

Montage et démarrage d'un tunnelier en milieu urbain constraint



Stephan STEINER et Rosie AMAMI
Demathieu Bard Construction

Sommaire

Sommaire de la présentation :

1. Présentation du projet
2. Avancement du projet
3. Station Raynal : enjeux rencontrés en milieu urbain et restreint
4. Tunnelier S-1386A : EPB +
5. Design du Tunnelier
6. Montage du Tunnelier S-1386A
7. Planning du montage et de la mise en service
8. Défis de la mise en service du TBM tout en assurant le creusement
9. Usage de la TAPI40

Présentation projet



Date OS démarrage : 16 janvier 2023



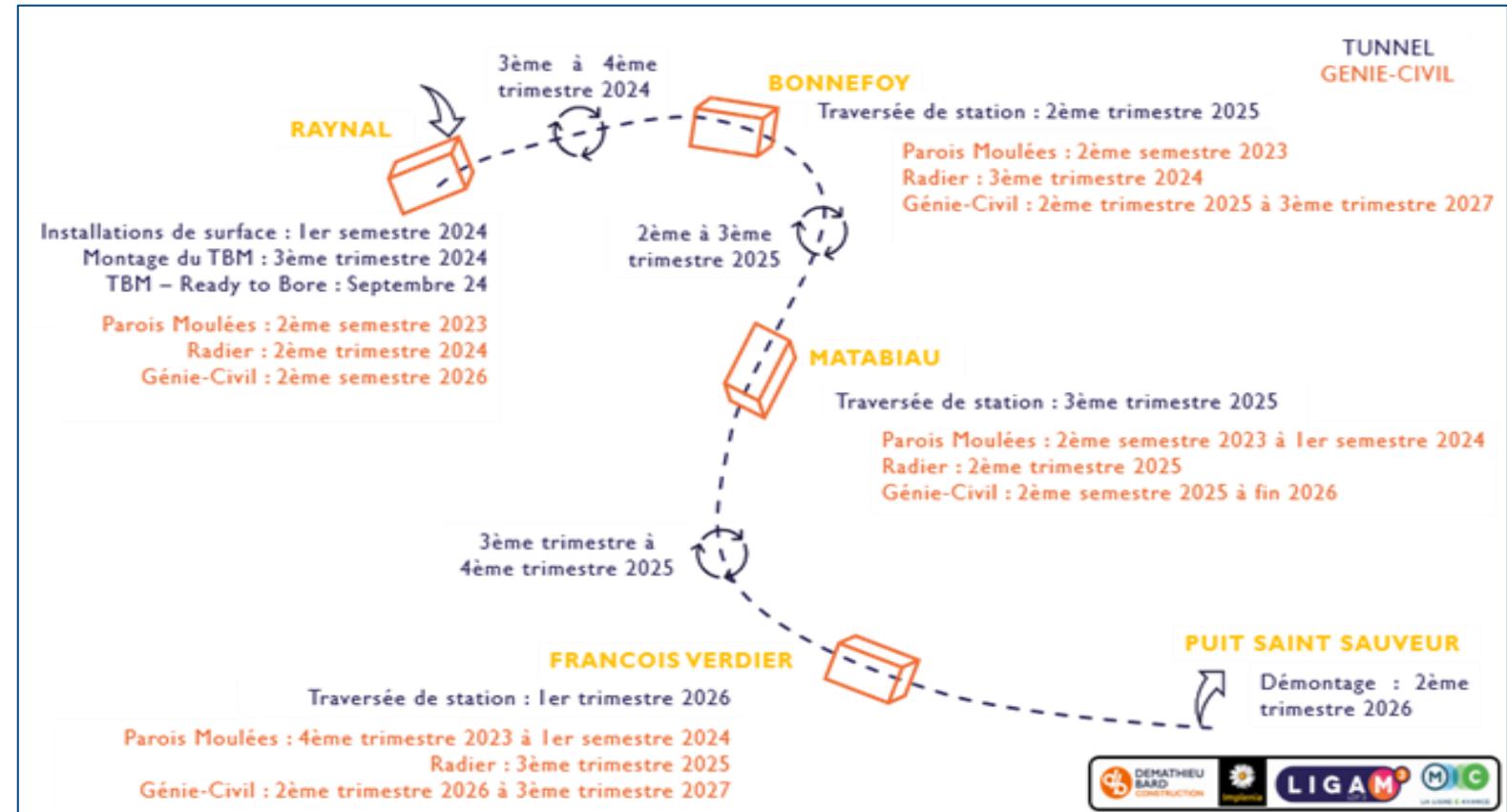
Montant du contrat : 331,4 M€



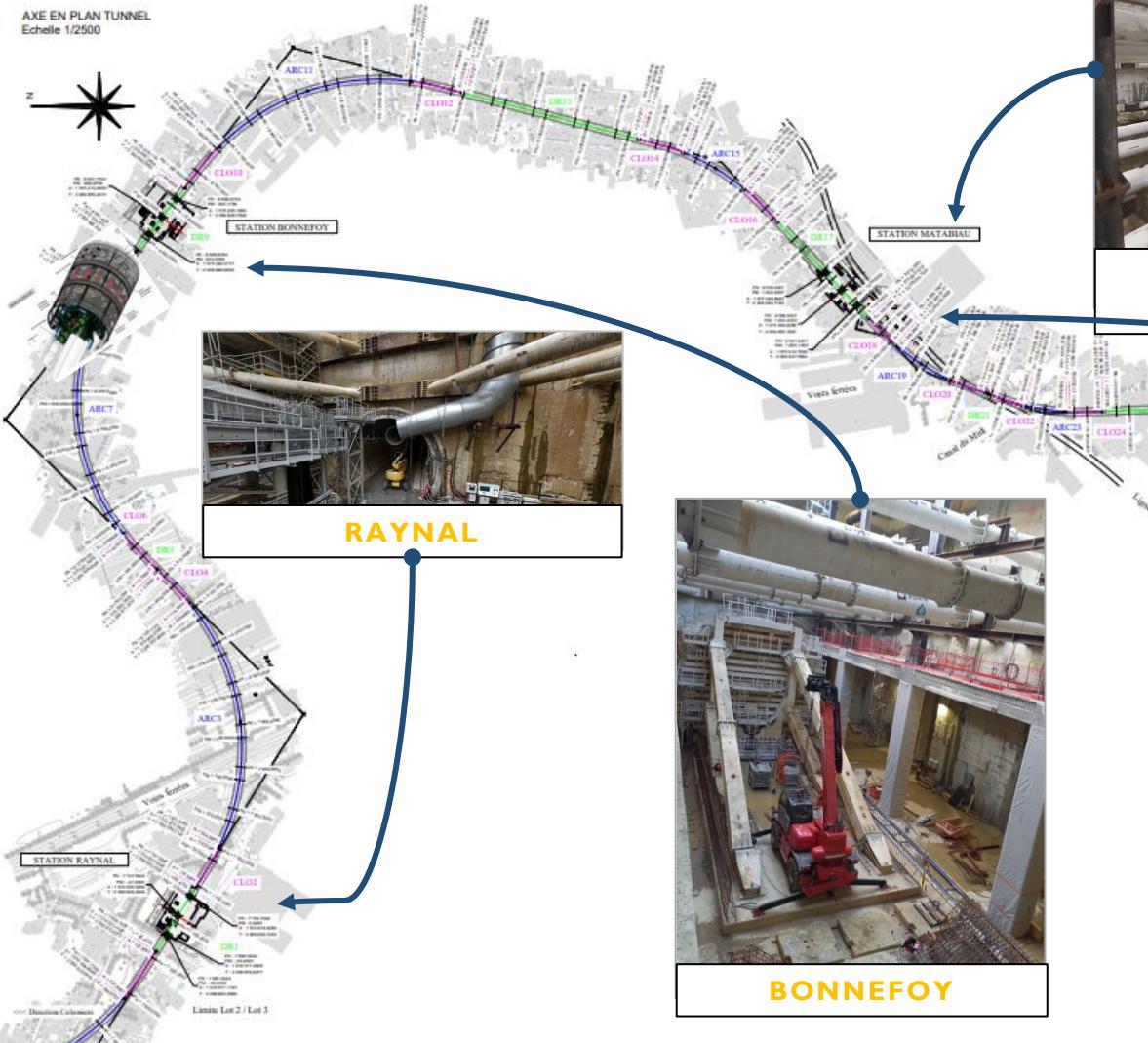
Durée : 57 mois

Ordres de grandeur :

- 3814m de tunnel
- 4 stations souterraines
- 1 puits de ventilation
- 44 000 m² de parois moulées
- 220 000 m³ de terrassements entre parois ou à ciel ouvert
- 280 000 m³ de déblais excavés
- 2 700 m³ d'excavation en méthode traditionnelle
- 52 000 m³ de béton de structure (hors rechargement et parois moulées)



