

# Les études de sureté: Cas du Barrage de Villerest (42)



# Sûreté des ouvrages hydrauliques:

## Les outils pour le contrôle des ouvrages hydrauliques

- Les outils de la Surveillance des ouvrages
  - Consignes écrites de surveillance
    - En exploitation normale
    - En situation exceptionnelle et en crues
  - Rapport de surveillance généralement établi par l'Exploitant
  - Rapport **d'auscultation** : Avis sur le comportement de l'ouvrage
  - Visite Technique Approfondie
  
- Déclaration des Événements Importants pour la Sûreté Hydraulique (EISH)
  - Informer l'administration et alimenter une base de donnée pour le retour d'expérience sur les défaillances



# Sûreté des ouvrages hydrauliques:

## Les outils pour le contrôle des ouvrages hydrauliques

- Etudes de dangers (Analyse de risques) et leurs études connexes
  - Etudes sur les aléas (solicitations): Hydrologie, séisme, glissement en retenue
  - Etudes hydrauliques: Gestion des crues, crue de projet et détermination des PHE, propagation d'onde de rupture, Gestion pour réduction de risque aval
  - Etude sur les structures: stabilité du barrage, tenue des vannes,...
- Dossier de révision spéciale



→ Mobilisation d'un large panel de compétences

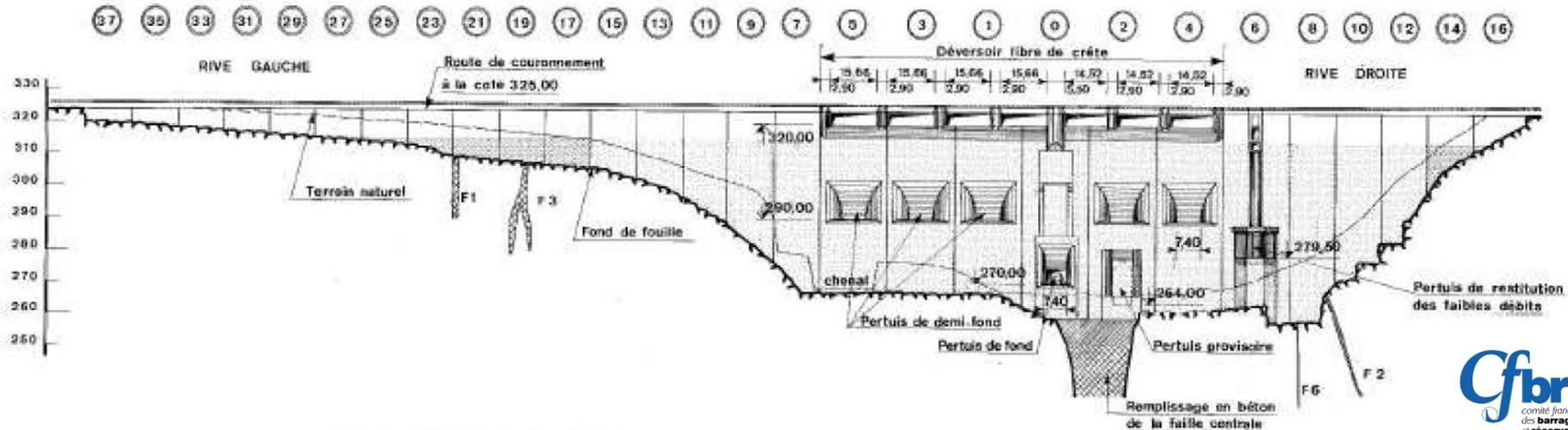
Illustrations au travers du cas du barrage de Villerest et autres

# Sûreté des ouvrages hydrauliques: Le barrage de Villerest en qq chiffres

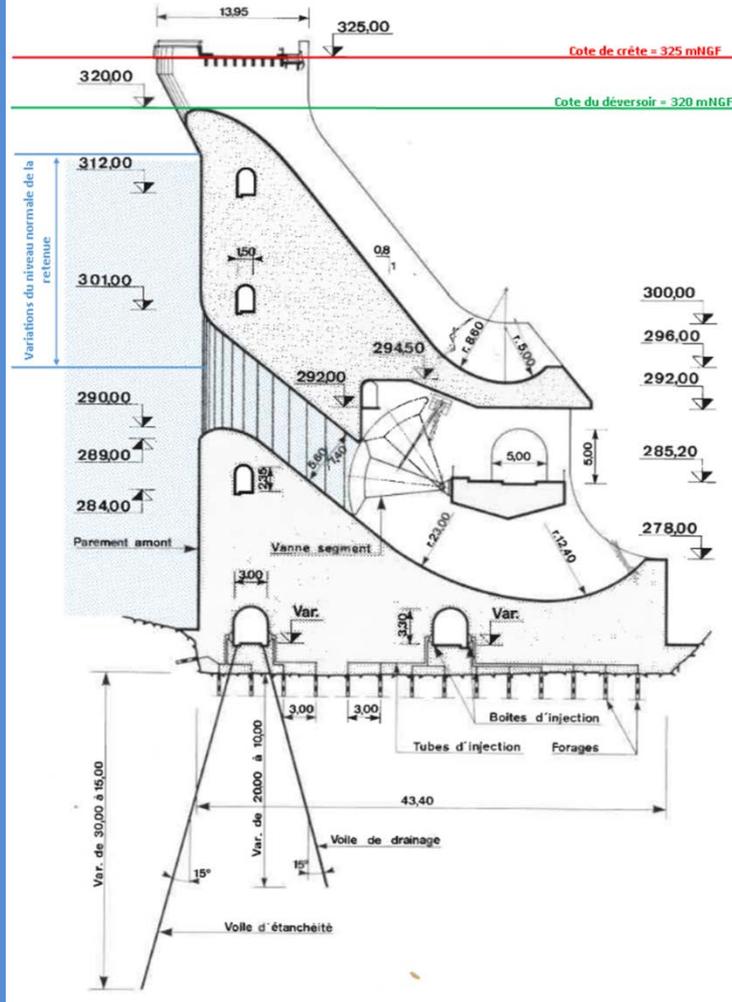
**OUVRAGE** : Barrage poids arqué en béton, rayon de courbure à l'amont : variable

