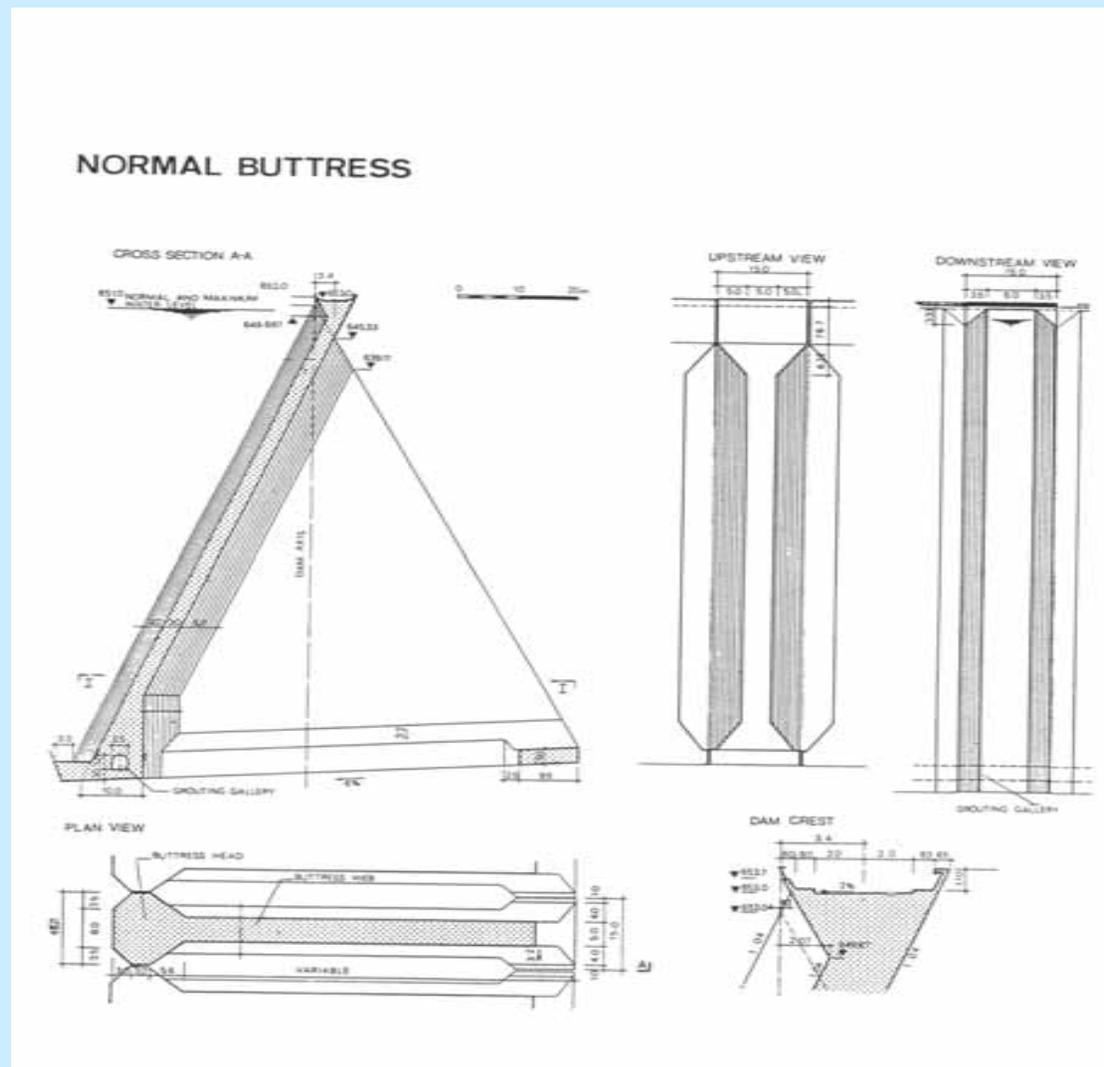
Sefidrud, Iran, 106 m (1962)