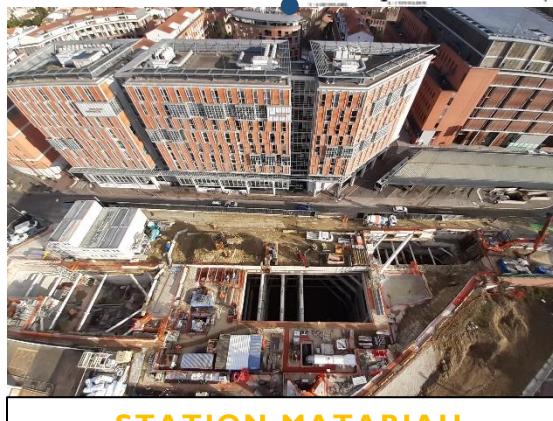
Avancement du projet



STATION MATABIAU



STATION FRANCOIS VERDIER



STATION MATABIAU

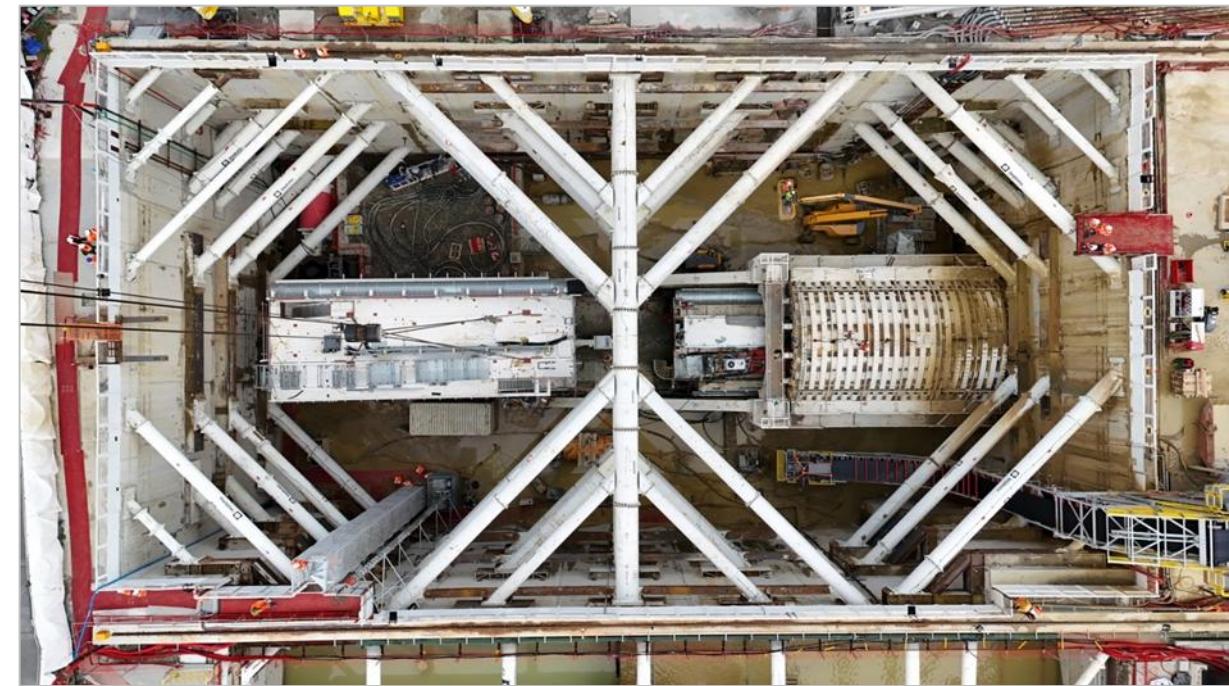
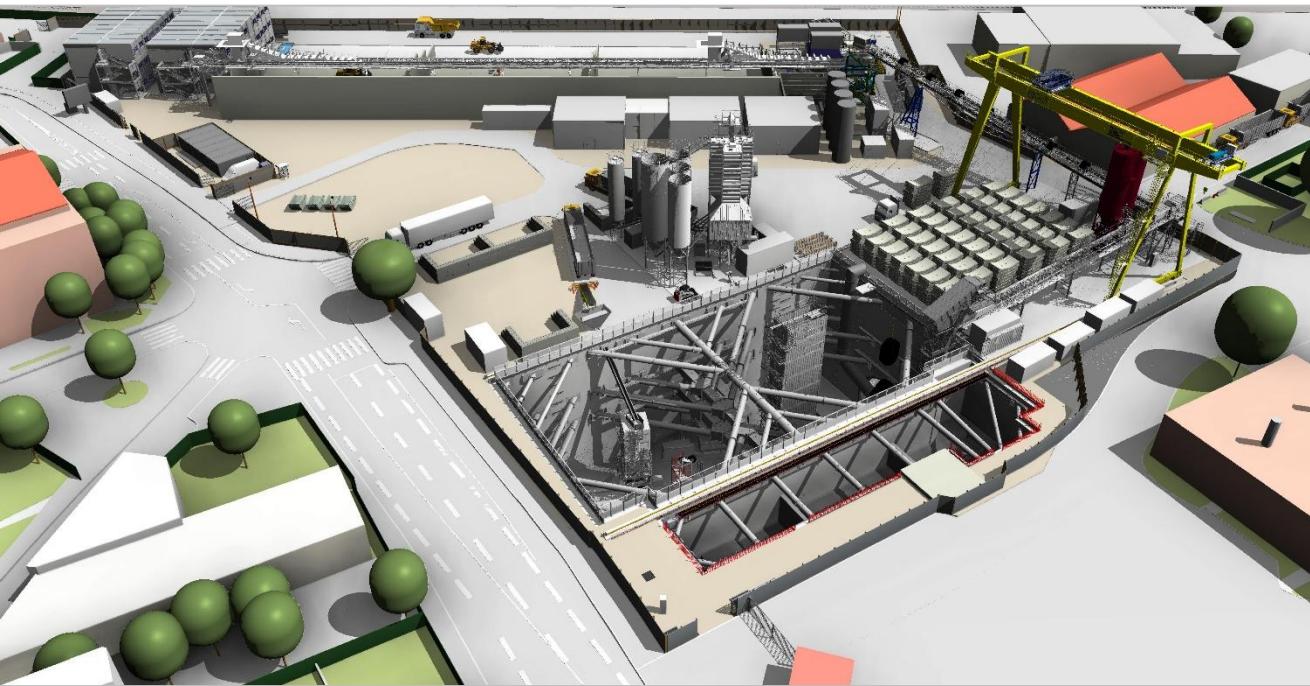
Station Raynal : enjeux milieu urbain et restreint

STATION A CIEL OUVERT

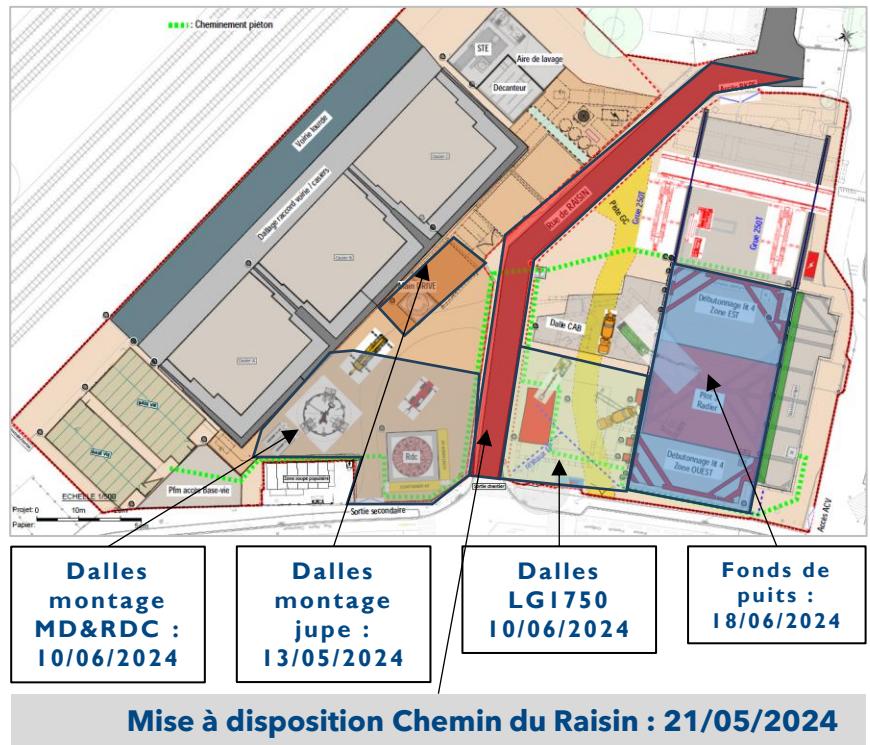
Seule station sur les 4 du projet à être réalisée à ciel ouvert, afin de permettre l'assemblage du TBM et assurer la logistique de surface pendant toute la durée du creusement

STATION DE MONTAGE & LOGISTIQUE TUNNEL

Installations logistiques du tunnelier : convoyeurs, stockage appros, centrale à mortier...



