DRD/MFS/19-0088

Séance technique CFMR-AFTES-13 juin 2019
Ouvrages souterrains à grande profondeur

LA FAISABILITÉ TECHNOLOGIQUE ET LE COMPORTEMENT MÉCANIQUE DE DIFFÉRENTS TYPES DE SOUTÈNEMENT ET REVÊTEMENT TESTÉS AU LABORATOIRE SOUTERRAIN DE RECHERCHE DE MEUSE/HAUTE-MARNE POUR LE PROJET CIGÉO

Jad ZGHONDI [1], Gilles ARMAND [1], Frédéric PLAS [1] & Jean-Michel BOSGIRAUD [2]

Andra /*Direction de la R&D [1], Direction de l'Ingénierie [2]*

Ce document est la propriété de l'Andra.
Il ne peut être reproduit ou communiqué sans son autorisation expresse et préalable.

Le projet Cigéo

La roche hôte / Le Callovo-Oxfordien,

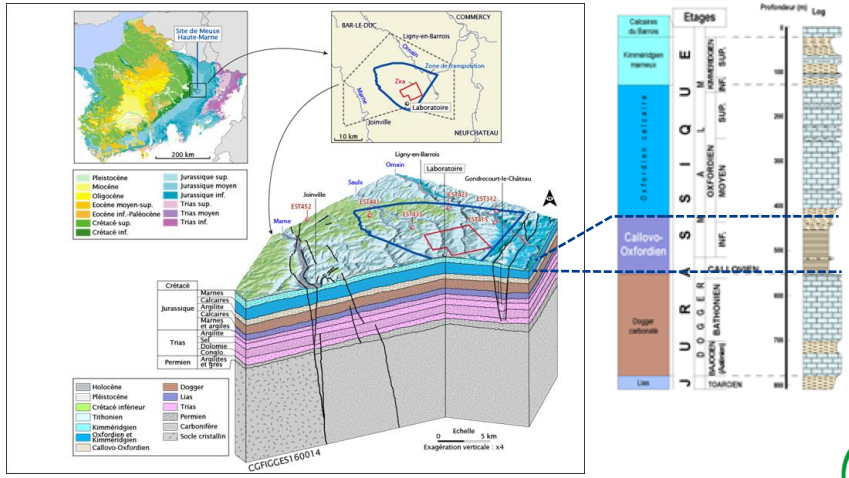
Des propriétés favorables au confinement à long terme de la radioactivité

- Faible perméabilité (≈10^{-20} à 10^{-21} m²) et faible coefficient de diffusion
- Epaisseur importante (140 à 160 m)
- Profondeur d'environ 400 à 600 m
  - 2 unités litho-stratigraphiques en fonction de la teneur en carbonate
    - Unité Silto Carbonatée - USC au toit (1/3 de l'épaisseur)
    - Unité Argileuse – UA (2/3 de l'épaisseur)

Un champ de contraintes naturelles anisotrope

- σ_H N155E
- $\sigma_h = \sigma V$ = poids des terres (~12 MPa)
- $\sigma_H \sim 1.3\ \sigma_h$

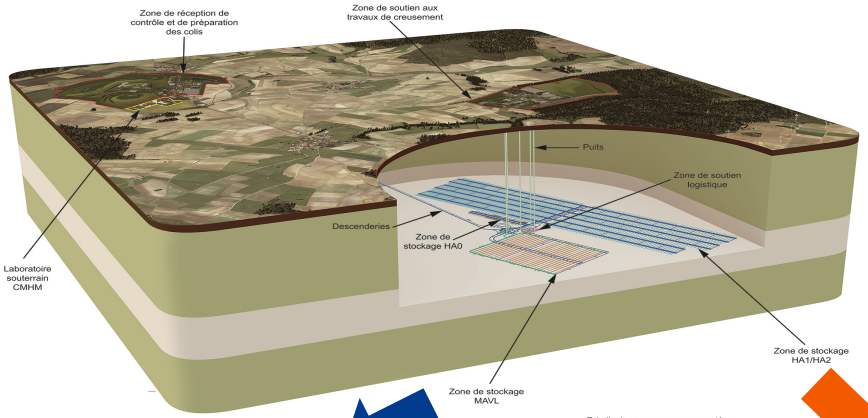
Cigéo localisé dans l'UA (*a minima* 50 m du toit et du mur)



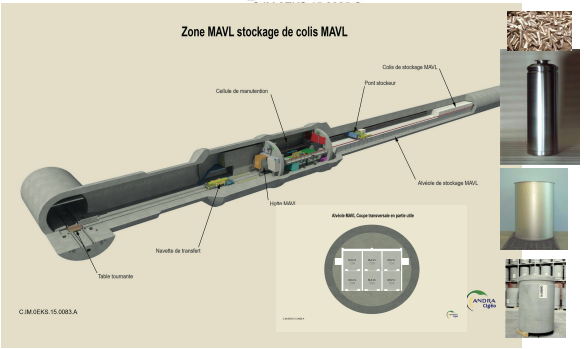
Ce document est la propriété de l'Andra.
Il ne peut être reproduit ou communiqué sans son autorisation expresse et préalable.

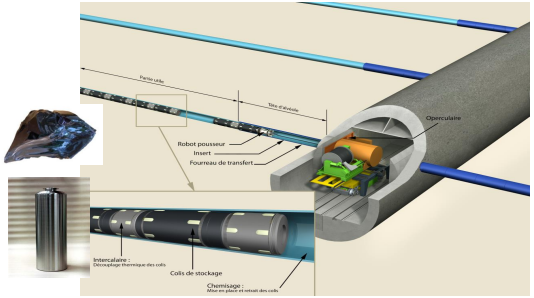
Le projet Cigéo

Vue schématique de l'installation fond à terminaison



Echelle des ouvrages non respectée.
Pendage des formations géologiques non représenté.





Ce document est la propriété de l'Andra.
Il ne peut être reproduit ou communiqué sans son autorisation expresse et préalable.

Le projet Cigéo

La Sûreté au cœur de la mécanique des roches

La **constructibilité des ouvrages souterrains**

- Garantir une exploitation sûre et la récupérabilité éventuelle des colis, sur la durée d'exploitation séculaire

La **préservation des propriétés favorables du Callovo-Oxfordien**, du fait des sollicitations « mécaniques »

- Limiter l'endommagement mécanique du Callovo-Oxfordien (fracturation pouvant être une voie de transfert potentielle des radionucléides en après fermeture)
  - L'endommagement en champ proche des ouvrages
  - L'endommagement et/ou fracturation possible de la formation en grand :
    - la **sollicitation transitoire THM** due au dégagement de chaleur de certains déchets
    - la sollicitation de pression des gaz

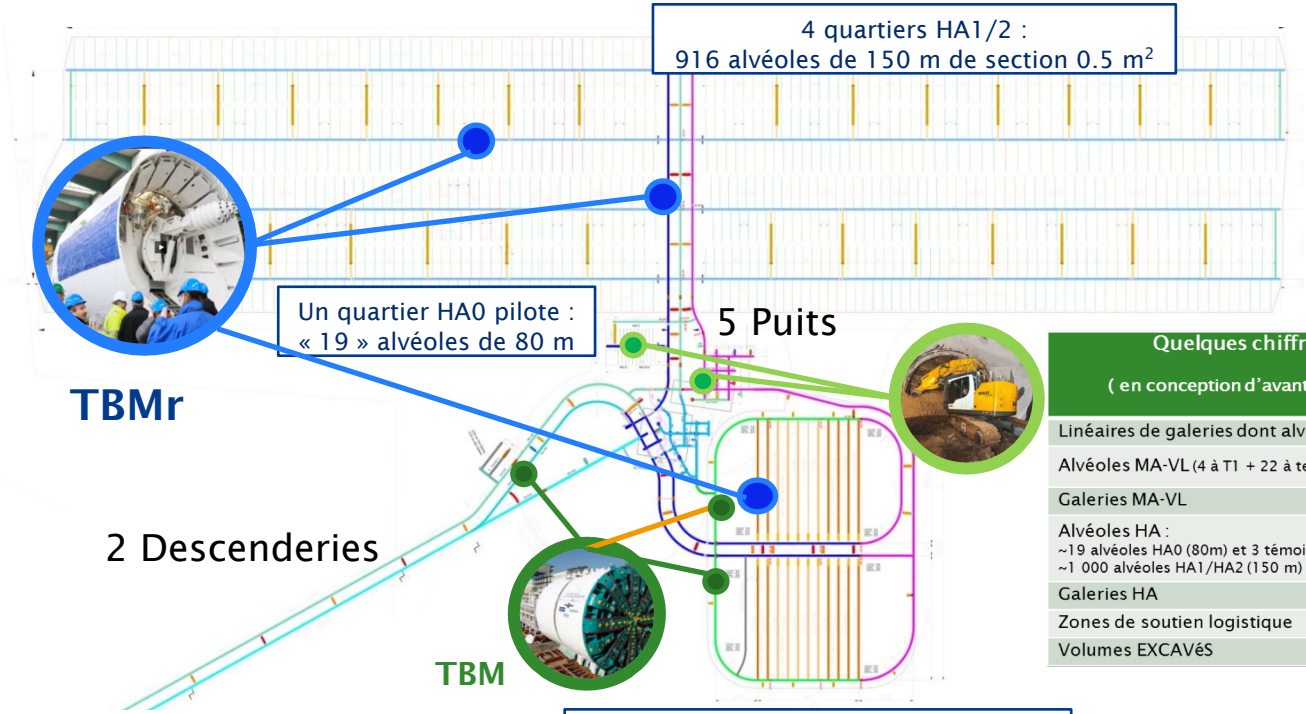
» Choix : méthodes de construction/soutènement, orientation des alvéoles par rapport au champ de contrainte mécanique naturel, critères thermiques…