Sefidrud, Iran, 106 m (1962)



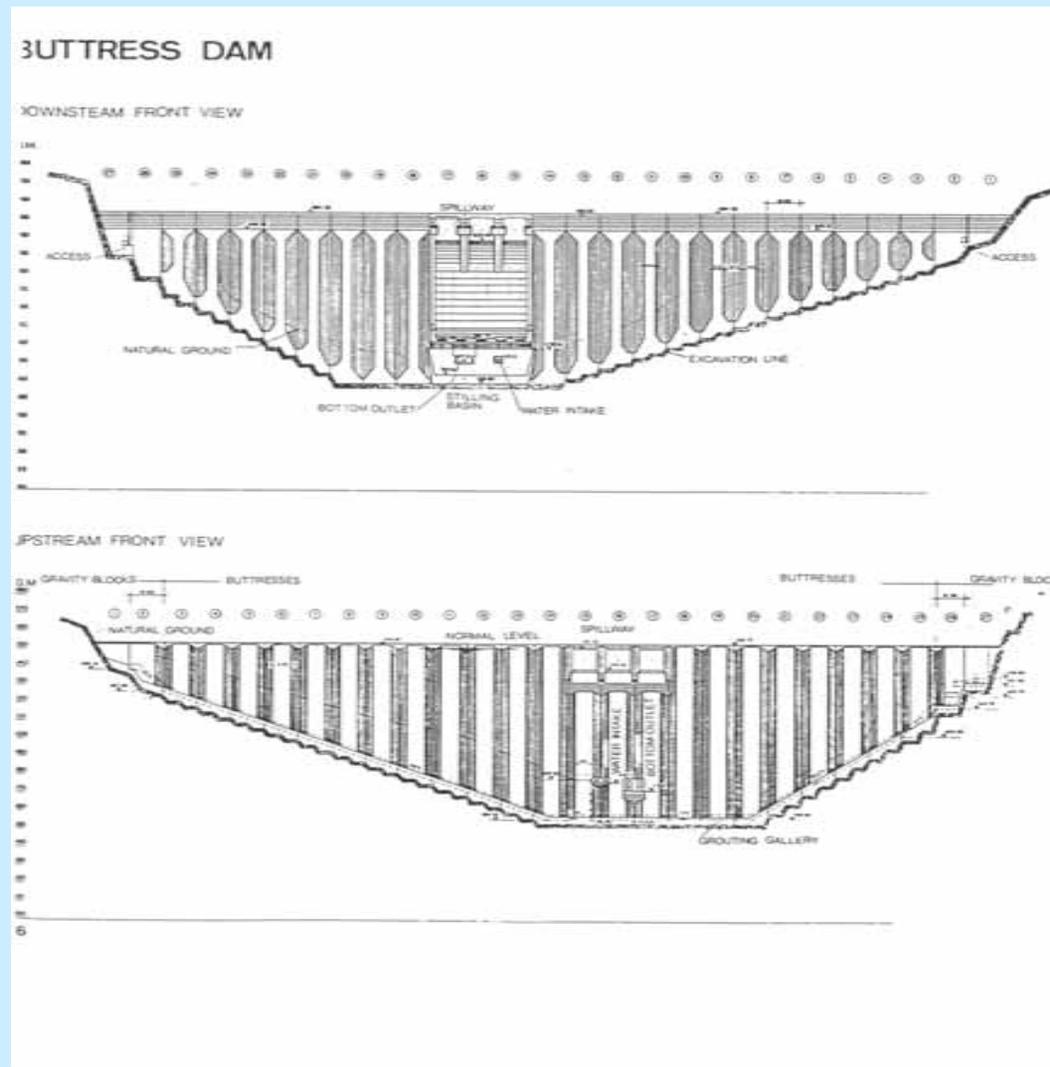
# Barrages en béton

## Barrages à contreforts