Station Raynal : enjeux milieu urbain et restreint

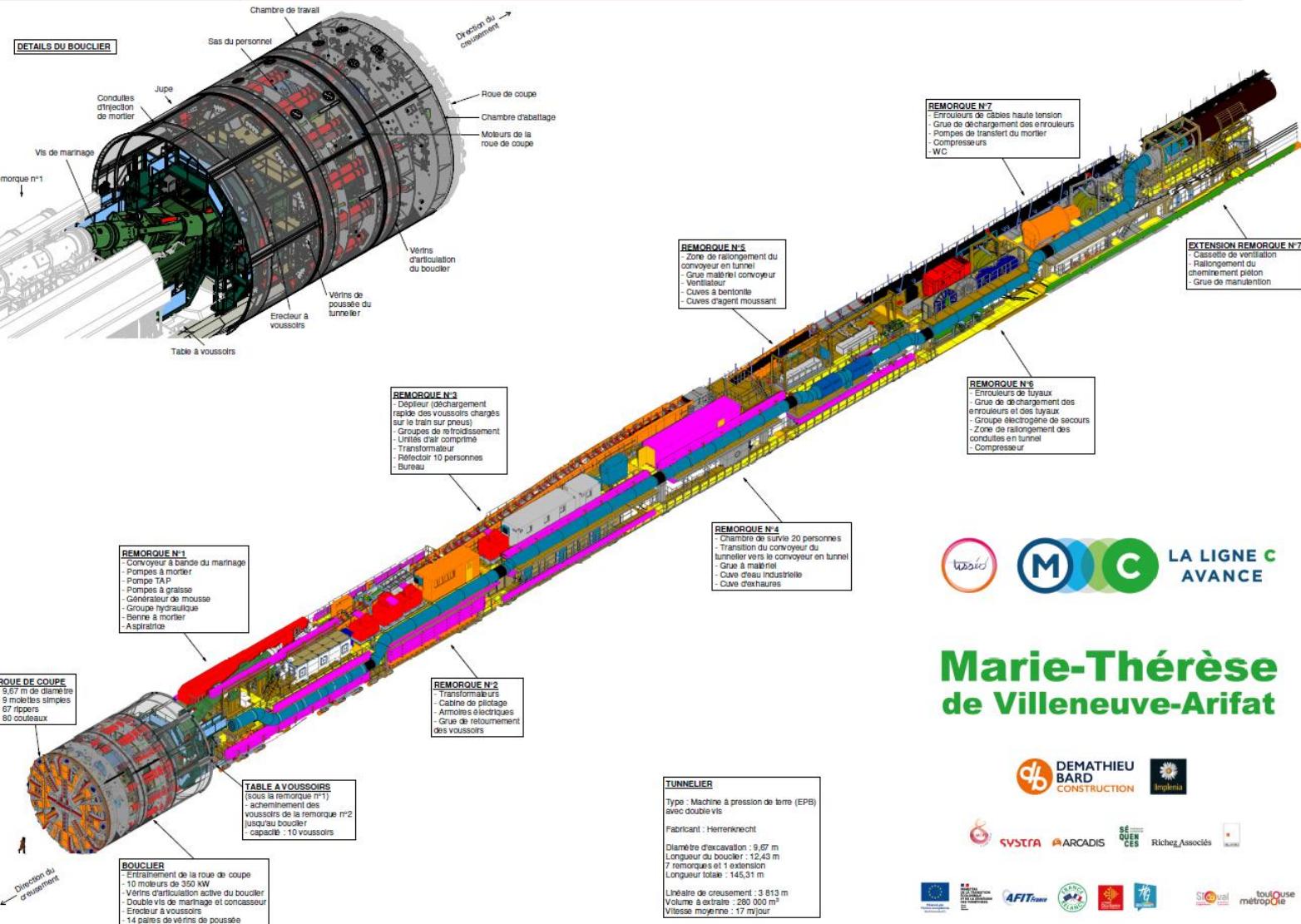
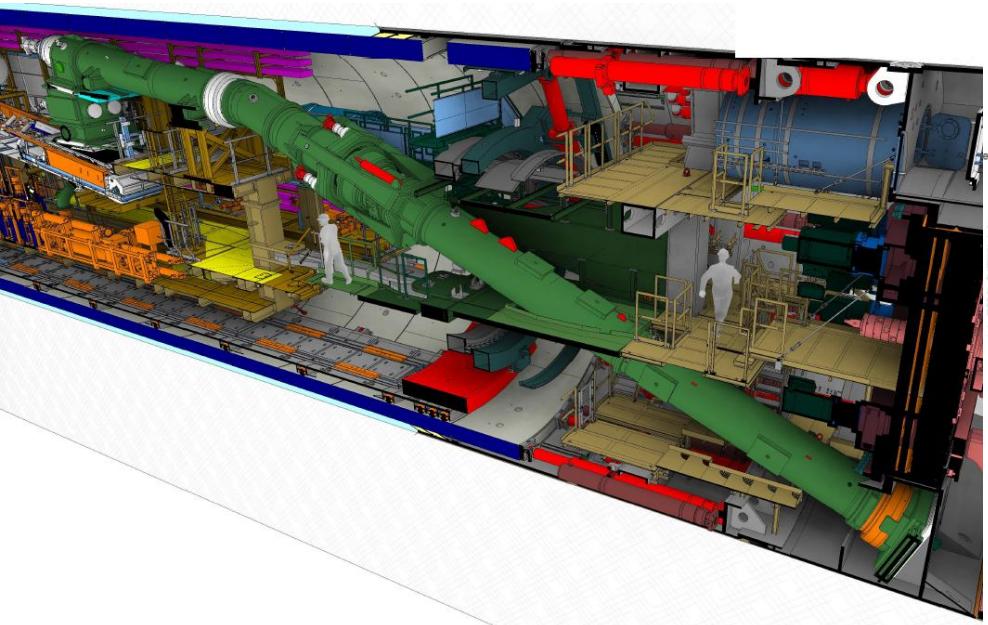


