



Auscultation des barrages : quelques retours d'expérience

Journée des Ecoles d'Ingénieurs

14/10/2023

Josselin BOMBARDIER – Mathilde CORDIER

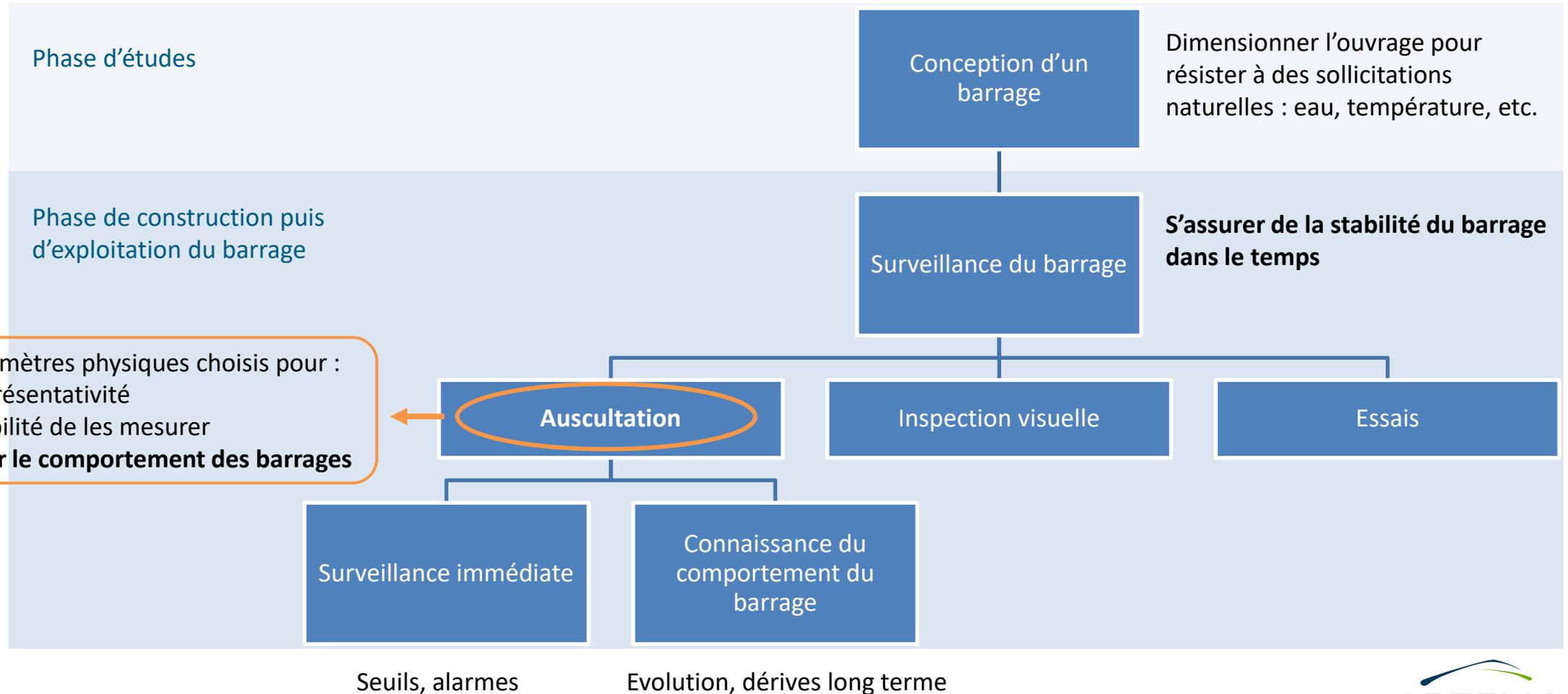


Sommaire

1. Objectifs de l'auscultation
2. Principaux dispositifs
3. Cas pratique : barrage de Nam Ngum 3

Objectifs de l'auscultation

S'assurer de la stabilité des barrages et quantifier leur comportement

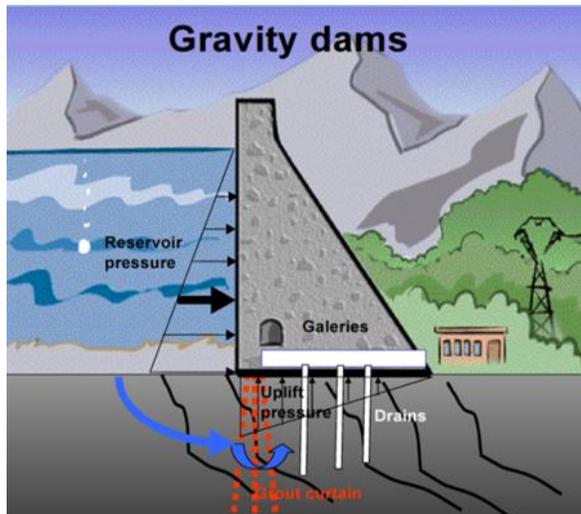


Objectifs de l'auscultation

Que cherche-t-on à observer/détecter/quantifier ?

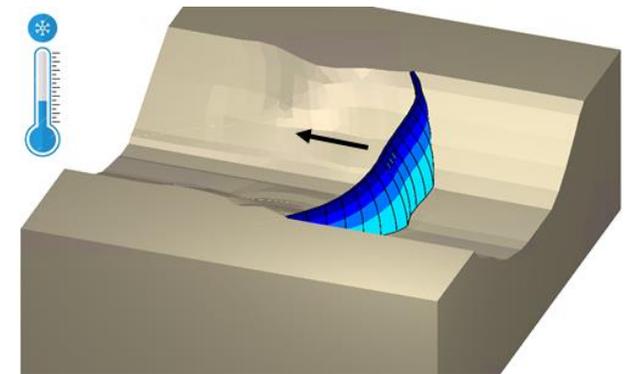
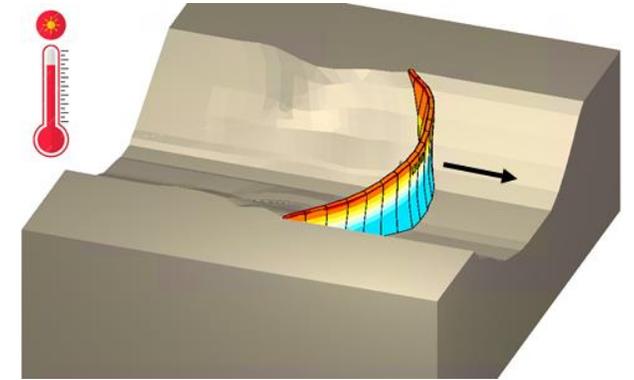
Comportement mécanique du barrage : comment l'ouvrage se déforme-t-il au cours du temps ?

- Variations hydrostatiques : dépendant de la cote de retenue
 - Variations saisonnières : dépendant de la température
 - Effets irréversibles : tassements, pathologie de gonflement du béton ?
- Instruments : repères topographiques, pendules



Comportement hydraulique du barrage : comment l'ouvrage rabat-il la charge hydraulique ?

- Variations hydrostatiques : dépendant de la cote de retenue
 - Effets irréversibles : défaillance du voile d'étanchéité, colmatage des drains ?
- Instruments : seuil de mesure des fuites (débits), piézomètres (pressions)

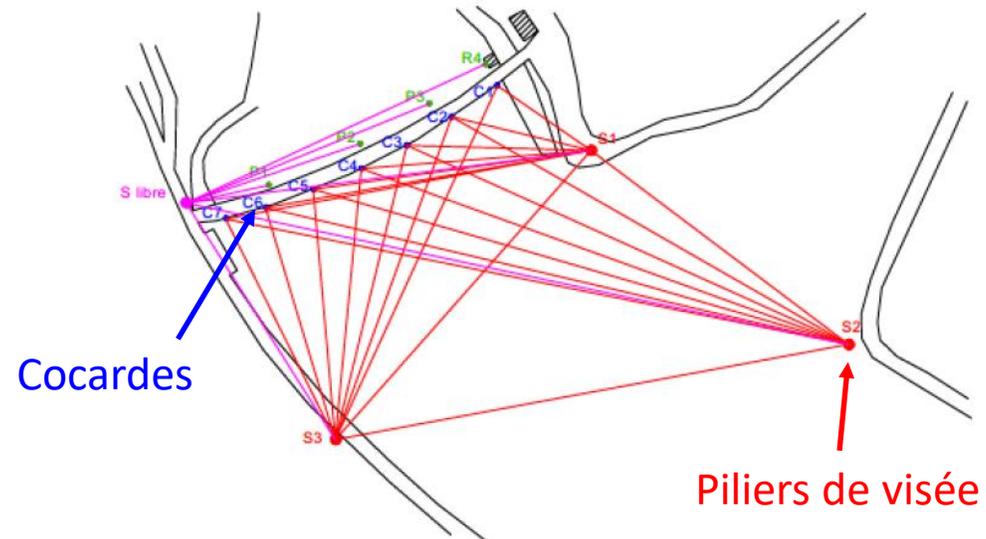


Principaux dispositifs

Comportement mécanique – Planimétrie et nivellement

Repères topographiques :