Cote supérieure du couronnement.....	325 mNGF
Hauteur maximale au-dessus de la fondation.....	70 m
Hauteur maximale au-dessus du terrain naturel.....	59 m
Largeur en crête.....	7 m
Longueur en crête.....	469 m
Epaisseur maximale au niveau du terrain naturel.....	43.4 m
Fruit du parement amont.....	Vertical
Fruit du parement aval.....	0,8 H / 1 V

## ELEVATION AMONT



# Sureté des ouvrages hydrauliques: Le barrage de Villerest en qq chiffres



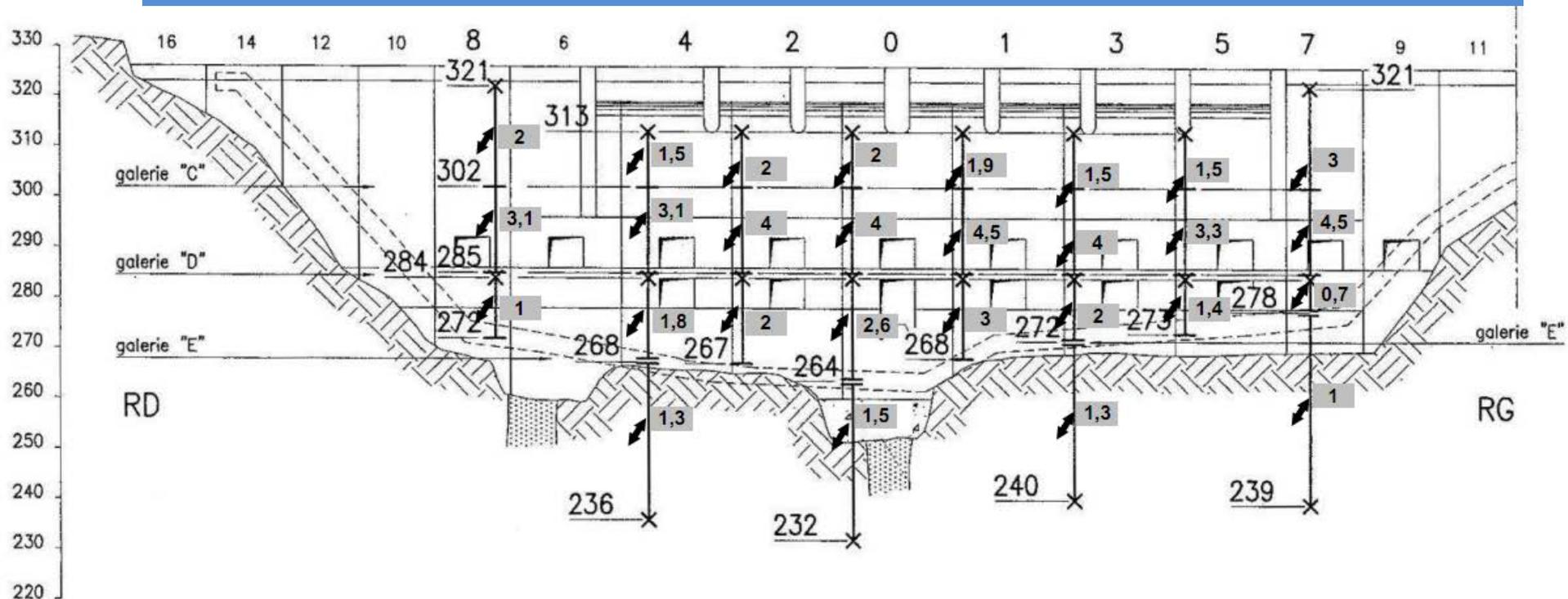
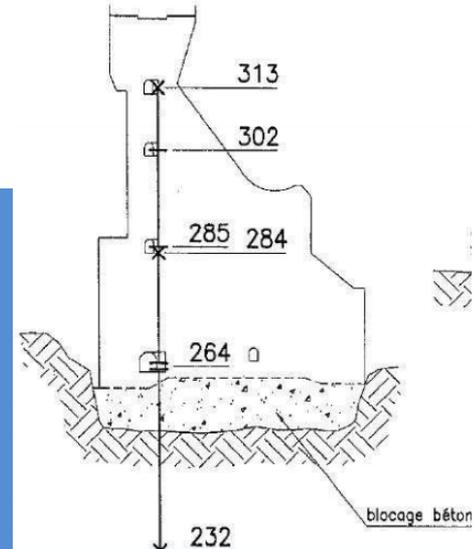
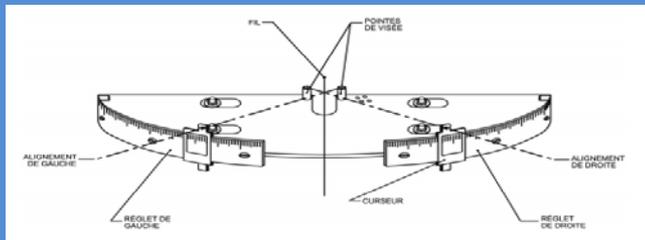
## L'Auscultation

- Objectifs multiples
  - Surveillance du comportement au jour le jour
  - Détection des changements de comportement ou évolution
  - Vérification des hypothèses de calcul