Flux logistiques sortants évacuations déblais

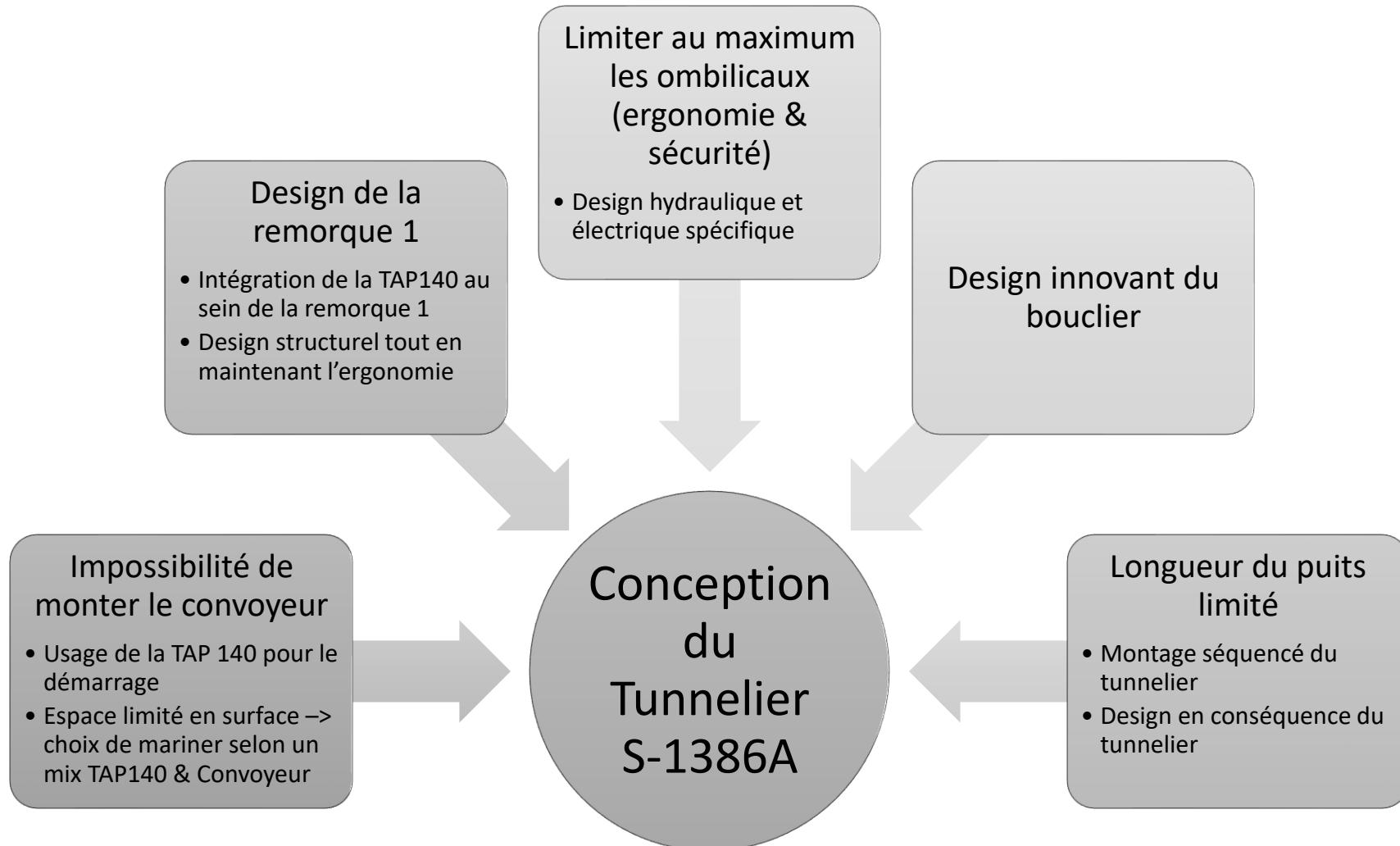


PIC RAYNAL - creusement actuel

Tunnelier S-1386A : EPB+



Design du Tunnelier S-1386A

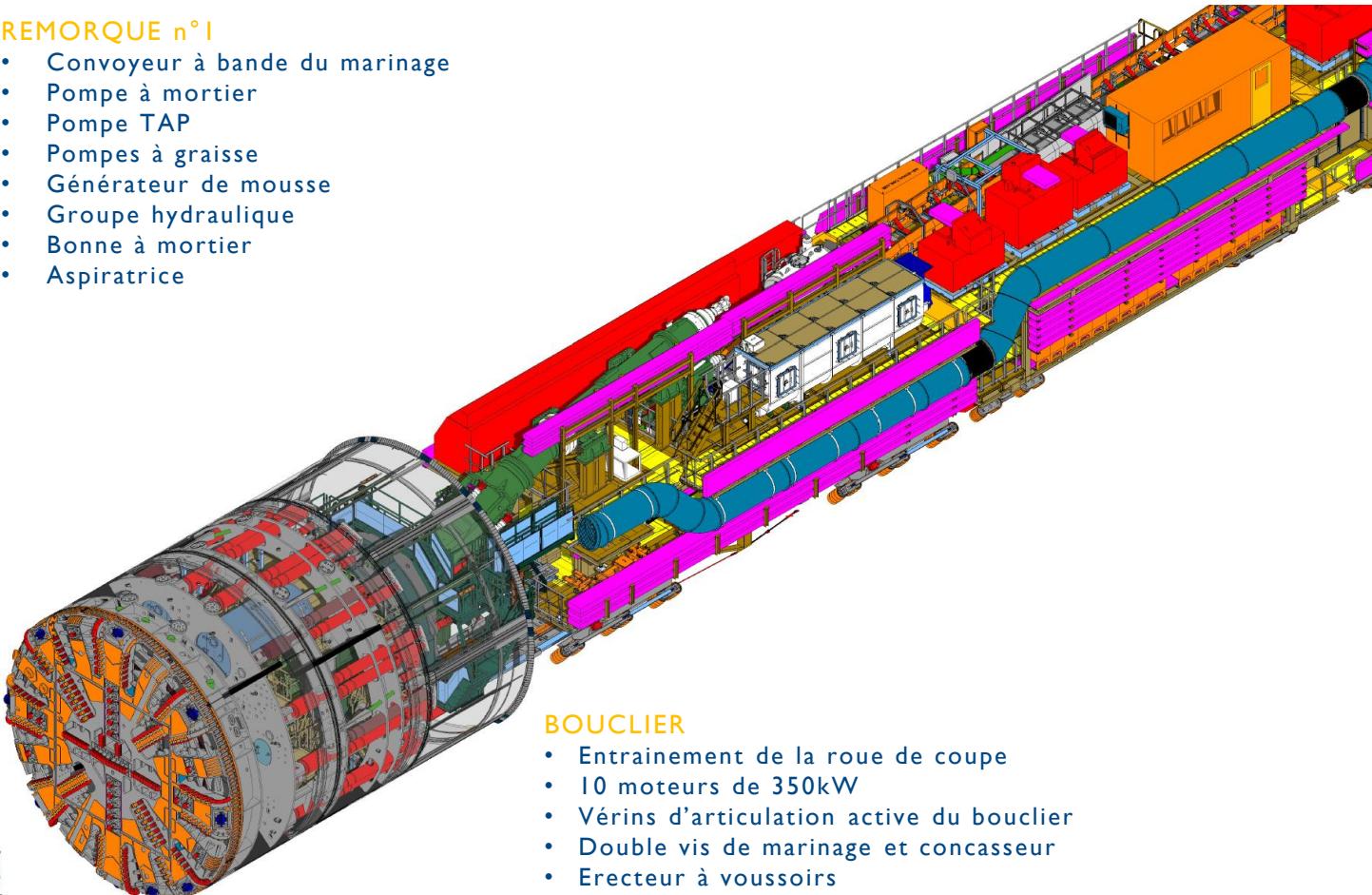


Design du Tunnelier S-1386A

Configuration de démarrage du Tunnelier S-1386 : RDC + Bouclier + Remorque 1 et Remorque 2

REMORQUE n°1

- Convoyeur à bande du marinage
- Pompe à mortier
- Pompe TAP
- Pompe à graisse
- Générateur de mousse
- Groupe hydraulique
- Bonne à mortier
- Aspiratrice



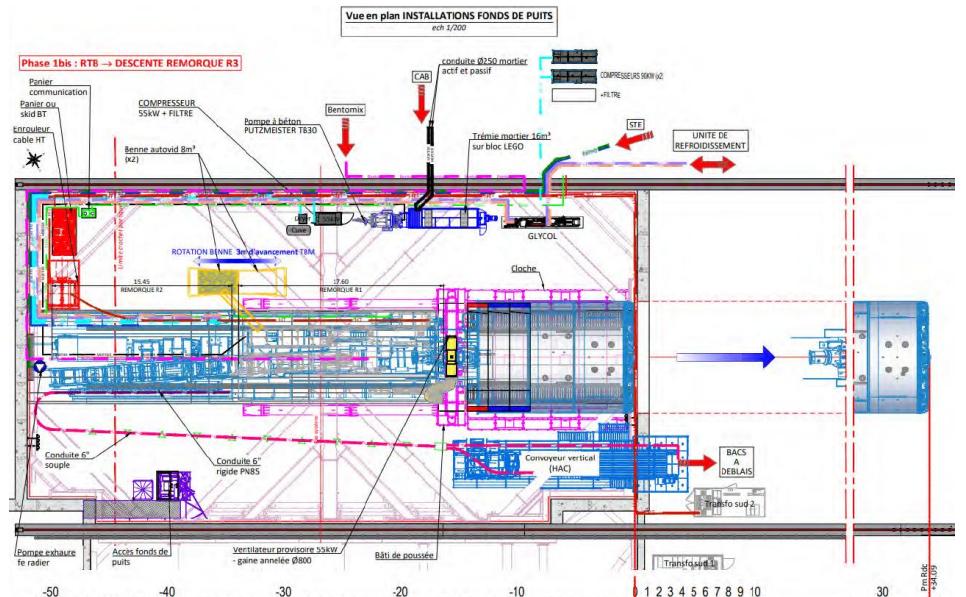
BOUCLIER

- Entrainement de la roue de coupe
- 10 moteurs de 350kW
- Vérins d'articulation active du bouclier
- Double vis de marinage et concasseur
- Erecteur à voussoirs
- 14 paires de vérins de poussée

REMORQUE n°2

- Transformateurs
- Cabine de pilotage
- Armoires électriques
- Grue de retournelement des voussoirs
- Cellule HTA

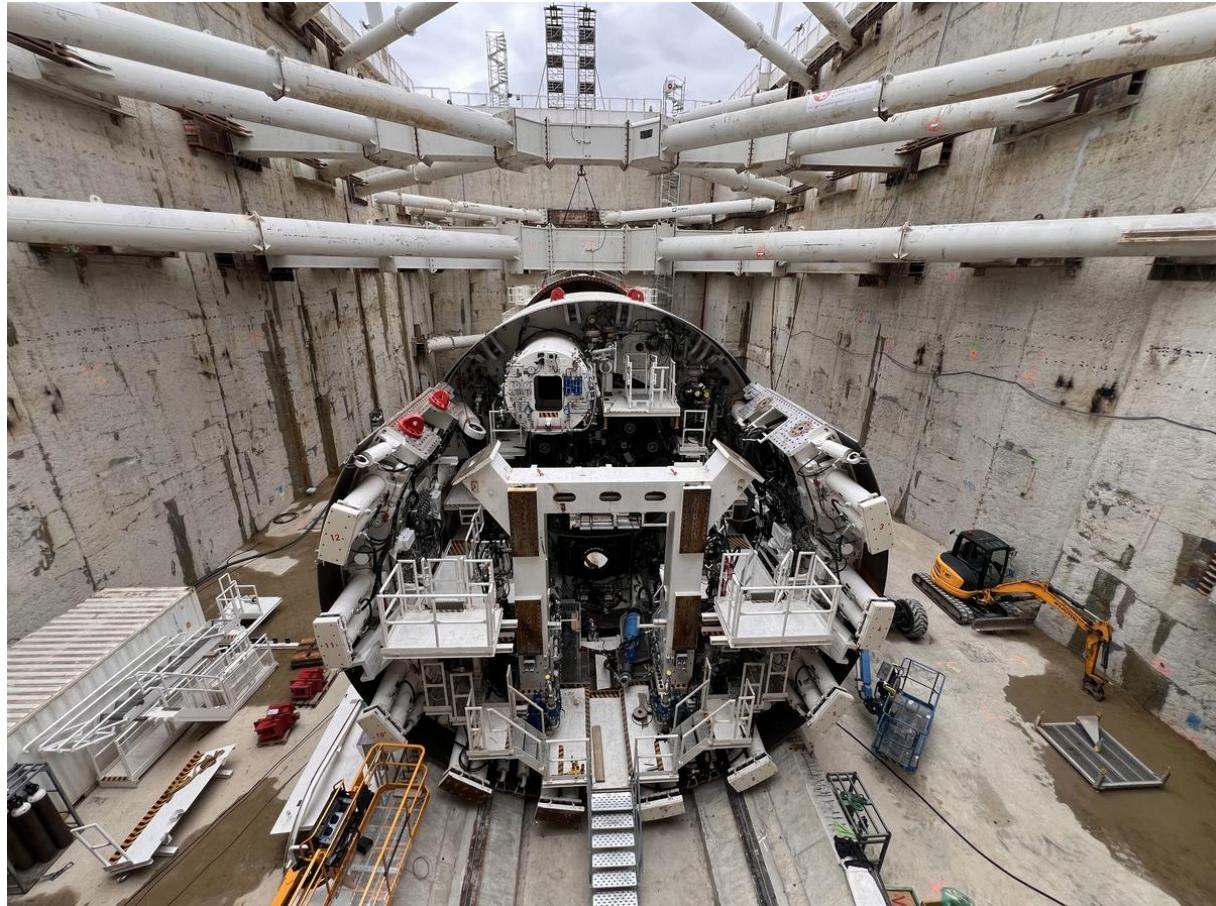
Objectif : Vision du fonds de puits au lancement du tunnelier au 16/09/2024



Design du Tunnelier S-1386A

Design du bouclier

- Intégration des pompes graissages de secours en format « mini » dans le bouclier ;
- Design et disposition des passerelles et escaliers en inversion afin de libérer de l'espace au sein du bouclier.

