

Symposium CFBR - 26 Janvier 2023

SNOWY 2.0 : Un projet de STEP hors normes

Auteurs : P.Lignier et A.Toussaint

TRACTEBEL
ENGIE

PUBLIC

INTERNAL

RESTRICTED

CONFIDENTIAL

© Lukas Stockbauer.com

AGENDA

Chapitre 1 Contexte général

Chapitre 2 Description du projet

Chapitre 3 Complexe usinier

Chapitre 4 Le puits incliné

Chapitre 5 Avancement des travaux

2. CONTEXTE GENERAL – LOCALISATION DU PROJET

Projet : Station de turbinage pompage de 2 000 MW reliant deux réservoirs existants



- Australie – Nouvelle-Galles du Sud (8 M d’habitants – Capitale : Sydney), à 120 km de Canberra et 300 km de Sydney
- Chaîne montagneuse des « Snowy Montains » qui culminent à 2228 m (Mont Kosciuszko) près de la ville de Cooma siège historique de Snowy Hydro Limited (SHL), développeur des aménagements hydroélectriques de Snowy Mountains

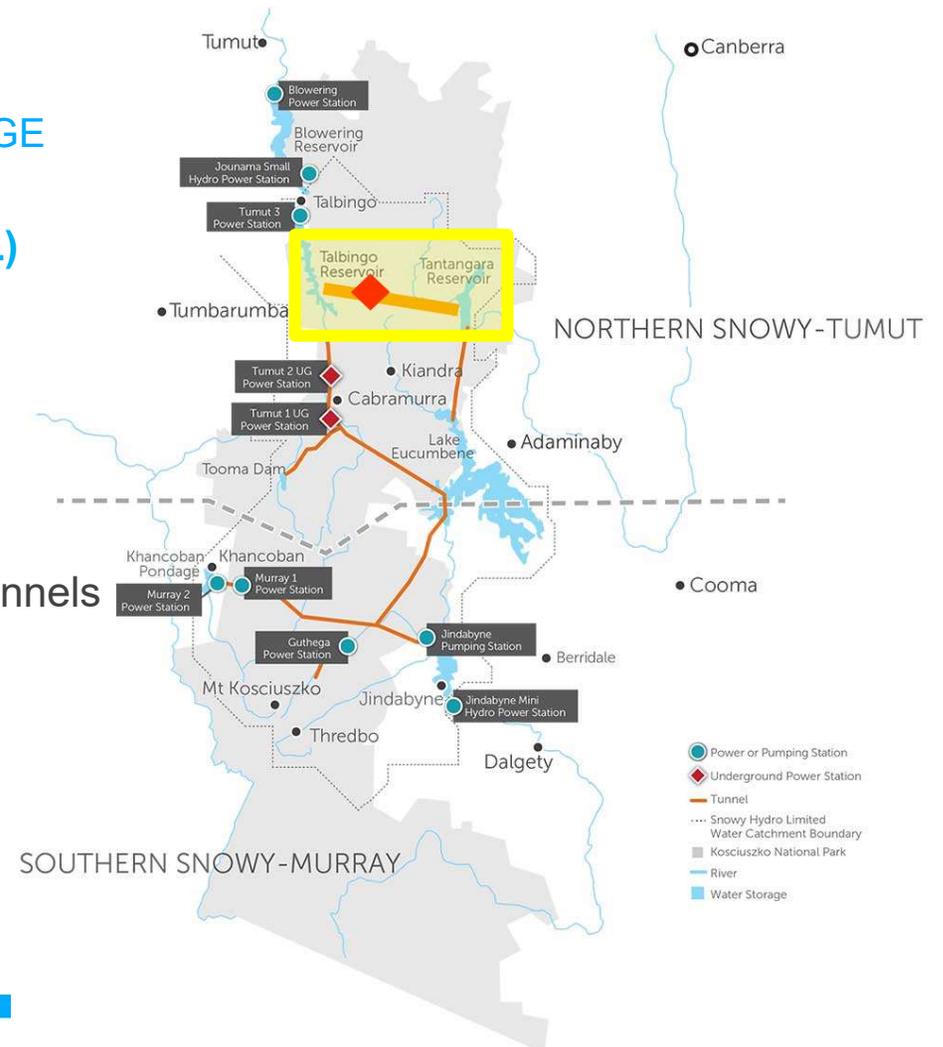
1. CONTEXTE GENERAL – LE MAÎTRE D'OUVRAGE

Maître d'Ouvrage: **Snowy Hydro Limited (SHL)**

- Fournisseur d'énergies renouvelables sur le réseau national (9 M de clients)
- CA: ~ 1,6 MM€ ,
- 9 usines hydroélectriques (4100 MW) ,
- 1 station de pompage, 16 barrages, 145 km de tunnels et conduites

Objectif du projet :

- Accompagner la transition énergétique vers une plus faible émission de CO²



1. CONTEXTE GENERAL – LES ACTEURS DE LA CONSTRUCTION

- Maître d'Ouvrage: Snowy Hydro Limited (SHL) - Australie
- Entrepreneur : Future Generation JV (FGJV) – 5.1 MMAUD (3.2MM€)
65% - WeBuild (Italie) , 35% - Clough (Australie)
- Equipementier : Voith Hydro (Allemagne),
Sous-traitant de FGJV
- Ingénieur : **Design Joint Venture (DJV)** sous contrat direct avec FGJV



