

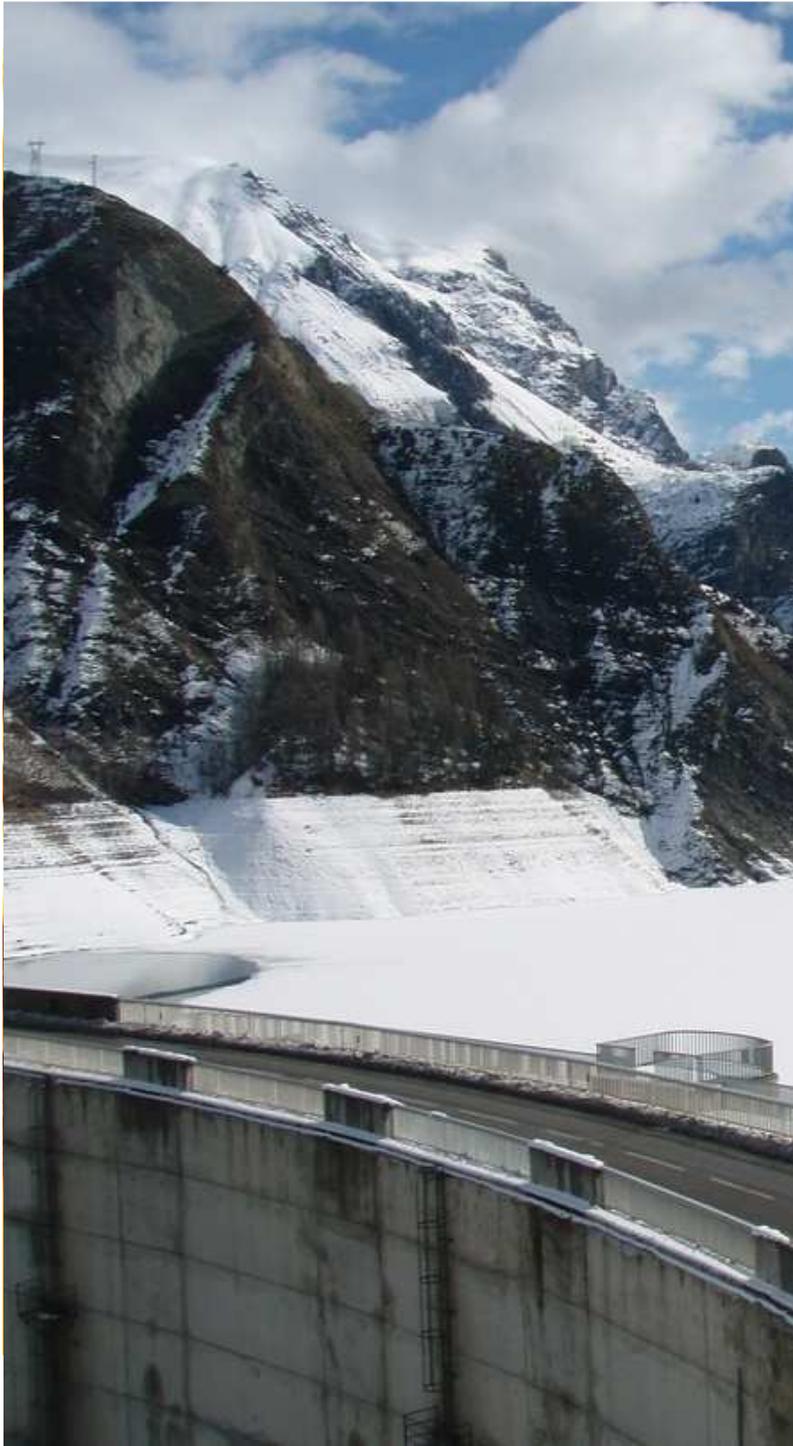


# Barrage du CHAMBON

Présentation des travaux de confortement



ENERGIE CLIMAT & ENSEMBLE



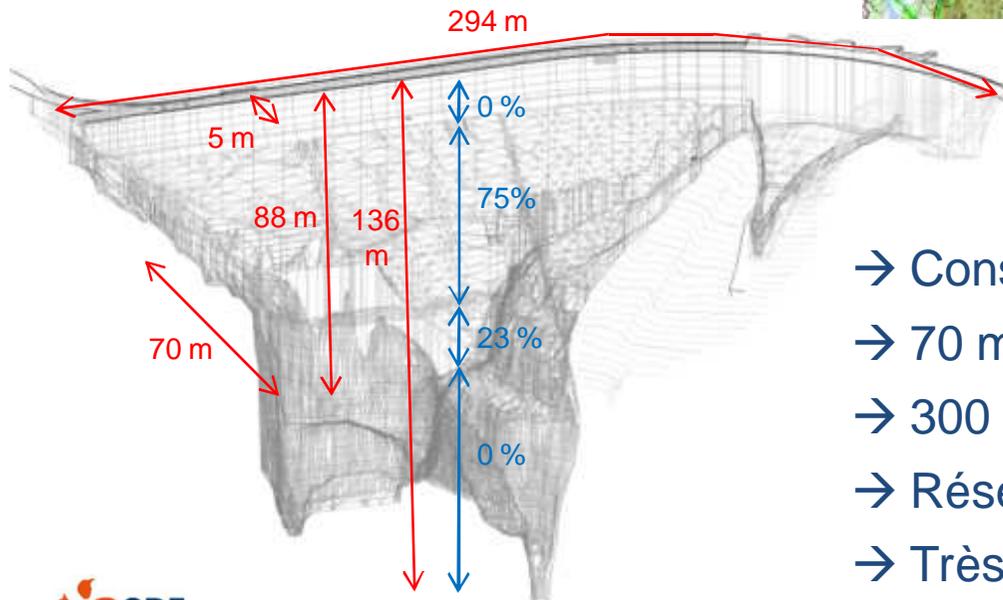
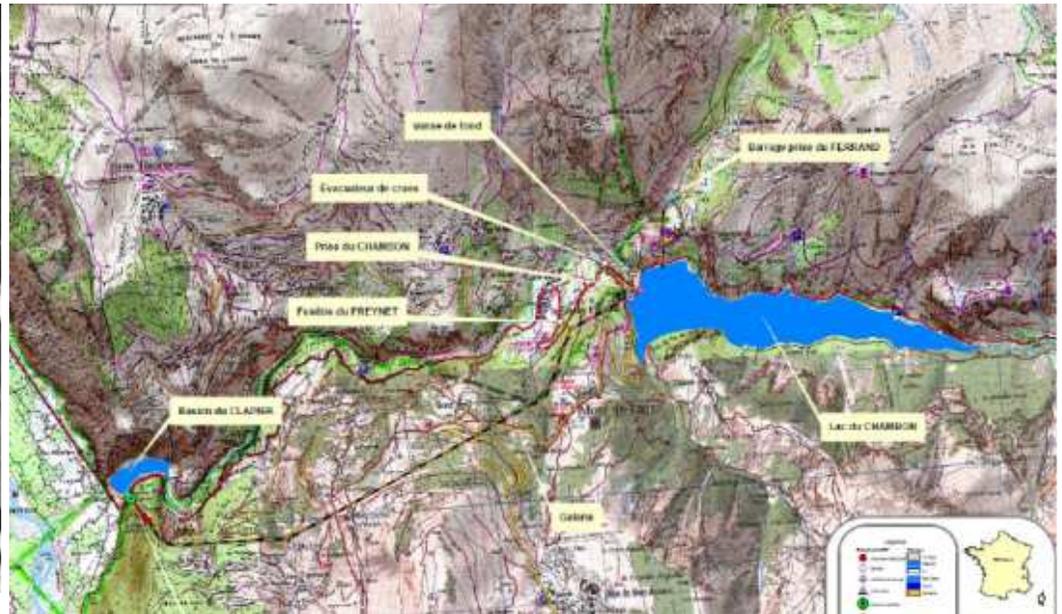
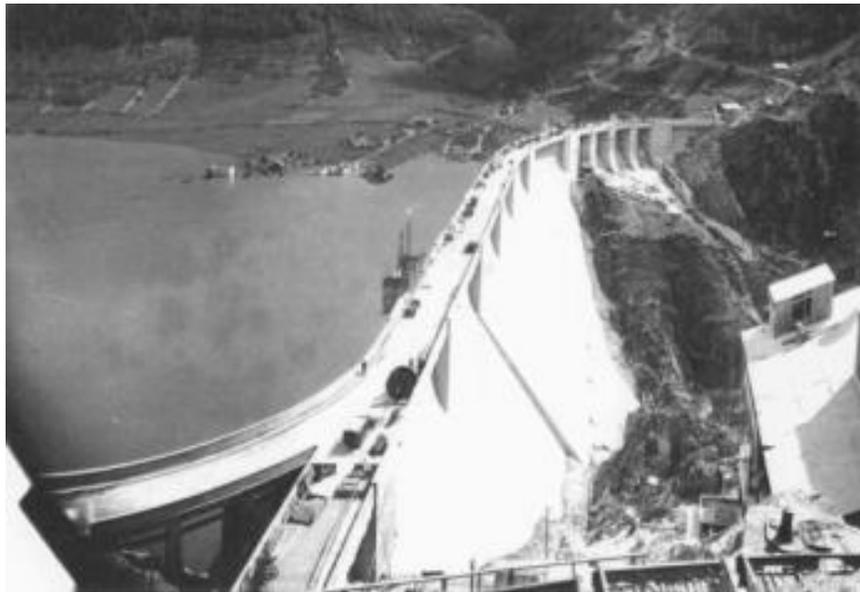
# Sommaire

## Le contexte

Les solutions techniques mises en œuvre

L'organisation du chantier

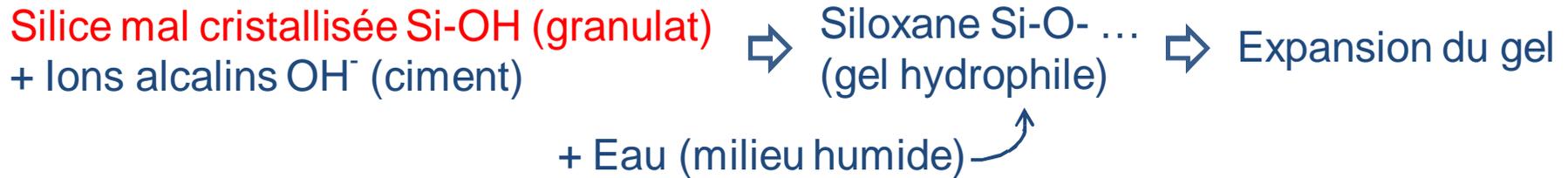
# Le barrage



- Construit entre 1930 et 1935
- 70 m d'épaisseur à la base / 5 m en crête
- 300 m de couronnement
- Réserve d'eau entre 5 et 50 millions de m<sup>3</sup>
- Très ausculté (100 appareils + nivellement)

# L'alcali-réaction

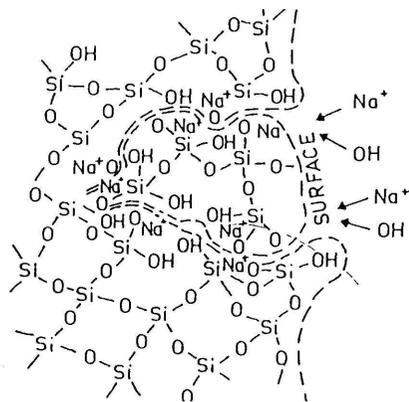
## 1. La réaction :



## 2. Des effets à différentes échelles :

microscopique :

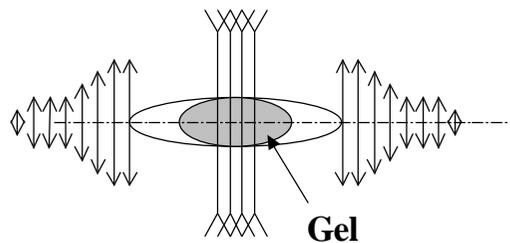
Réaction chimique



→ Création du gel

mésoscopique :