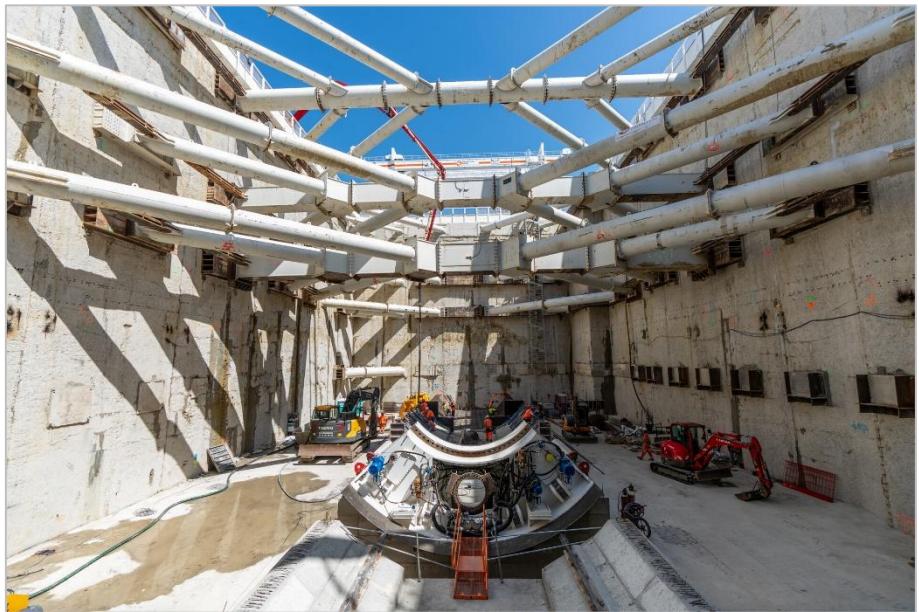


Montage du Tunnelier S-1386A

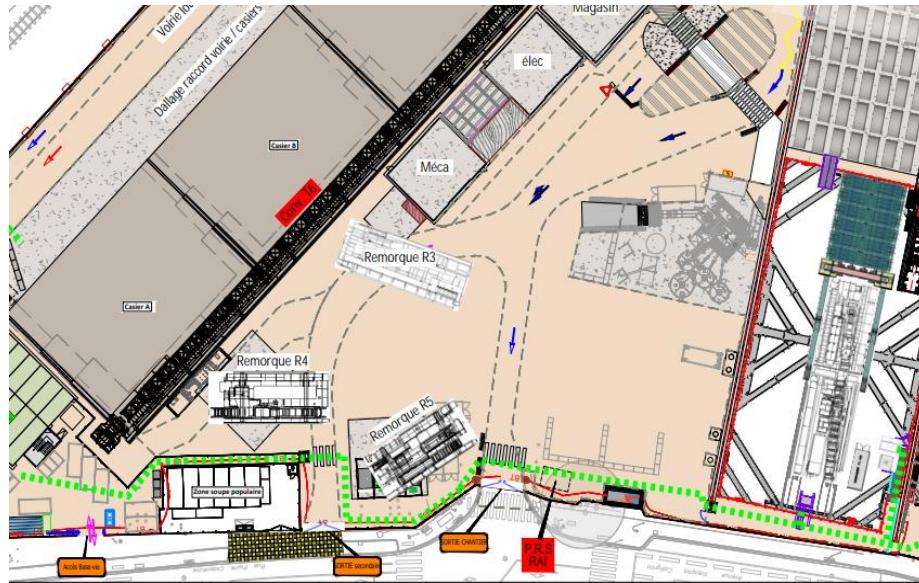
Décorrer le montage tunnelier de l'espace restreint du puits

- Montage en parallèle du TBM et des installations fonds de puits nécessaires au démarrage (cloche, convoyeur vertical, exhaure ...) ;
- Mise en place d'un atelier à ciel ouvert de prémontage en surface pour : roue de coupe, entraînement, jupe et remorques ;
- Usage de SPMT et remorque à vérins afin de transporter les éléments de TBM en tête de puits ;
- Précâblage en inter-remorque réalisé en surface ;
- Capacité de prémonter 3 remorques à la fois en surface ;
- Assemblage des boogies lors du levage.

Descente du secteur 3 bouclier et entraînement le 18/06/2024 :



Organisation surface pour mise en place atelier montage TBM :

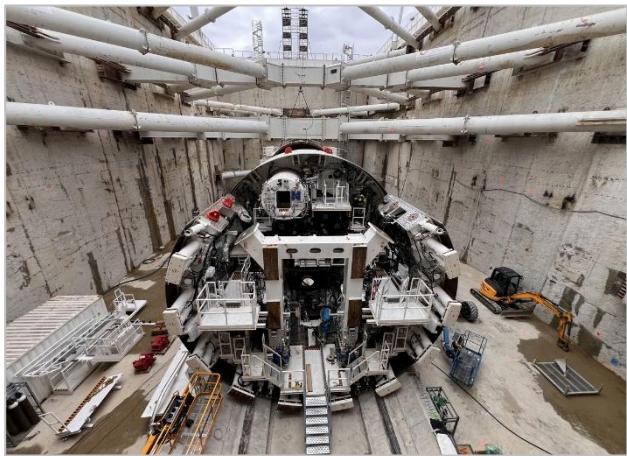


Descente remorque 2 le 06/08/2024 :

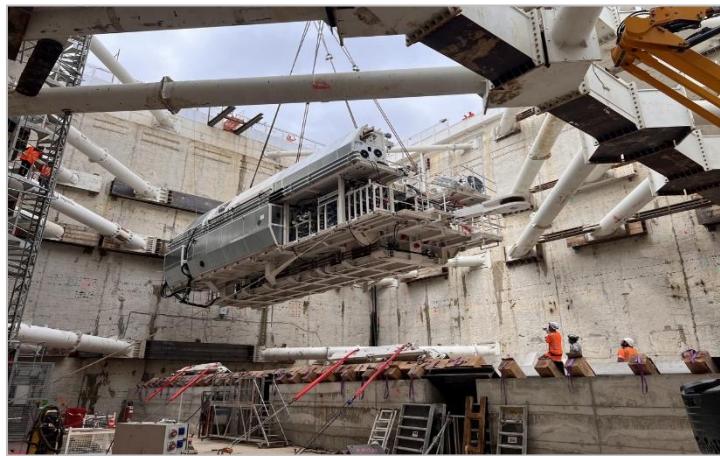


Montage du Tunnelier S-1386A

Etape 1 : Montage du bouclier



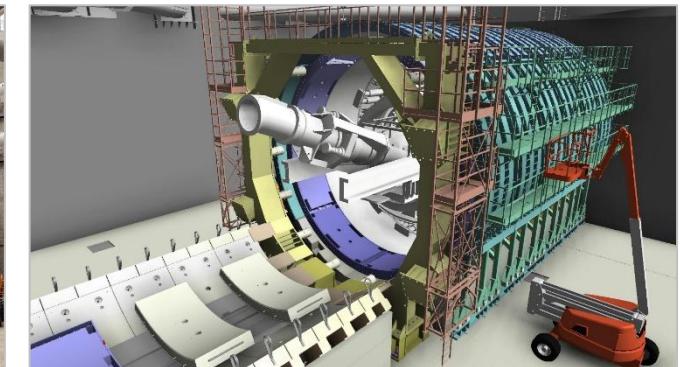
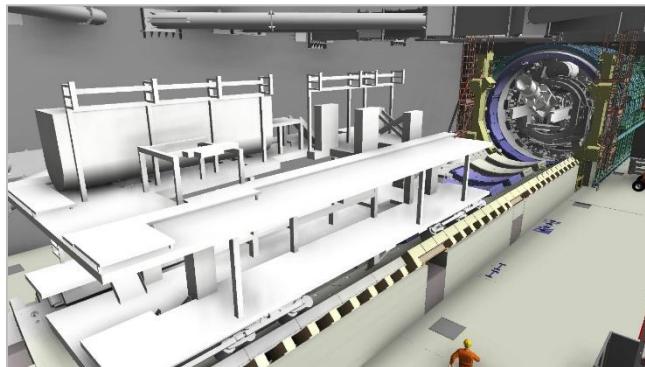
Etape 2 : Ripage du bouclier pour générer l'espace de montage de la R1



Etape 3 : Ripage du bouclier + R1 en cloche pour générer l'espace de montage de la R2