TEF: 46% Leader



LOM: 32%

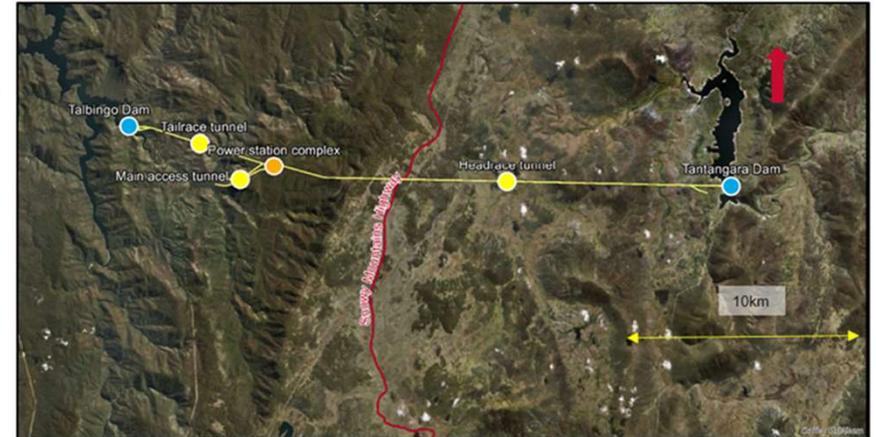
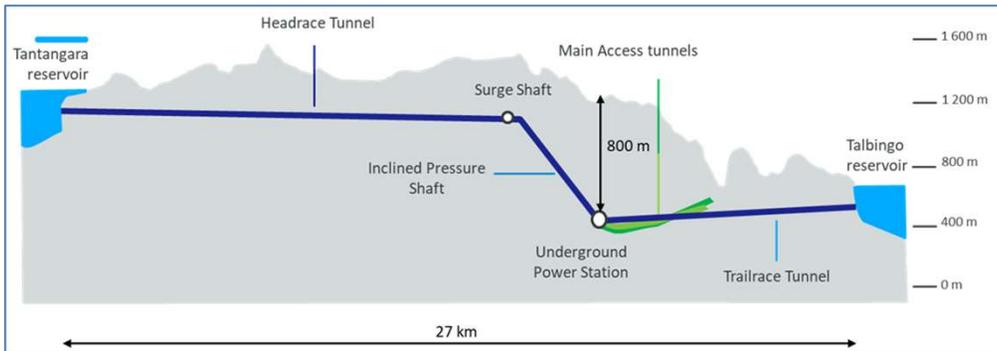


COF : 22%

1. CONTEXTE GENERAL – DATES CLE DE LA CONSTRUCTION

- Appel d'offres international pour un contrat de construction clé en main – EPC contract (Engineering Procurement & Construction Contract)
- Sélection de l'entrepreneur retenu fin 2018
- Contrat de construction signé en avril 2019
- Contrat d'ingénierie signé en décembre 2019 - Remplacement de l'ingénieur initial Studio Pietrangeli (Italie)
- Durée prévisionnelle des travaux et études de 8 ans : 2019 - 2027

2. DESCRIPTION DU PROJET



Connexion de deux réservoirs existants

- Tintangara R.N : 1228.7 m - Volume : 255 hm³
- Talbingo R.N : 543.2 m - Volume : 920 hm³

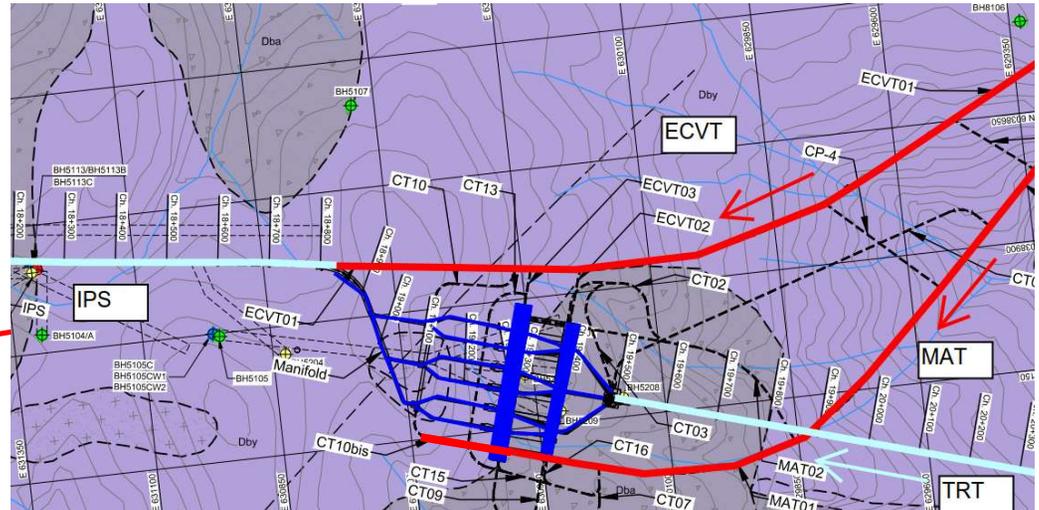
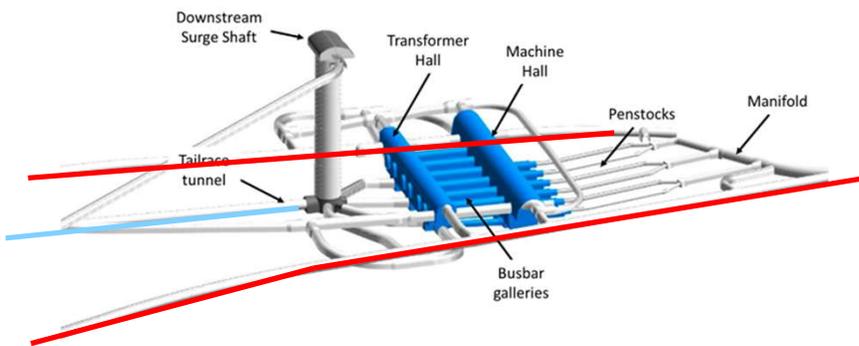
Chemin d'eau