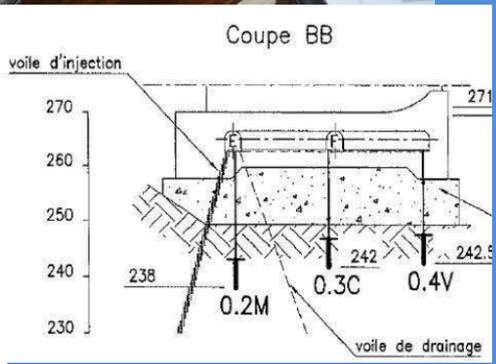
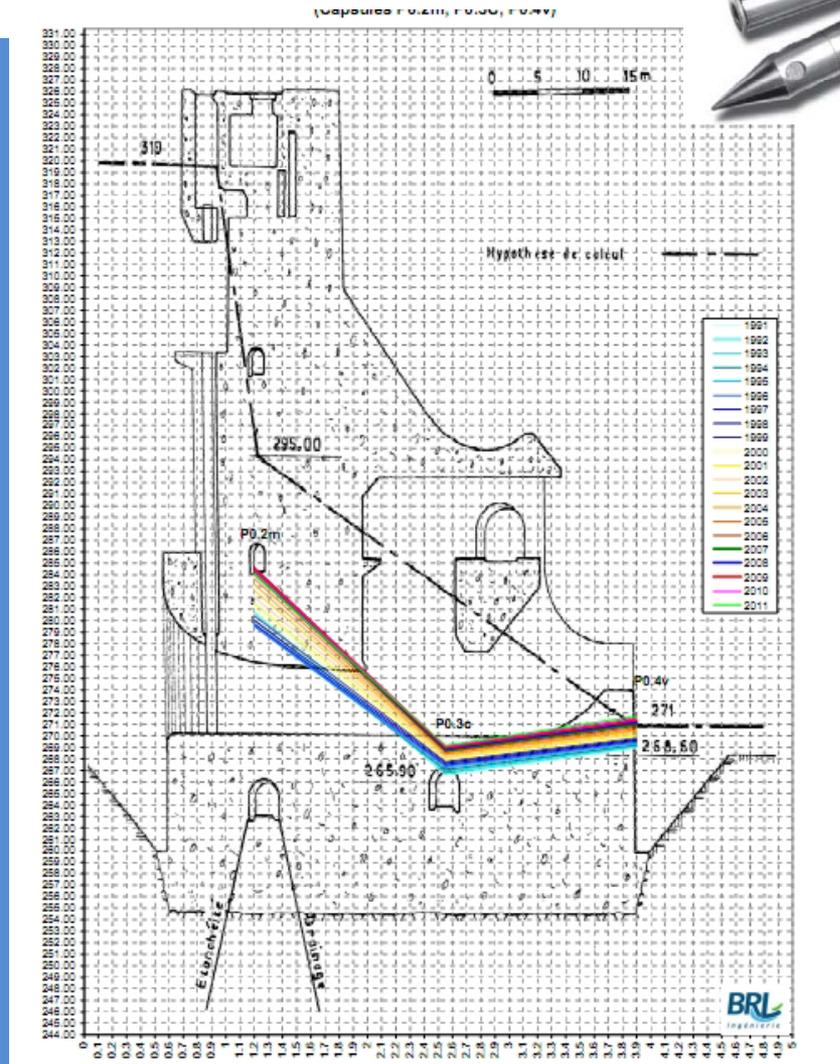
### Dispositif d'auscultation de Villerest

- déplacements tangentiels et radiaux du barrage
  - 8 lignes de pendules répartis sur les 8 plots principaux du barrage
  - 4 de ces lignes (1 ligne sur 2) sont prolongées en fondation par un pendule inversé.
    - Soient **28 tables de lecture**
- 2 capteurs de type DistoFor équipant la faille
- 3 vinchons
  
- 12 cellules de pression interstitielle situées dans la fondation du barrage
- 10 points de mesure des débits de fuites d'élévation du barrage, de ses fondations et de ses galeries de reconnaissance en rives (101 drains)

# Sureté des ouvrages hydrauliques: Auscultation du barrage de Villerest: les pendules



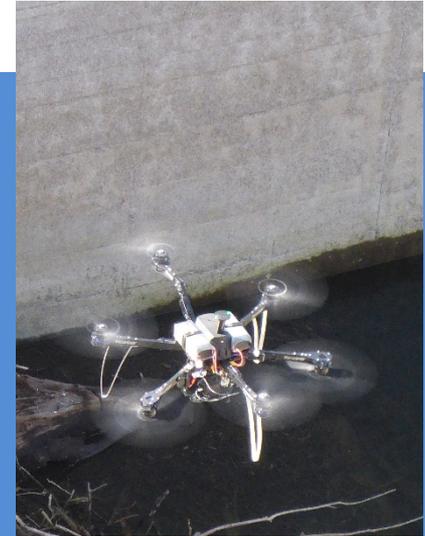
# Sureté des ouvrages hydrauliques: L'Auscultation



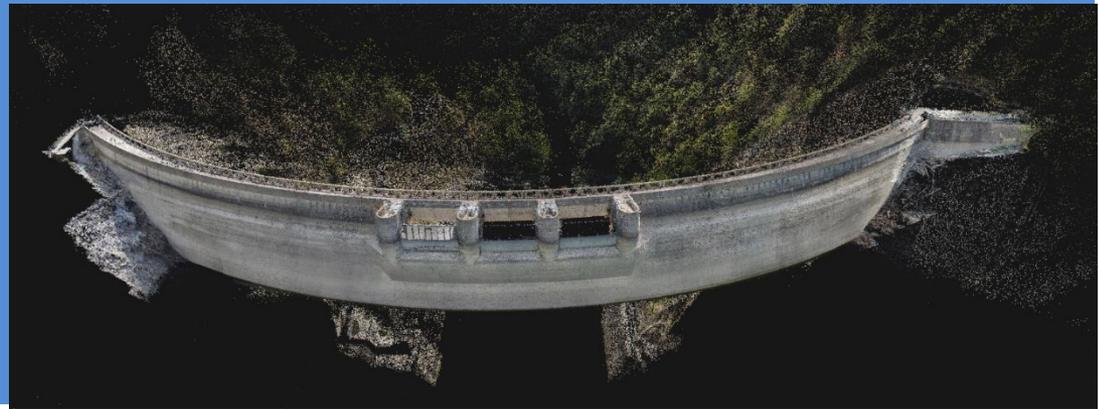


# Sureté des ouvrages hydrauliques: Les études de dangers

- Les inspections des parties aériennes:
  - Par cordistes
  - Evolution : Par drone (levé hybride photo + laser)