- Piliers de visée
- Cocardes → planimétrie
- Repères de tassement → nivellement

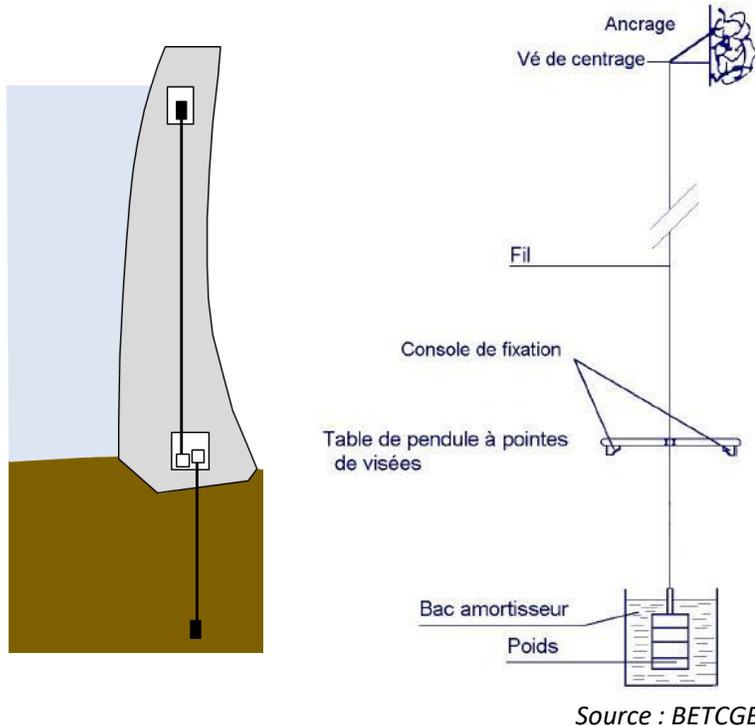


Principaux dispositifs

Comportement mécanique – Mesures de déplacements

Pendules :

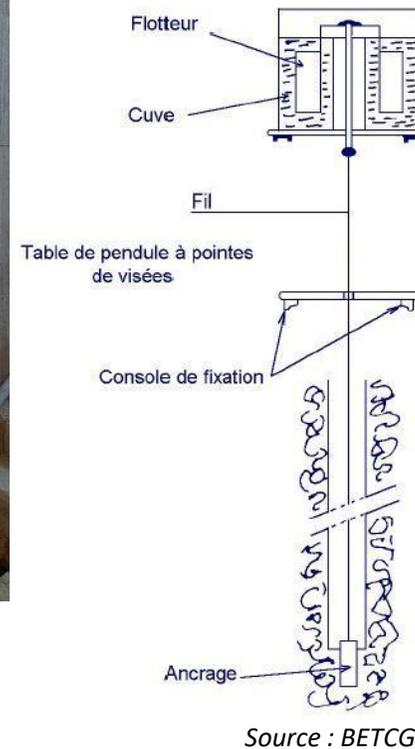
- Mesure d'un déplacement entre l'ancrage et la table de visée
- Ancrage en haut → pendule direct
- Ancrage en bas → pendule indirect



Source : BETCGB



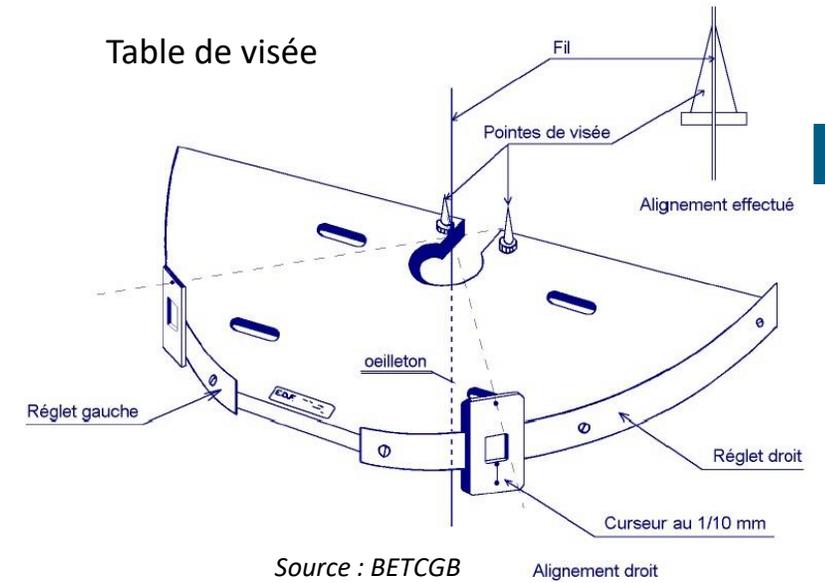
Pendule direct



Source : BETCGB



Pendule indirect



Source : BETCGB

Alignement droit

Principaux dispositifs

Comportement hydraulique – Mesures de fuites

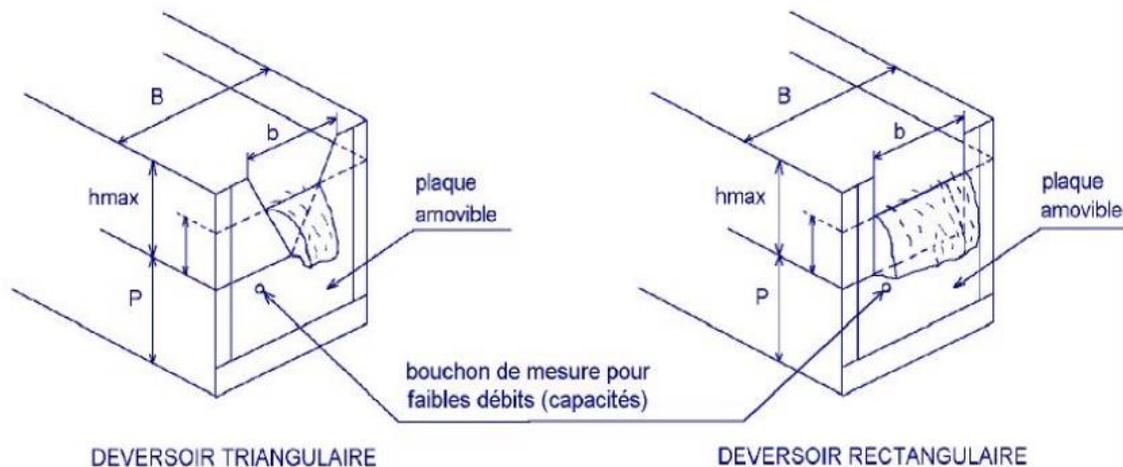
Infiltrations au travers du barrage et de sa fondation :

- Captées par les drains d'élévation ou de fondation
- Collecte et mesure des débits

→ Analyse des variations et évolution des débits

Instruments :

- Mesure par empotage
- Seuil calibré



Source : BETCGB, Guide pour le contrôle des barrages en exploitation, 2002

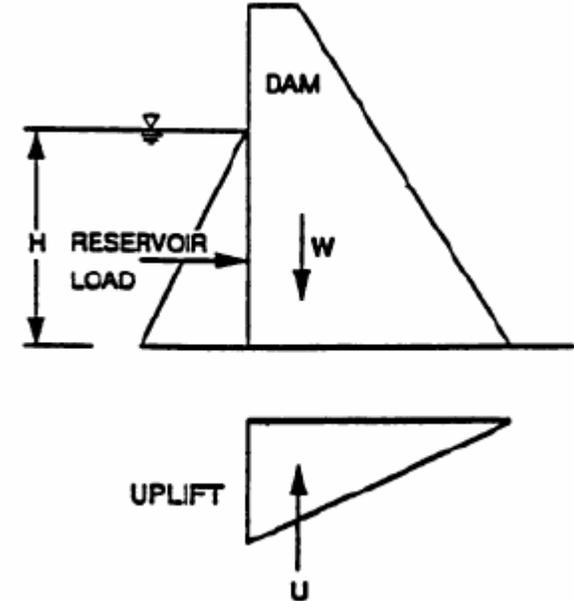
Principaux dispositifs

Comportement hydraulique – Mesures piézométriques

Piézométrie :

- Pressions d'eau dans le corps du barrage remblai ou béton
- Pressions en fondation (mécanisme de soulèvement du barrage)

→ Vérification de la conformité des pressions mesurées aux hypothèses de dimensionnement