- Tunnel supérieur (TBM) 17 km - Diamètre int. : 9.8 m
- Puits incliné (TBM) 2 km - Diamètre int. : 9.8 m
- Tunnel inférieur (TBM) 7 km – Diamètre int. : 9.8 m

Usine souterraine

- Chute brute 660 à 695 m
- Débit (Turbinage) 340 à 385 m³/s
- Puissance totale 2000 à 2250 MW
- Energie 350 GWh (7 jours de turbinage)
- 6 groupes turbine-pompe 340 MW

3. COMPLEXE USINIER - OUVRAGES

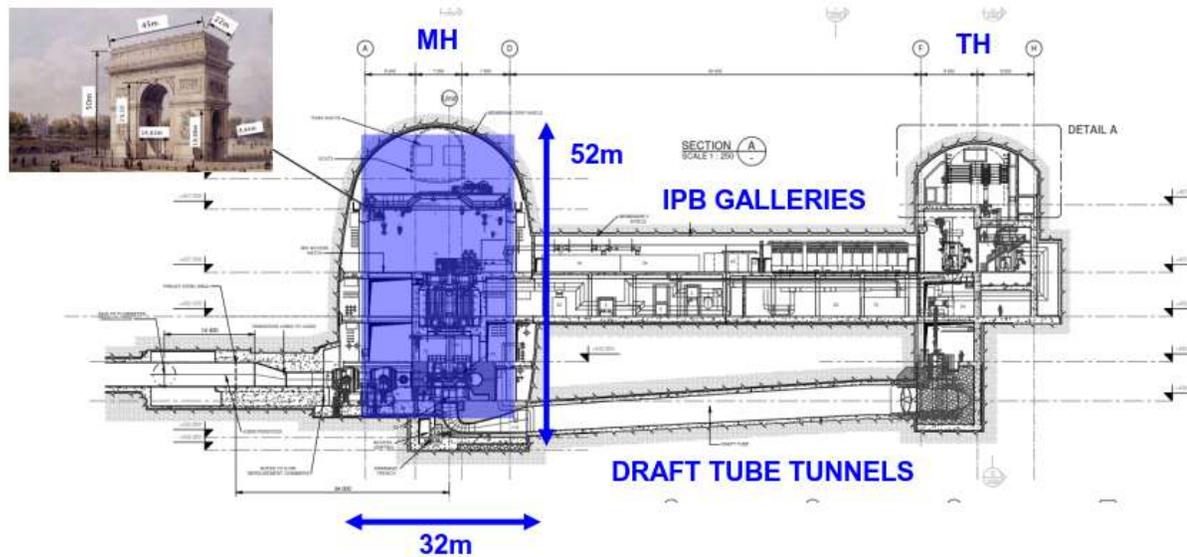


3 tunnels excavés au Tunnelier (Diamètre 11 m)

- Galerie d'accès principale (MAT)
- Galerie technique (ECVT) + Puits incliné (IPS)
- Galerie de fuite (TRT – même tunnelier que celui de la galerie principale)

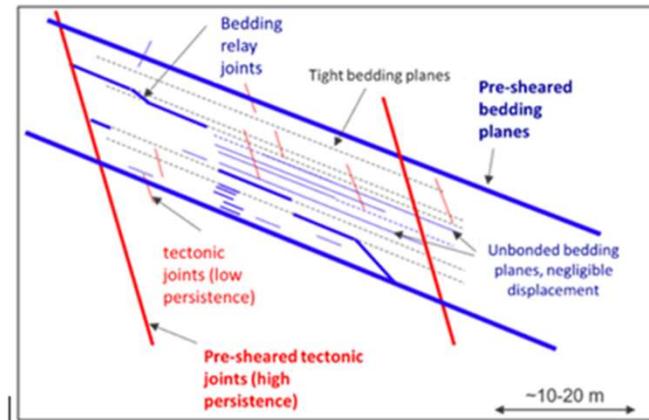
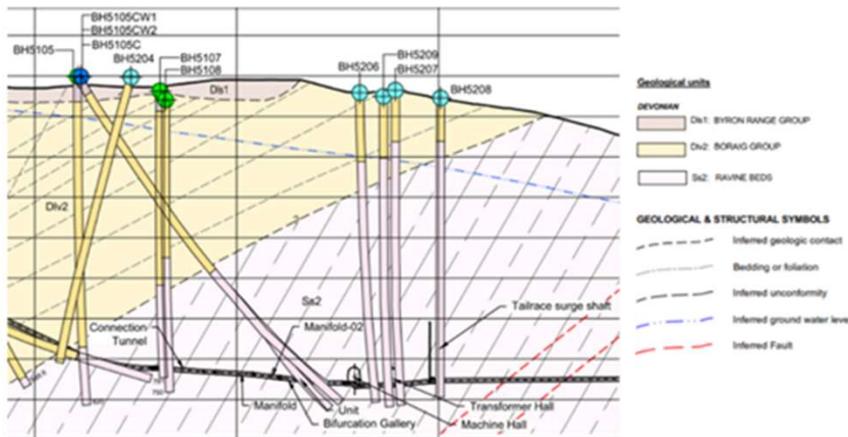
Nombreux « petits » tunnels excavés à l'explosif autour du complexe usinier