» Choix : conception de scellements, notamment des ouvrages accès (puits et descenderies)

Ce document est la propriété de l'Andra.
Il ne peut être reproduit ou communiqué sans son autorisation expresse et préalable.

Les installations souterraines Cigéo

Différents couples « technologie de creusement/revêtement » prévus



Quelques chiffres (en conception d'avant-projet)	Première tranche (T1) (Horizon 2030)	A terminaison (horizon 2150)
Linéaires de galeries dont alvéoles	40,0 km	270,0 km
Alvéoles MA-VL (4 à T1 + 22 à terminaison)	2,4 km	29,4 km
Galeries MA-VL	8,5 km	16,3 km
Alvéoles HA : ~19 alvéoles HA0 (80m) et 3 témoins ~1 000 alvéoles HA1/HA2 (150 m)	1,6 km	153,0 km
Galeries HA	3,2 km	52,3 km
Zones de soutien logistique	6,4 km	6,4 km
Volumes EXCAVéS	**2,54 millions de m³**	**9,56 millions de m³**

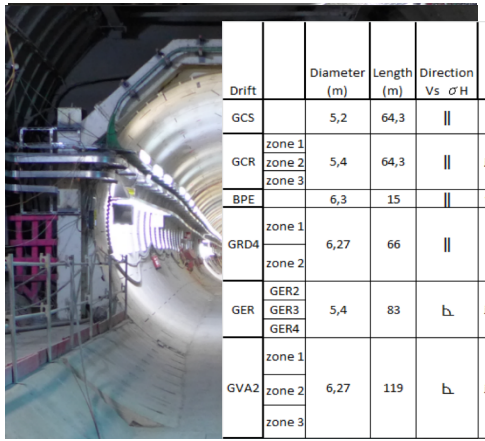
Ce document est la propriété de l'Andra.
Il ne peut être reproduit ou communiqué sans son autorisation expresse et préalable.

Le programme scientifique et technologique sur les ouvrages souterrains
Un programme dédié au LS depuis 2004

Démarche progressive et séquentielle : construction de différentes galeries par méthodes de creusement CTM ou TBM

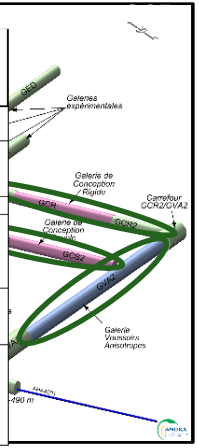
- *Diamètres croissants, 2 directions σ_H et σ_h, types de revêtement, phasage…*

- Consolidation progressive du REX technologique et de l'analyse de l'interaction roche/revêtement
  - Optimiser le choix du couple « technologie de creusement, type de revêtement » par type d'ouvrage
- Développement jusqu'à la qualification industrielle de solutions technologiques « innovantes »
  - Limiter les efforts dans les revêtements



$\sigma_v \approx 12$ MPa

Drift		Diameter (m)	Length (m)	Direction Vs σH	Start	finish	Excavation technic	Primary support: Yieldable wedges	Primary support: Shotcrete	Final concrete support: Site-cast concrete (C30/35 MPa)	Final concrete support: Site-cast concrete (C60/75 MPa)	Final concrete support: Pre-cast lining elements	Structure measure point
GCS		5,2	64,3	‖	mai-10	oct.-10	Road header	X	X(21 cm)				74
GCR	zone 1	5,4	64,3	‖	janv.-11	mars-12	Road header	X	X(21 cm)		X (30cm)		464
	zone 2							X	X(21 cm)	X			
	zone 3								X(21 cm)		X (30cm)		
BPE		6,3	15	‖	févr.-12	mars-13	Road header		X (45cm)				156
GRD4	zone 1	6,27	66	‖	mai-13	nov.-13	TBM					X + "classical grout"	739
	zone 2											X + "comp grout"	
GER	GER2	5,4	83	⊢	janv.-15	juil.-16	Road header	X	X(21 cm)				778
	GER3							X	X(21 cm)		X (30cm)		
	GER4								X(21 cm)				
GVA2	zone 1	6,27	119	⊢	janv.-17	Dec-17	TBM					X + "classical grout"	1353
	zone 2											X + "comp grout"	
	zone 3											X + "comp lining"	



Ce document est la propriété de l'Andra.
Il ne peut être reproduit ou communiqué sans son autorisation expresse et préalable.

Le programme scientifique et technologique sur les ouvrages souterrains
Une démarche associant technologie et science

Faisabilité technologique :

- Constructibilité (creusement / revêtement) vs différentes variantes
- Adaptabilité de solutions technologiques « innovantes »

Comportement mécanique :

- Expérimentations *in situ* au LS
  - Evaluation du comportement instantané de la roche et de l'interaction roche/revêtement dans le temps, à grande échelle
- Caractérisation mécanique en laboratoire
  - Caractérisation sur des échantillons de roche et des matériaux cimentaires
- Simulations numériques
  - Validation/calibrage de différents modèles de comportement mécanique de la roche
  - Définition de la loi de comportement concernant des matériaux cimentaires avec des caractéristiques spécifiques (chargement jeune âge, grande compressibilité)
    - Simulation du comportement mécanique d'ouvrage

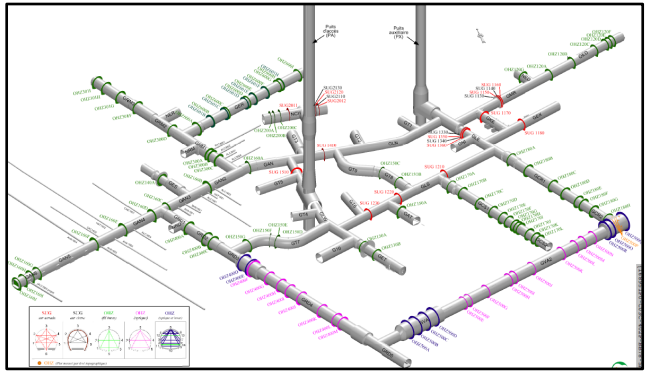
Ce document est la propriété de l'Andra.
Il ne peut être reproduit ou communiqué sans son autorisation expresse et préalable.