Exemple Barrage des Monts d'Orb Sept. 2019 -BRLi



# Sureté des ouvrages hydrauliques: Inspections subaquatiques et bathymétrie (Villerest 2011)

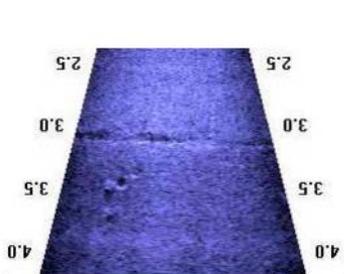
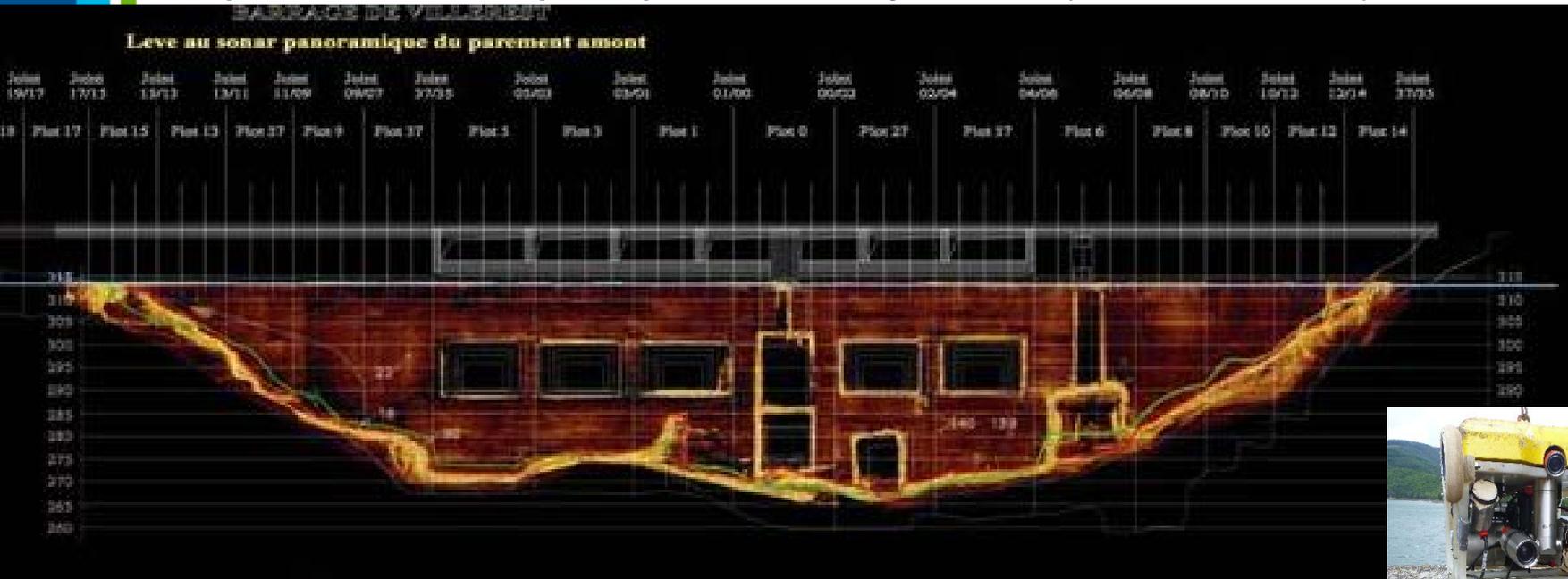
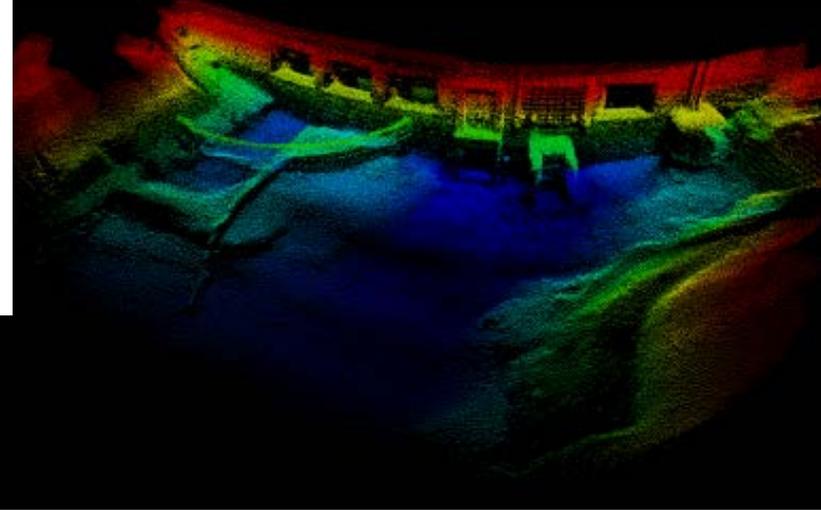


Image 1 - vue type - trou de bouchon de coffrage.



Journée des écoles d'ingénieurs barrage de Villerest - 12 octobre 2019



Sureté des ouvrages hydrauliques:

## Les études de dangers et leurs études connexes

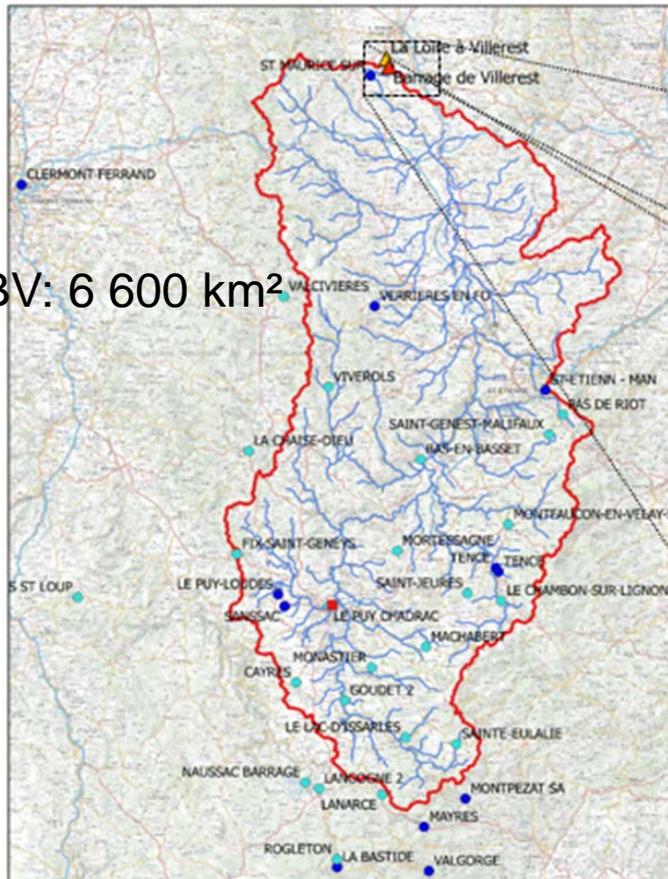
- Etudes hydrologiques:
  - Evaluation des crues définies par un hydrogramme ( $Q = f(t)$ )