3. COMPLEXE USINIER - USINE



- Caverne principale(MH) 250 x (h)52 x 32 m
- Caverne des transformateurs (TH) 220 x (h)46 x 20 m
- 6 galeries de barres (IPB) 60 x (h) 14,5 x 10 m

3. COMPLEXE USINIER - GEOLOGIE



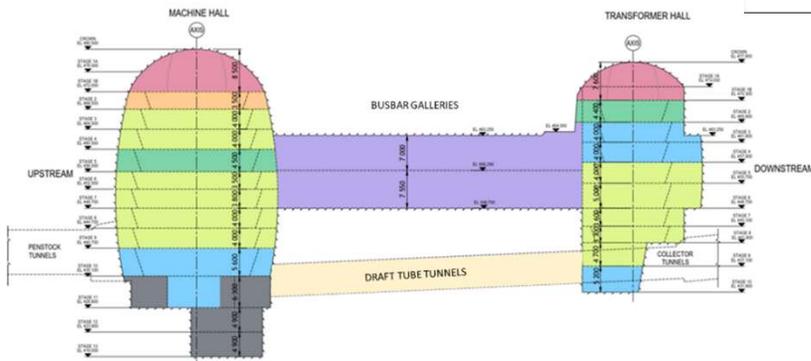
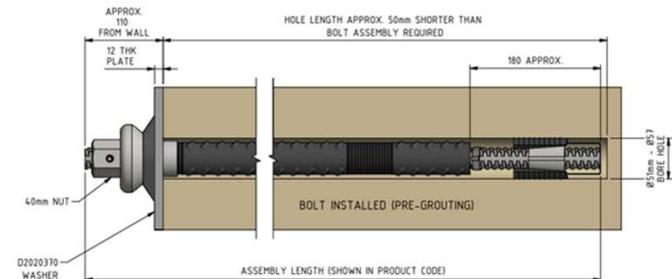
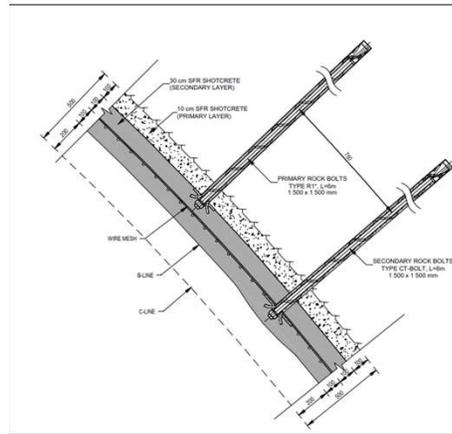
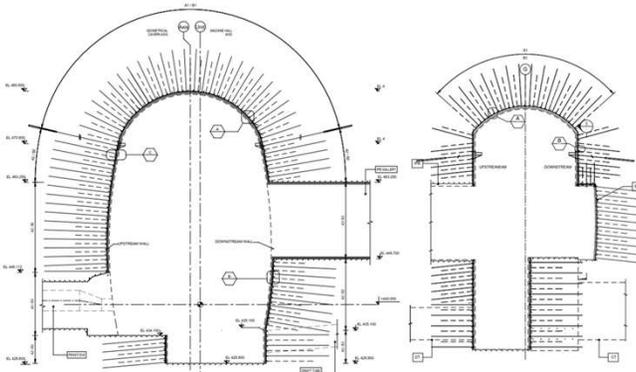
Roches et contraintes in-situ

- Siltites (siltstone) et grés interstratifiés/interlaminés
- Couverture : 750 m $K_H : 2,3$ - $K_h : 1,5$
- $\sigma_v = 20$ MPa $\sigma_H = 45$ MPa

Modèle géologique

- Joints de stratification (bleu) et tectoniques (rouge) précisillés ($\phi : 30^\circ$) – Espacement 10 à 20 m
- UCS : 60 MPa / GSI : 72 - $E_i = 28$ Gpa
- Post- pic (Walton-Diederichs) : GSI : 46 (ϵ plastique < 2%)

3. COMPLEXE USINIER - EXCAVATION ET SOUTÈNEMENT



Primaire

Secondaire (1)

Béton projeté

10 cm

2 x 10 cm

Ancrage CT26WR

dia. 26,5 mm - 524 kN (Re) - 7 % (Agt)