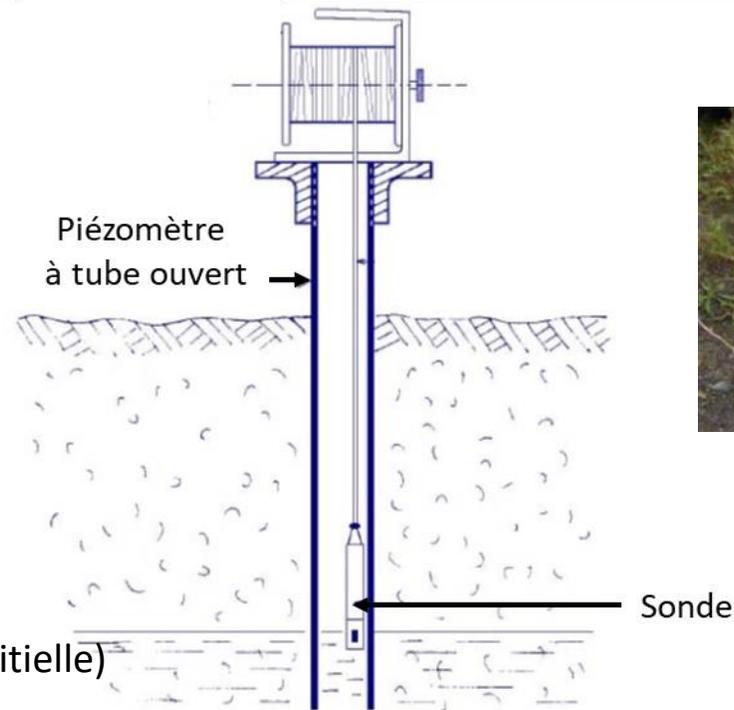
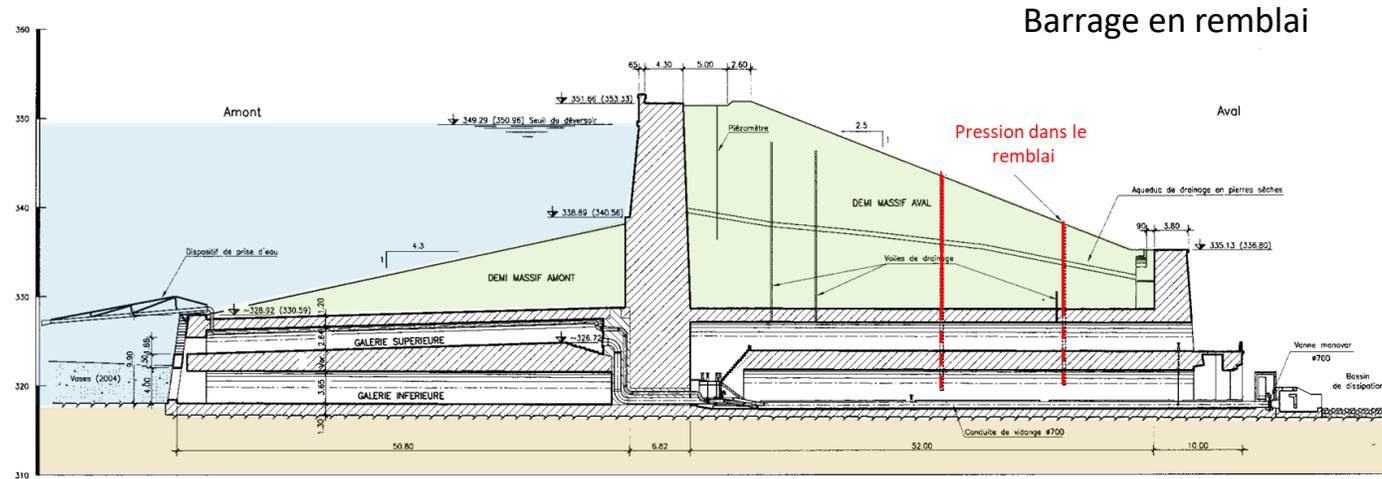
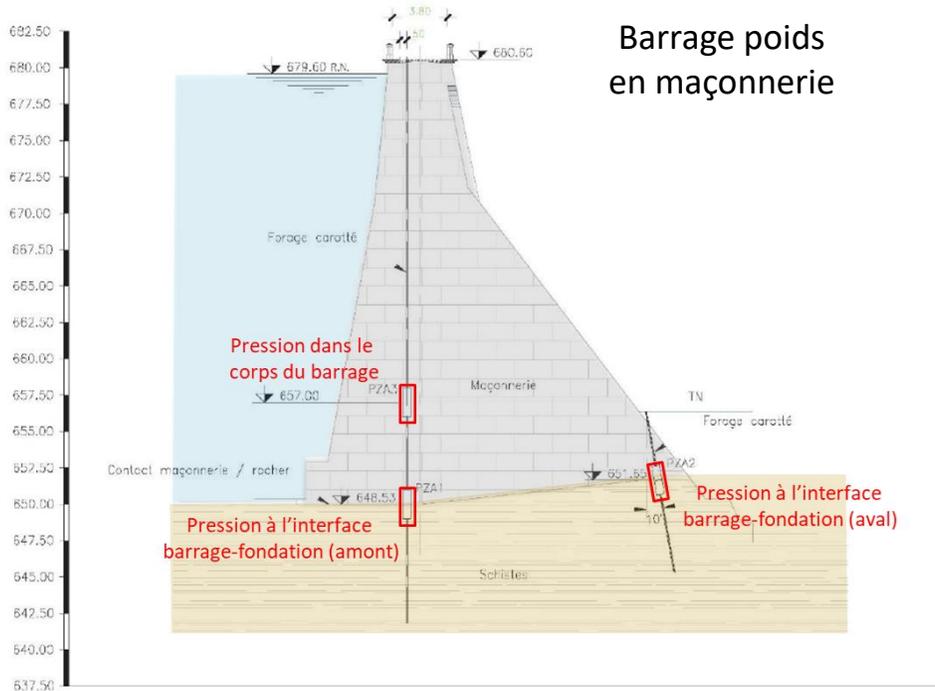


Piézométrie ↔ Débits de fuites :

		Fuites	
		Diminution ↘	Augmentation ↗
Piézométrie	Diminution ↘	Colmatage fond de retenue (sédiments) : favorable	Augmentation écoulements : surveiller entraînements matériaux
	Augmentation ↗	Diminution capacité drainage par colmatage : prévoir curage drains	Décolmatage fond de retenue, dégradation étanchéité : défavorable

Principaux dispositifs

Comportement hydraulique – Mesures piézométriques



Instruments :

- Piézomètres à tube ouvert
- Mesures automatiques (cellules de pression interstitielle)

Source : BETCGB

Principaux dispositifs

Autres dispositifs

Environnement :

- Echelle limnimétrique & sonde de niveau d'eau → cote de retenue
- Thermomètre → température
- Pluviomètre → précipitations

Mesures d'ouverture de fissures :

- Vinchons
- Jauges graduées
- Extensomètres

En fonction de ce qu'on cherche à observer :

- Jauges de contraintes
- Cellules de pression totale
- Inclinomètres
- Etc.

→ Un choix à **adapter à chaque barrage**

à la **conception** et en fonction du comportement observé au cours de la vie de l'ouvrage



Cas pratique : Barrage de Nam Ngum 3

Conception du barrage

Caractéristiques principales :

Type :
Barrage en enrochements à masque amont en béton armé

Hauteur maximale :
210 m

Volume du réservoir :
1400 Mm³
(10x Grand Maison)