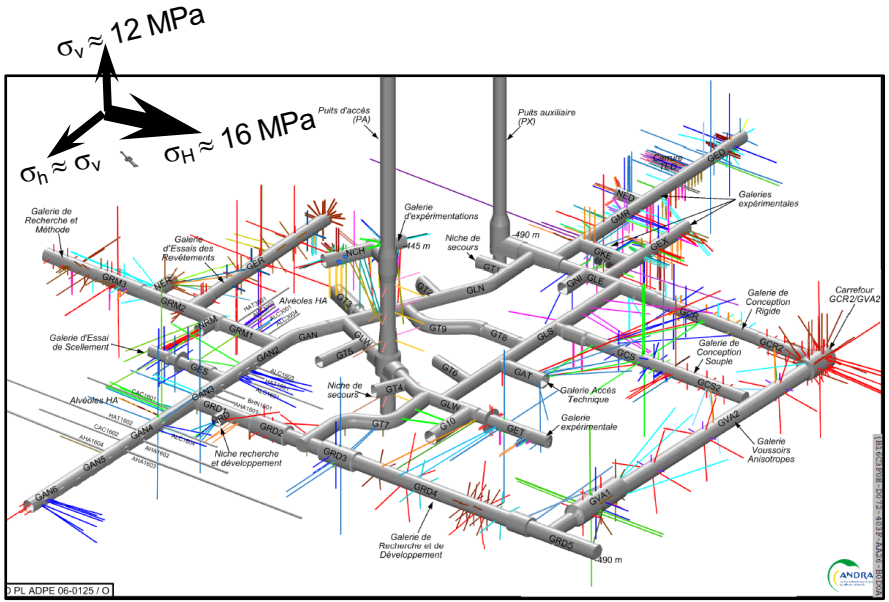
Le programme scientifique et technologique sur les ouvrages souterrains
Quelques chiffres au LS, à 2019

11500 capteurs

600 forages

2000 m de galeries





Ce document est la propriété de l'Andra.
Il ne peut être reproduit ou communiqué sans son autorisation expresse et préalable.

Faisabilité technologique - Méthode CTM

- Le REX des creusements au LS depuis 2005

Ce document est la propriété de l'Andra.
Il ne peut être reproduit ou communiqué sans son autorisation expresse et préalable.

La faisabilité technologique - Méthode CTM
Les acquis sur la méthode de creusement

- Creusement MAP et BRH

- Diamètre excavé: 3,8 à 9 m - Pleine et demi section

- Maîtrise du cycle d'opération (avec intégration d'auscultations scientifiques)
- Homogénéité de l'excavation (3 chantiers différents, 2 entreprises de travaux)
  - Moyenne d'avancement de l'ordre de 2 m/s. Phasage maintenu lors des trois chantiers de travaux pour les galeries expérimentales

Pas de difficulté technique pour excaver le Callovo-Oxfordien avec les méthodes types MAP ou BRH.

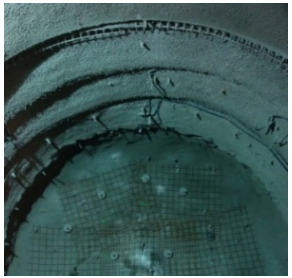
Pas d'influence sur la fracturation induite par le creusement.

Ce document est la propriété de l'Andra.
Il ne peut être reproduit ou communiqué sans son autorisation expresse et préalable.

La faisabilité technologique - Méthode CTM
Les acquis sur les soutènements (1/2)

Soutènement primaire puis définitif

- Différentes rigidités : du souple à cintre glissant jusqu'au soutènement rigide



- Une maîtrise de la réalisation des différents types de soutènements testés
  - Pas d'influence significative sur l'avancement
  - Une répétabilité en termes de caractéristiques mécaniques de la formulation du béton projeté
- Une technique de soutènement souple par cales compressibles éprouvée
  - Un rôle « d'accompagnement » de la convergence, avec limitation des efforts dans les soutènements
  - Un bon fonctionnement multi-échelle (de la cale compressible au soutènement)

Ce document est la propriété de l'Andra.
Il ne peut être reproduit ou communiqué sans son autorisation expresse et préalable.

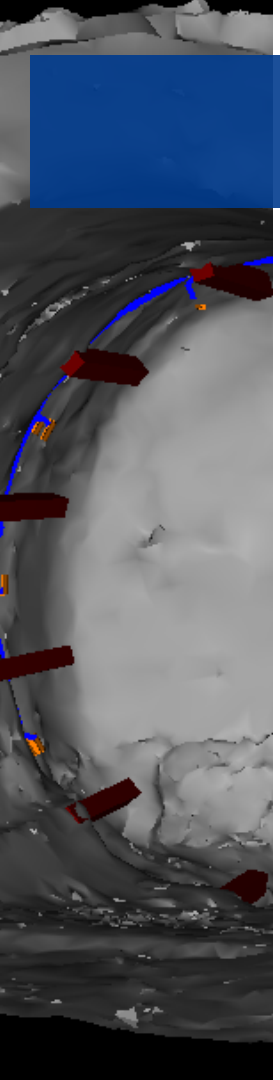
La faisabilité technologique - Méthode CTM
Les acquis sur les revêtements (2/2)

Revêtement coffré coulé

- Coulage en trois phases
- Utilisation de deux formulations de béton
- Temps d'attente soutènement/revêtement
- 30 cm environ d'épaisseur
- Répétabilité et homogénéité satisfaisante
  - Positionnement des coffrages et des capteurs
  - Cycle de coulage, épaisseur des revêtements
  - Caractérisation mécanique conforme des bétons

⇨ **Le comportement mécanique observé confirme la bonne maîtrise de la mise en place**

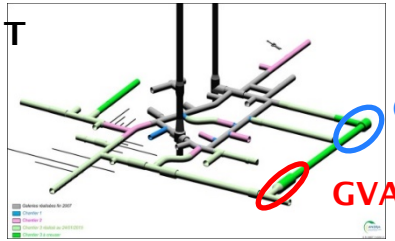
Ce document est la propriété de l'Andra.
Il ne peut être reproduit ou communiqué sans son autorisation expresse et préalable.



La faisabilité technologique - Méthode CTM
Exemple d'une galerie grand diamètre et d'un carrefour

- **La réalisation de la Galerie GVA1 (9 m de diamètre) avec excavation en demi-section**

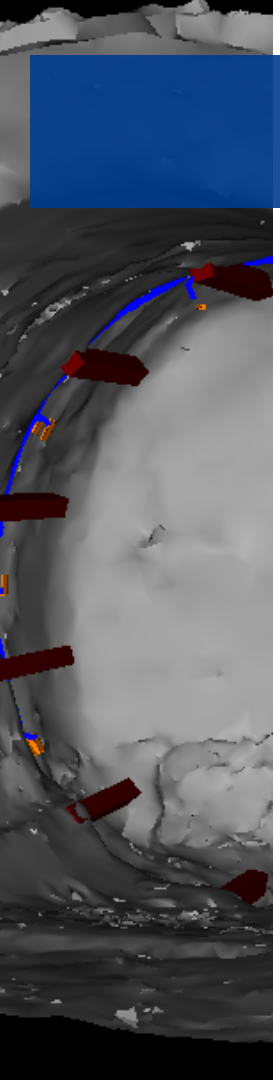
- **La réalisation du carrefour GCR (6 m)/GVA (9 m) en forme de T**



- **Faisabilité de la réalisation de la galerie et du carrefour de grand diamètre**

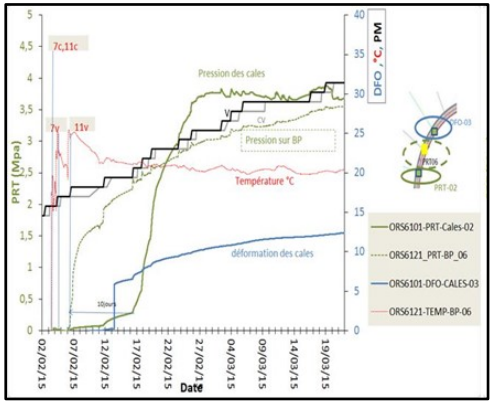
Ce document est la propriété de l'Andra.
Il ne peut être reproduit ou communiqué sans son autorisation expresse et préalable.

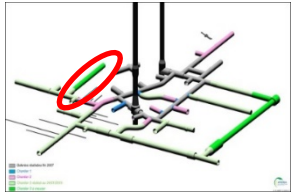
La faisabilité – Méthode CTM
Exemple d'une galerie avec revêtement coulé, la GER



Réalisation de la galerie GER parallèle à σ_h

- Une longueur de 83 m et un diamètre de 5,4 m
- 3 tronçons/couples {soutènements/revêtement}
- Un décalage des temps de pose entre le soutènement et le revêtement
- Des formulations de béton et des géométries de la galerie GCR
- Une auscultation de chaque tronçons
  - 778 capteurs de suivi des soutènements/revêtement + 170 éprouvettes
  - Mesures décrivant le même mode de chargement pour un même couple soutènement / revêtement





- **Une faisabilité du creusement et de la pose des différents couples de structure**
- **Un bon fonctionnement des soutènements à cales compressibles**

Ce document est la propriété de l'Andra.
Il ne peut être reproduit ou communiqué sans son autorisation expresse et préalable.