Remplissage de la porosité



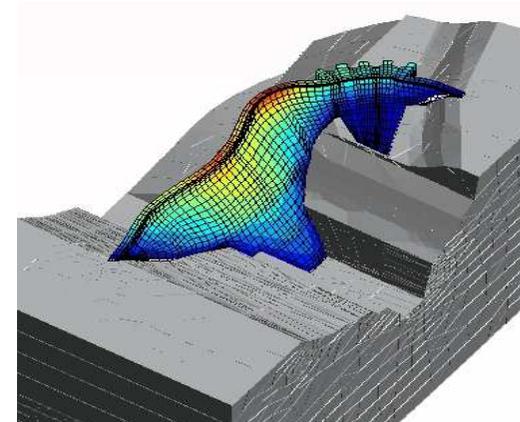
Mise en pression



Gonflement du matériau

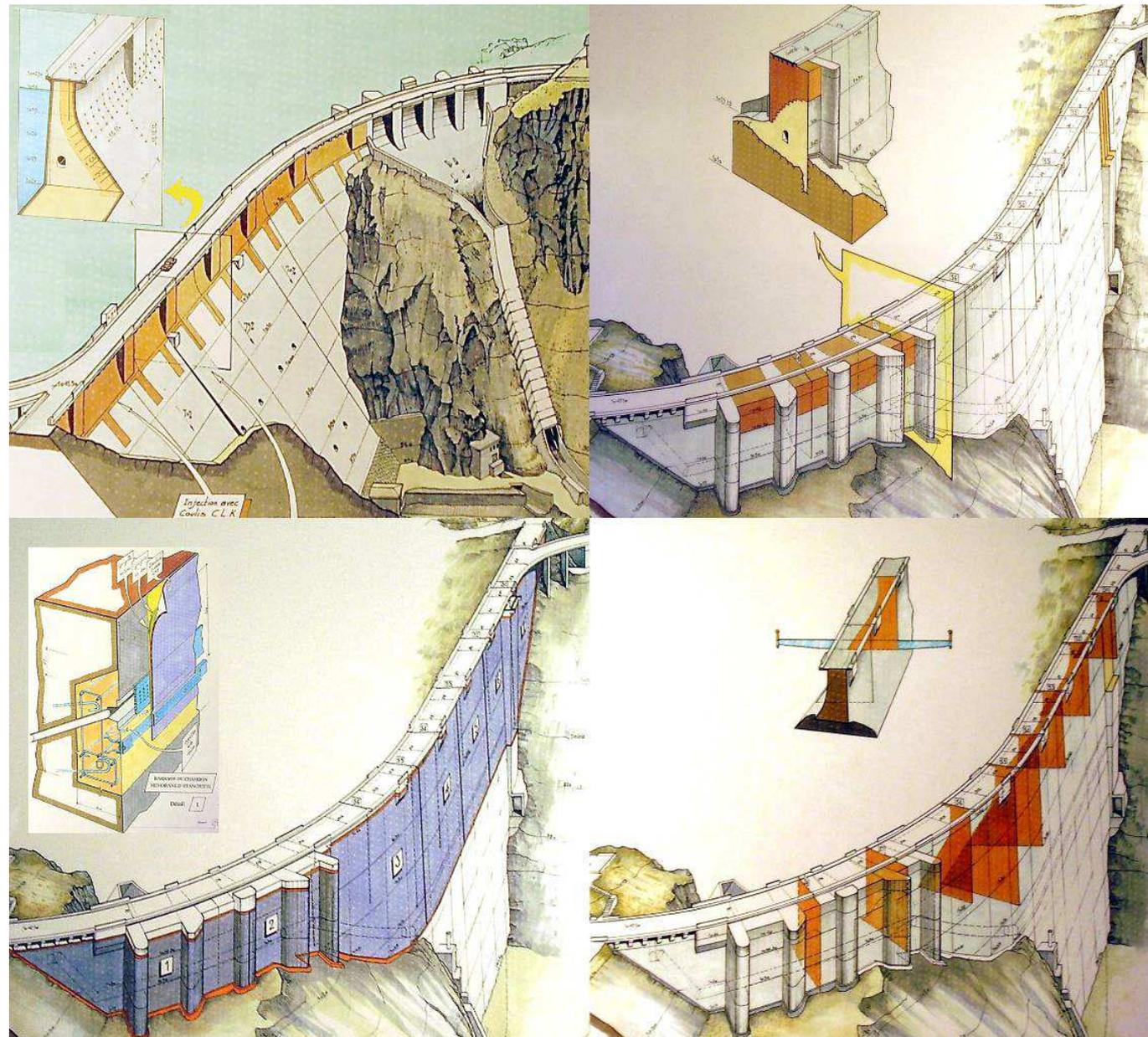
macroscopique :

Désordres



→ Fissuration, contraintes, déplacements...

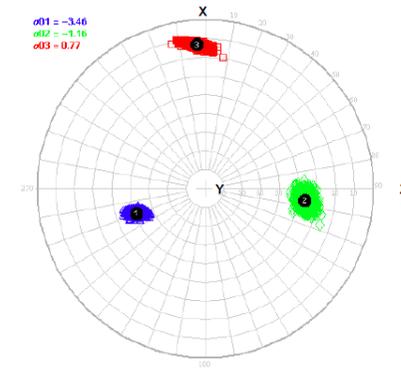
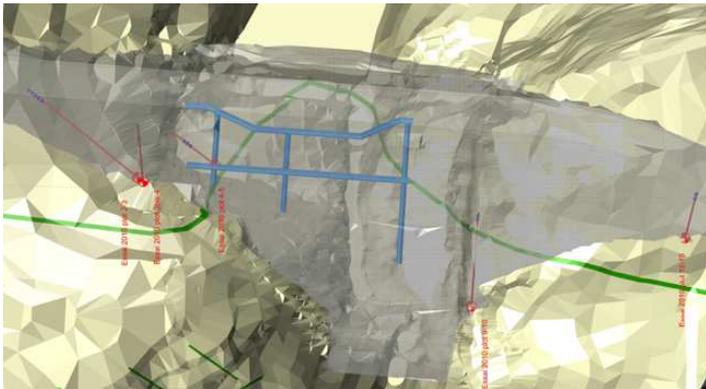
# Les travaux des années 1990



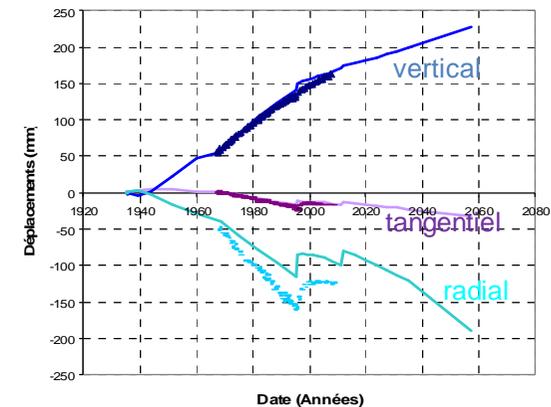
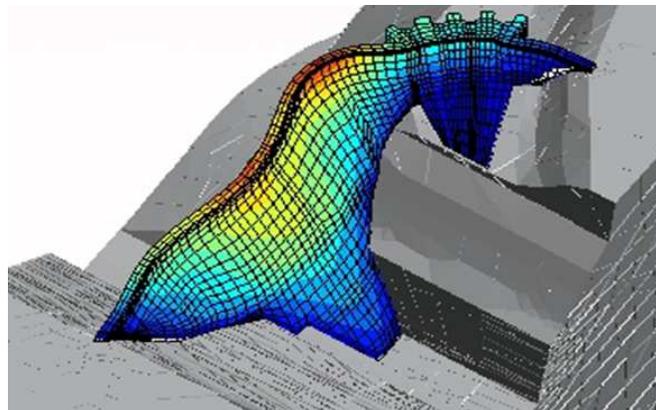
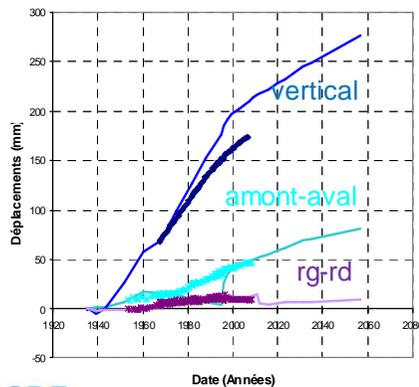
# Le diagnostic de 2007 à 2010

## → Les campagnes de reconnaissance

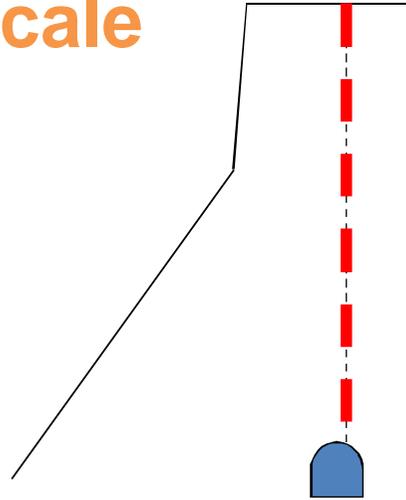
- Forages sécants dans le plan de fissuration
- Essais mécaniques sur le béton
- Recherche de phases gonflantes
- Inspection du contact béton-rocher par forage
- Dilatomètre dans l'appui rive gauche (caractéristiques fondation)
- Mesure des contraintes par vérin plat et surcarottage