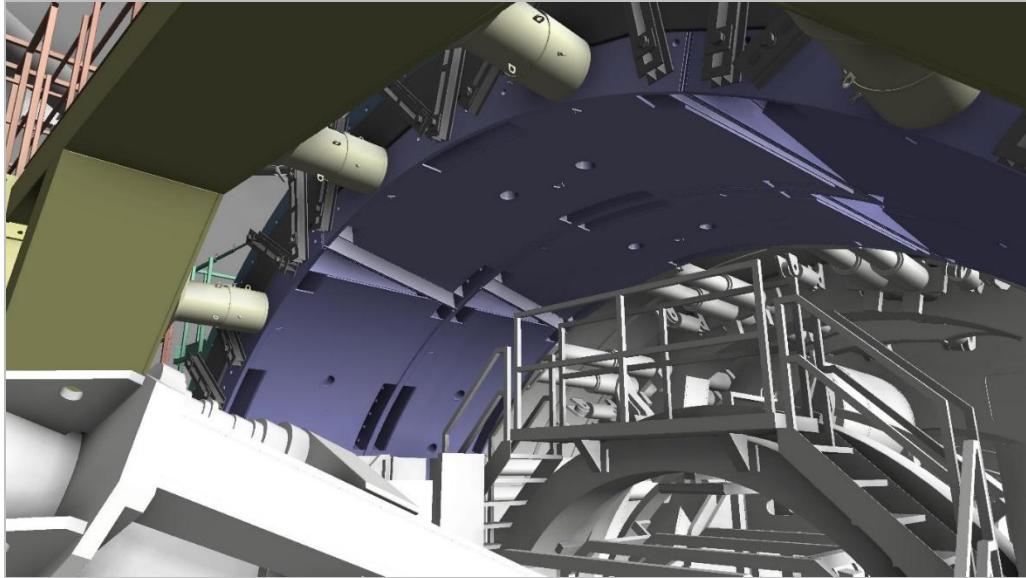


Etape 4 : Montage du bâti de poussée



Montage du Tunnelier S-1386A

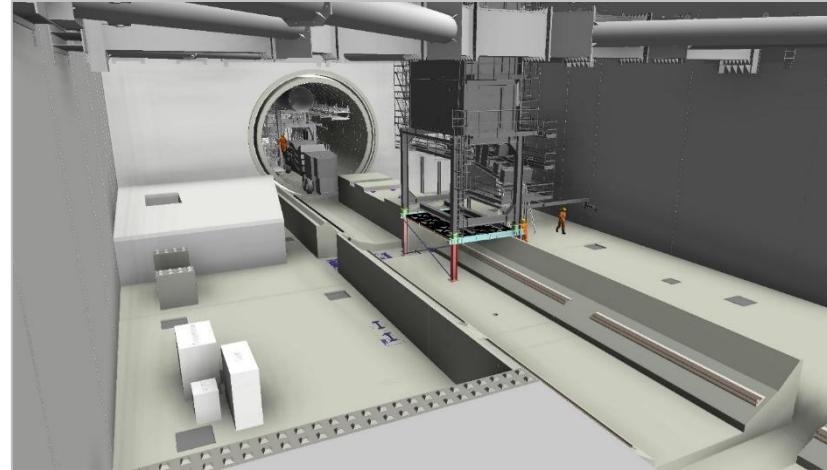
Etape 5 : Montage faux anneaux et du joint annulaire gonflable



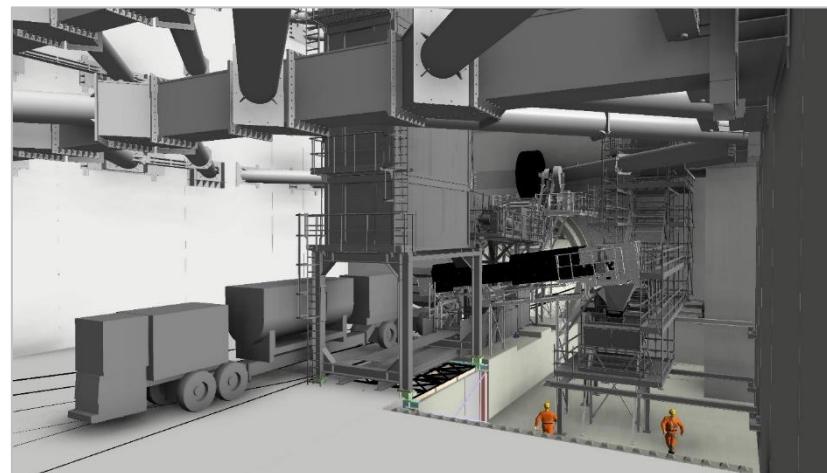
Etape 6 : Excavation de 165ml de tunnel avec marinage à la pompe TAP et montage associé des remorques R3 à R8



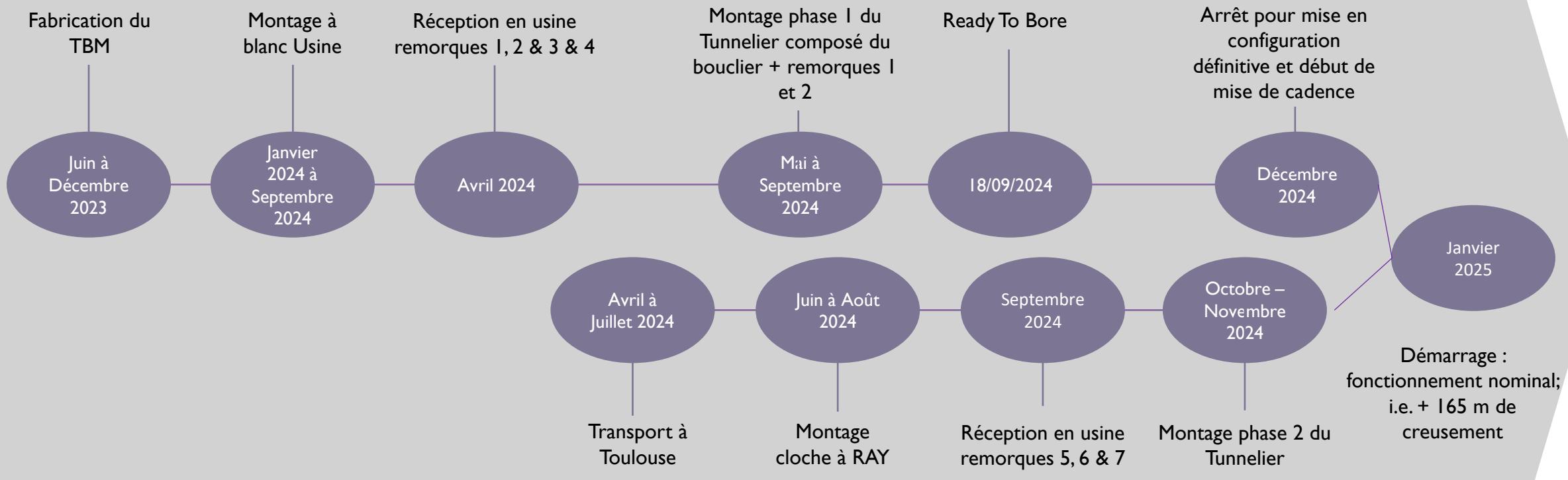
Etape 7 : Reconfiguration du fond de station avec installation complète des convoyeurs



Etape 8 : Excavation du tunnel en configuration nominale



Planning



Défis de la mise en service en parallèle du montage

Phasage du montage des remorques en parallèle :

Prémontage en surface des remorques

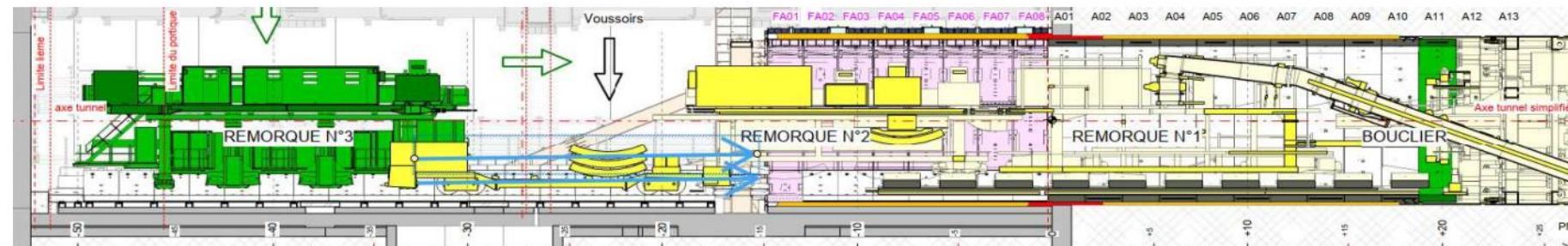
- Creusement en parallèle
- Câblage au maximum de l'ensemble des équipements électriques en surface
- Connections hydrauliques au maximum de l'ensemble des équipements en surface

Levage & ripage

- Méthodologie du big lift dès que la fenêtre de levage est ouverte pour les voussoirs
- Fin de montage en fonds de puits pendant que le TBM creuse
- Ripage : au TSP ou aux palans

Connections et mises en service de la remorque

- Arrêt du TBM pour < 24 heures
- Déconnexions & reconnexions des fluides
- Goupillage et mise en service des boogies automatisées
- Mise en service des autres équipements des remorques en parallèle du creusement