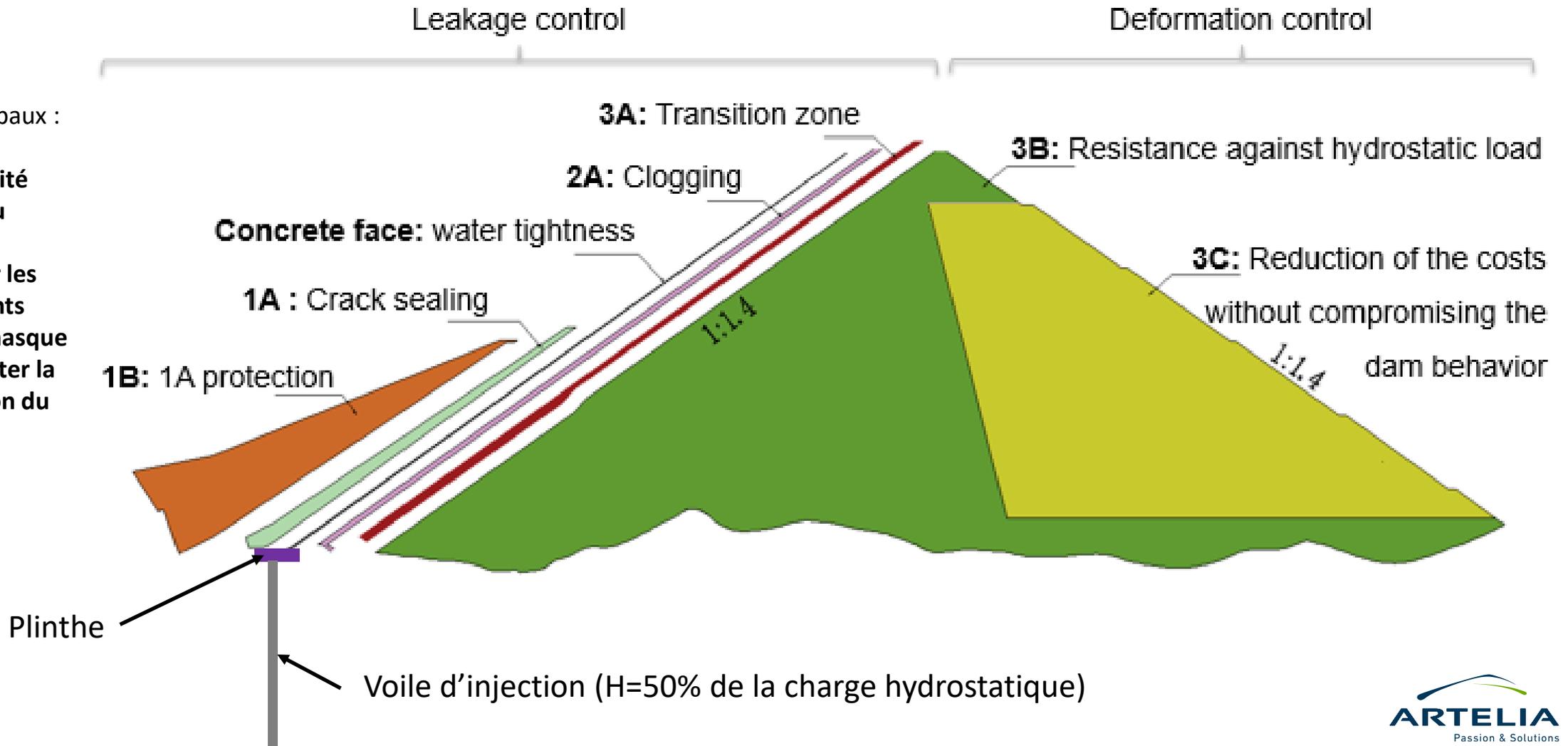


Cas pratique : Barrage de Nam Ngum 3

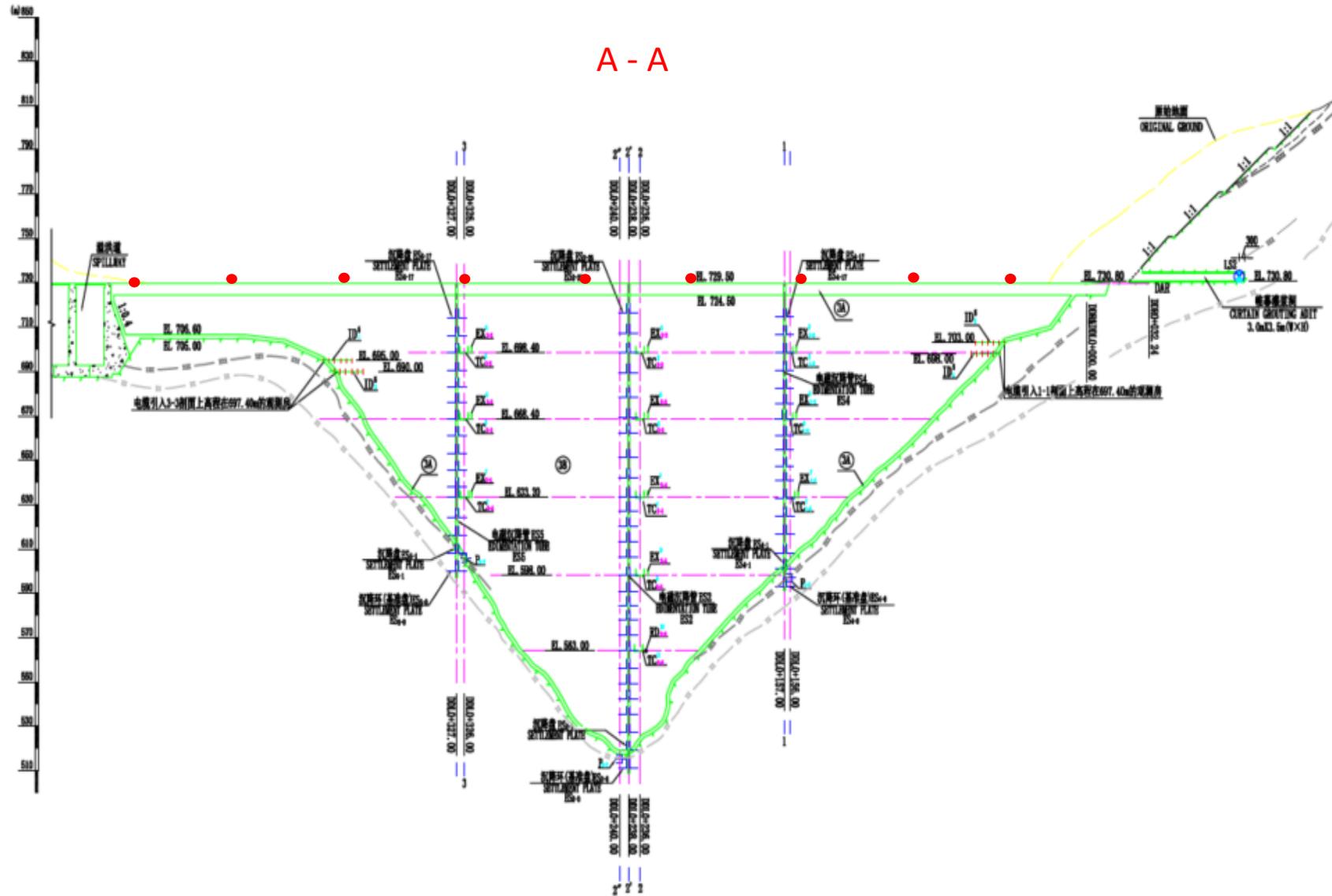
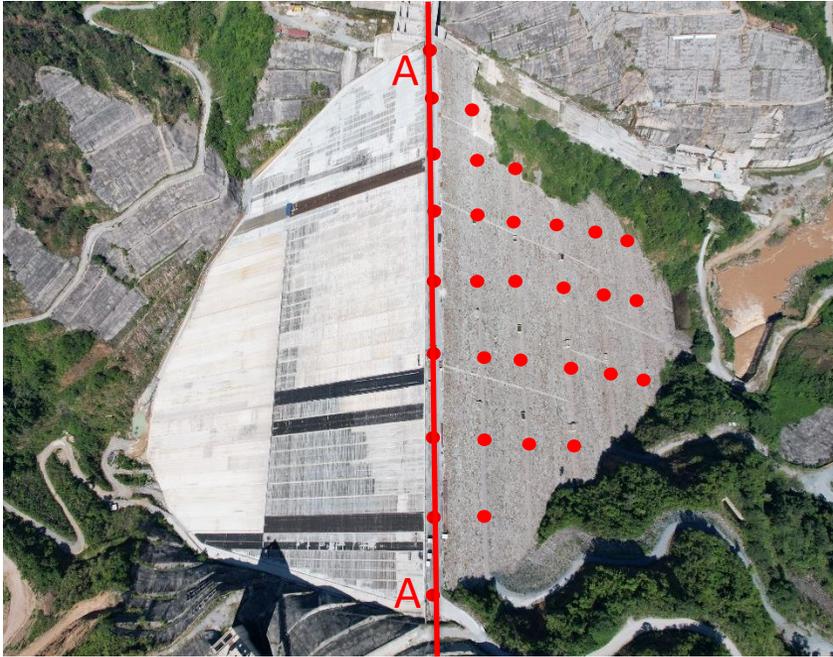
Conception du barrage

Enjeux principaux :

- Assurer l'étanchéité amont du barrage
- Maitriser les tassements sous le masque pour limiter la fissuration du béton