Faisabilité technologique - Méthode TBM

- Le REX du creusement par tunnelier au LS

Ce document est la propriété de l'Andra.
Il ne peut être reproduit ou communiqué sans son autorisation expresse et préalable.

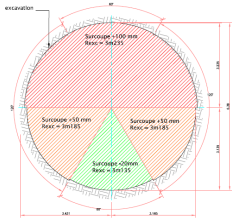
La faisabilité d'utilisation d'un TMB au LS
Méthode TBM : creusement vs contraintes exploitation LS

Mise en place :

- Montage (3 mois GRD4, 2 postes/j)
- Installation spécifique d'un système de refroidissement
- Galerie spécifique de montage
- Création d'une sous-station électrique…

Avancement :

- Maintenir la cadence et la trajectoire

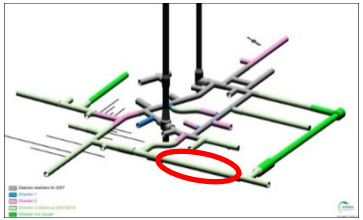


- Gestion des marins

- Stockage, manutention,
- Ventilation, refroidissement

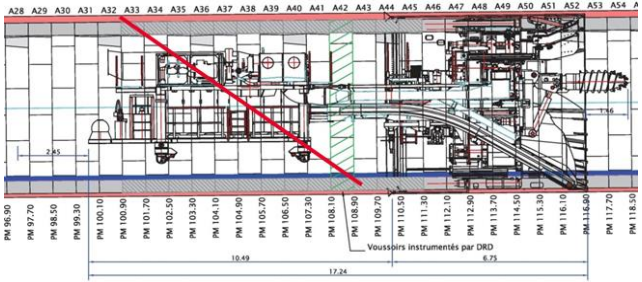
Ce document est la propriété de l'Andra.
Il ne peut être reproduit ou communiqué sans son autorisation expresse et préalable.

La faisabilité des galeries et des alvéoles MA-VL
Méthode TBM : les acquis (1/2)

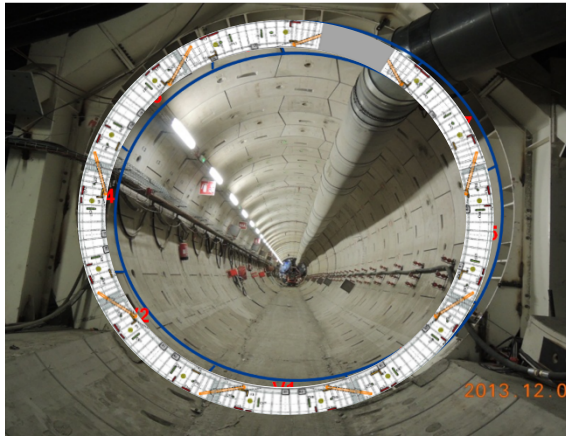


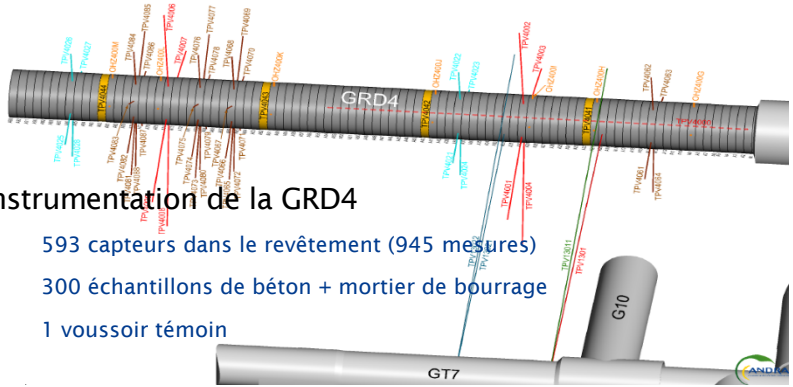
Caractéristiques de la galerie GRD4

- 74 m de longueur
- 93 anneaux (8 voussoirs + clé)
- Épaisseur voussoir : 45 cm
- Diamètre excavation : 6,27 cm
- Deux types de coulis d'injection
- Avancement : 5 anneaux/semaine



Confirmation de la faisabilité du creusement par tunnelier dans le Callovo-Oxfordien





Instrumentation de la GRD4

- 593 capteurs dans le revêtement (945 mesures)
- 300 échantillons de béton + mortier de bourrage
- 1 voussoir témoin

Ce document est la propriété de l'Andra.
Il ne peut être reproduit ou communiqué sans son autorisation expresse et préalable.

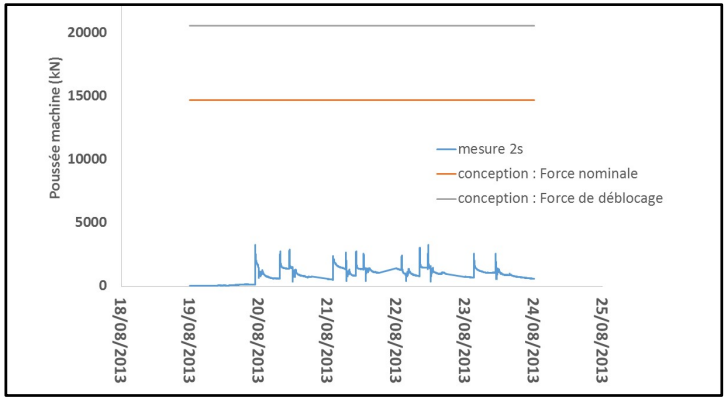
La faisabilité des galeries et des alvéoles MA-VL
Méthode TBM : les acquis (2/2)

Abattage facile

- Ratio d'abattage « instantané »
  - Moyen :18 m^3/h
  - Max: 31 m^3/h
  - Ratio excavation/marinage (1/3, 2/3)

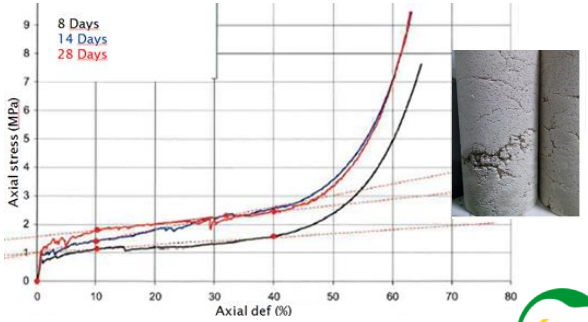
Absence du risque de coincement de la jupe

- Poussée de la machine (arrêt prolongé GRD4)
  - Ripage 1er et 2ème passe d'excavation
  - Pic max à la reprise en début de semaine
  - Démarrage normal après 2 mois d'arrêt

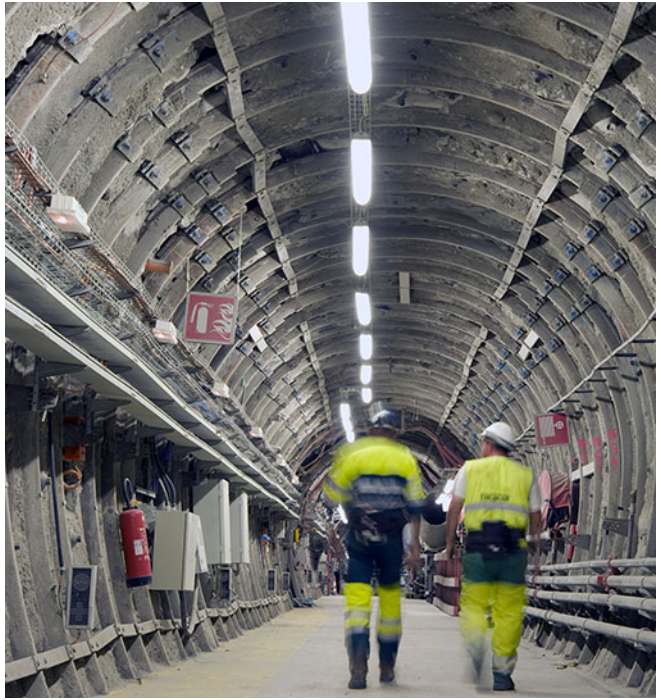


Utilisation d'un mortier compressible (DeCoGrout/Compex)