Défis de la mise en service en parallèle du montage

Du point de vue sécurité :

Levage, ripage, connexion et mise en service d'une nouvelle remorque

- Creusement en parallèle
- Accélérer le montage et mise en service du tunnelier avant arrêt pour sa mise en configuration définitive

Intégration et mise en service de nouveaux équipements

- (+) : Amélioration des cadences de production
- (-) : Dangers issus de la mise en service des nouveaux équipements

Sécurité électrique et automates

- Câblage en parallèle → nécessité d'identifier chaque réseau électrique
- Powerization séquencée
- Consignation des équipements non débuggé
- Mise en place procédure particulière pour les activités de production
- Cahier de suivi des mises à jour automates (5 automaticiens en parallèle/jour)

Défis de la mise en service en parallèle du montage

Commissioning du TBM & creusement en parallèle :

Creusement du TBM

Creusement en parallèle

Débogage des équipements en parallèle du creusement

Fiabilisation des équipements en parallèle du creusement

→ 1 automatien affecté à cette tâche

Intégration et mise en service de nouveaux équipements

Coordination de mise en service des nouveaux équipements entre le Fournisseur et Ligam afin de maximiser à la fois la production et la mise en service du TBM

→ 1 automatien affecté à cette tâche

Impacts sur la production

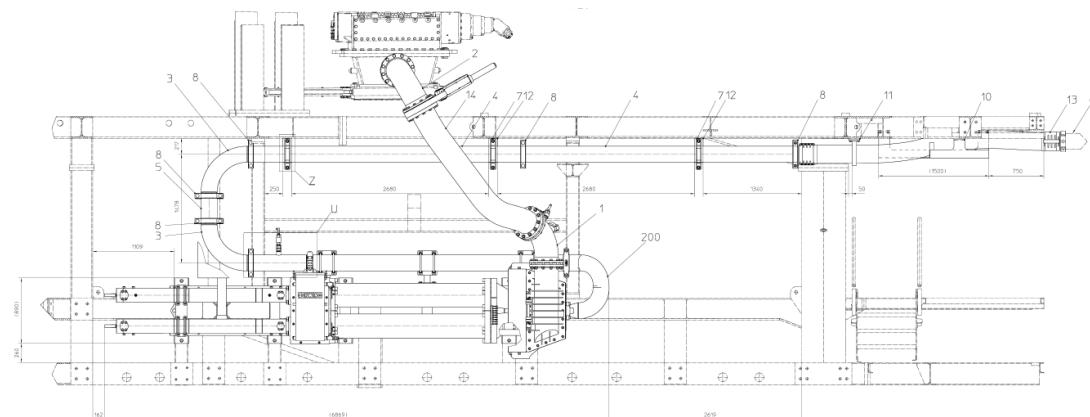
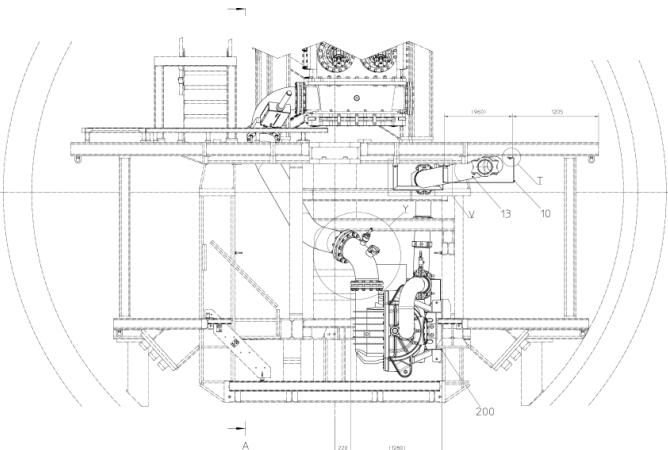
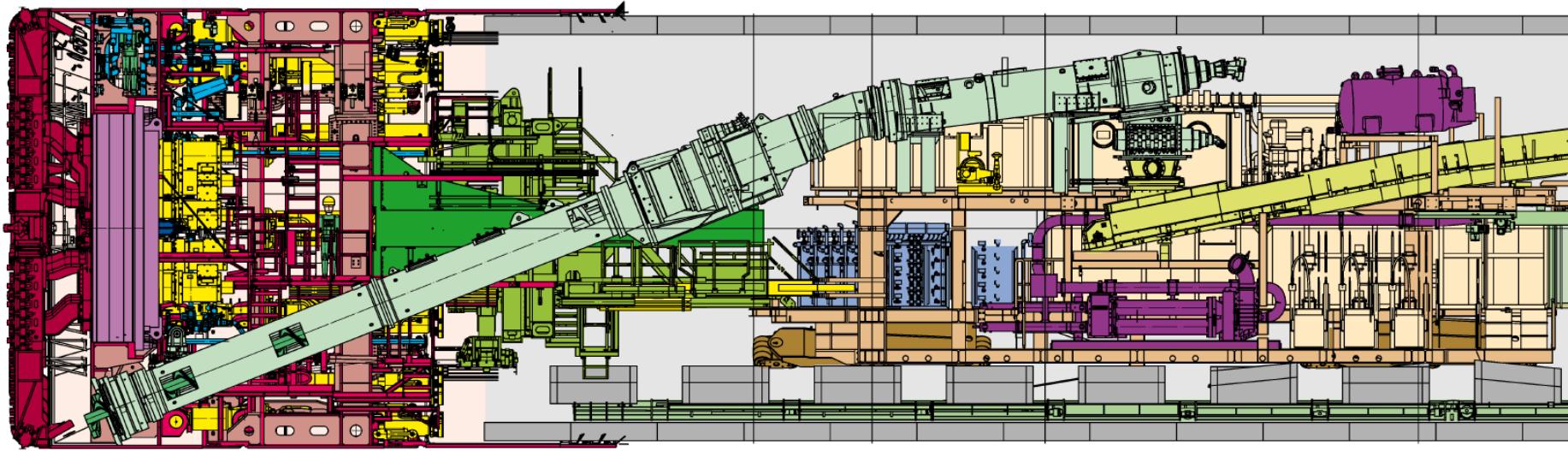
Fonctionnement empirique : apprendre à connaître le TBM tout en devant l'exploiter

Impacts sur les cadences : à la fois l'usage de la TAP140 et à la fois les temps de programme de fin de câblage et débogage des équipements.

Usage de la TAP140

SHIELD MACHINE

GANTRY 1



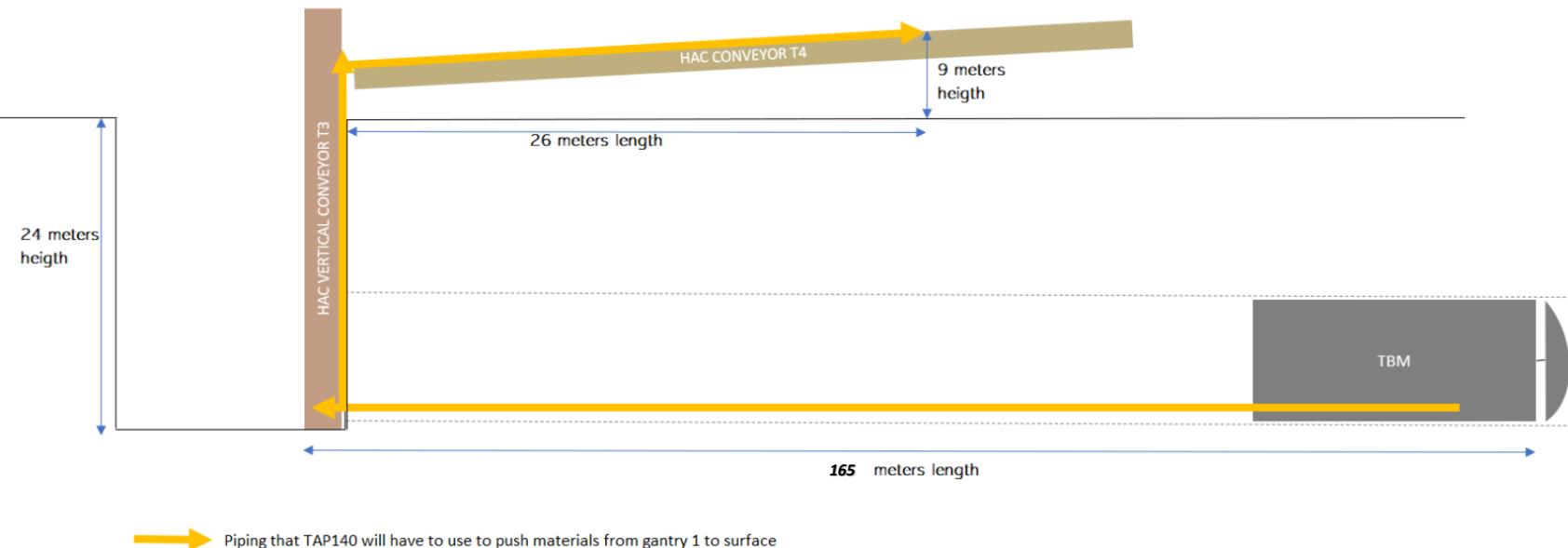
TAP140 :