Cas pratique : Barrage de Nam Ngum 3

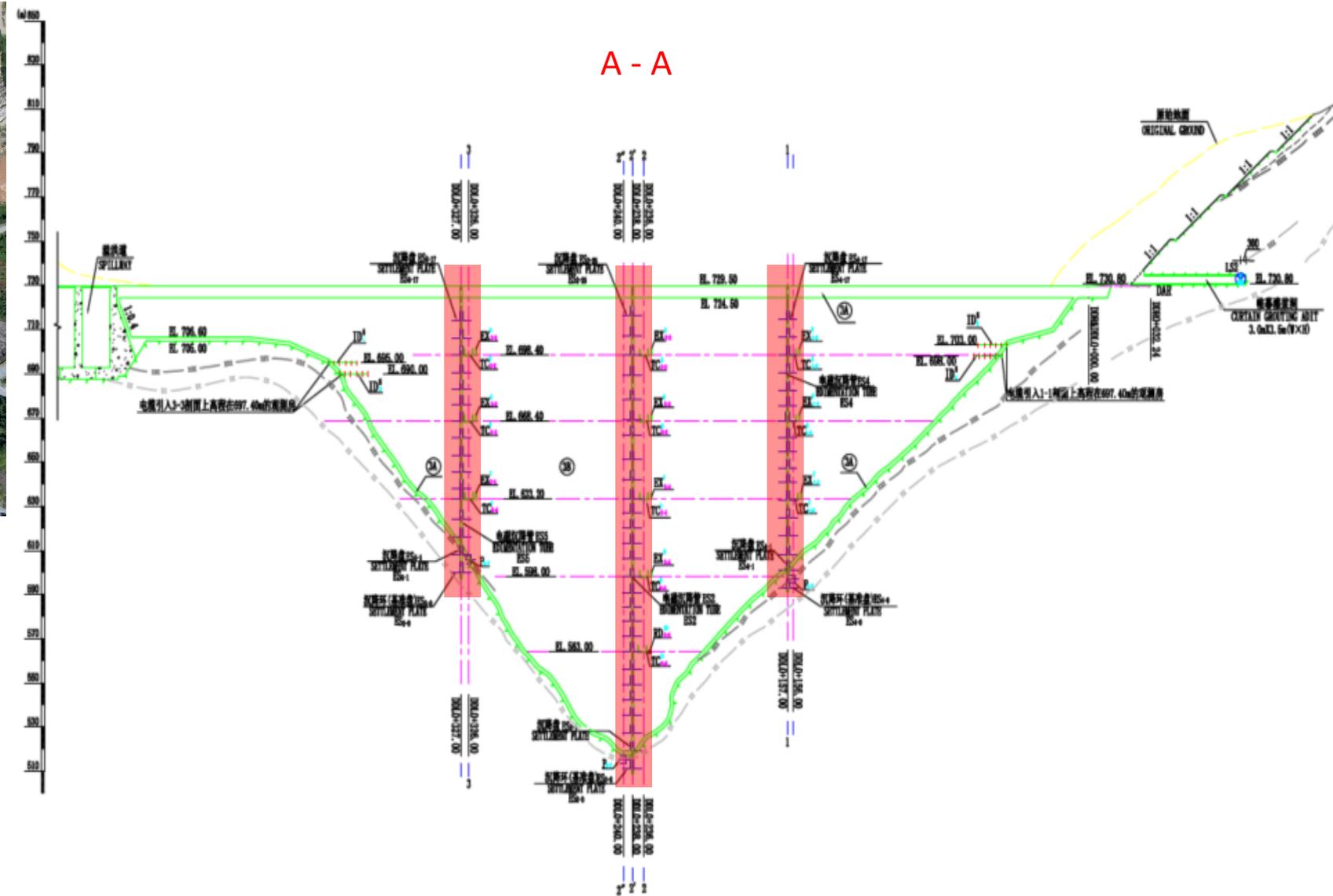
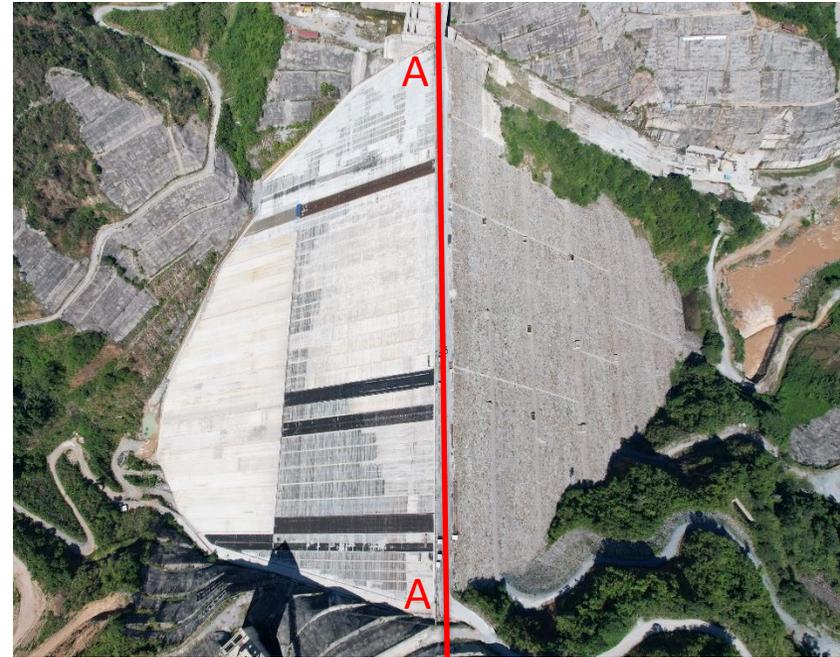


Comportement mécanique :

Repère de nivellement en crête et sur le parement aval

→ Suivi des déplacements en surface (tassements et planimétrie)

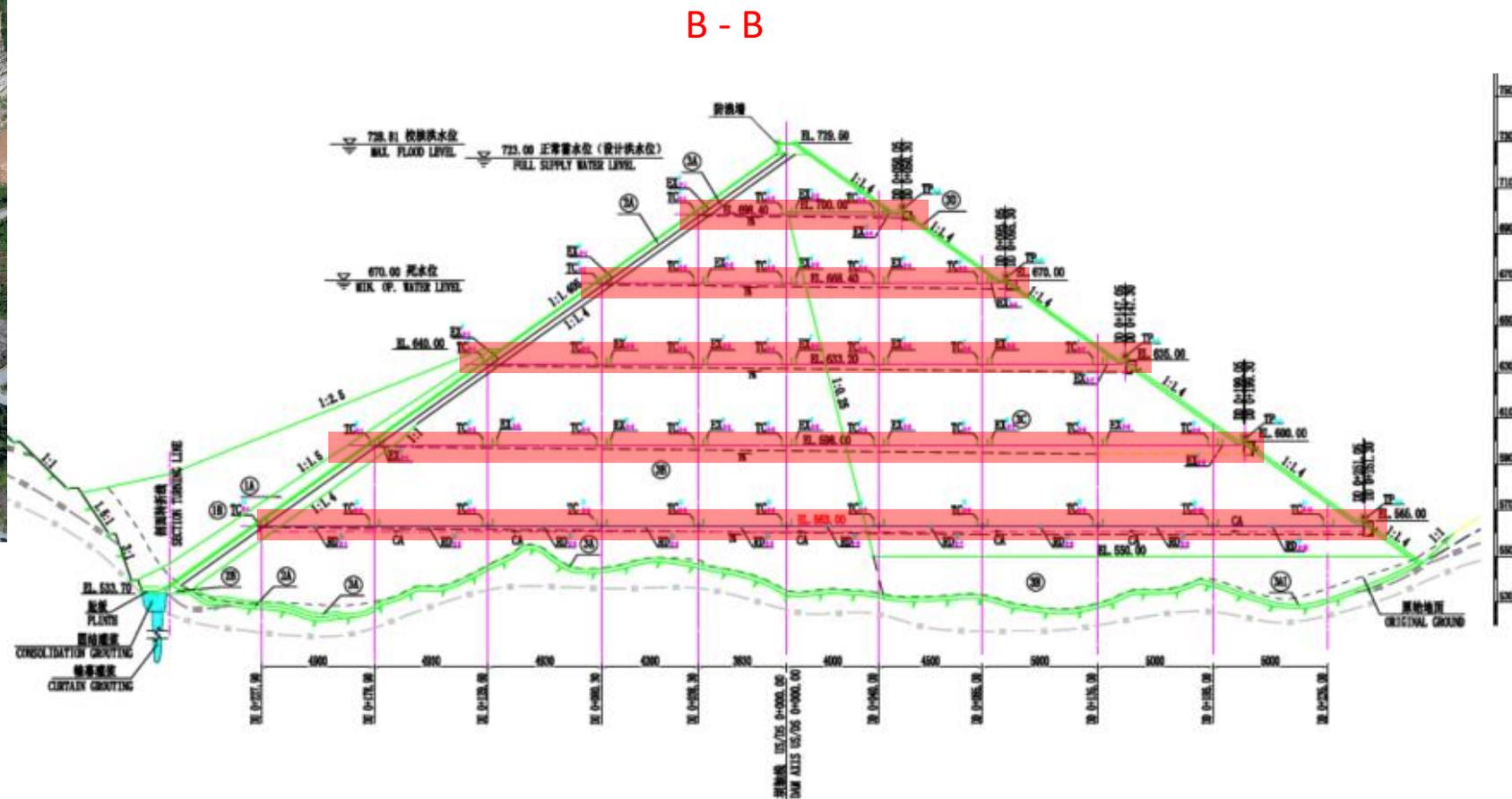
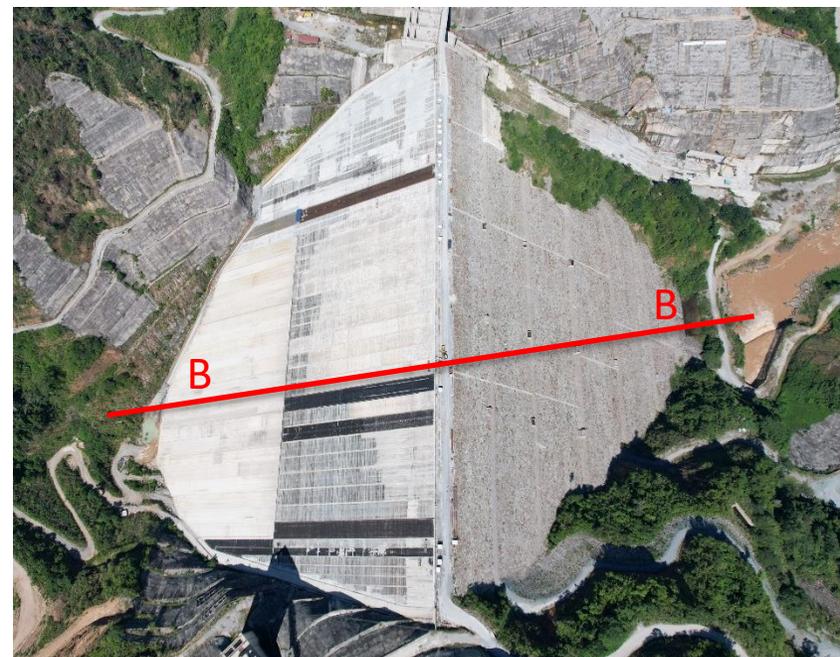
Cas pratique : Barrage de Nam Ngum 3



Comportement mécanique :

Tassomètres sur les profils de plus grande hauteur
→ Suivi des tassements internes du remblai