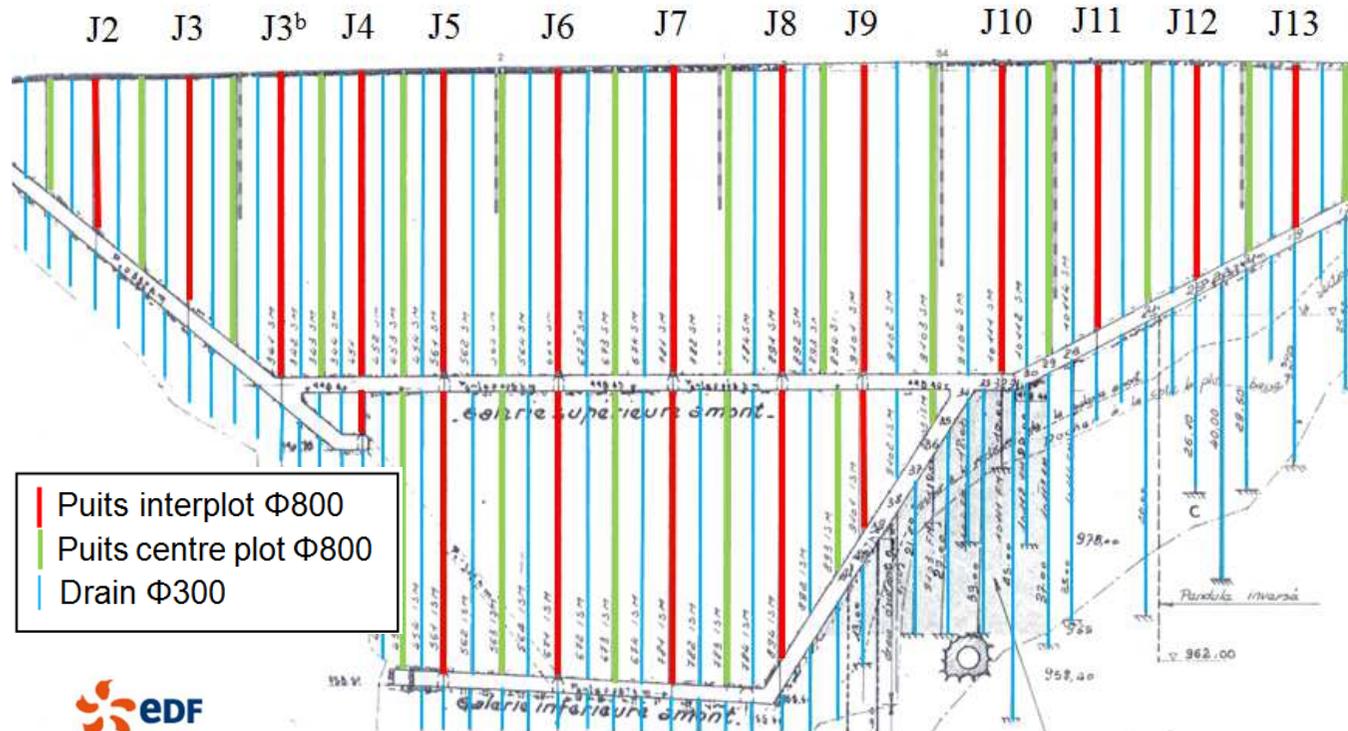
## → Le modèle numérique



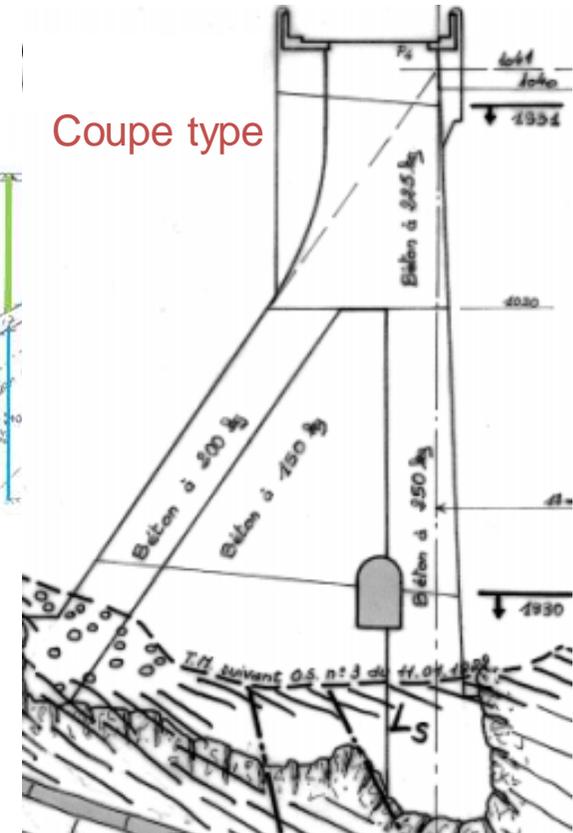
# La fissuration verticale



Élévation aval du drainage d'élevation amont



Coupe type

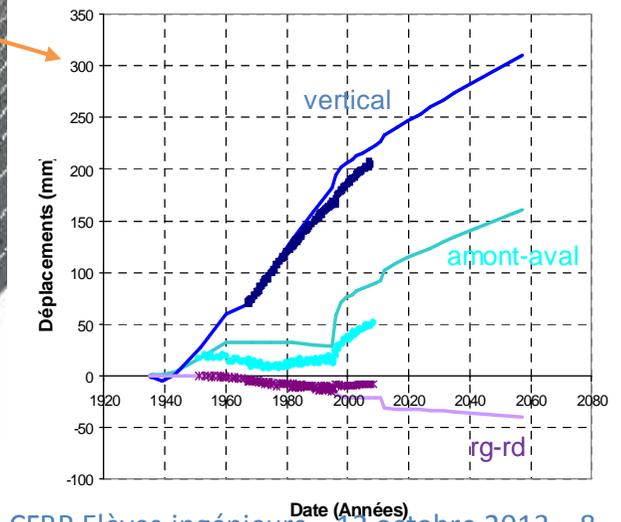
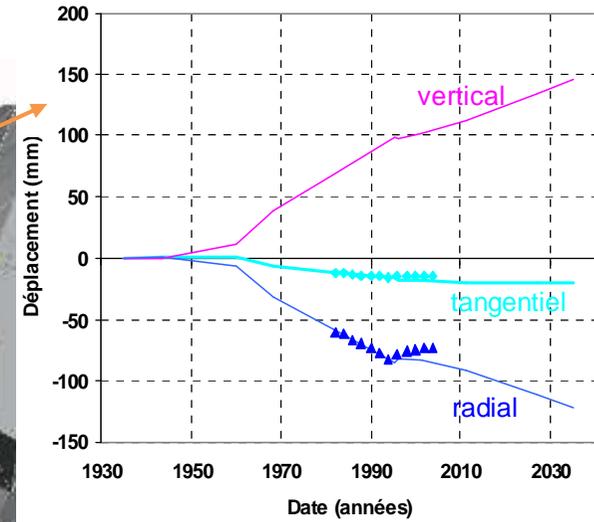
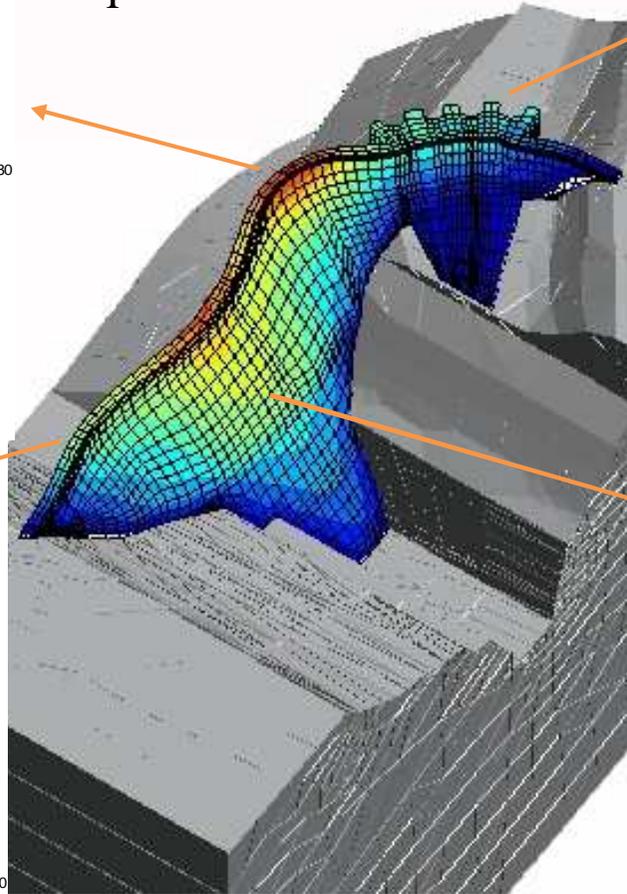
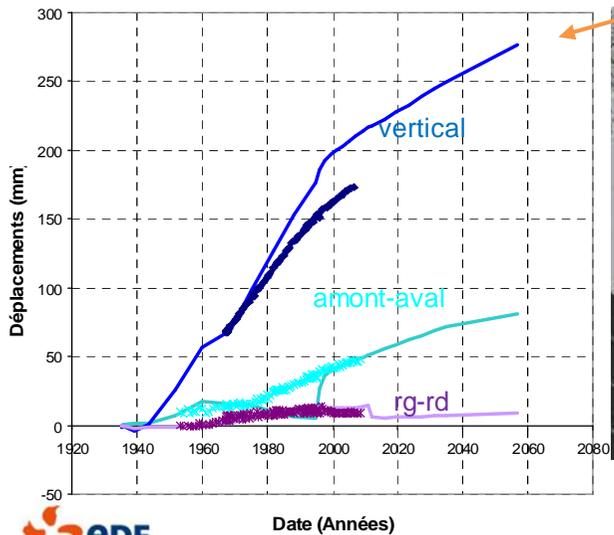
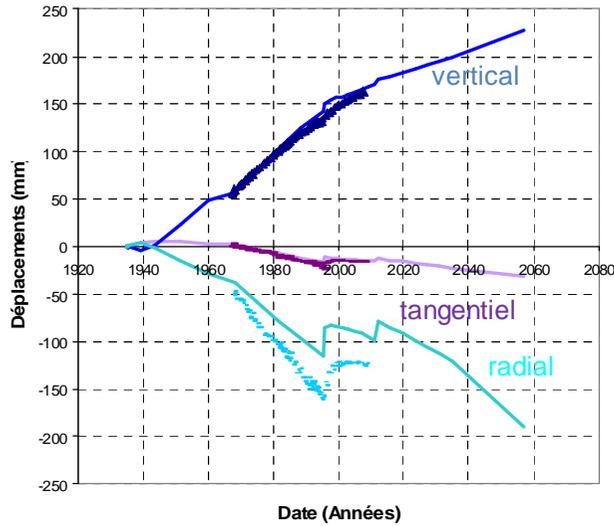


# La modélisation numérique

## 2. Déplacements

Gonflement du béton :

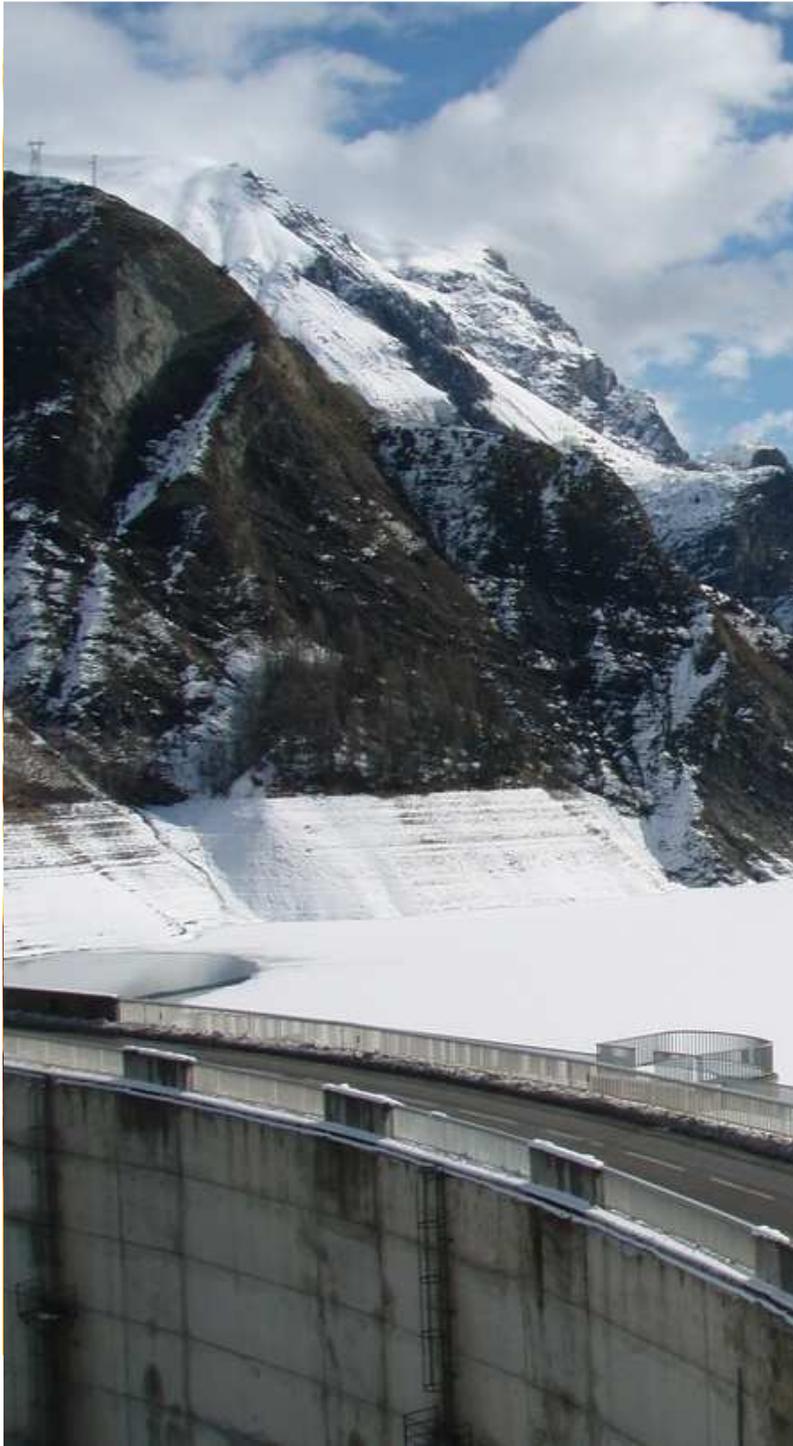
$$\frac{\Delta l}{l} = 50 \mu\text{m/m/an}$$



# Les problématiques

## ⇒ 3 problématiques à résoudre

- **Fissuration** sub-verticale partie haute (entre 1010 et 1038)  
présence de plaques ou blocs potentiellement instables, à l'amont du voile de drainage → risque d'ouverture des fissures **en cas de séisme**
- Développement de **contraintes** dans le corps de l'ouvrage  
risque potentiel de poussée au vide en RG et de cisaillement du contact béton-rocher
- **Ouverture** de reprises de bétonnage  
risque potentiel de développement de pressions interstitielles dans le corps de l'ouvrage en cas de séisme