Analyses des données historiques de pluie, débits des cours d'eau

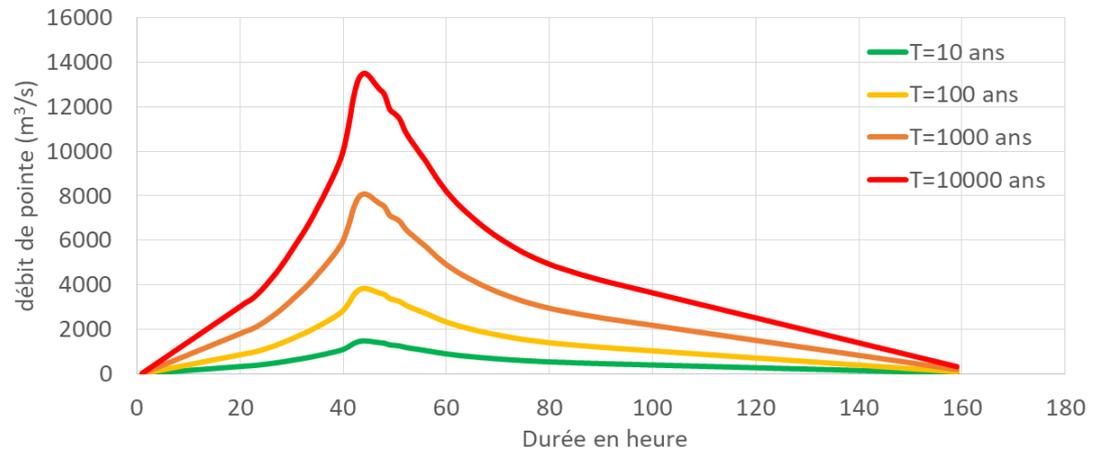
→ Modèles de transformation Pluie- débit

→ Approches innovantes (Shypre – Shadex) 2018

BV: 6 600 km<sup>2</sup>

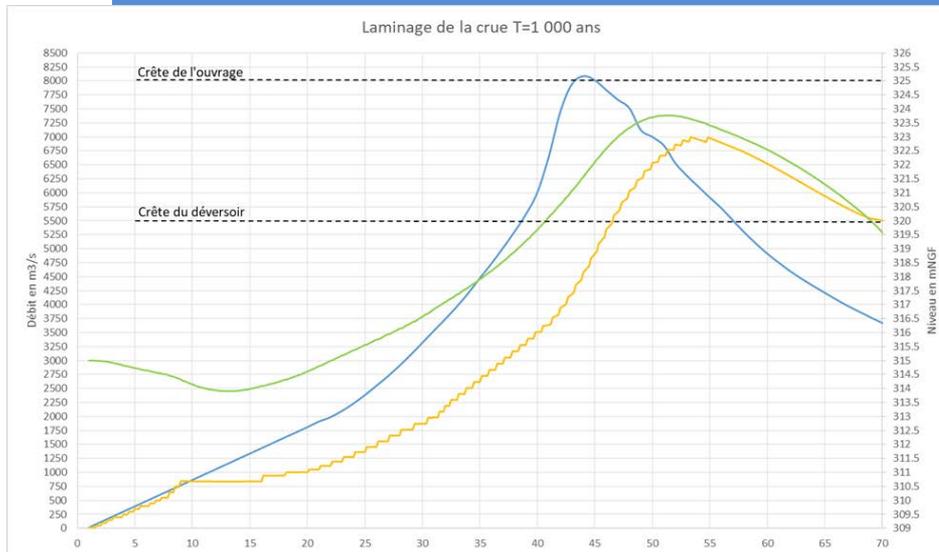


Hydrogrammes de crues - barrage de Villerest



# Sureté des ouvrages hydrauliques: Les études de dangers et leurs études connexes

- Les études hydrauliques:
  - Etude de laminage, Evaluation des sollicitations PHE
  - Mode de gestion du barrage
  - Cas de défaillance: embâcles,...
  - Gestion du risque amont (Rupture Grangent)



# Sureté des ouvrages hydrauliques: Les études de dangers et leurs études connexes

- Les études hydrauliques:
  - Etude de fosse de dissipation
  - ...



Photo 23 \_ Ecoulement en cours d'essai

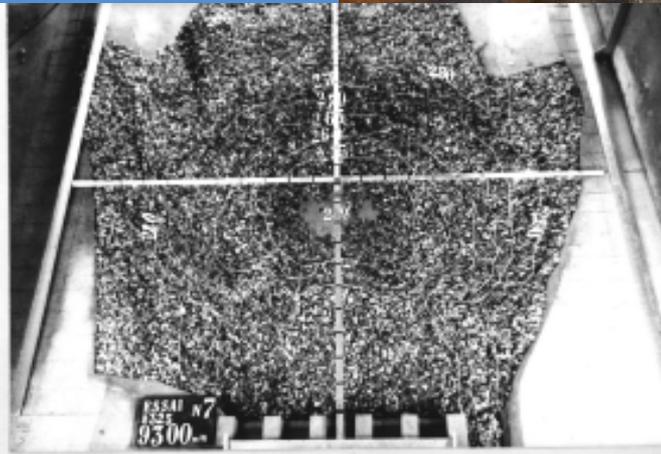
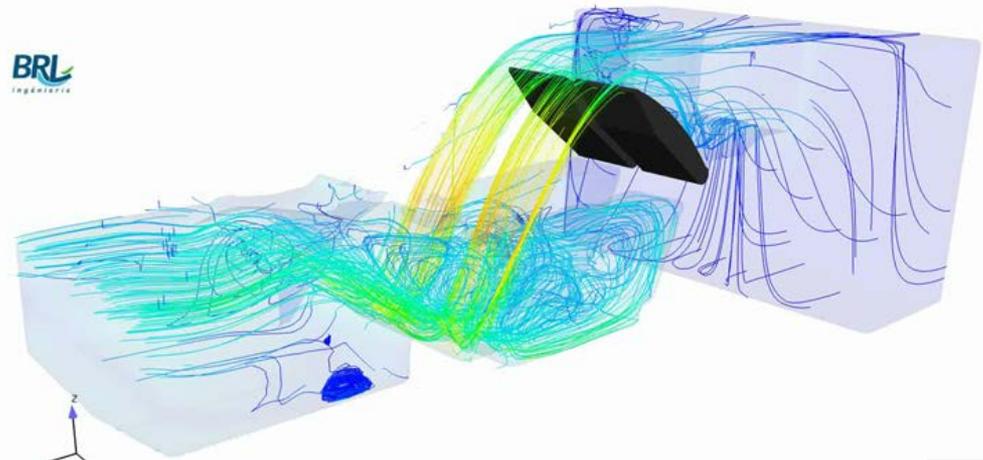