Cas pratique : Barrage de Nam Ngum 3

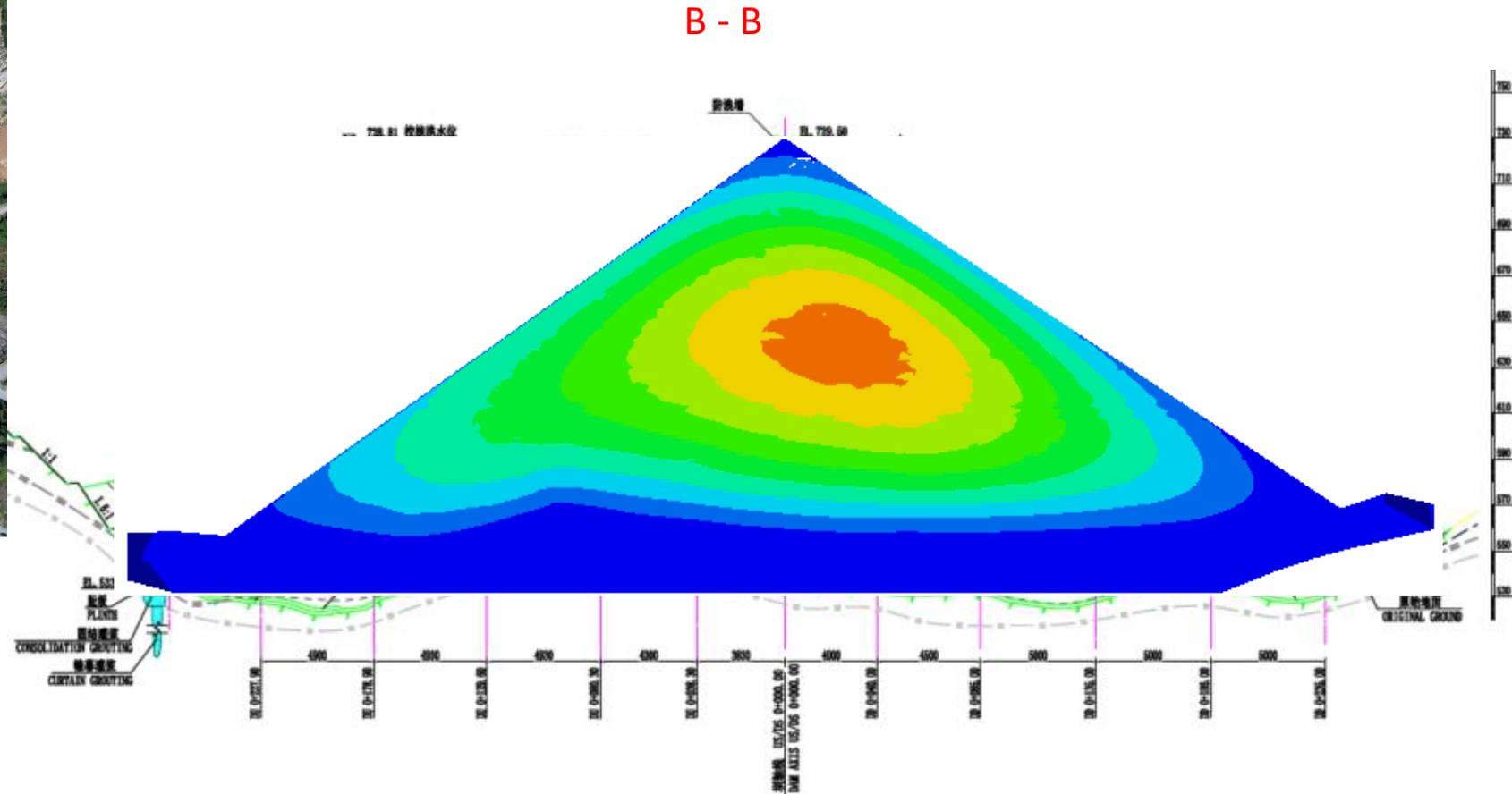
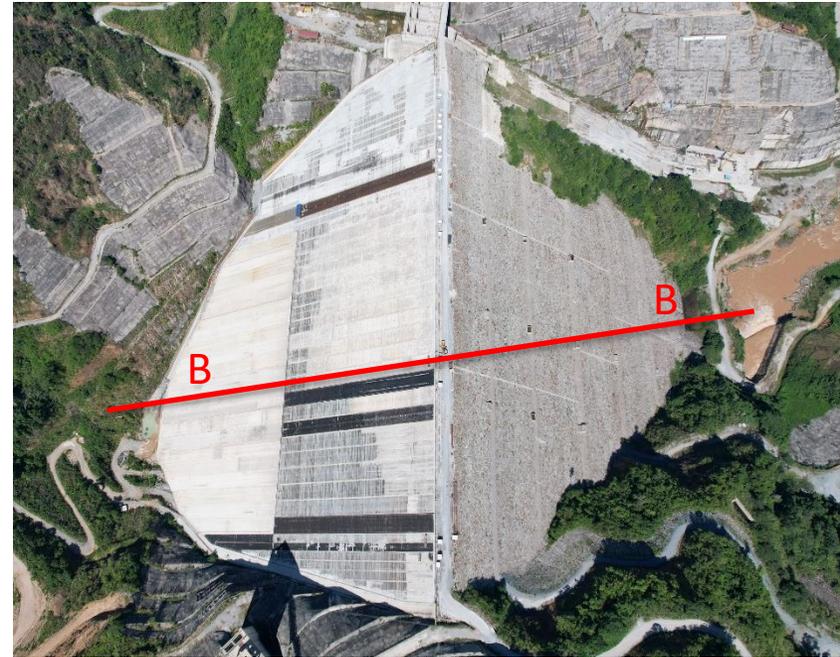


Comportement mécanique :

Jauges de tassement hydrauliques alignées dans le sens amont aval à différentes élévations sur toute la hauteur du barrage

- Suivi des tassements internes du remblai
- Vérification par rapport aux calculs de dimensionnement

Cas pratique : Barrage de Nam Ngum 3



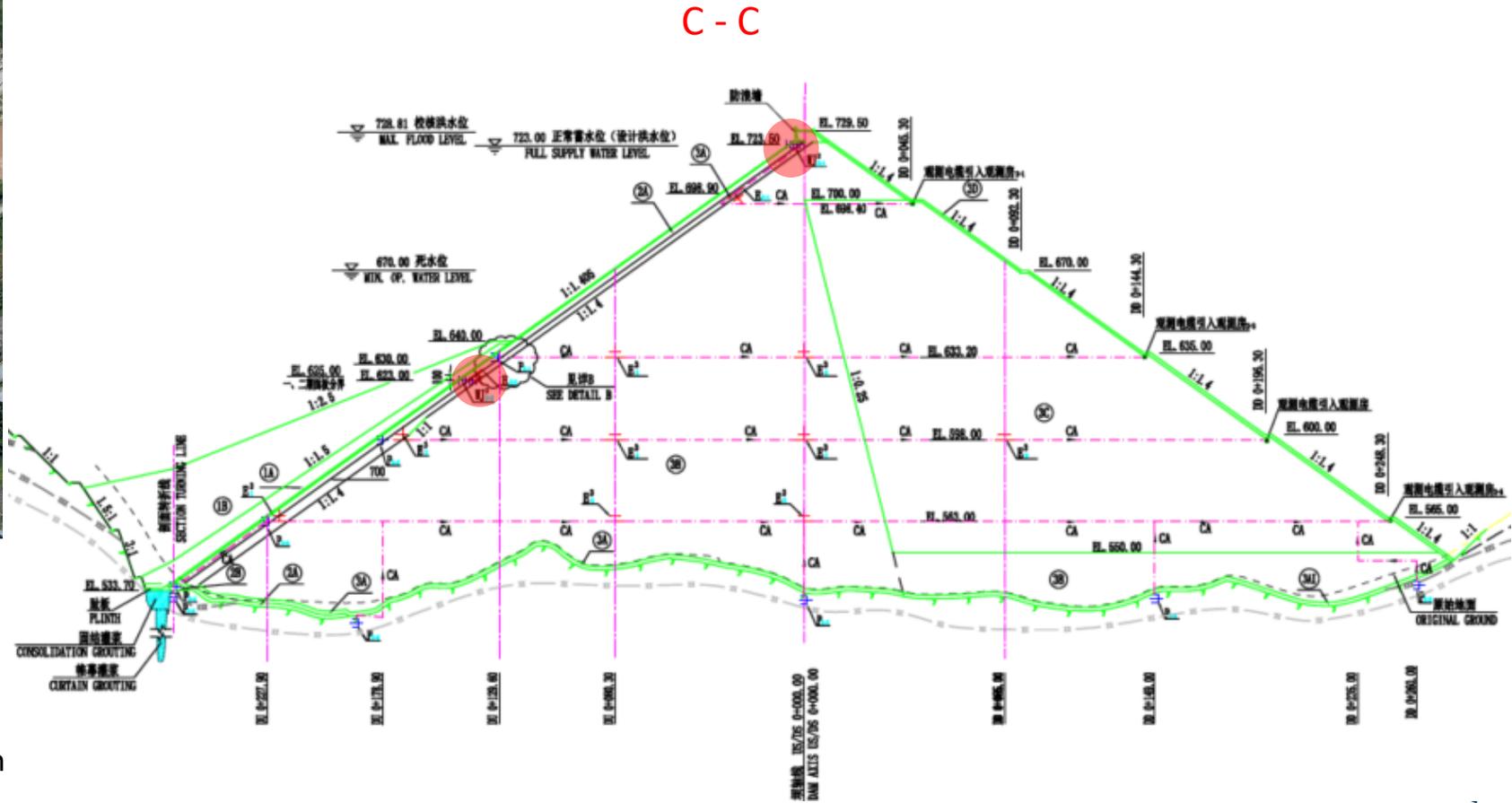
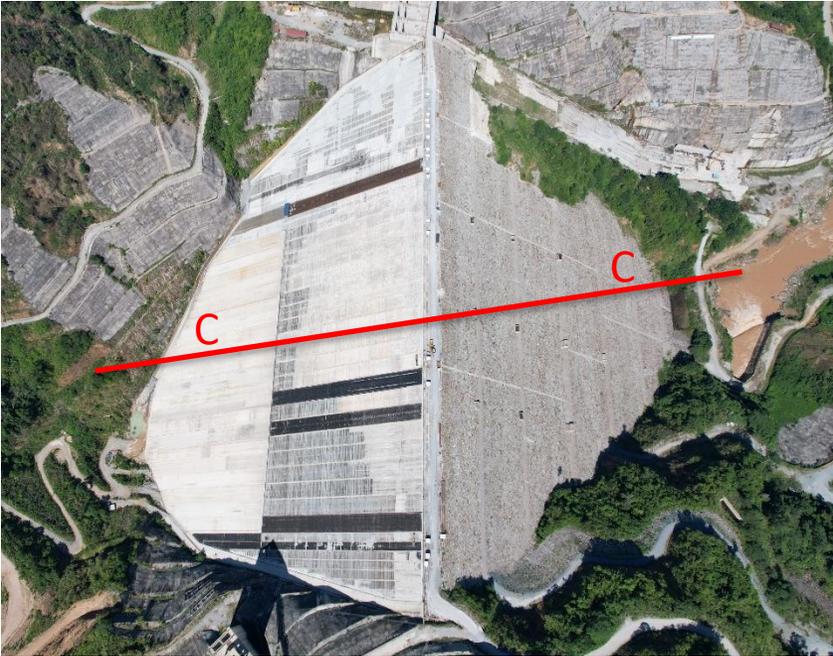
Comportement mécanique :