# Sommaire

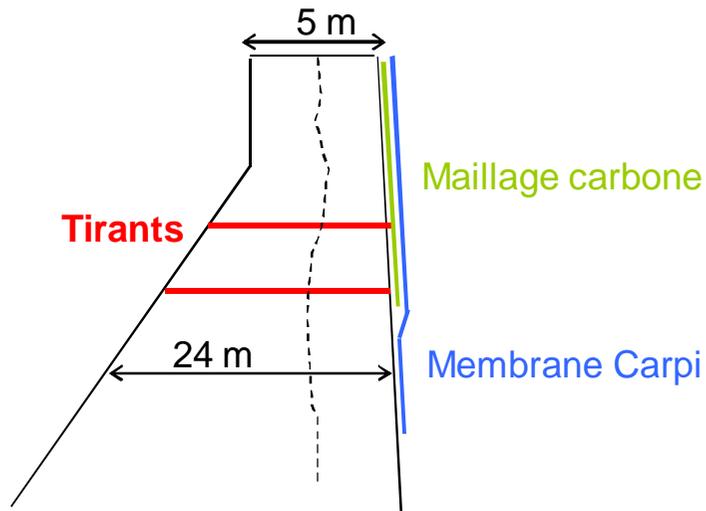
**Le contexte**

**Les solutions techniques mises en œuvre**

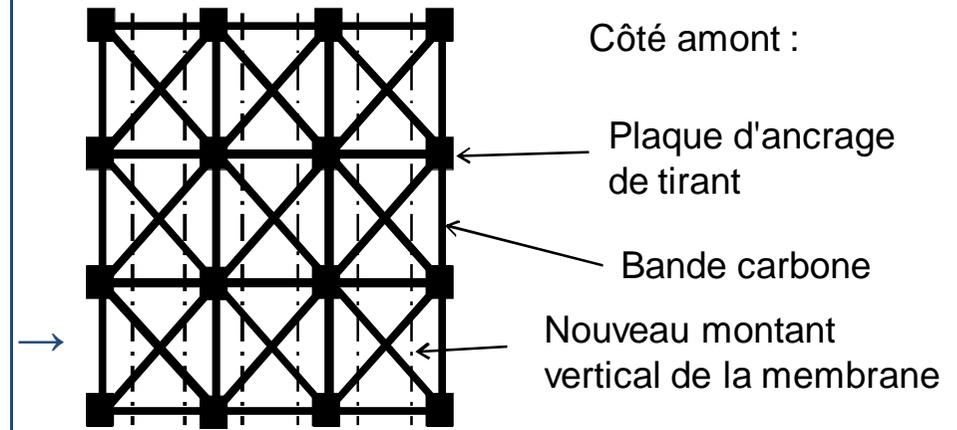
**L'Organisation du chantier**

# Synthèse des solutions

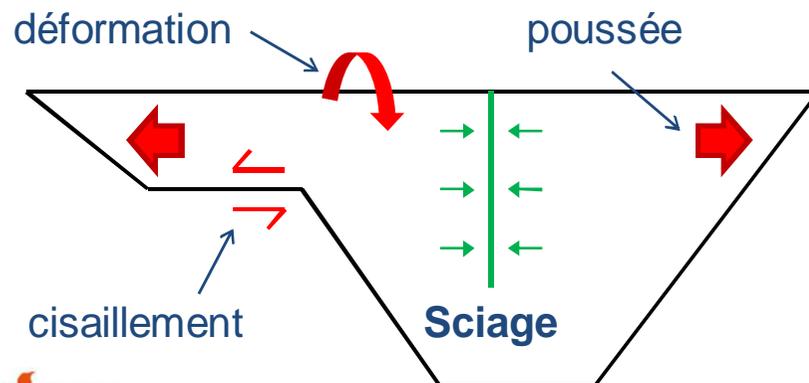
## Fissuration → tirants



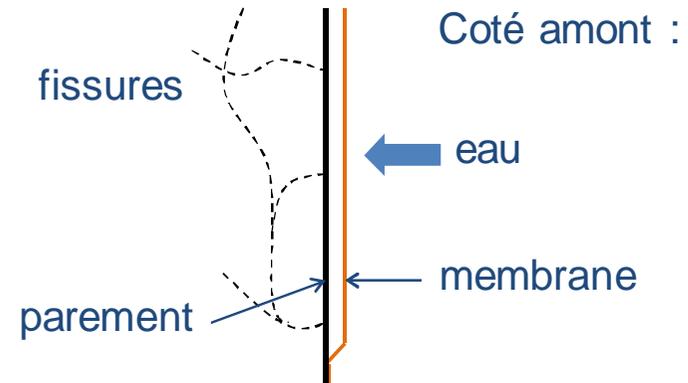
## Fissuration → maillage carbone



## Contraintes et poussées → Sciage



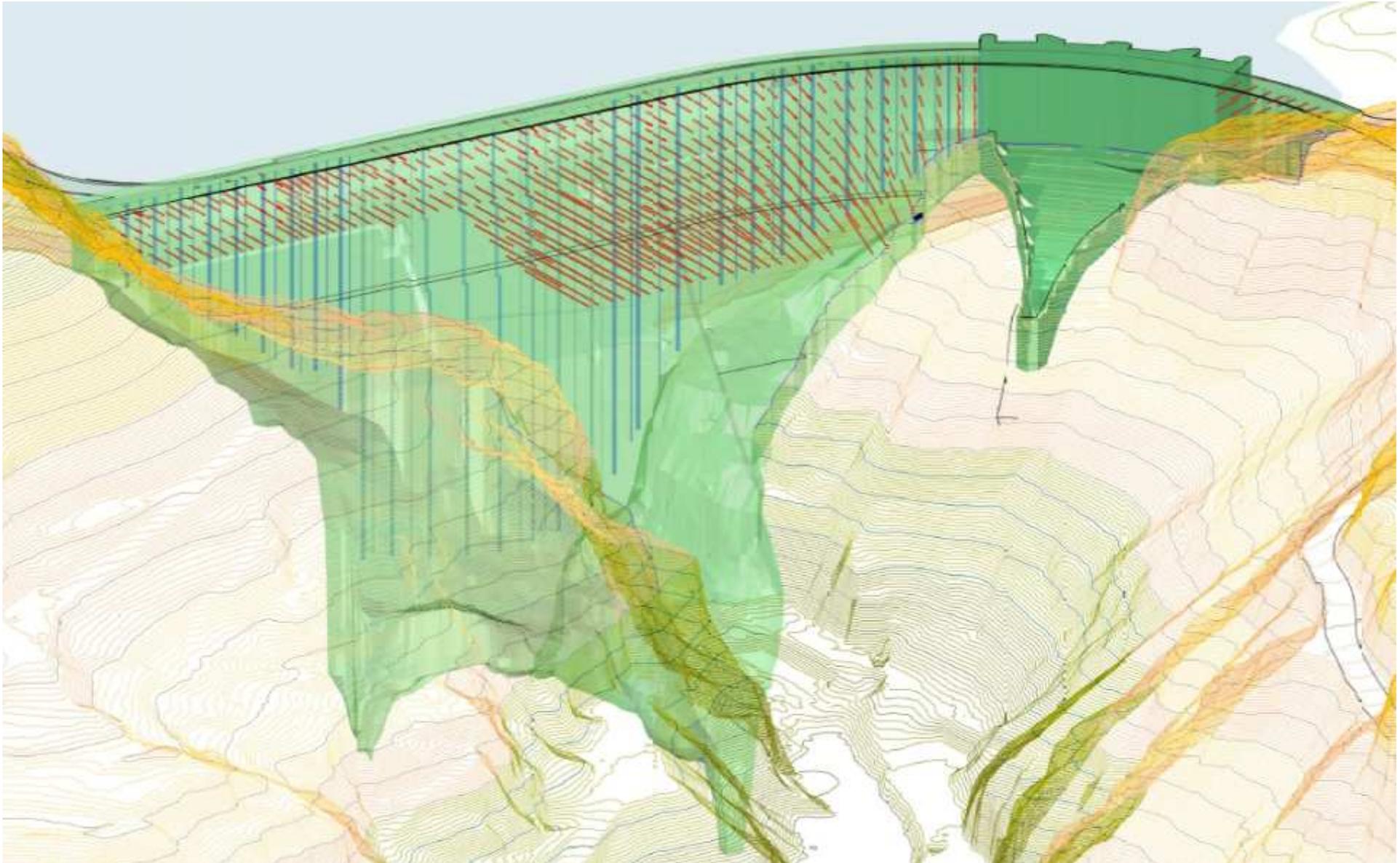
## Ouverture des fissures → membrane



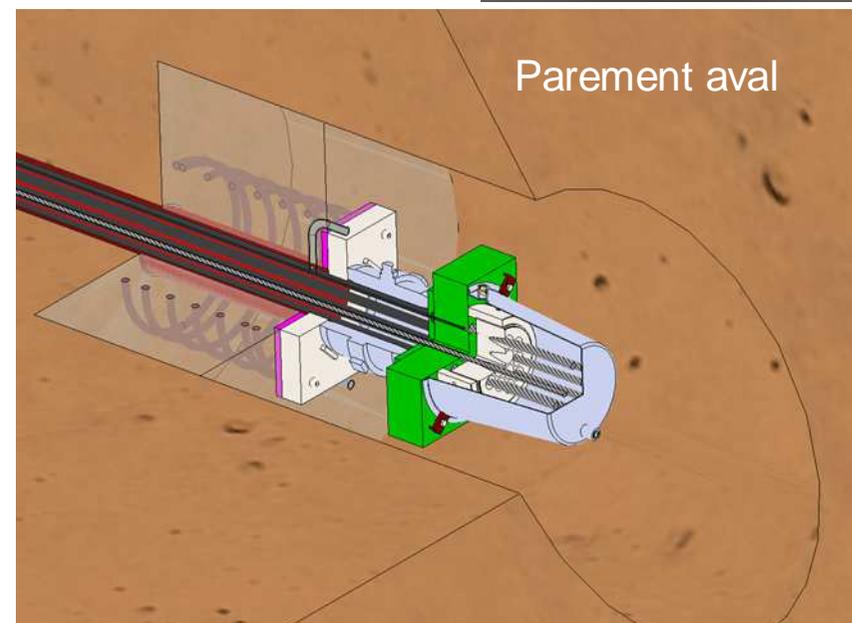
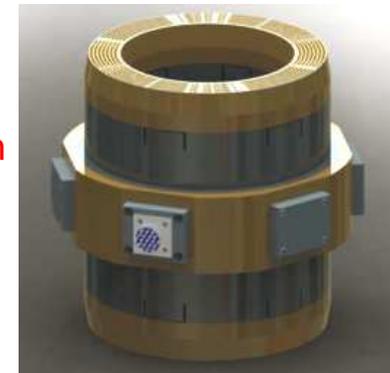
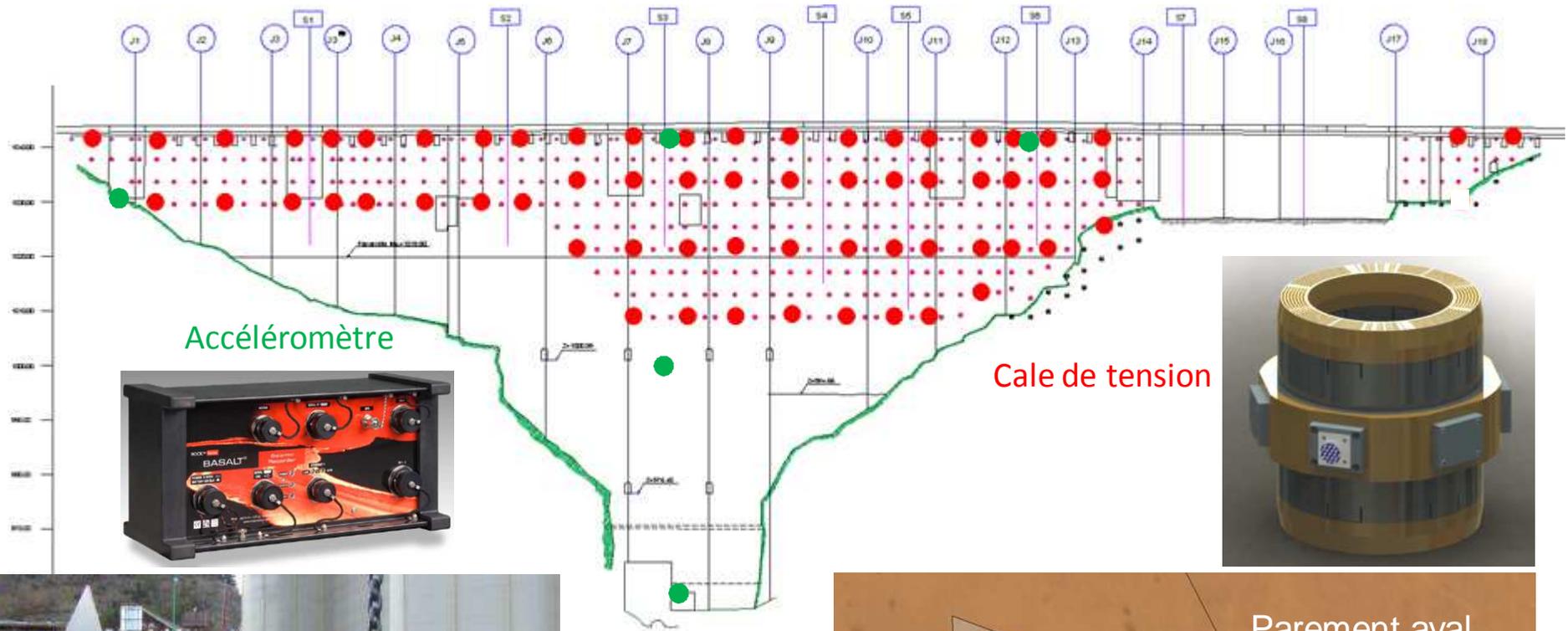
# Les tirants

Avancement carottages :

- Forages tirants : 80%
- Niches amont : 45%
- Niches aval : 45%

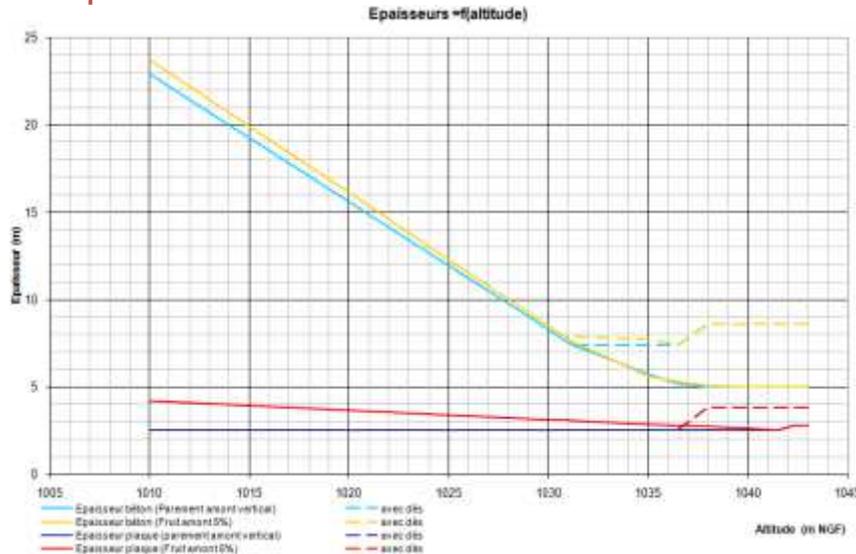


# Le réglage et le suivi de la tension des tirants

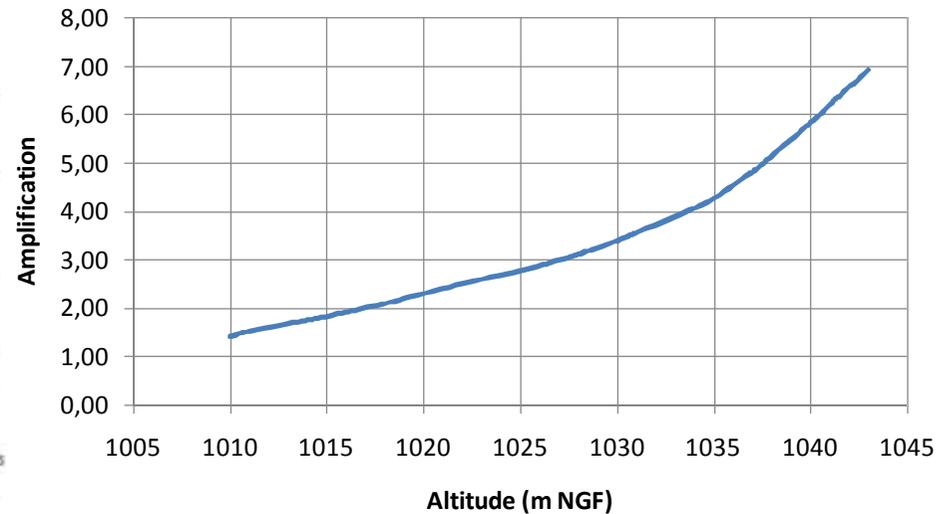


# Tirants – dimensionnement

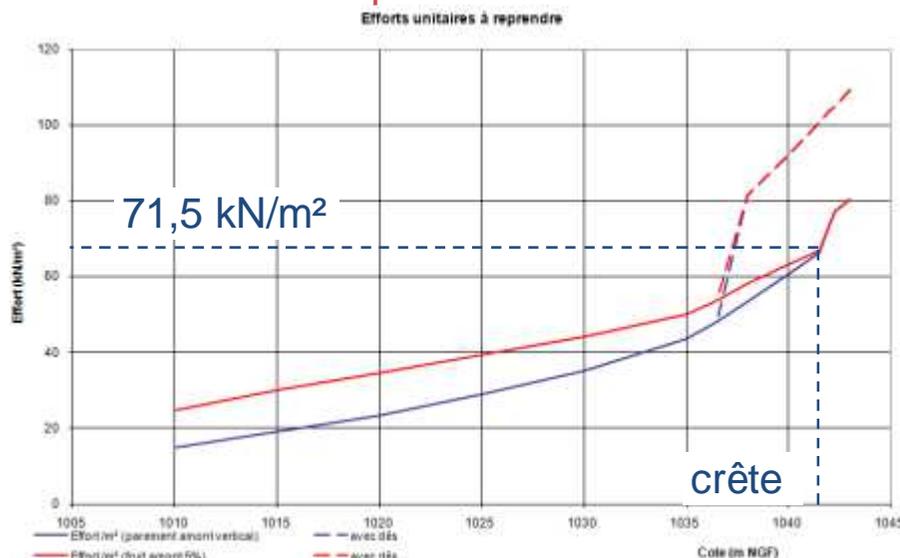
Epaisseur des blocs :