- Vérification du comportement élasto-plastique
- Vérification du bon remplissage
  - Absence de zone sans mortier de bourrage à l'extrados des anneaux



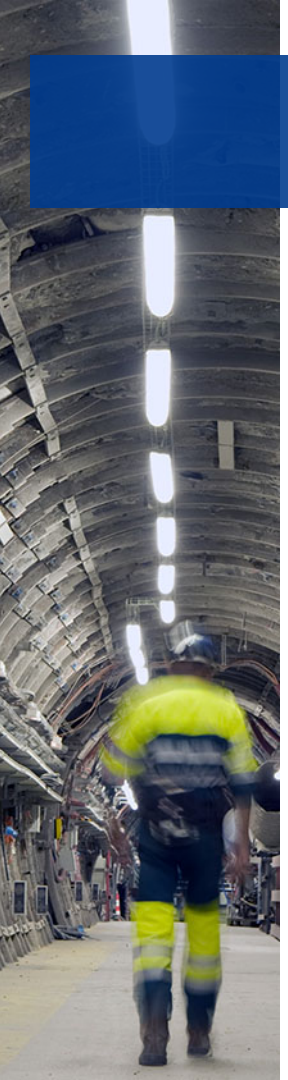
Ce document est la propriété de l'Andra.
Il ne peut être reproduit ou communiqué sans son autorisation expresse et préalable.



Chargement et comportement des structures de revêtement/soutènement cimentaires

- Le REX des observations au LS

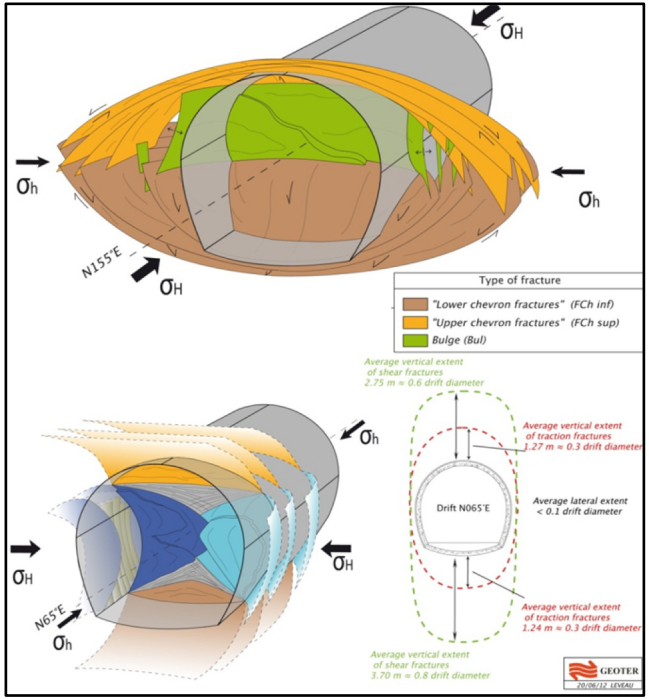
Ce document est la propriété de l'Andra.
Il ne peut être reproduit ou communiqué sans son autorisation expresse et préalable.



Observations sur le comportement des ouvrages au LS
Une fracturation induite en champ proche par le creusement

- Apparition de fractures au front de taille lors de l'excavation et qui se développent au cours de l'excavation
- Même typologie de fractures quelle que soit l'orientation des galeries mais l'orientation du réseau est différente
- Pas/très peu d'influence de la méthode d'excavation (MAP,BRH) sur l'organisation du réseau de fractures et son extension

Drift Orientation		Extensional fractures extent			Shear fractures extent		
		Min.	Average	Max.	Min.	Average	Max.
N65 // σ_h	Ceiling	0.2×D	0.3×D	0.4×D	0.5×D	0.6×D	0.8×D
	Wall	0.1×D	0.1×D	0.2×D	-	-	-
	Floor	0.2×D	0.4×D	0.5×D	0.8×D	0.8×D	1.1×D
N155 // σ_H	Ceiling	-	0.1×D	0.15×D	-	-	-
	Wall	0.01×D	0.2×D	0.4×D	0.7×D	0.8×D	1.0×D
	Floor	-	0.1×D	0.15×D	-	-	-

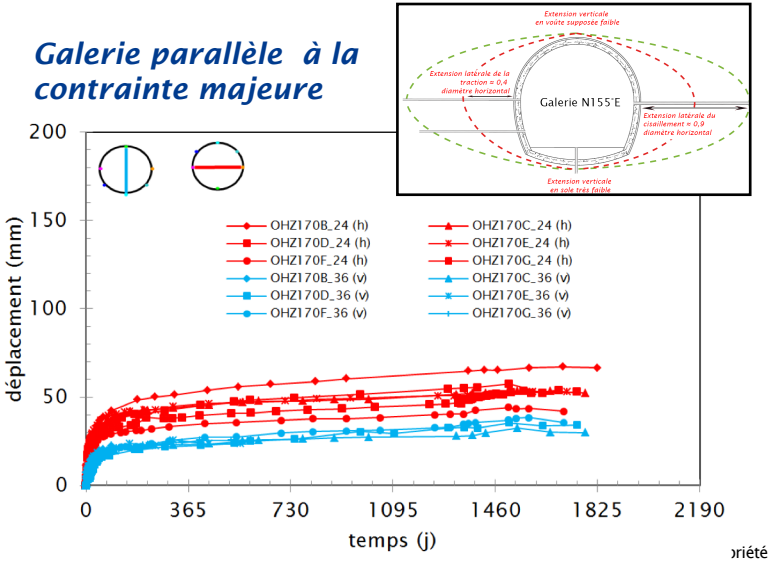


Ce document est la propriété de l'Andra.
Il ne peut être reproduit ou communiqué sans son autorisation expresse et préalable.

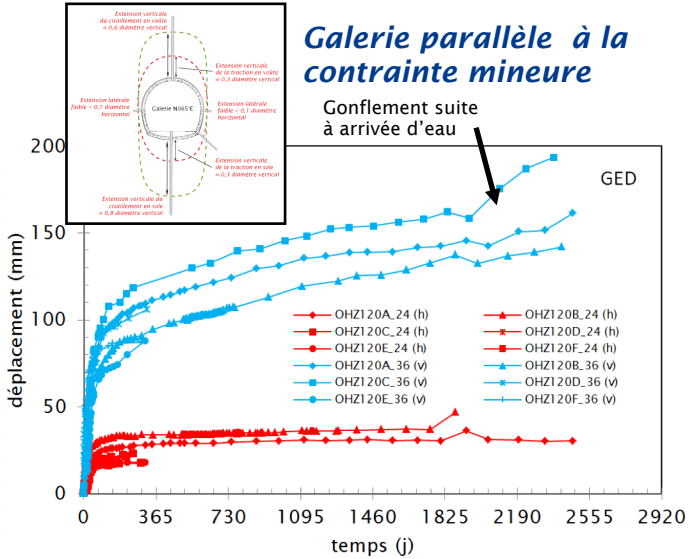
Observations sur le comportement des ouvrages au LS
La convergence des galeries à soutènement souple suivant leur orientation

- Une **fracturation induite anisotrope** dont l'extension est proportionnelle au diamètre de l'ouvrage
- Un **rôle important de la zone fracturée sur le comportement hydromécanique des ouvrages (convergence)**
  - Des convergences anisotropes, similaires mais de valeurs différentes, suivant l'orientation

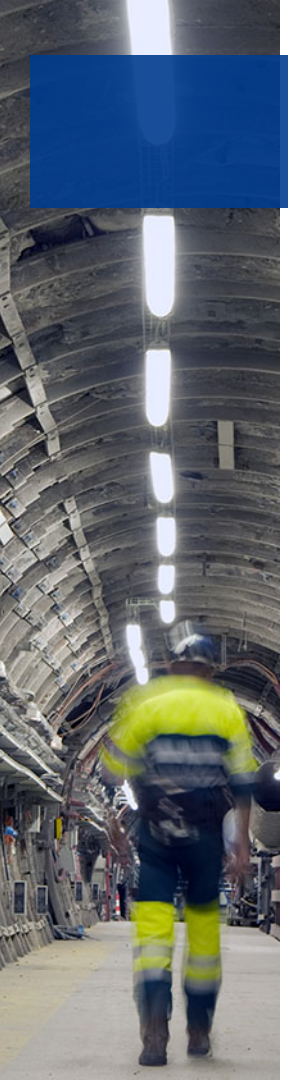
Galerie parallèle à la contrainte majeure



Galerie parallèle à la contrainte mineure



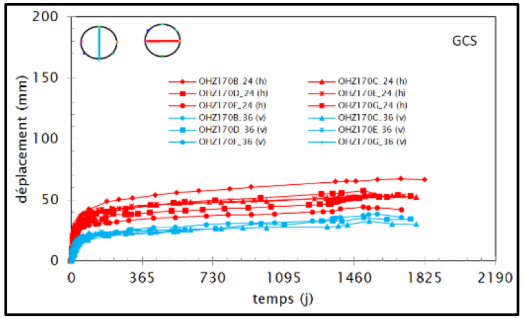
priété de l'Andra.
Il ne peut être reproduit ou communiqué sans son autorisation expresse et préalable.