Visualisation de la cartographie des tassements verticaux :

→ Les tassements maximaux sur ce type d'ouvrage se font à mi-hauteur, en plein cœur du remblai

Cartographie des tassements verticaux à la fin de la construction

Cas pratique : Barrage de Nam Ngum 3

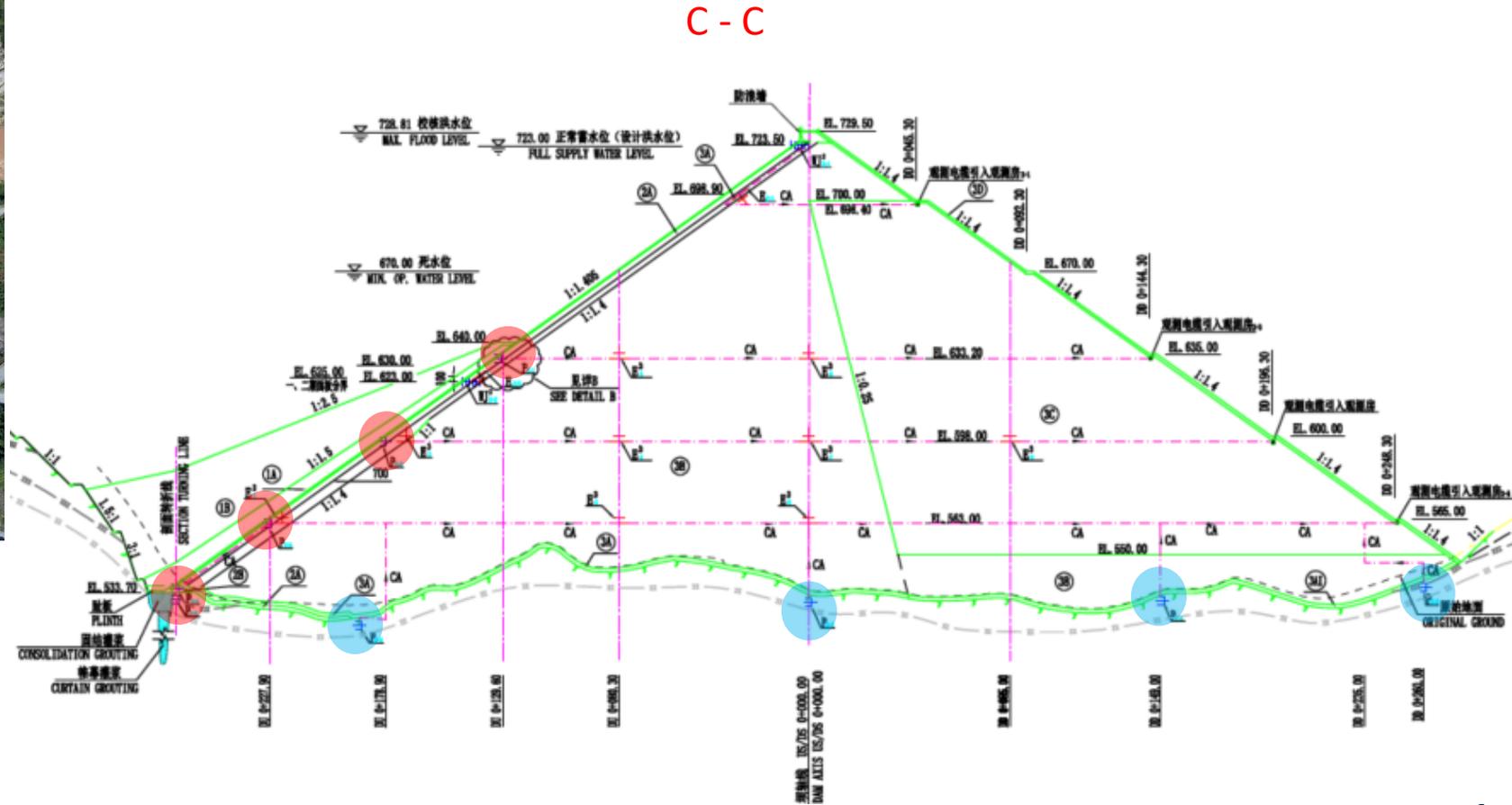
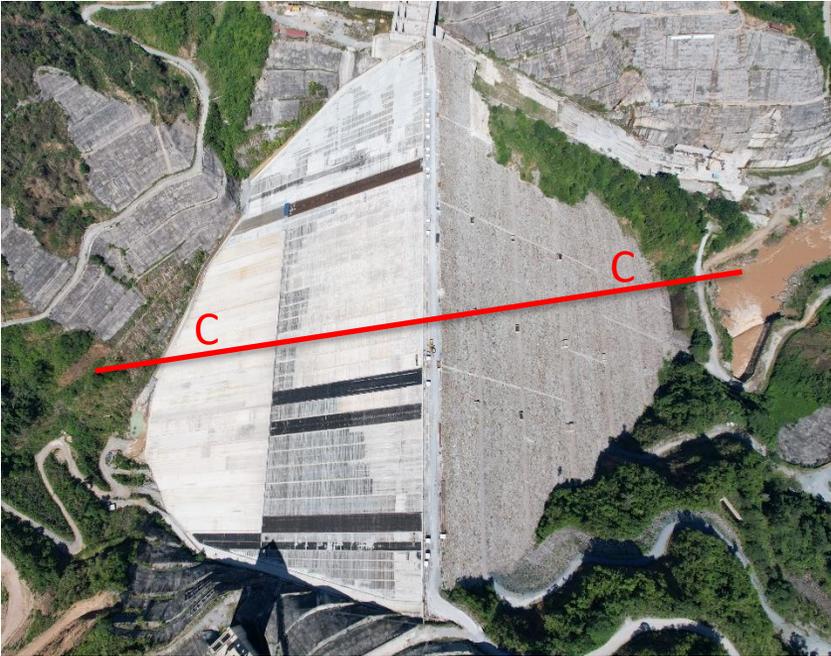


Comportement mécanique :

Fissuromètres

- Ancrés dans le masque amont et dans le remblai
- Suivi du déplacement relatif entre le masque et son remblai de fondation
- Détection des fissures