Amplification de la structure :



Effort kN/m<sup>2</sup> de parement amont vertical :

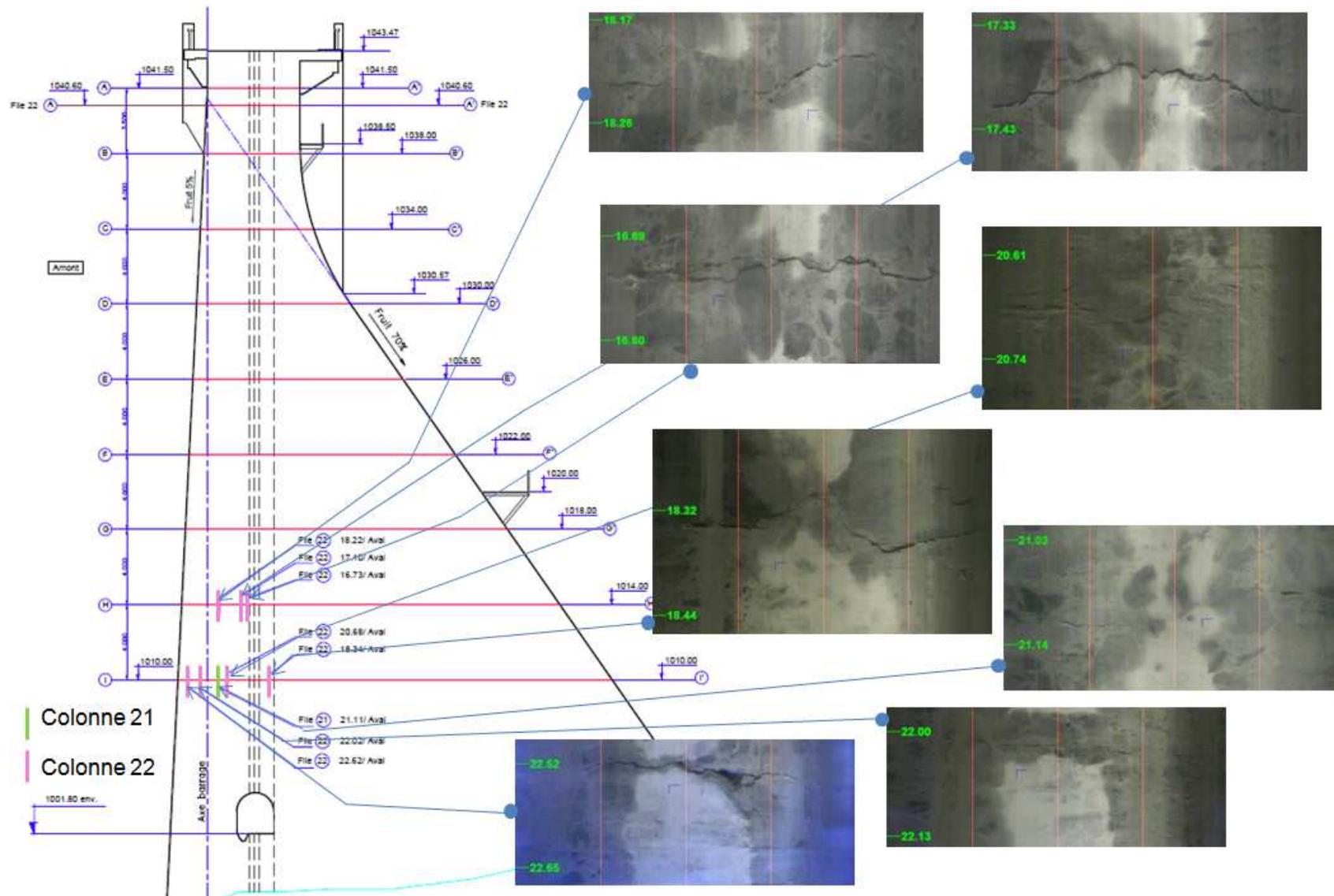


Exemple dimensionnement d'un tirant de crête

- Accélération au sol :  $a = 0,18 \text{ g} = 1,76 \text{ m/s}^2$
- Amplification à 1041,5 :  $f = 6,4$
- Epaisseur (sans dé) :  $e = 2.7 \text{ m}$
- Masse volumique béton :  $\rho = 2350 \text{ kg/m}^3$

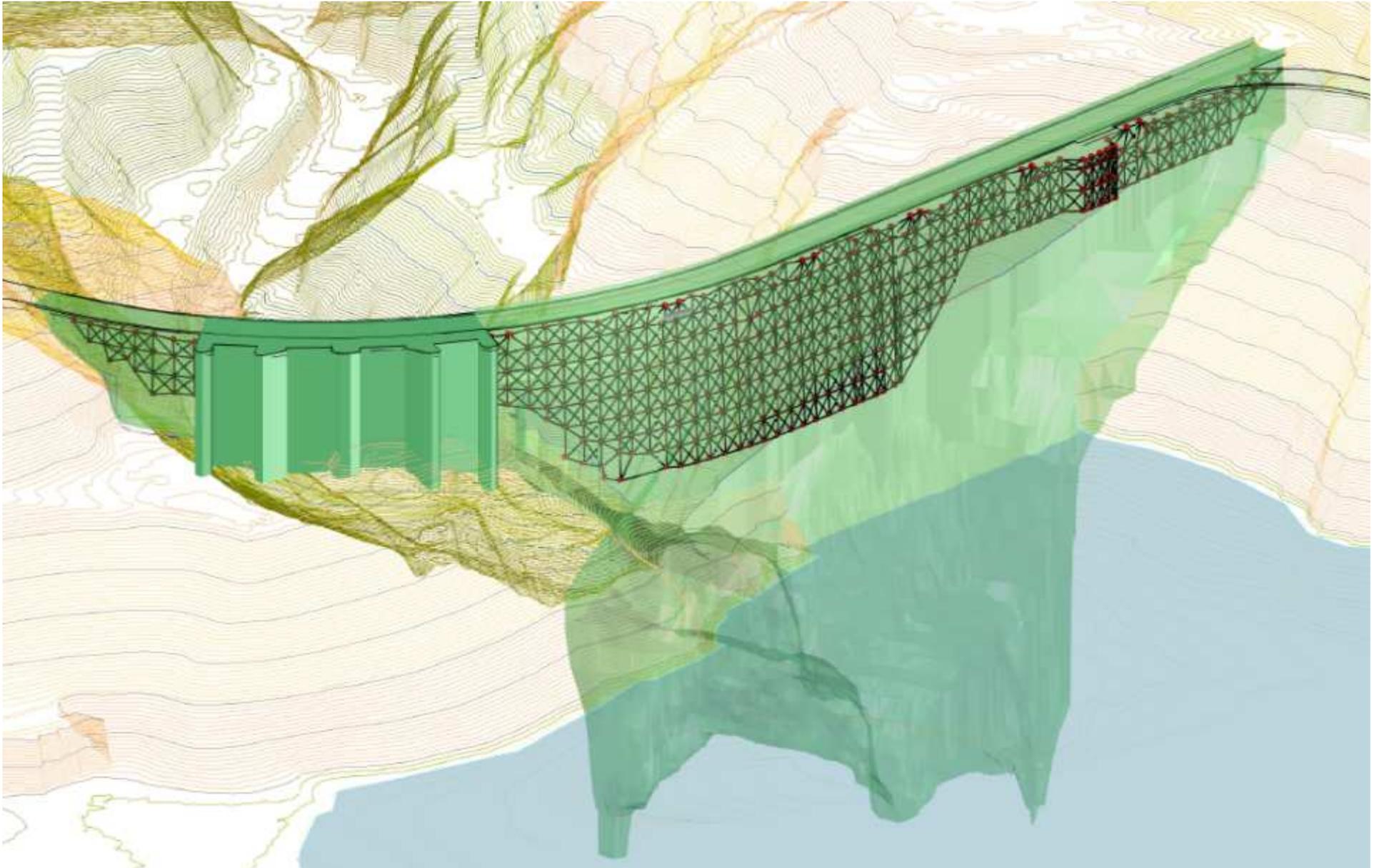
Effort bloc :  $P = (a * g * f) * (e * \rho) = 71,5 \text{ kN/m}^2$

# Le plot d'essai de 2010 – Diagraphies numériques

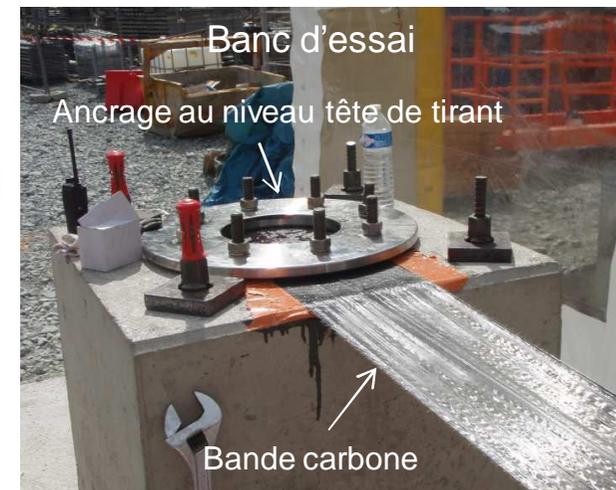
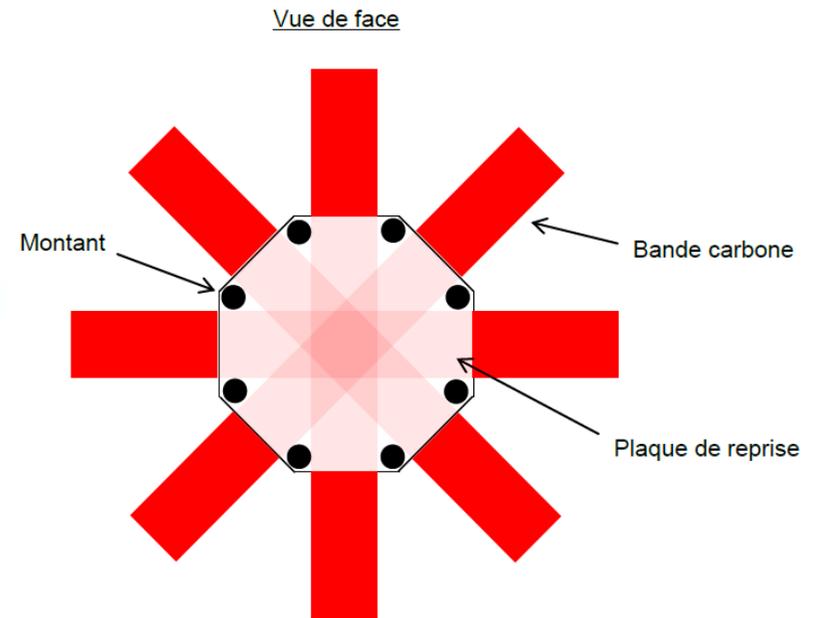
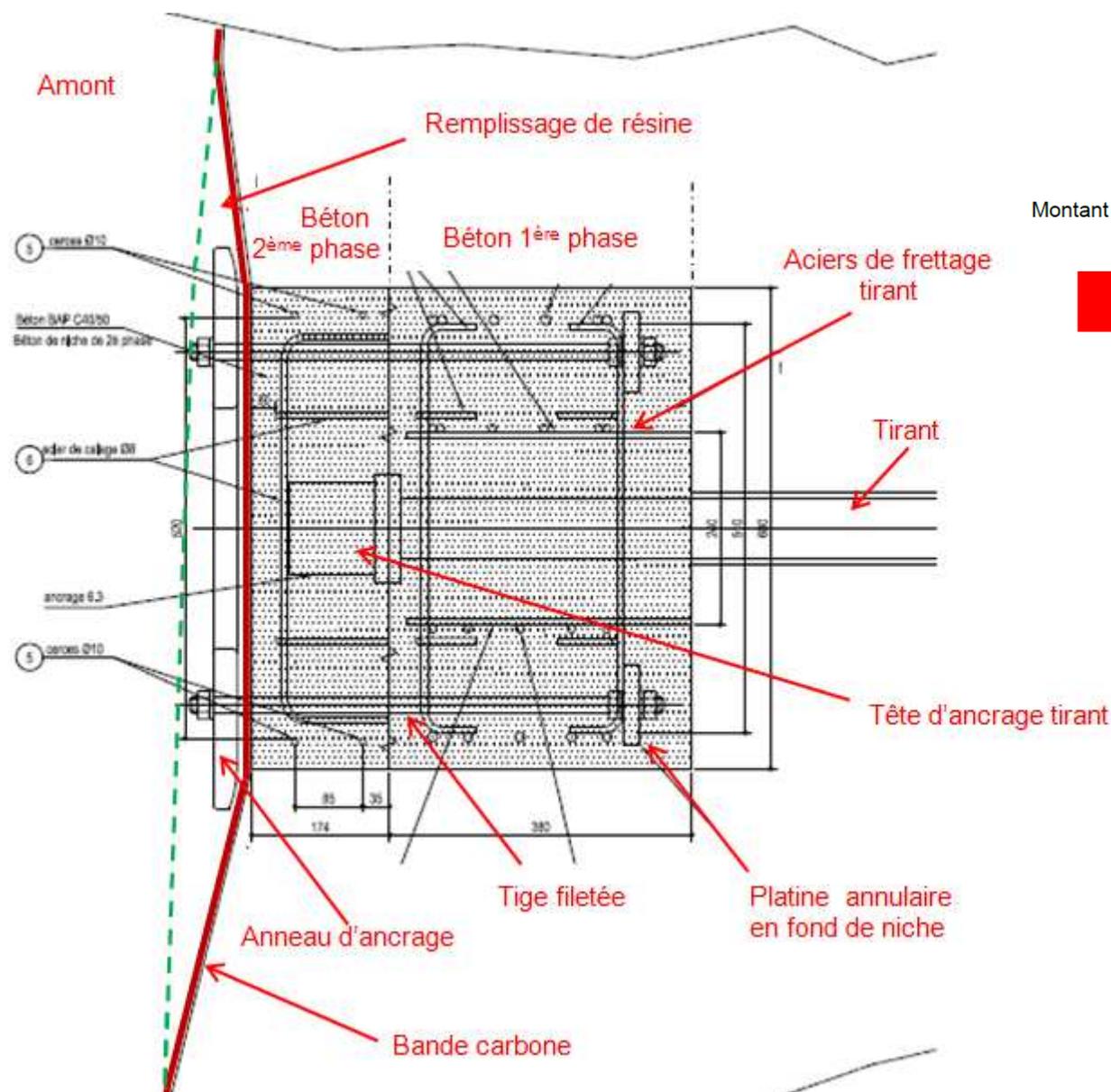