Photo 2

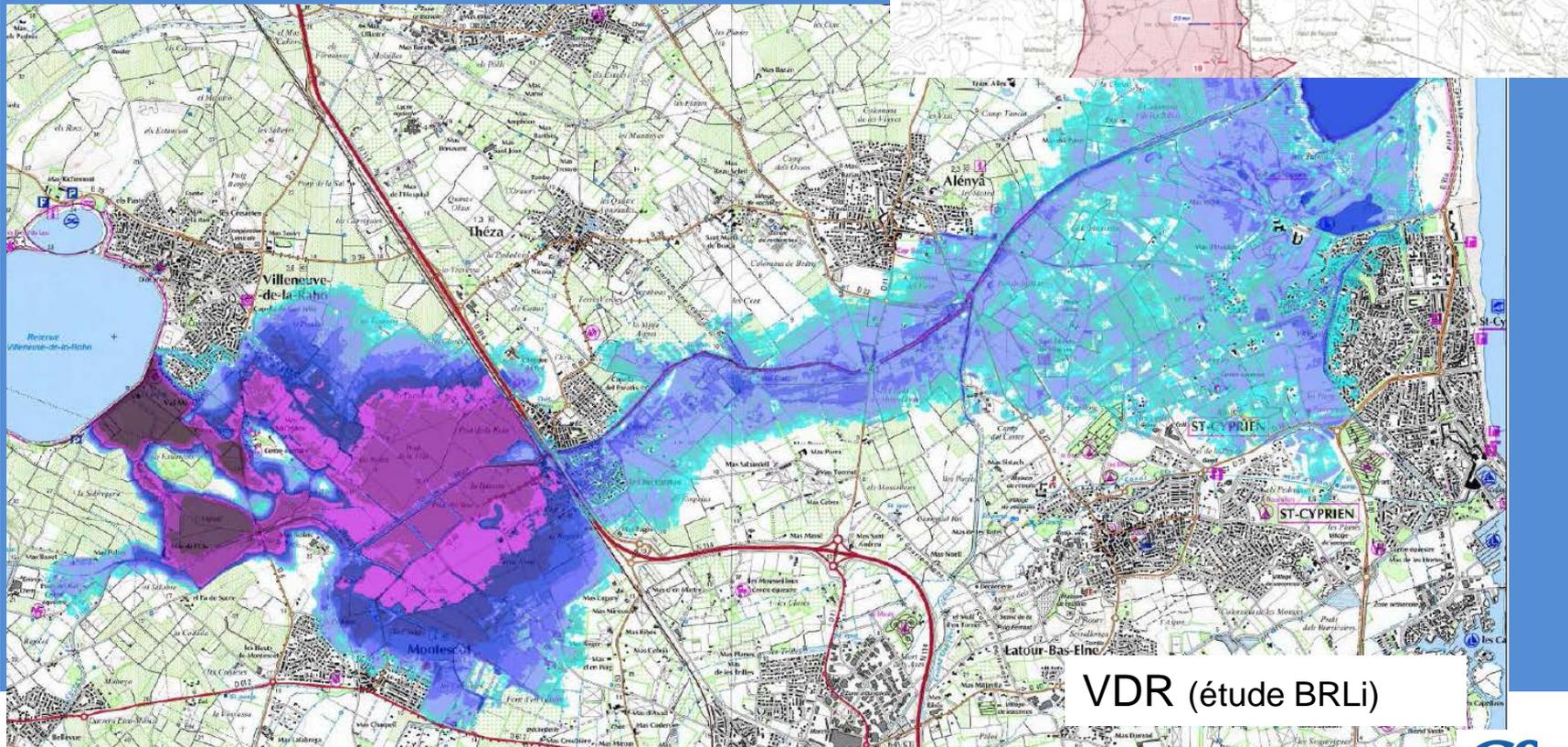
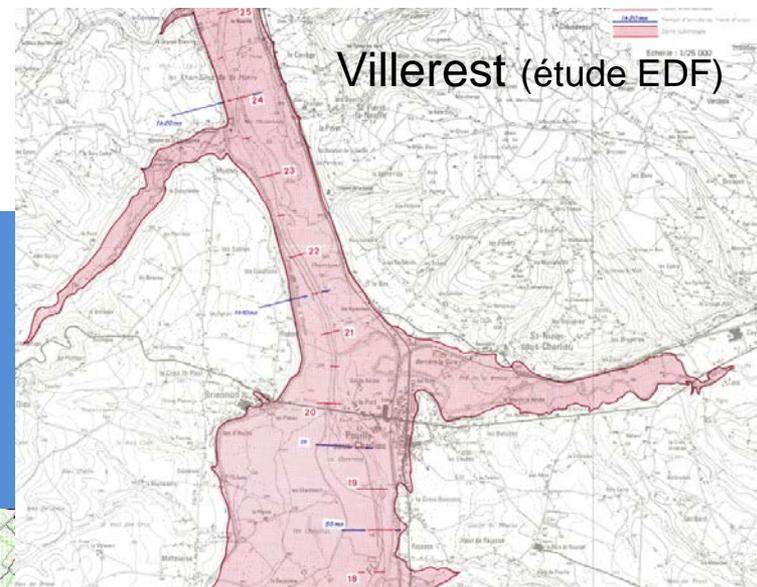
Simulation  
numérique  
(Flow3D)