Voûte

L=7 m esp. 1,6 m

L=8 m esp. 1,6m

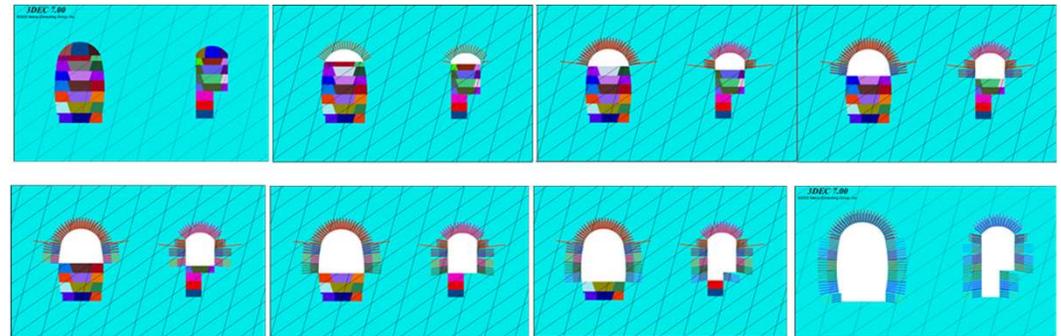
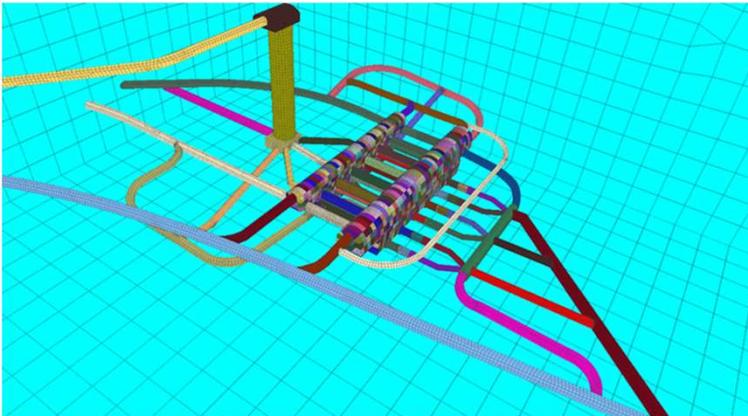
Paroi

L= 8 m esp. 2m

L= 12m esp. 2 m

(1) : installés 1 levée (4m) et injectés 3 levées après excavation

3. COMPLEXE USINIER – MODELISATION ET CRITERE DE PROJET

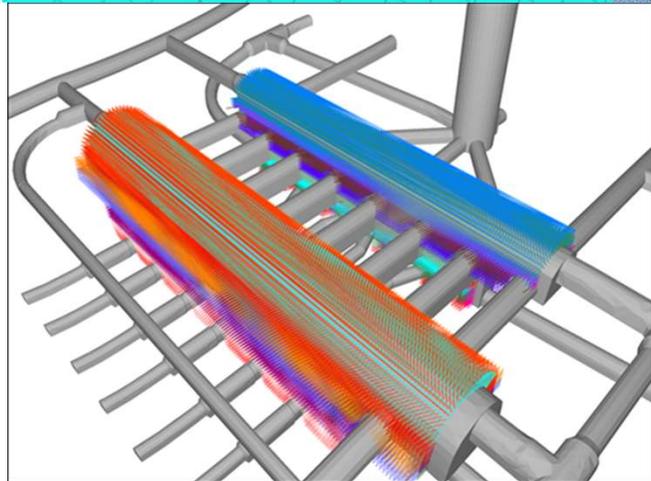


Modèle discontinu (modélisation des joints pré-cisillés)

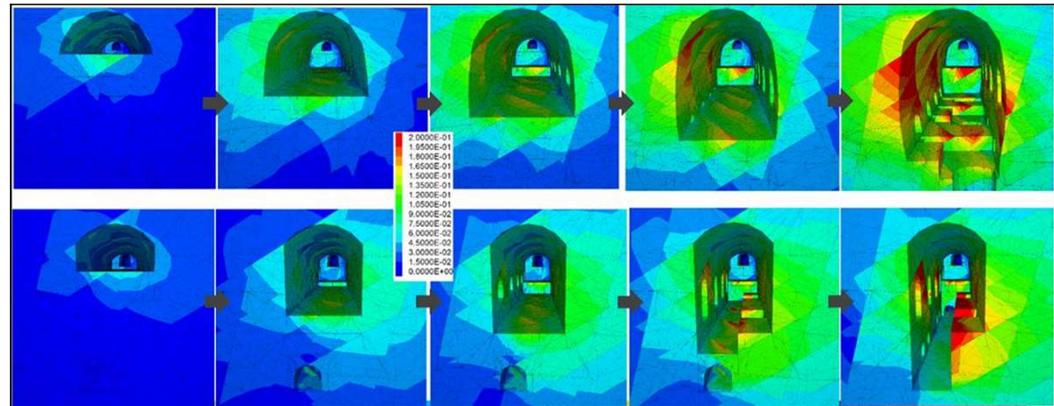
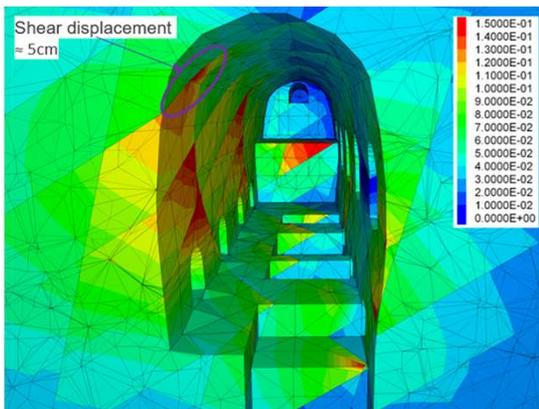
- Séquence d'excavation, d'installation et d'injection des ancrages
- Vérification de chaque ancrage en termes d'élongation et de cisaillement