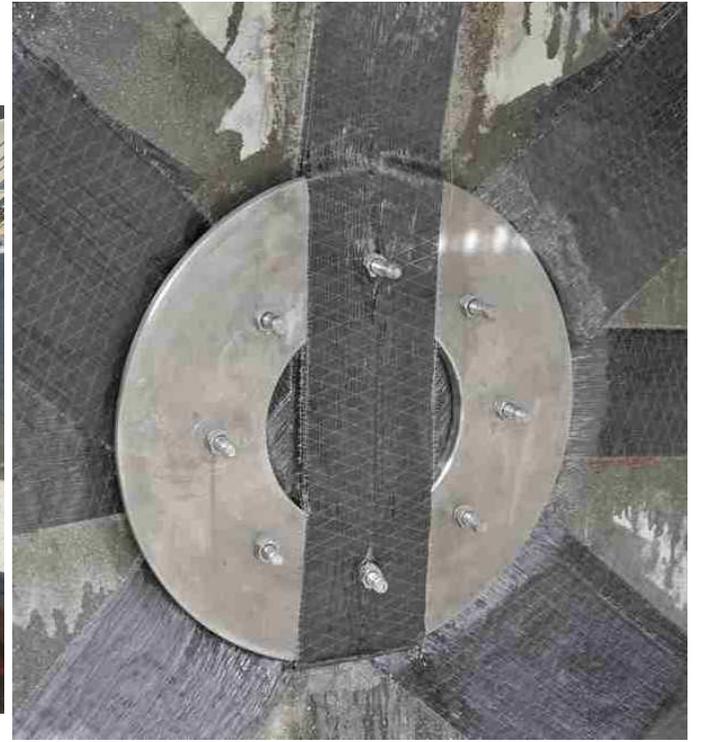


# Le maillage carbone

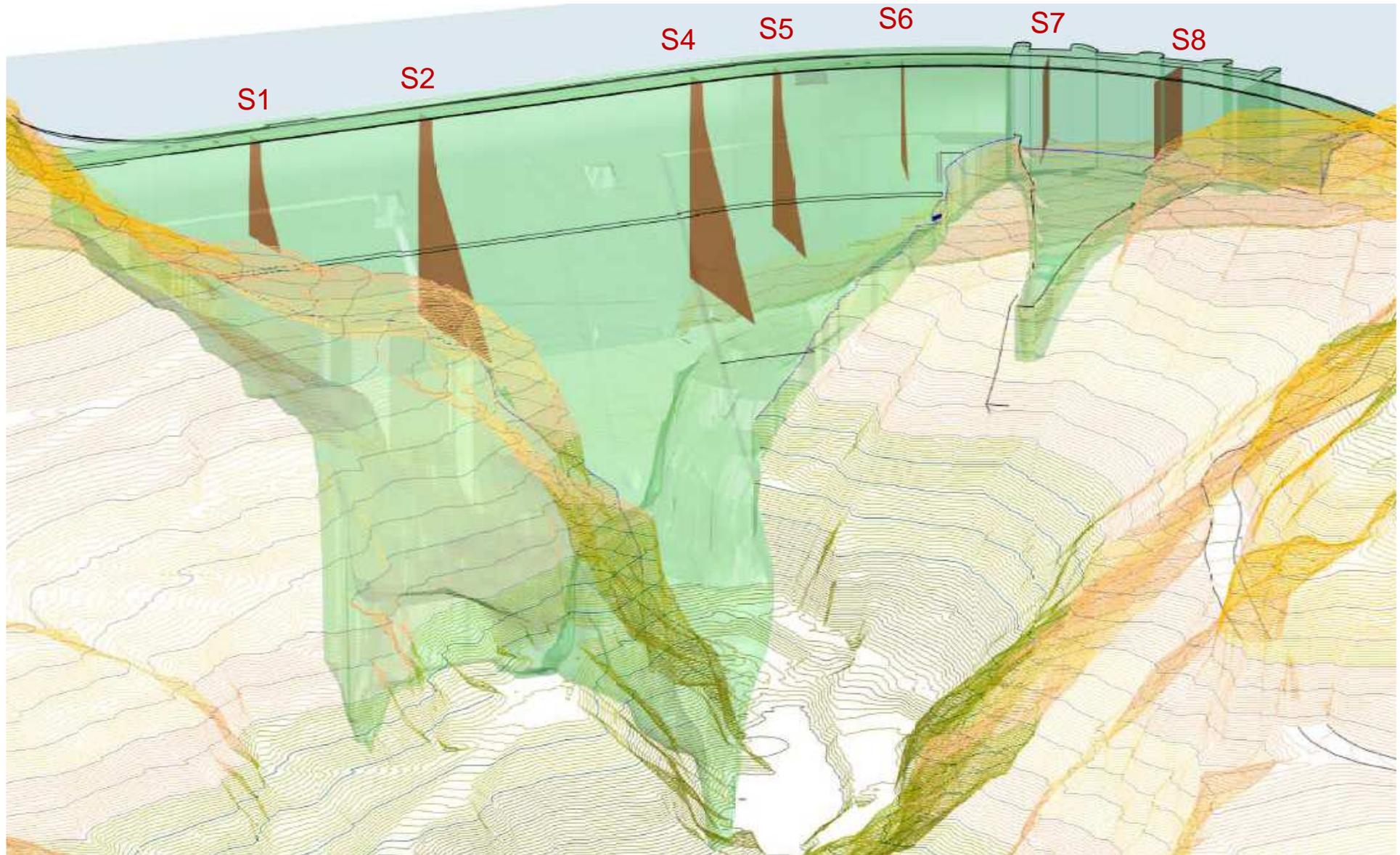


# L'accrochage des bandes carbone





# Les sciages



## Campagne 1995-97:

8 sciages

Hauteur max : 32 m

Surface sciée : 1877 m<sup>2</sup>

Epaisseur : 11 mm

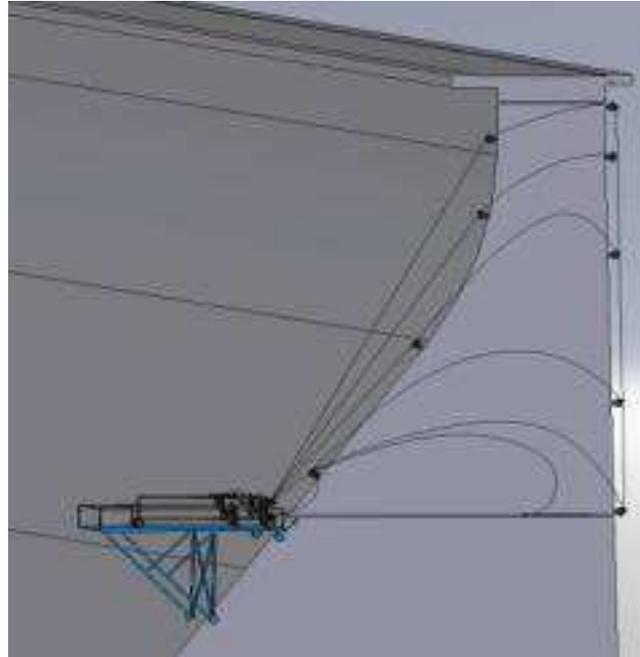
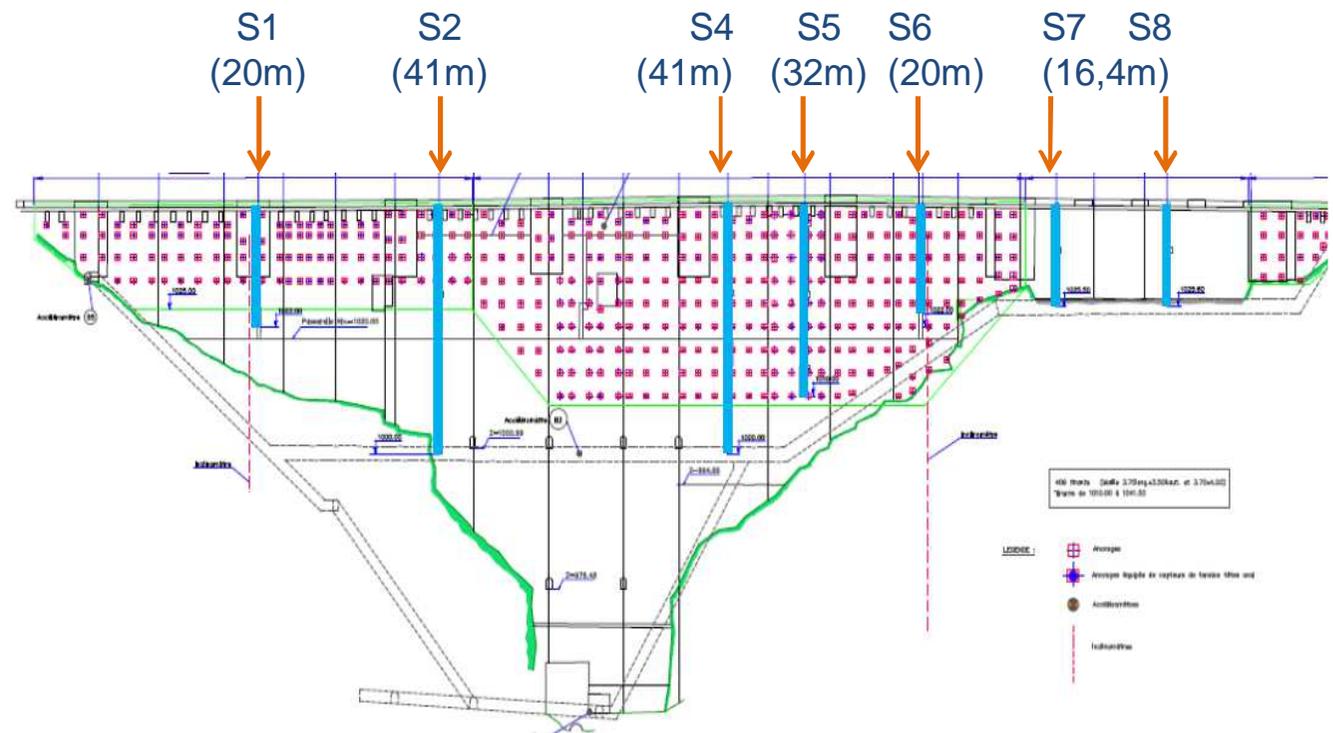
## Campagne 2013 :

7 sciages

Hauteur max : 42 m

Surface sciée : 2498 m<sup>2</sup>

Epaisseur : 16 mm



## Sur le terrain :

Vitesse de sciage :  
2 à 5 m<sup>2</sup>/h

Rendement moyen :  
≈ 2,5 m<sup>2</sup>/m de câble

Fermeture des sciages :  
S2 et S4 refermés de 11 mm  
avant la fin du sciage !