Modèle physique



# Sûreté des ouvrages hydrauliques: Les études de dangers et leurs études connexes

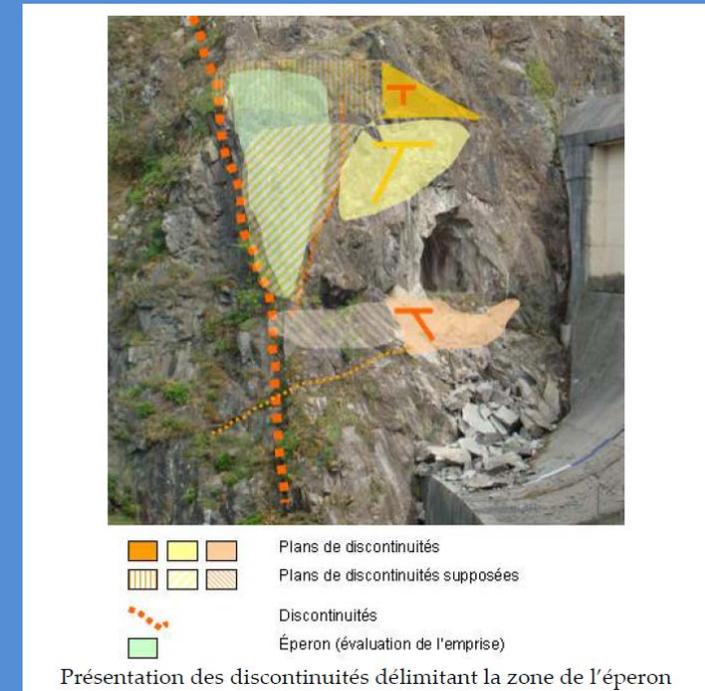
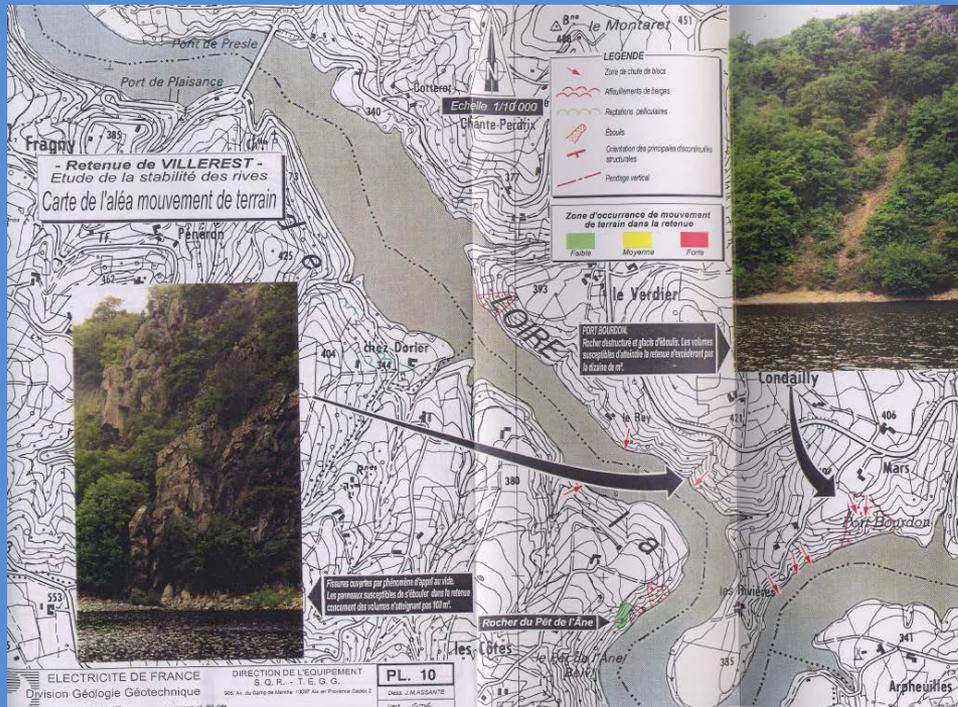
- Etudes hydrauliques:
  - Propagation des ondes de rupture



Journée des écoles d'ingénieurs barrage de Villerest - 12 octobre 2019

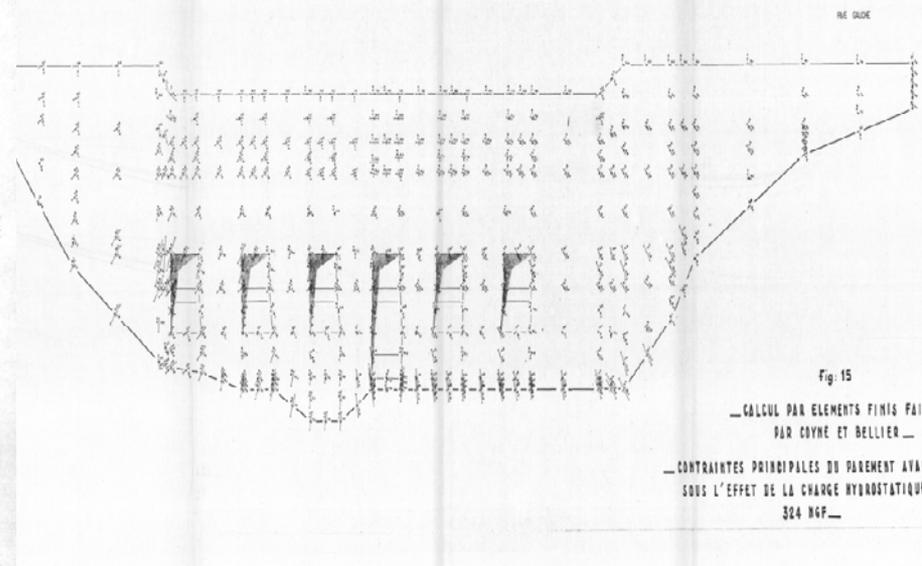
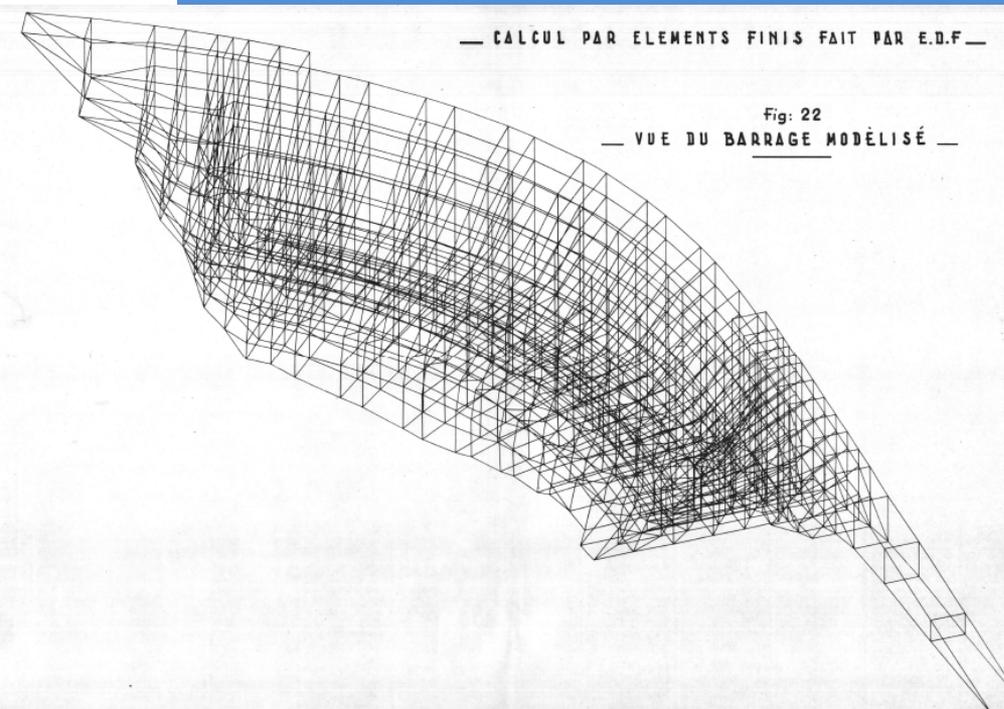
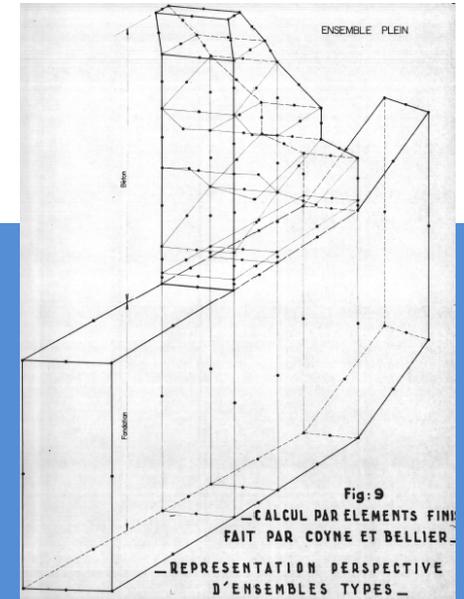
# Sûreté des ouvrages hydrauliques: Les études de dangers et leurs études connexes