Critère de projet pour les ancrages

- Elongation : 1,5% pour les secondaires (2,5% pour les primaires)
- Cisaillement : 15 à 20 mm (protection vis-à-vis de la corrosion)
- Stabilité des coins rocheux (UNWEDGE)



3. COMPLEXE USINIER – RESULTATS DES CALCULS



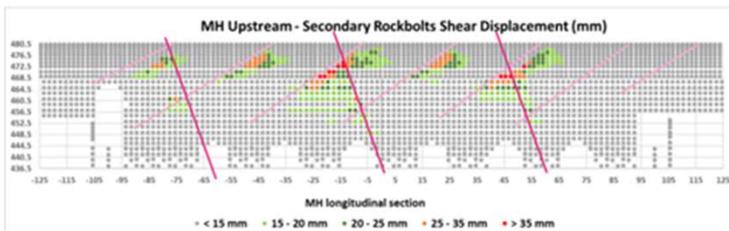
Déplacement (valeurs moyennes)

Massif rocheux : 10 à 13 cm (Convergence : 0,6 % à 0,9%) , déformation plastique maximale : 0,6%

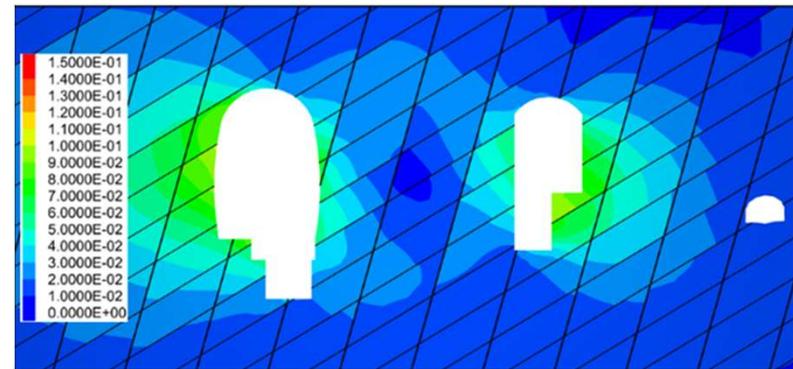
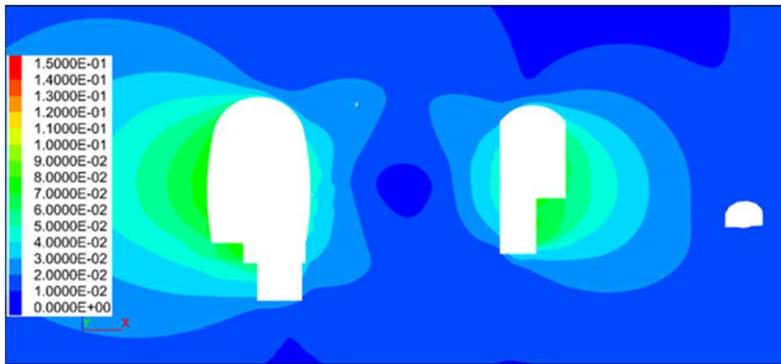
Déplacements relatifs des joints rocheux : 0 à 6 cm

Ancrage

- % d'ancrages secondaires plastifiés (cisaillement > 15 mm) 10% (5%)



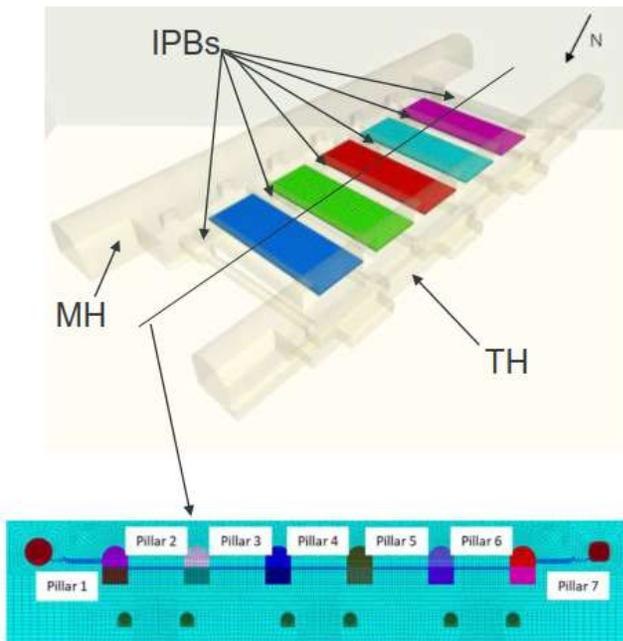
3. COMPLEXE USINIER – RESULTATS DES CALCULS