# Les sciages S2 et S4

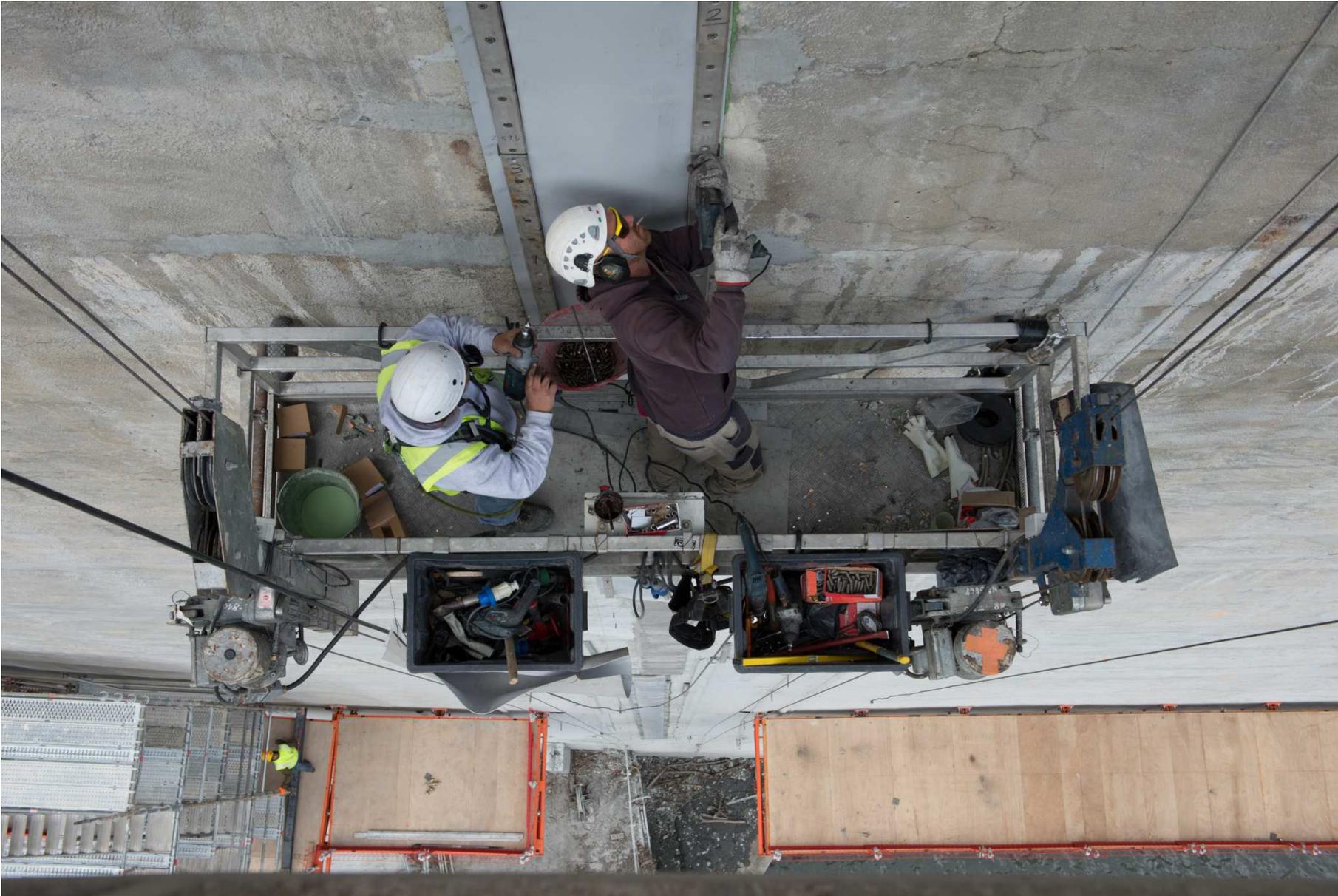


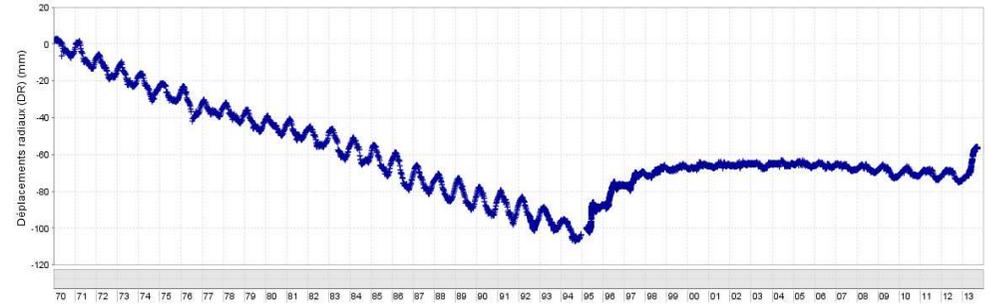


2013



## L'étanchéité du trait de scie S2





**CHAMBON**

Vinchon S2

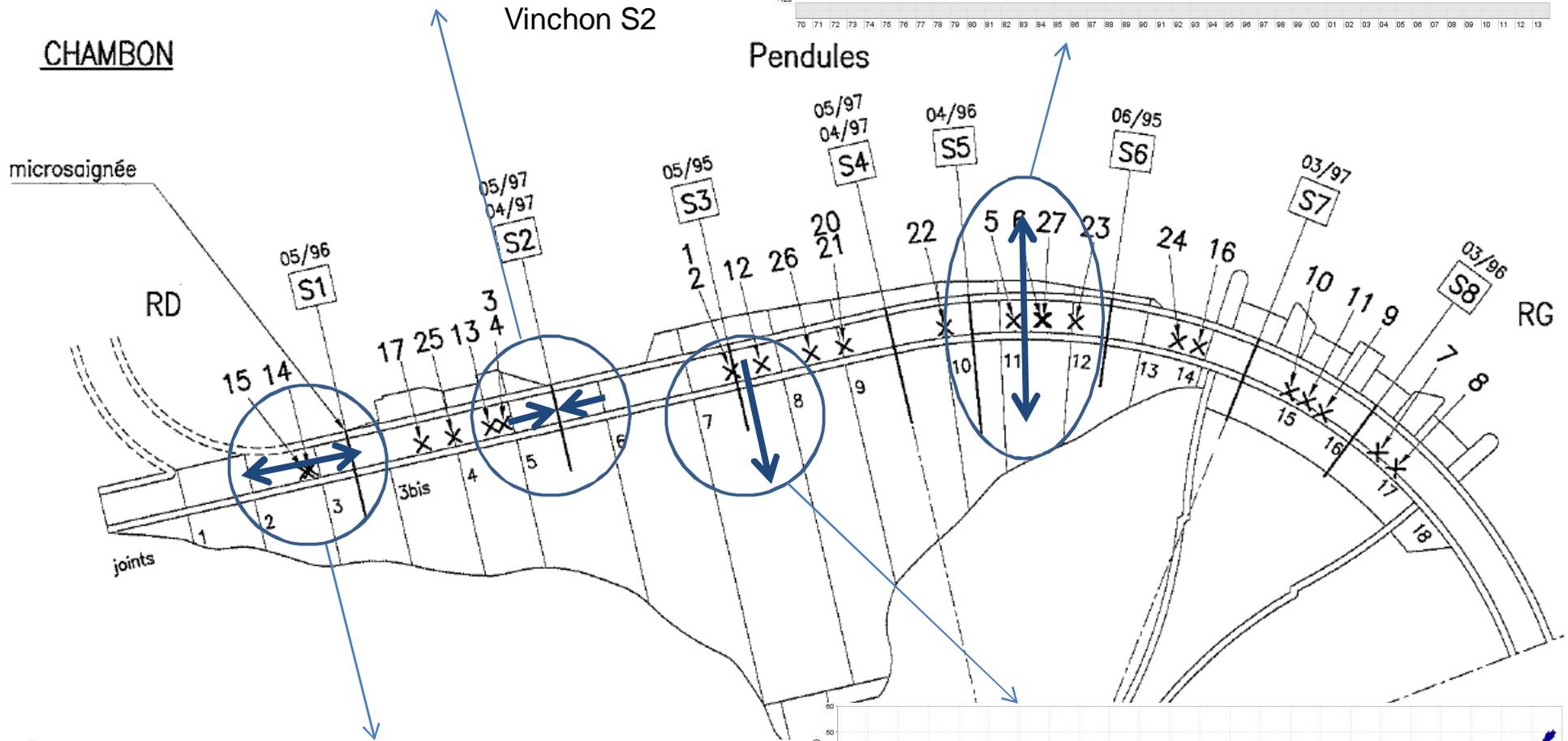
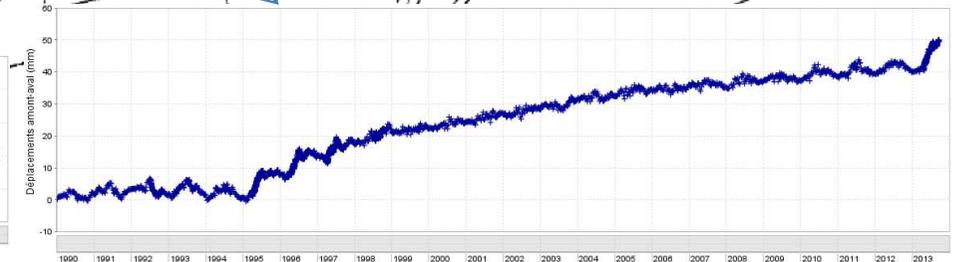
Pendules