- Etudes géologiques:
  - Evaluation de risques: Glissement dans la retenue pouvant conduire à la propagation d'une vague solitaire
  - Etudes spécifiques



# Sûreté des ouvrages hydrauliques: Les études de dangers et leurs études connexes

- Etude de Structure:
  - Etude de stabilité du barrage:  
Villerest premiers calculs numériques 3D  
(EDF + Coyne et Bellier, 1978)



- 2019 en cours : Révision des calculs avec Ansys (BRLi)

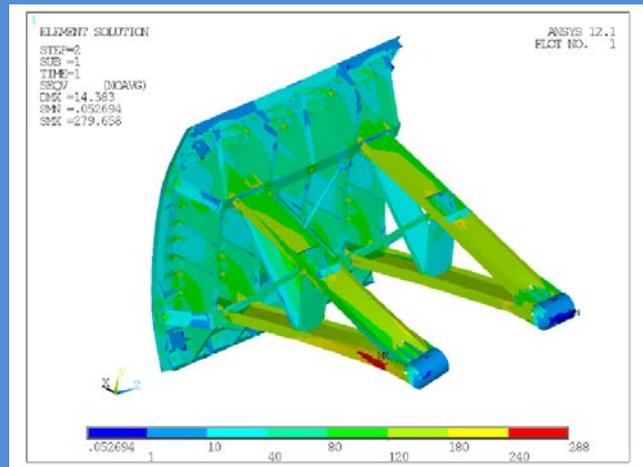
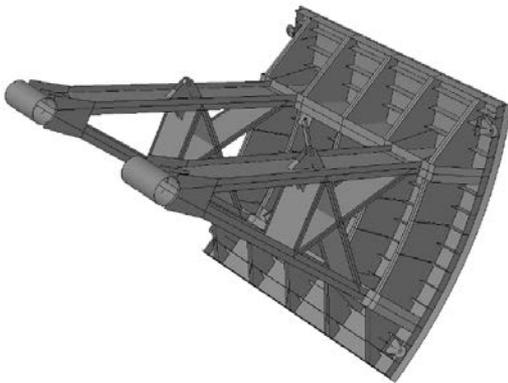
Journée des écoles d'ingénieurs barrage de Villerest - 12 octobre 2019

# Sureté des ouvrages hydrauliques: Les études de dangers et leurs études connexes

- Etude de Structure:
  - Etude de composants: Vannes,..

Objet : Vanne de vidange V50

Installation : Barrage de Villerest

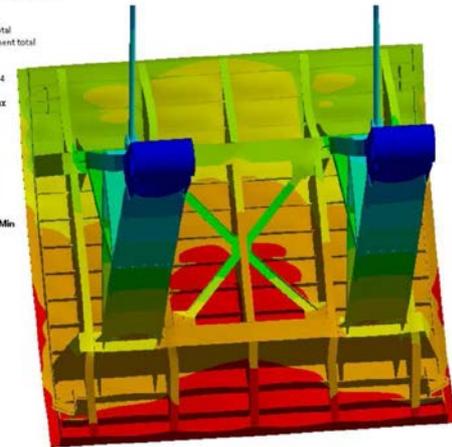


4.5.2.2 Déplacements

B: PHE 54.095  
Déplacement total  
Type: Déplacement total  
Unité: mm  
Temp: 1  
03/04/2014 12:24

1.4090 Max  
12.537  
18.976  
9.4148  
7.8538  
6.2927  
4.7316  
3.1746  
1.6095  
0.049461 Min

A finite element analysis (FEA) result showing the displacement distribution on the V50 gate structure. The structure is rendered in a color gradient from blue (low displacement) to red (high displacement). A color scale on the left indicates displacement values from 0.049461 mm (Min) to 1.4090 mm (Max). The highest displacement is observed at the top of the gate structure.



Sureté des ouvrages hydrauliques:

## Les compétences mobilisées

Hydrologue

Hydraulicien

Génie civiliste

Mécanicien

Géologue

Géotechnicien

Ingénieur calculs

Electricien

*Merci de votre attention*



**BRL** Ingénierie

Eric VUILLERMET  
*Directeur de Projets*