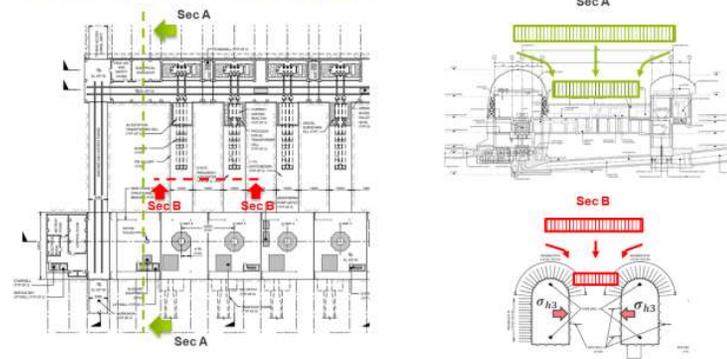
Modèle continu ou discontinu

- Déplacements maximaux augmentés d'environ 20 à 30% pour le modèle discontinu

3. COMPLEXE USINIER – STABILITE DES PILIERS ROCHEUX



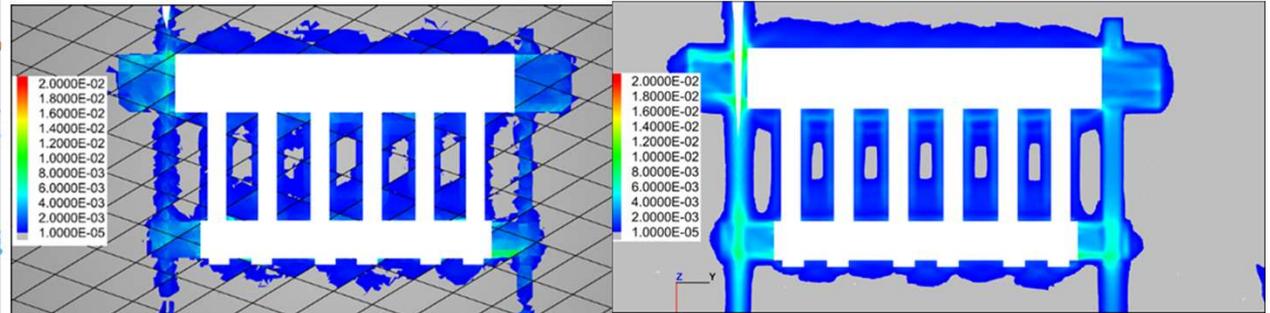
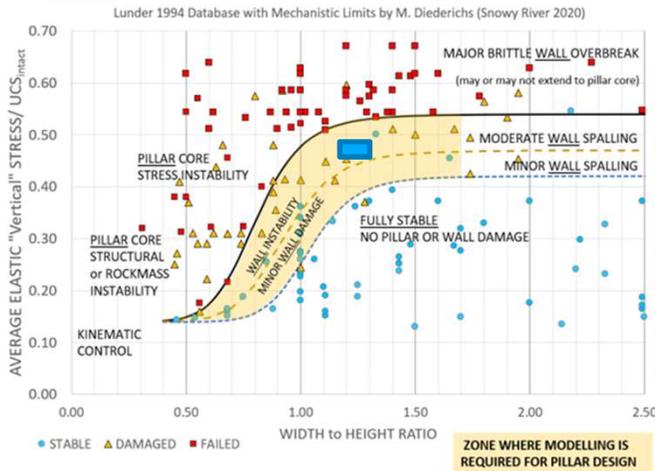
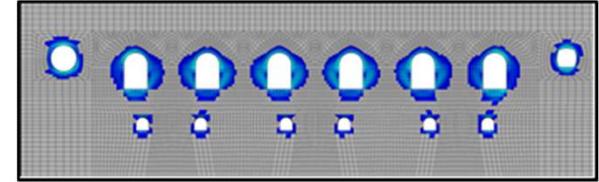
Vertical load redistribution



Project	Location	UCS (MPa)	σ_1 in-situ (MPa)	Ratio UCS/ σ_1
Kanagawa	Japan	120	12,5	9,6
Ertan	China	136	25	5,4
Shisanling	China	70	13	5,4
Xiaowan	China	105	20	5,3
Pupugou	China	100	20	5,0
Nant de Drance	Switzerland	62	16	3,9
Tehri	India	45	16	2,8
Snowy	Australia	65	45	1,4

Characteristics of deep underground powerhouse caverns

3. COMPLEXE USINIER – STABILITE DES PILIERS ROCHEUX



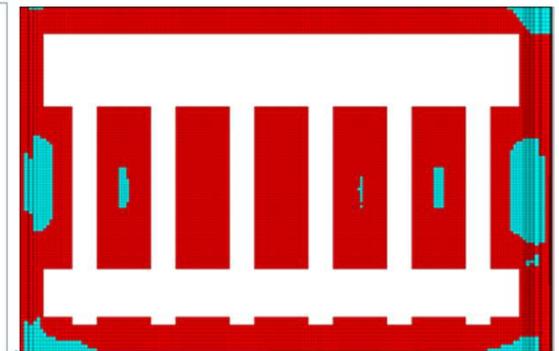
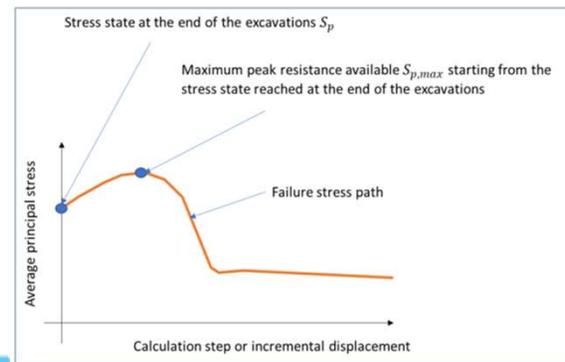
Longueur : 60 m (initialement 50 m)