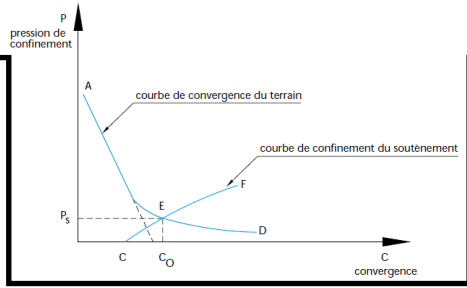
Observations sur le comportement des ouvrages au LS
l'interaction mécanique roche/structure

Comportement mécanique en champ proche fonction de :

- La fracturation induite par le creusement conditionnant le comportement
  - Direction du creusement
  - Anisotropie de convergence et de chargement
  - Effet différé (au-delà d'une centaine de jours)
- Les modalités de Creusement/revêtement
  - Délais de pose



Point d'équilibre & chargement à un temps (t) du revêtement



Comportement intrinsèque du soutènement/revêtement fonction de :

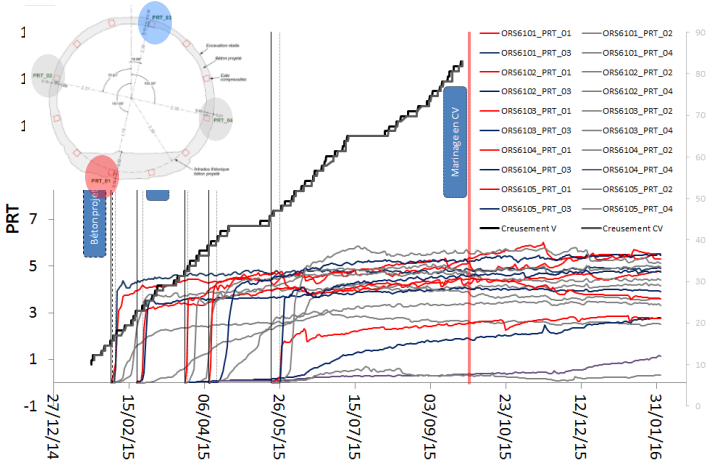
- À court terme
  - Maturation et fluage jeune âge des bétons projetés
  - Retraits (endogène/dessiccation) des bétons des revêtements
- À moyen et long termes
  - Fluage des matériaux cimentaires
  - Comportement des matériaux compressibles

Ce document est la propriété de l'Andra.
Il ne peut être reproduit ou communiqué sans son autorisation expresse et préalable.

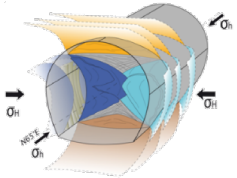
Observations sur le comportement des ouvrages au LS
Le comportement des soutènements (1/2)

- Chargement rapide des soutènements, puis un comportement asymptotique avec une évolution continue dans le temps de la vitesse et des vitesse faibles (≤ 10^{-11} à 10^{-12} s^{-1})

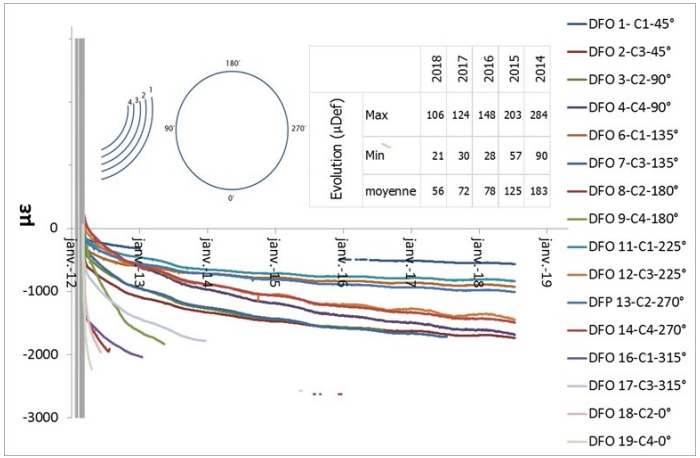
Comportement des cales compressibles



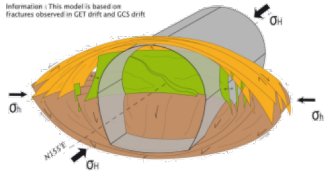
// σ_h



Déformations orthoradiales dans le béton projeté



// σ_H

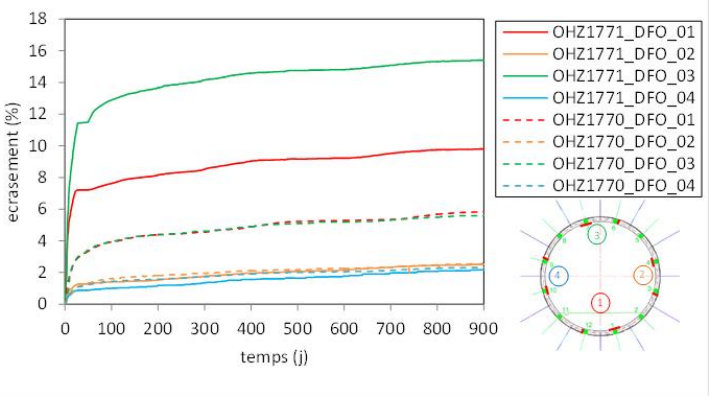


Ce document est la propriété de l'Andra.
Il ne peut être reproduit ou communiqué sans son autorisation expresse et préalable.

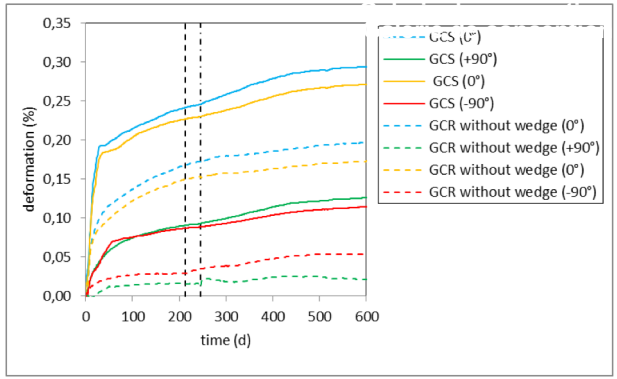
Observations sur le comportement des ouvrages au LS
le comportement des soutènements (2/2)

- Influence de la rigidité du soutènement sur l'amplitude de la convergence de la roche

Déformation des cales compressibles

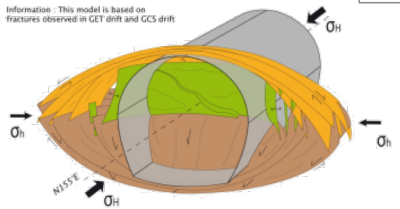


Mesure de convergence



Avec cales

Sans cales



// σ_H

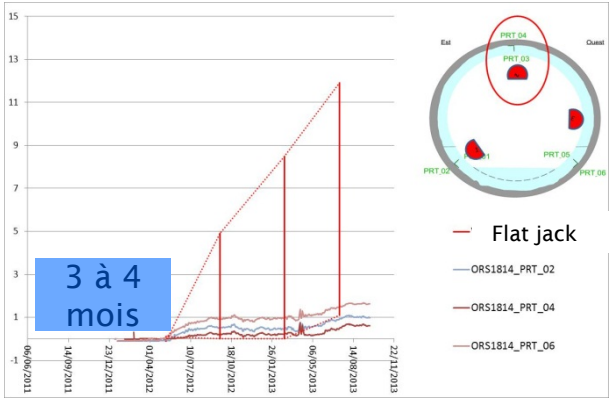
Ce document est la propriété de l'Andra.
Il ne peut être reproduit ou communiqué sans son autorisation expresse et préalable.