Cas pratique : Barrage de Nam Ngum 3

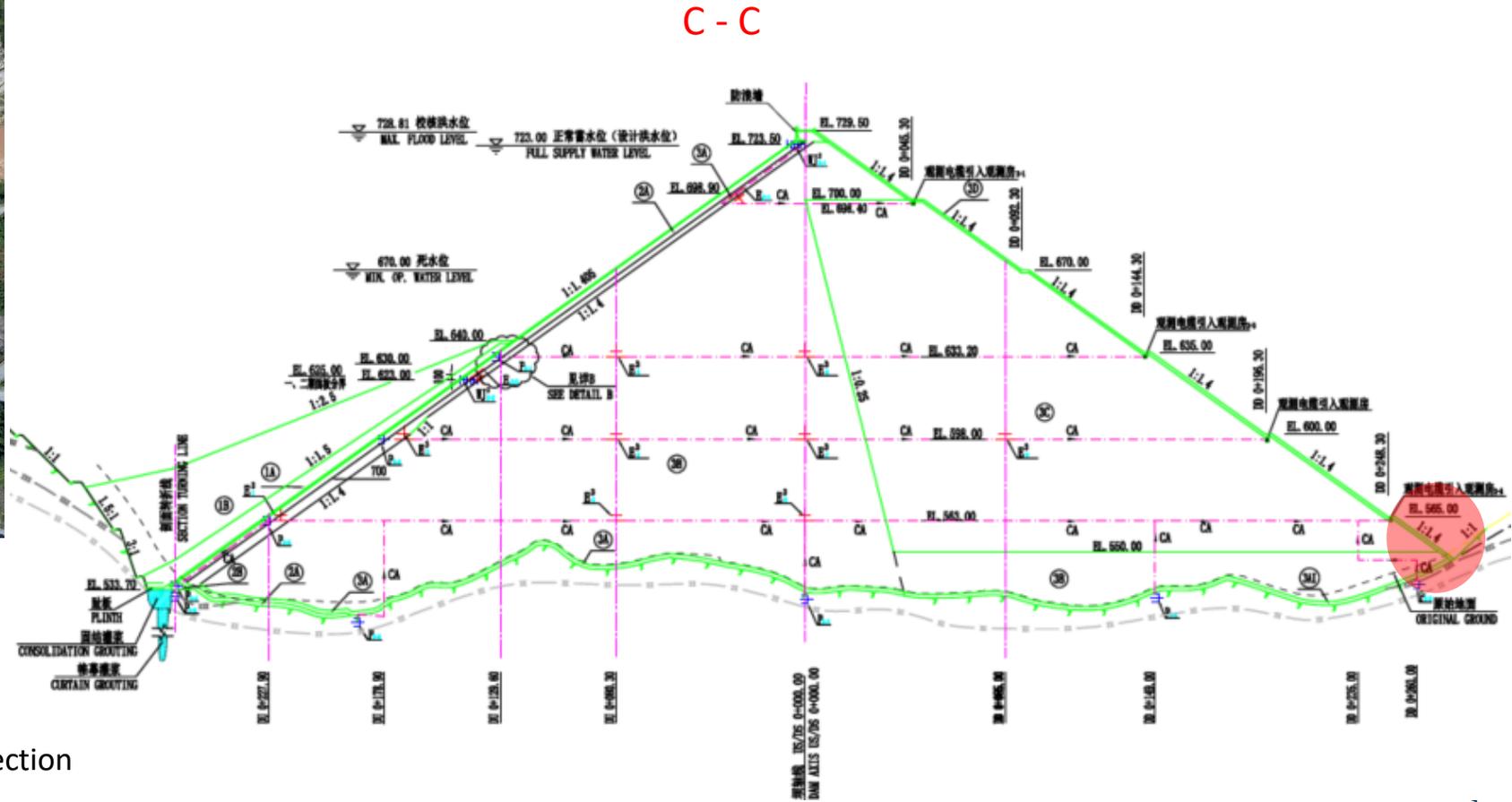
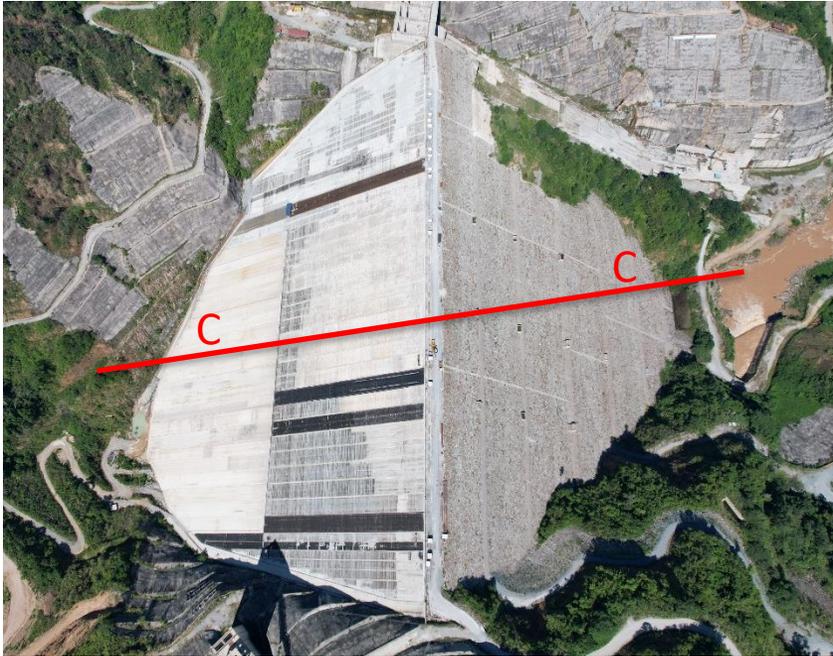


Comportement hydraulique :

Cellules de pression interstitielles

- Placées sous le masque amont
→ Suivi de la piézométrie sous le masque
→ Détection des fuites à travers le masque
- Placées dans la fondation
→ Suivi de la piézométrie dans la fondation
→ Détection des fuites à travers le masque et le voile d'injection

Cas pratique : Barrage de Nam Ngum 3



Comportement hydraulique :

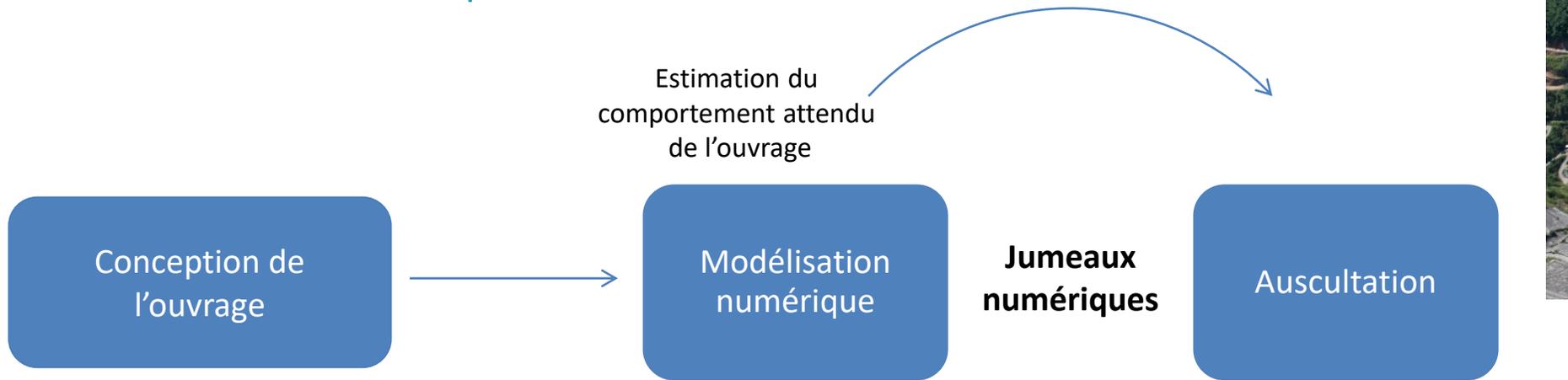
Débits de fuites :

Collecteurs placés au pied aval du barrage

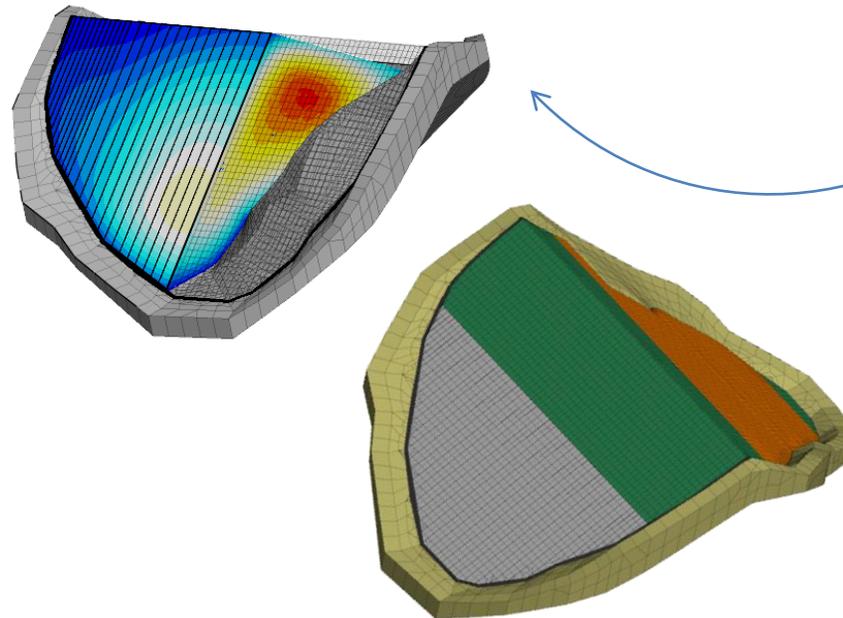
→ Suivi des fuites à travers le masque et le voile d'injection

Cas pratique : Barrage de Nam Ngum 3

Jumeaux numériques



- Essais pertinents impossibles sur les enrochements ($D_{\max} = 800$ mm)
- Adoption d'hypothèses empiriques et conservatives (résistance et raideur)
- Choix d'un dispositif d'auscultation adapté



Surveillance du comportement de l'ouvrage et de son évolution

- Calage du modèle grâce aux mesures d'auscultation
- Surveillance couplée auscultation/calculs



www.arteliagroup.com