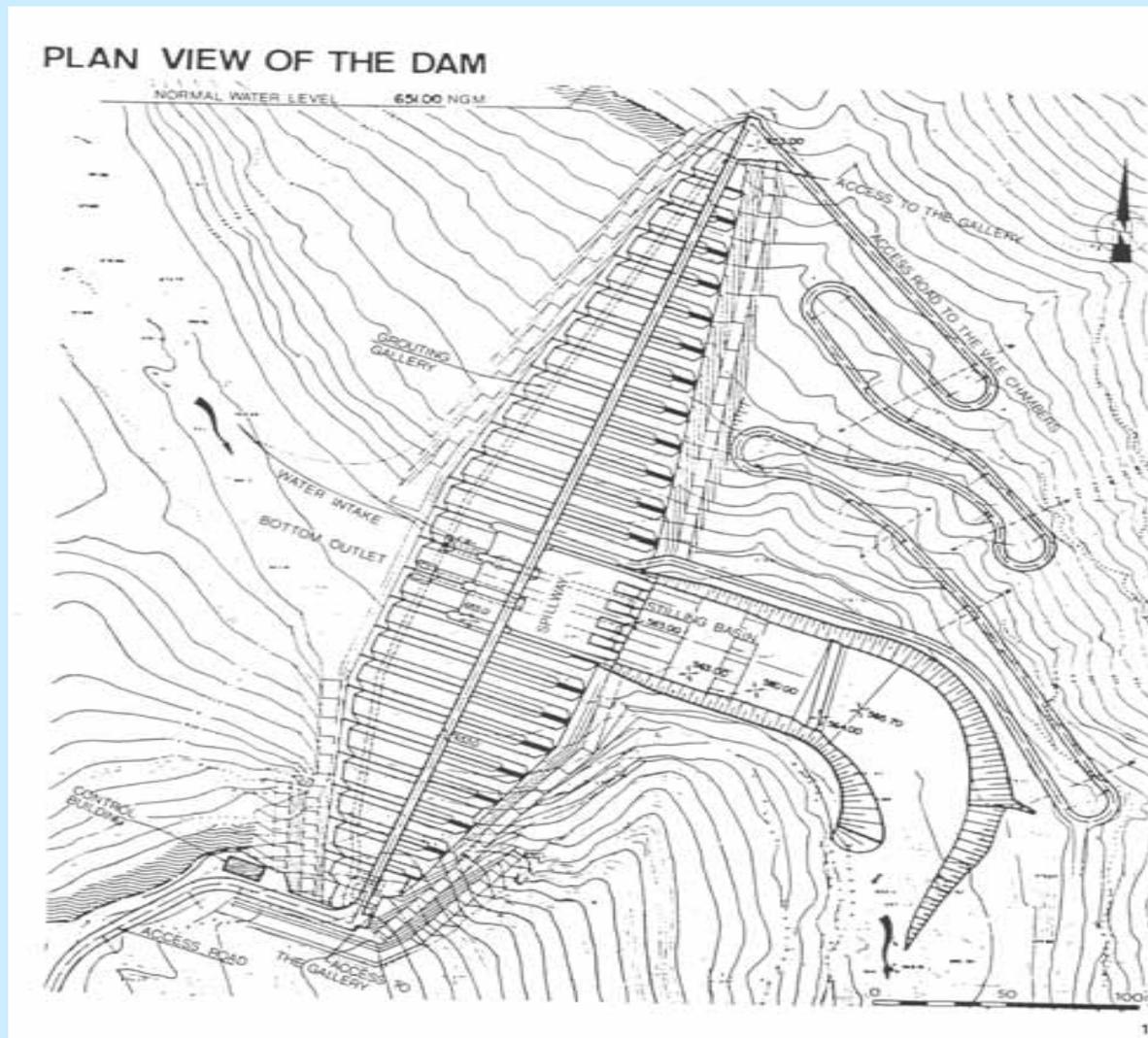
# Barrages en béton

## Barrages à contreforts



# Barrages en béton

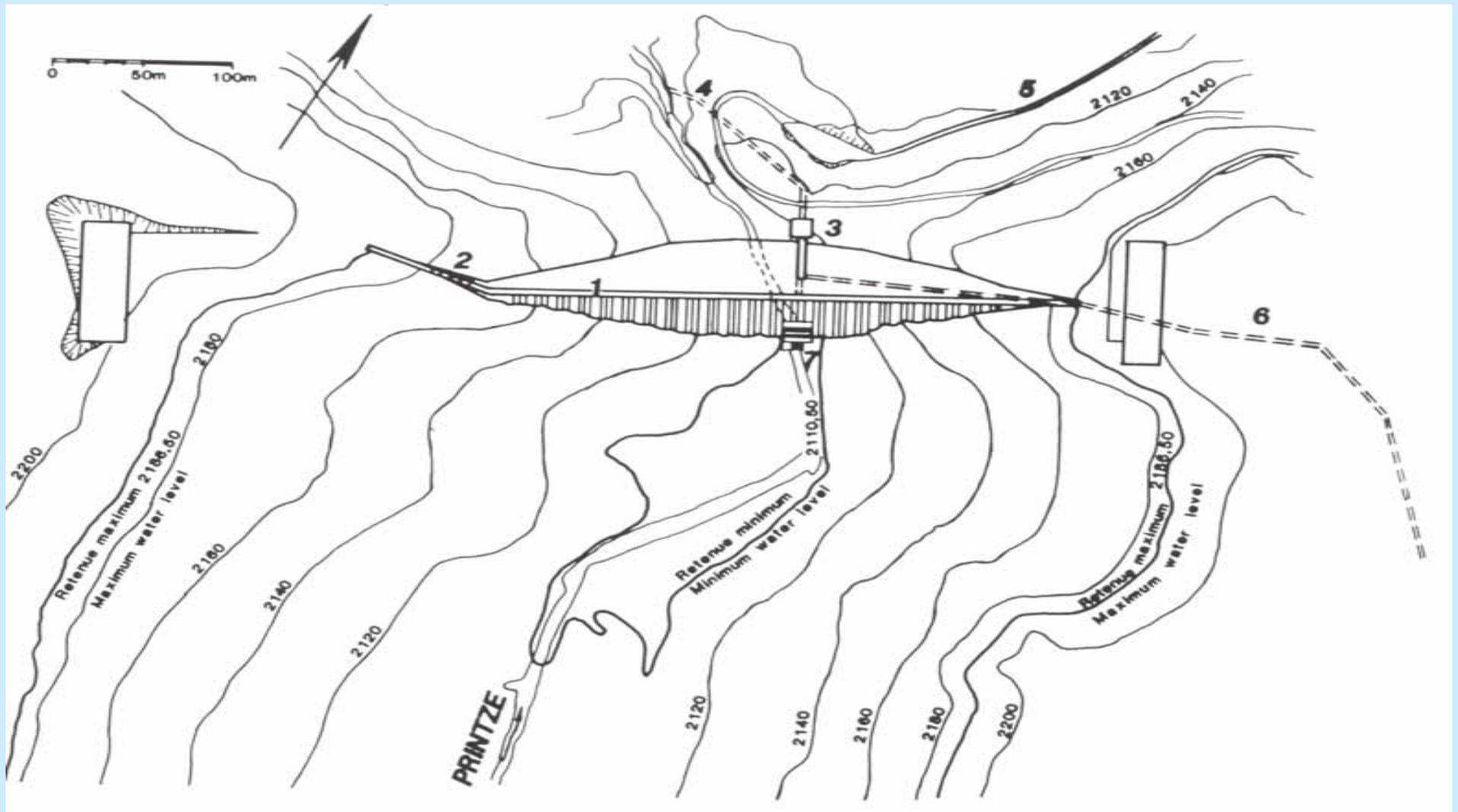
## Barrages à contreforts





# Barrages en béton

## Barrages à contreforts



# Barrages en béton

## Barrages à contreforts