Comportement des structures
L'évolution des contraintes dans les revêtements lors de leur mise en œuvre

- Différences observées entre CTM et TBM lors de la mise en place des revêtements

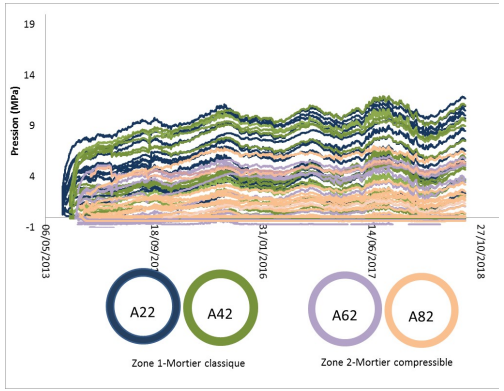
Méthode CTM avec béton coulé en place

- Revêtement coulé (≈7 mois après creusement)
- Concurrence entre la convergence de la roche et le retrait du revêtement final (comportement intrinsèque du béton)
- Chargement de la structure différé dans le temps
- Chargement plutôt isotrope



Méthode TBM avec voussoirs préfabriqués

- Faible retrait du béton (cure)
- Chargement rapide indépendamment du type du coulis d'injection
- Chargement anisotrope
- Chargement moins important avec le mortier compressible



Ce document est la propriété de l'Andra.
Il ne peut être reproduit ou communiqué sans son autorisation expresse et préalable.

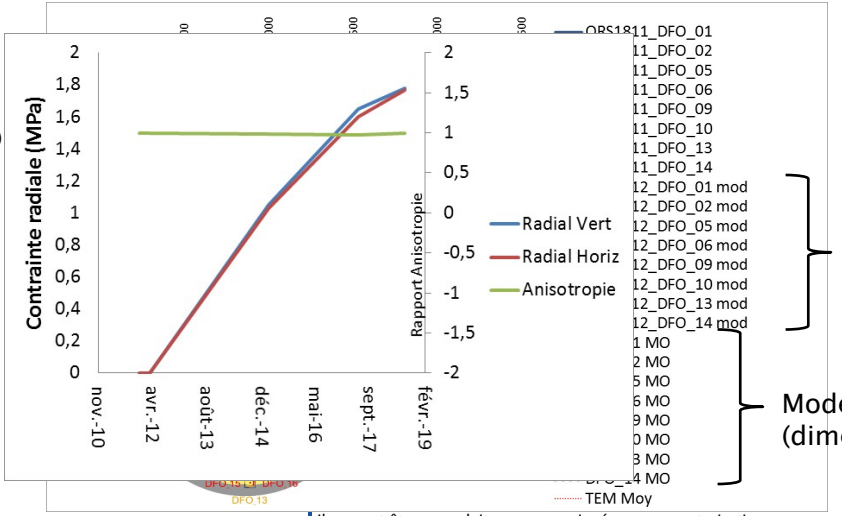
Comportement des structures
L'évolution des contraintes dans les revêtements sur le « long » terme (1/2)

CTM

- Continuation du chargement quasi-isotrope des revêtements rigides avec le temps
  - Vitesses d'augmentation de contrainte ortho radiale faibles inférieures à 0,8 MPa/an
  - Contraintes ortho-radiales maximales atteintes dans le revêtement coulé proches de de 20 MPa, 6 ans après la pose

Evolution des déformations orthoradiales corrigées du comportement intrinsèque du béton

T=0 temps du début mise en charge du revêtement (≈3mois après le creusement)



Modélisation 3D

Modélisation 2D (dimensionnement)

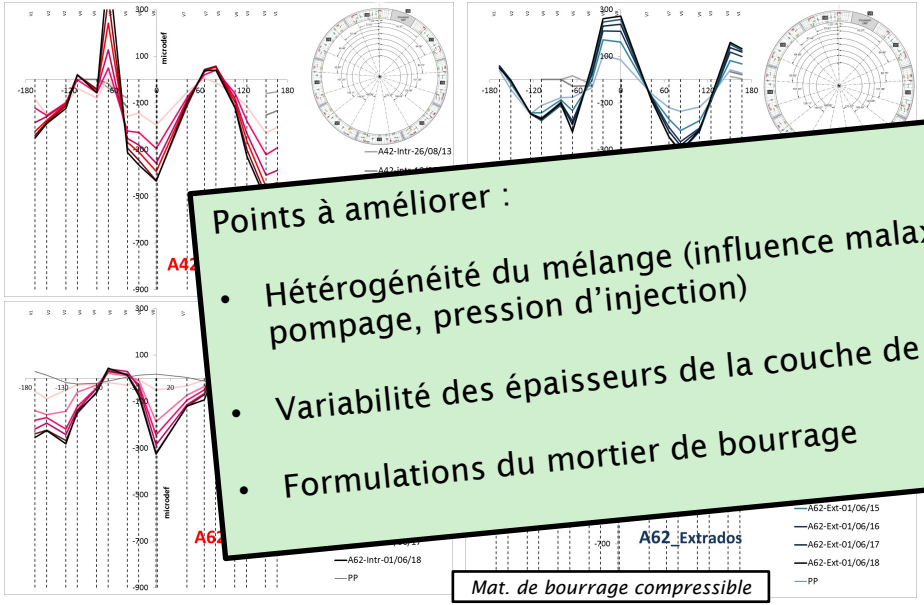
		2018	2017	2016	2015	2014
Def. Orthoradiales	Total	23	23	31	30	43
	Intrados	21	19	25	25	35
	Extrados	15	21	28	28	39
	Côté	38	31	41	40	52
	Voûte/C.V.	1	7	11	11	24

Il ne peut être reproduit ou communiqué sans son autorisation expresse et préalable.

Comportement des structures
L'évolution des contraintes dans les revêtements sur le « long » terme (2/2)

TBM

- Continuation du chargement anisotrope des revêtements rigides avec le temps
  - Réduction du niveau de contrainte par le mortier compressible (GRD4)
  - Vitesses d'augmentation de contrainte ortho radiale faibles inférieures à 0,8 MPa/an
  - Contraintes ortho-radiales maximales atteintes dans les voussoirs de la galerie GRD4 sont de 13 MPa, 5 ans après leur pose



Mat. de bourrage compressible

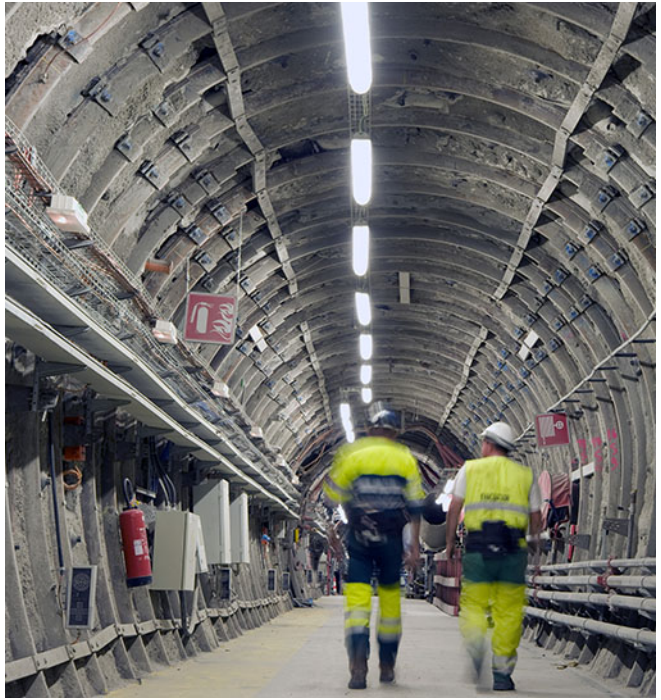
Evolution (absolue) µDef	2018	2017	2016	2015
Moyenne	7	12	11	29
Min	0	0	0	0
Max	35	40	53	96

déformations orthoradiales
portement intrinsèque du béton

Points à améliorer :

- Hétérogénéité du mélange (influence malaxage, pompage, pression d'injection)
- Variabilité des épaisseurs de la couche de mortier
- Formulations du mortier de bourrage

Ce document est la propriété de l'Andra.
Il ne peut être reproduit ou communiqué sans son autorisation expresse et préalable.