microsaignée

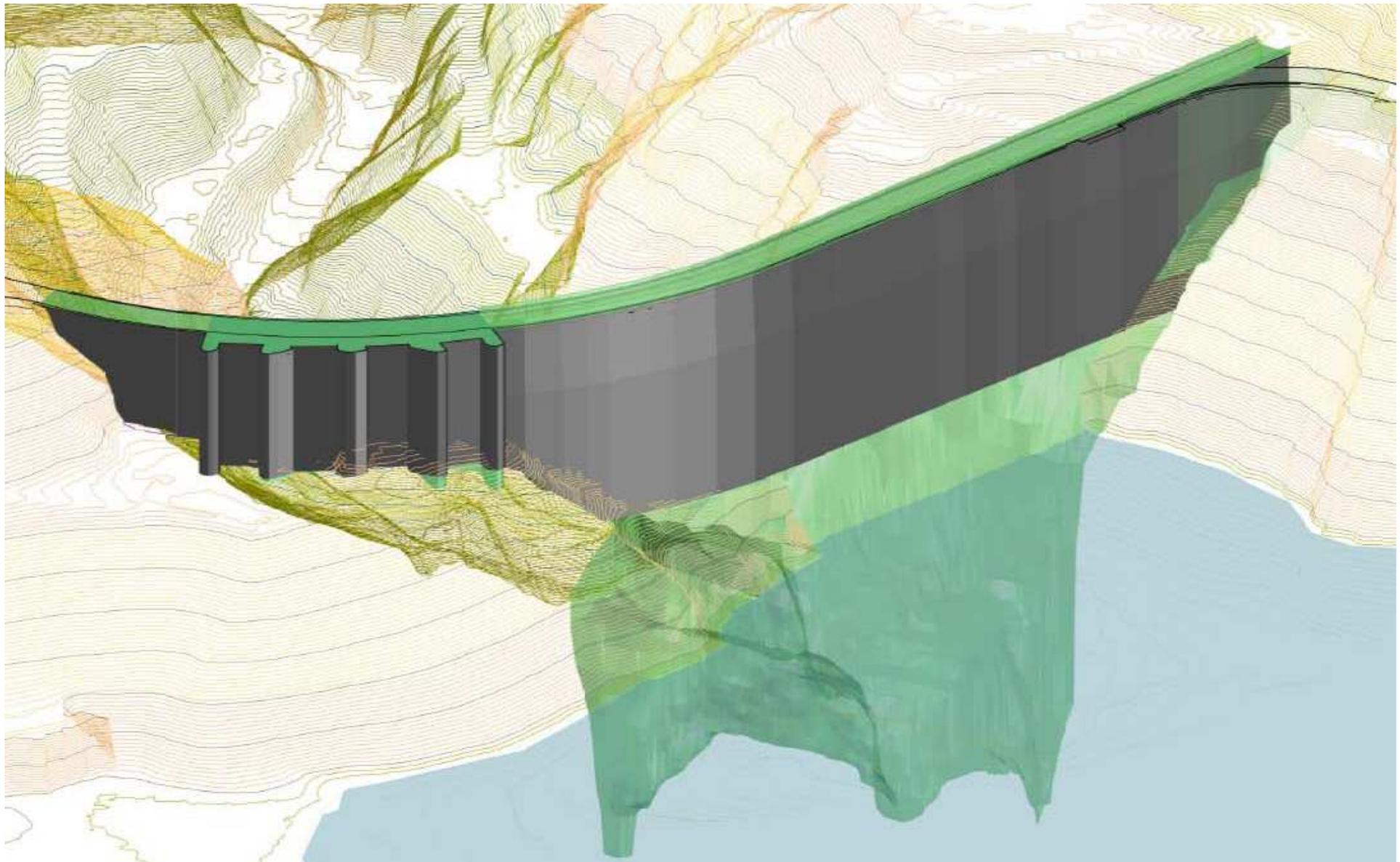
RD

RG

joints



# La membrane d'étanchéité



## La dépose de la membrane





# Sommaire

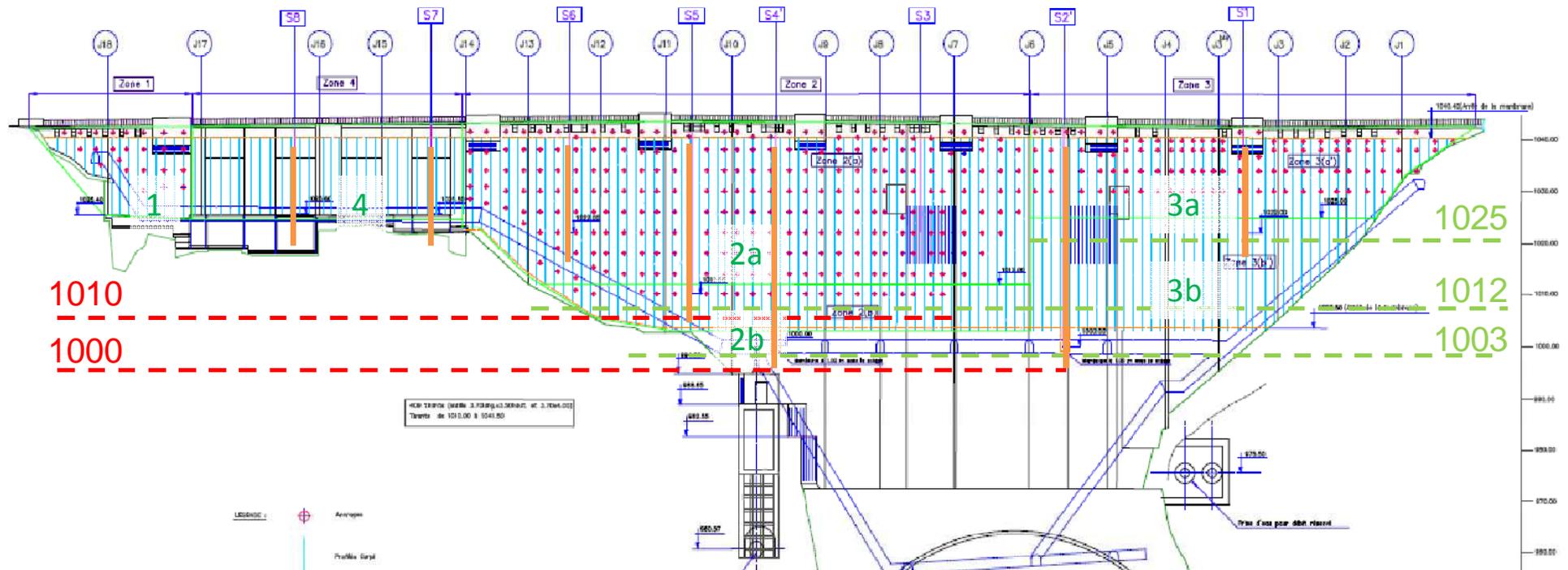
**Le contexte**

**Les solutions techniques mises en œuvre**

**L'organisation du chantier**

# Les travaux en chiffres

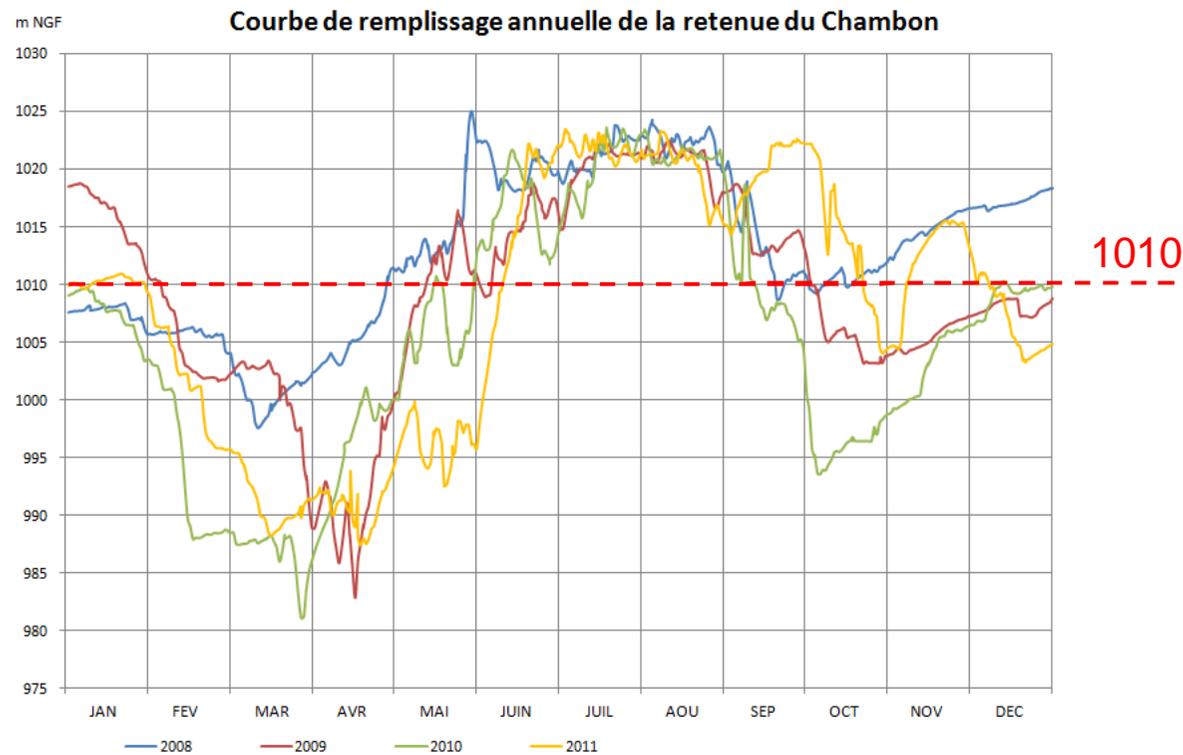
\_BARRAGE DU CHAM\_\nEl\u00e9vation amont d\u00e9velopp\u00e9e (Echelle 1/200)



Zone	1	2a	2b	3a	3b	4	Total
Tirants	24	254	22	109	-	-	409
Forages (m)	154	2 739	520	767	-	-	4 180
Bandes carbone (m)	270	3 972	375	1 390	-	-	6 007
Sciages (m <sup>2</sup> )	-	1 212		835		450	2 498
Membrane (m <sup>2</sup> )	382	3 510	820	1 240	1 268	1 506	8 726

# Les contraintes principales du chantier

- la circulation routière
- le planning
- l'altitude
- l'exploitation de la retenue et le risque de crue
- ...



# Le lotissement des travaux

## Lot 1 : 12 M€

- Tirants + maillage carbone
- Moyens de levage + base vie + accès généraux (pistes, échafaudages)
- Ragréage du parement aval
  - Titulaire : Bouygues (TPRF-VSL France + Services Nucléaires)
  - Sous-traitants : Arnholdt, DSD Firoc, Gravier, France déneigement, Fondasol, Thouax, Geomesure, THP, Abcyss. Colas, ...

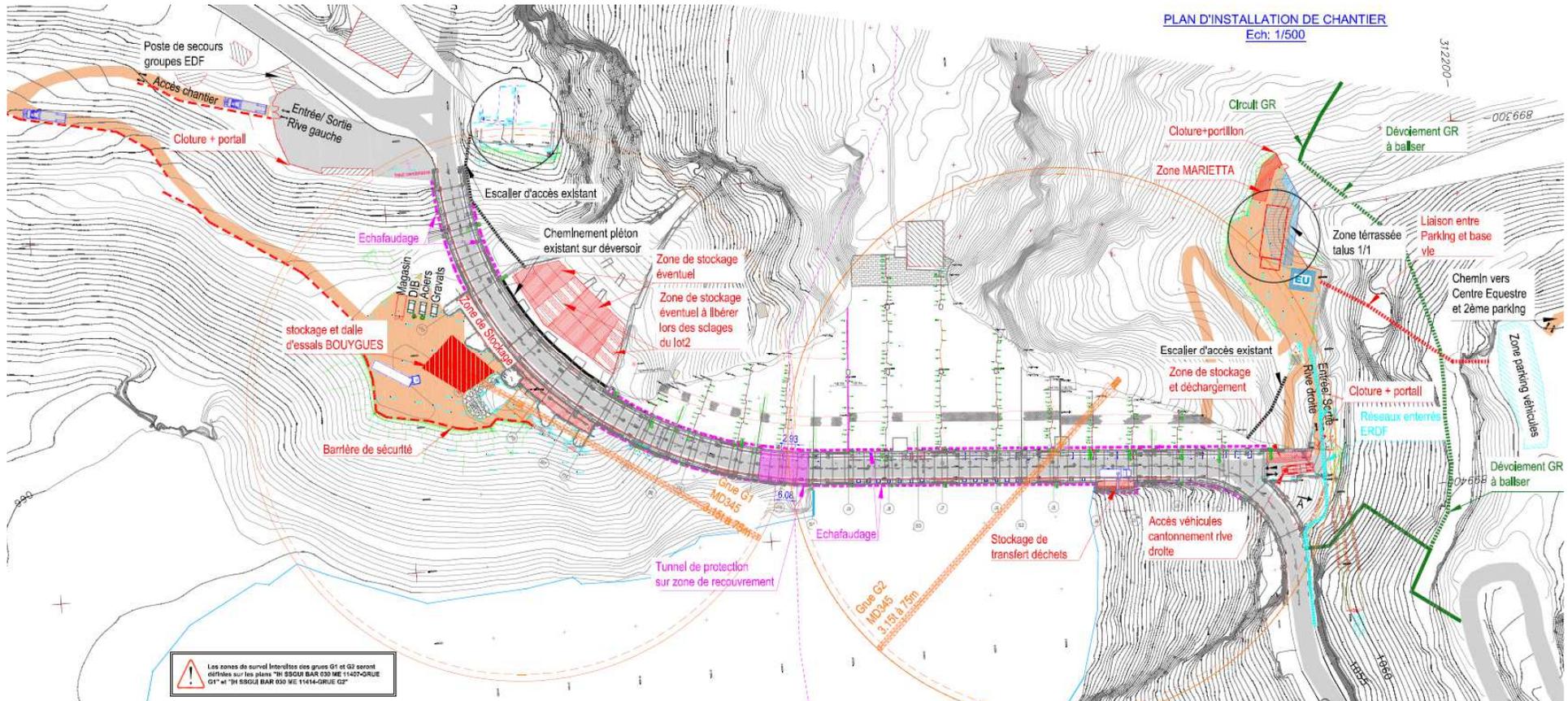
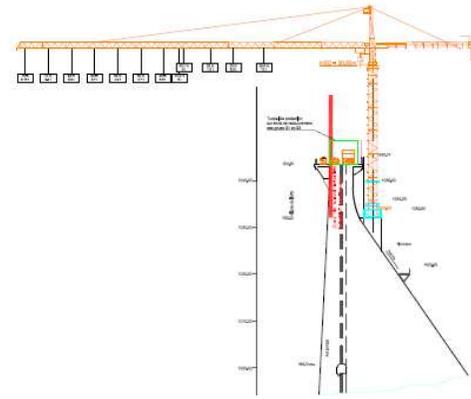
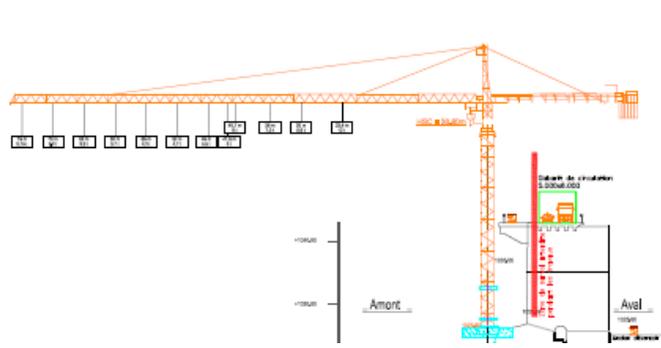
## Lot 2 : Sciages (+ accès spécifiques), 2 M€

- Titulaire : Marietta s.p.a (Italie) + Hydrokarst (France)
- Sous-traitants : Sam, Hydrophy, ...

## Lot 3 : Membrane amont (+ accès spécifiques), 5 M€

- Titulaire : Carpi (Suisse)
- Sous-traitants : STPL, Sait, Start.

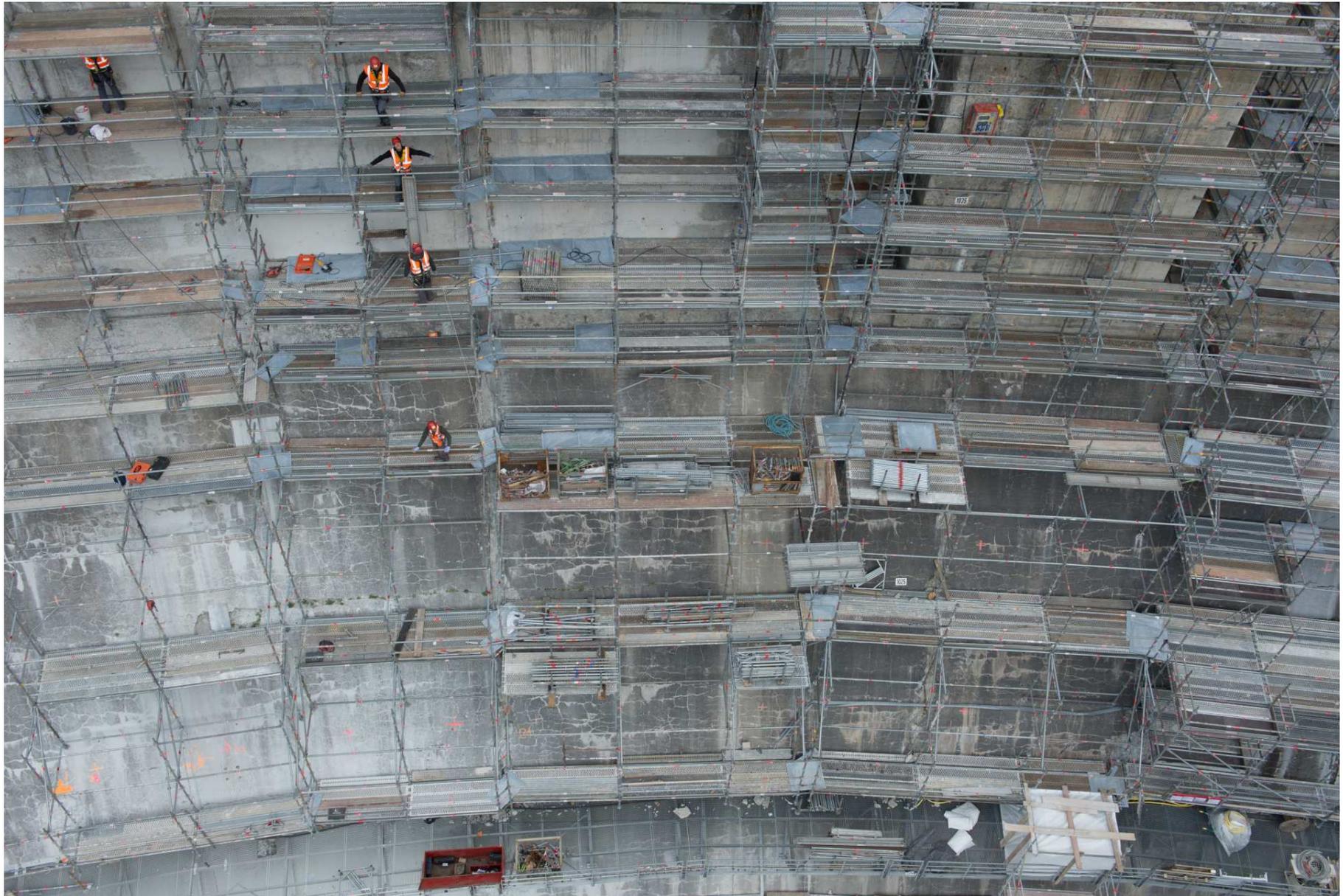
# Plan du chantier



## Le montage de la grue G2



# L'échafaudage aval





**L'échafaudage amont**

Merci pour votre attention