Largeur : 19 m (initialement 13 m)

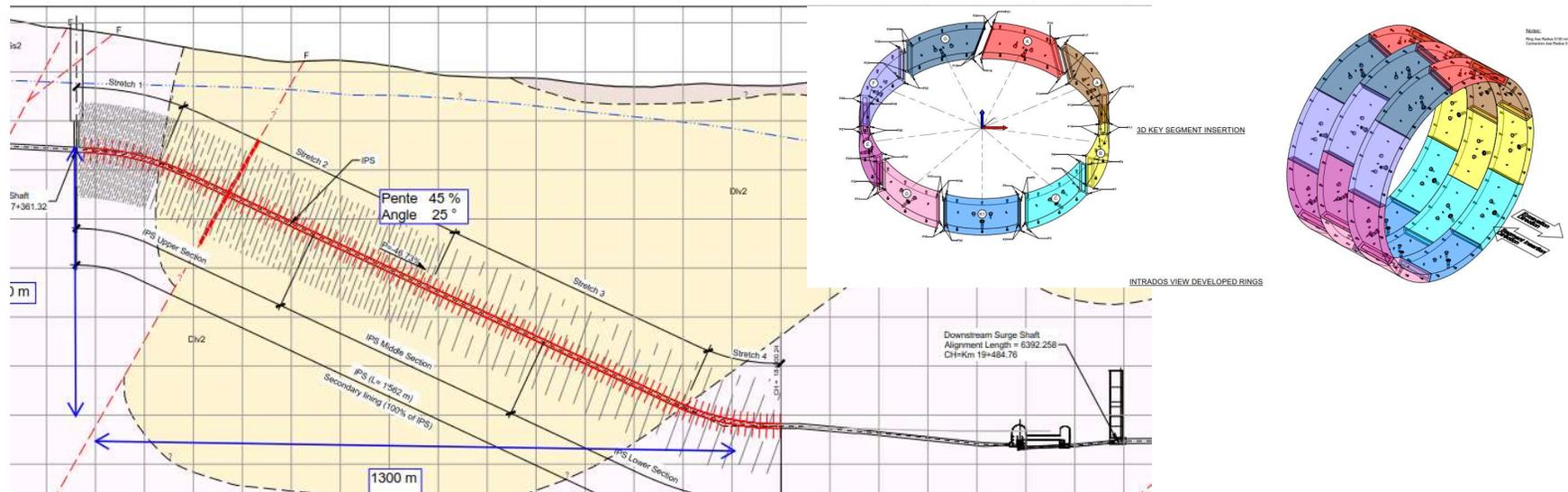
Hauteur : 14 m L/H : 1,25

Contrainte max / Contrainte effective > 1,35

Déformation plastique < 0,2 %



4. LE PUIS INCLINE - EXCAVATION

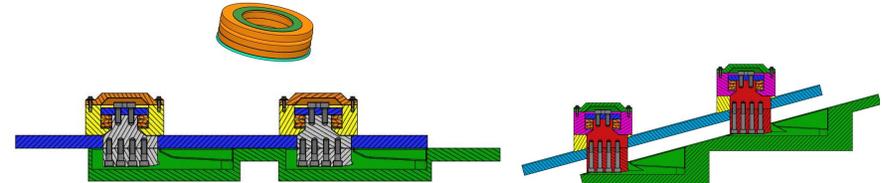
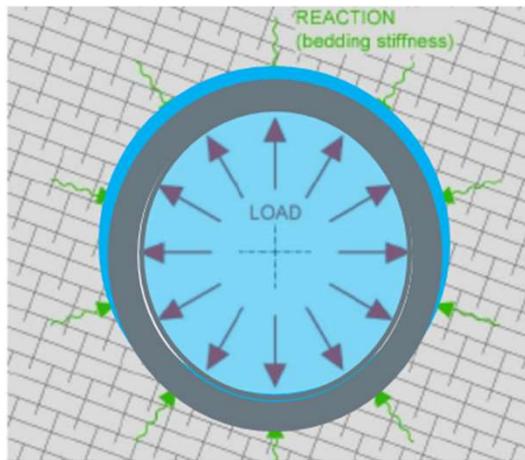
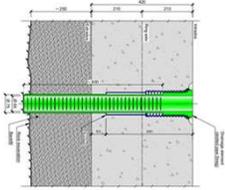


Longueur : 1500 m Pente : 45 % (angle 25°)

Excavation TBM Diamètre excavé : 11 m

Revêtement Voussoir Epaisseur : 40 cm 9 voussoirs par anneau

4. LE PUIS INCLINE – REVETEMENT DEFINITIF



Stabilité du revêtement : Double équilibre hydraulique et mécanique interactif

Décollement probable des voussoirs et formation d'un interstice rempli d'eau

Voussoir renforcé avec connecteurs métalliques munis de ressort et joints d'étanchéité (joint pré-comprimé) + connecteur hydraulique (tube crépiné) - Etude prototype en laboratoire

5. AVANCEMENT DES TRAVAUX



	TBMs	Galerie d'aménée	Accès usine (MAT)	Galerie de fuite	Puits incliné
Longueur		15 km	2,6 km	7 km	6 km
Avancement		5 %	100 % (en cours de démantèlement)		40 %