Apport des matériaux compressibles pour la tenue des ouvrages souterrains

- Qualification, intégration et mise en place de la solution dite VMC

Ce document est la propriété de l'Andra.
Il ne peut être reproduit ou communiqué sans son autorisation expresse et préalable.

La faisabilité des galeries et des alvéoles MA-VL

Méthode TBM, galerie GVA2 au LS - Voussoir compressible VMC (1/3)

Concept du voussoir VMC (*Brevet*)

- **Voussoir bicouche** : béton + **couche compressible préfabriquée à base de « coques » d'argilites cuites** *(copropriété Andra /CMC)*
- Garantie des caractéristiques de la couche compressible *(épaisseur, densité…)*

Comportement recherché

- Palier plastique le plus long possible et à résistance non nulle
- Résistance initiale suffisante pour la mise en place

Démarche de qualification

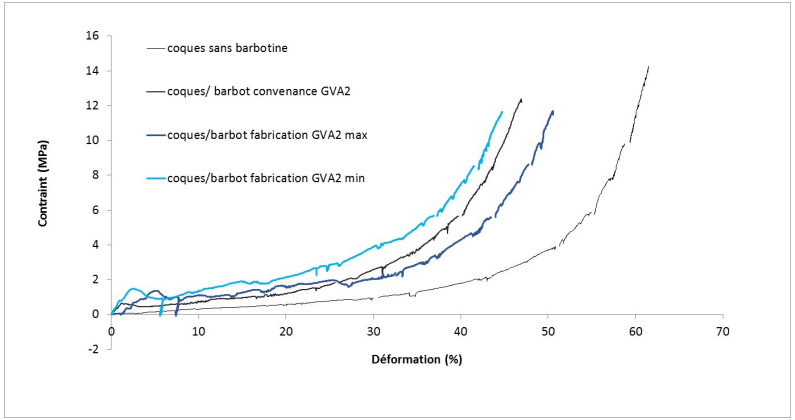
- Caractérisation et faisabilité technique de la réalisation des VMC pour une utilisation en GVA2
  - Caractéristiques mécaniques
    - Essais œdométriques et triaxiaux
  - Conductivité thermique et perméabilité
  - Mode de réalisation et vérifications
- Mise en place des VMC dans la galerie GVA2
  - Essai sur un voussoir : vibration, transport, chargement
  - Essai de poinçonnement

Ce document est la propriété de l'Andra.
Il ne peut être reproduit ou communiqué sans son autorisation expresse et préalable.

La faisabilité des galeries et des alvéoles MA-VL
Méthode TBM, galerie GVA2 au LS - Voussoir compressible VMC (2/3)

Essais à différentes échelles

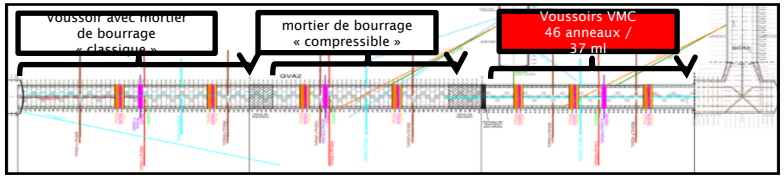
Comportement du mélange optimisé pour la GVA2

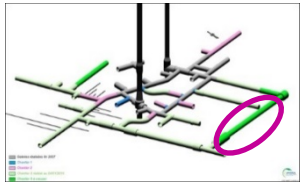


Ce document est la propriété de l'Andra.
Il ne peut être reproduit ou communiqué sans son autorisation expresse et préalable.

La faisabilité des galeries et des alvéoles MA-VL

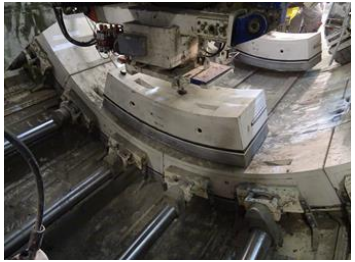
Méthode TBM, galerie GVA2 - Voussoir compressible VMC – 3/3





Réalisation de la galerie GVA2 parallèle à σ_h

- 117 m de longueur
- 146 anneaux
- 3 tronçons



- **Pas de difficultés lors des opérations de fabrication, manutention et pose**
- **Pas d'endommagement des couches compressibles (transport, stockage, manutention)**
- **Pas d'endommagement lors de la phase de la poussée des vérins et d'avancement du tunnelier (hors zone de problèmes propres au guidage du tunnelier utilisé)**
- **25 % d'augmentation du temps de pause d'un anneau compressible/classique**

Ce document est la propriété de l'Andra.
Il ne peut être reproduit ou communiqué sans son autorisation expresse et préalable.

Synthèse & Perspectives

Ce document est la propriété de l'Andra.
Il ne peut être reproduit ou communiqué sans son autorisation expresse et préalable.

La faisabilité des galeries et des alvéoles MA-VL
Synthèse des travaux menés au LS depuis 2004

Faisabilité acquise des différentes méthodes de creusement/revêtement utilisées, quelle que soit la direction des galeries, et ce pour des ouvrages jusqu'à 9 m de diamètre

Faisabilité de l'intégration d'éléments compressibles dans des soutènements (méthode CTM) ou à l'extrados de voussoirs classiques (méthode TBM)

Rôle essentiel de la zone de roche fracturée en champ proche sur le comportement de l'ouvrage dans le temps (convergence de la roche au niveau de la zone endommagée et compressibilité de la zone endommagée)

Comportement des ouvrages similaires entre les différents types de soutènement/revêtement et influencé par la rigidité et/ou le délai de mise en place des revêtements

Diminution du chargement mécanique des structures de revêtement/soutènement par la présence d'éléments compressibles

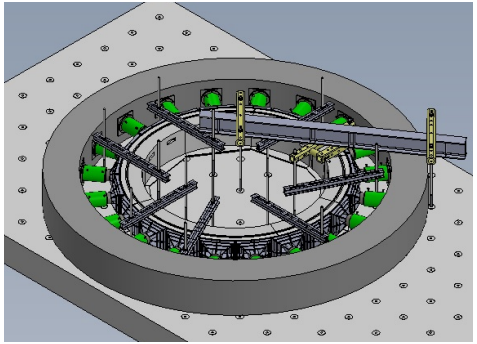
- Un socle de connaissances important, intégré aux études de conception (APD) et jugé suffisant pour le dépôt du dossier de Demande d'autorisation de création de Cigéo (DAC) à l'horizon 2020

Ce document est la propriété de l'Andra.
Il ne peut être reproduit ou communiqué sans son autorisation expresse et préalable.

La faisabilité des galeries et des alvéoles MA-VL
Perspectives

Travaux prévus pour et après le dossier de DAC

- **Méthode CTM**
  - Évaluer l'ouvrabilité de trois types de matériaux compressibles juste avant le coulage du revêtement final
- **Méthode TBM**
  - Compléter le programme de caractérisation de la couche compressible VMC
  - Evaluer le chargement d'anneaux par essais accélérés (maquette en surface mise en place en 2019, IFSTTAR)
  - Optimiser le rapport coût-performance de la meilleure solution



- Construction d'un **démonstrateur MA-VL d'environ 9,65 m de diamètre** (2019 à 2021)
  - Méthode CTM, avec une épaisseur de revêtement de l'ordre de 50 cm
- Réalisation d'un **carrefour en forme de X** entre deux galeries creusées avec la méthode CTM et un carrefour en T entre une galerie creusée par TBM et une par CTM (au-delà de 2021)
- Test de d**ifférents types de couches compressibles** à l'extrados du revêtement (galeries creusées avec la méthode CTM, 2019-2021 et au-delà)

Ce document est la propriété de l'Andra.
Il ne peut être reproduit ou communiqué sans son autorisation expresse et préalable.