- Pompe à double pistons
 - Connection via vanne hydraulique à la sortie de concasseur
 - Choix d'évacuer sur le convoyeur CI du TBM (mode nominal de creusement) soit de pomper jusqu'à la surface (mode démarrage dégradé)
 - Lubrification en eau (réseau BP) et/ou en bentonite
 - Possibilité de la piloter en automatique ou en manuel
 - Volume de déblais évacué par coup de piston : 35 dm³
-
- **Cadence de creusement atteinte de l'ordre 12 mm/min**

Usage de la TAP140

ORDRES DE GRANDEUR :

- 35 à 40 mètres de remontée verticale à pousser
- 170 mètres de linéaire horizontal à pousser
- Power installation : 2 pompes (A4VCSG 250) de 250 kW spécifiques à l'utilisation de la TAP140
- Hydraulique branchée sur la bâche même de l'huile TBM



- Pression hydraulique maximale : 350 bar
- Pression maximale de sortie : 51 bar
- Pression de gavage : 0 à 4 bar
- Théoriquement → capacité évacuation de 102 m³/h

Usage de la TAP140

INCOMPATIBILITES en ENTREE DE TERRE :

- Incompatibilité du passage de la paroi moulée avec une pompe TAP → Risque de plombage conséquent avec les fibres de verre
- Anticiper par adaptation du design de la remorque I en fabriquant une chute en sortie de concasseur

DIFFICULTES RENCONTREES :

Mise en service :

- Programme pompe TAP lourd et compliqué à mettre en œuvre → nécessite du personnel hautement qualifié
- Plage de réglage des pistons de la TAP très fin qui rend compliqué sa position de démarrage

Exploitation :

- Préhension du pompage en tant que pilote : piloter la TAP140 comme une pompe type Warman de slurry → assurer un gavage continu et constant
- Nécessité de faire du marinage pompage → très liquide
- Nécessité de faire du solide pour les convoyeurs
- **Equilibre entre la fluidité et solidité pour la mise en œuvre des convoyeurs : jouer constamment sur la limite entre sec & fluide**

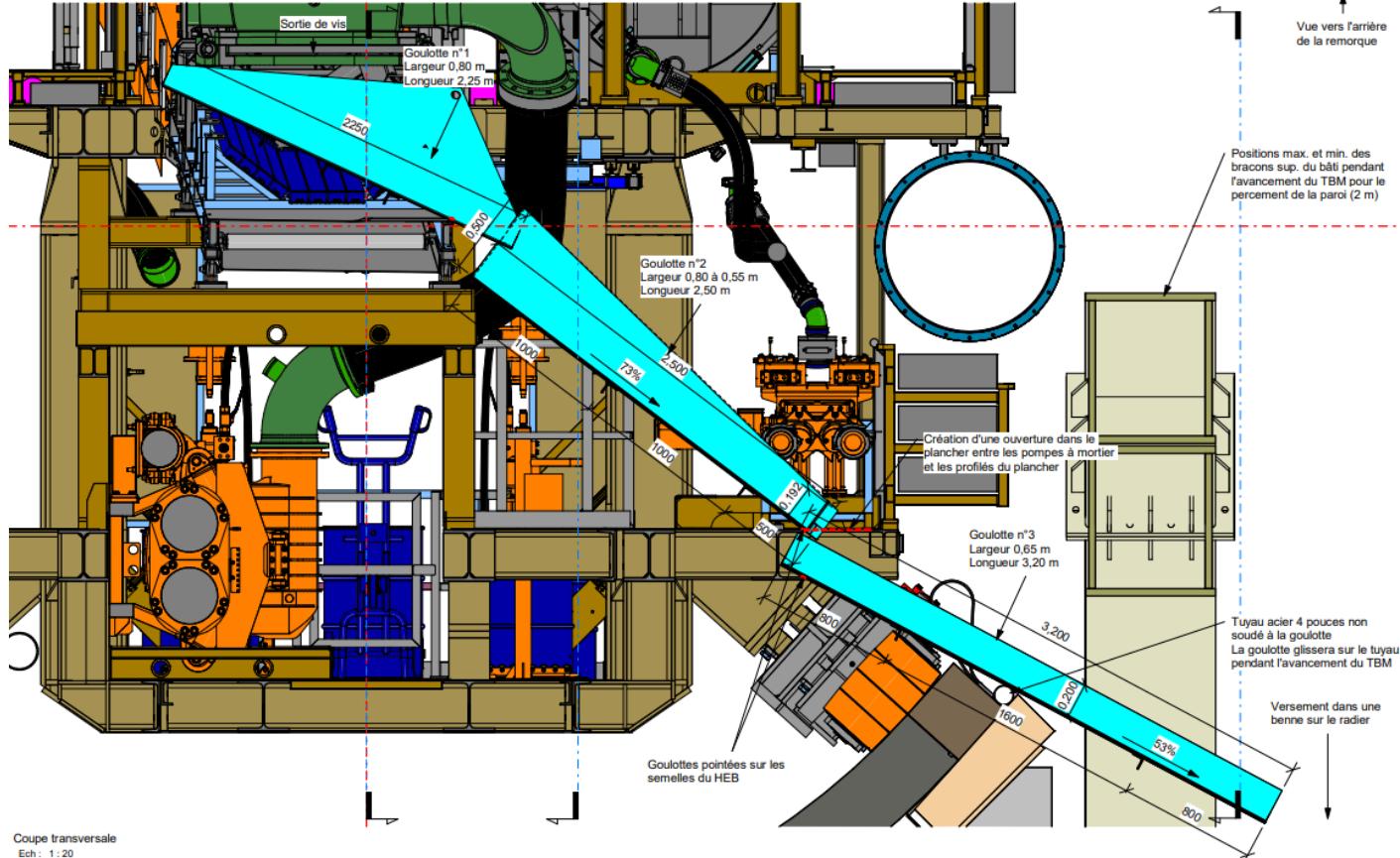
Sécurité :

- Risques élevés lors des bouchons car travail à très haute pression (tuyauterie montée en DN200 pour PN100 sur TBM)
- Gestion de l'exhaure du site compliqué, création de la boue chargée en fine

Usage de la TAP140

ILLUSTRATIONS :

Principe goulotte sortie de vis :



Usage de la TAP140

GESTION DES MARINS :

Densité cible du matex avec utilisation TAP : 2,8 (rappel 2,15 CCTP)

Densité réelle et de transport : $d = 3,20$

PM Rdc	Densité
PM 56,2 mètres	$D = 2,93$
PM 102,6 mètres	$D = 3,46$
<i>Ajout de l'anneau de lubrification</i>	
PM 149 mètres	$D = 2,96$
PM 193,8 mètres	$D = 3,44$



Usage de la TAP140

GESTION DES MARINS :

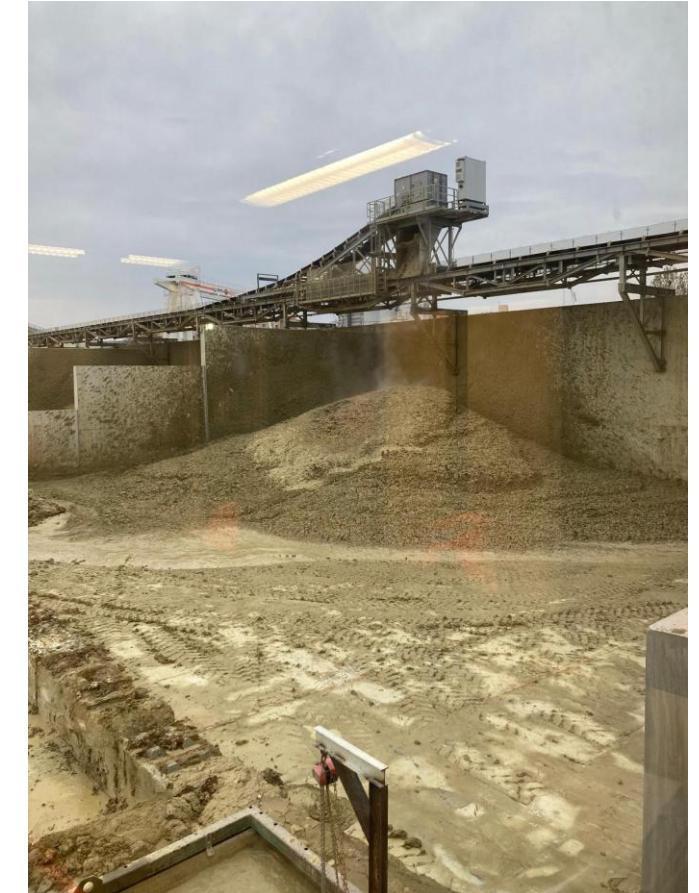
- **Enjeux financiers majeurs :**

« *Equilibre entre fluide & sec...»*

- Evacuation déblais par camions bennes sur voies routières & mise en exutoire
 - Nécessite d'assurer le conditionnement et mise en œuvre par usage de la pelle
 - Nécessité de respecter un indice de portance pour la mise en exutoire
- Nécessité de traiter les déblais avec un liant type chaux ou Gralitek afin de limiter la teneur en eau et assurer le transport et l'indice de portance.
- Schéma du marché ligne C : ajout d'eau à limiter afin que l'évacuation des déblais ne soit pas dispendieuse pour l'Entrepreneur

- **Enjeux de production majeurs :**

- Creusement long, avancement de l'ordre de 10 à 12 mm/min
- Extrême vigilance au vu de la faible pénétration de ne pas colmater dans la chambre d'abattage !



Usage de la TAP140

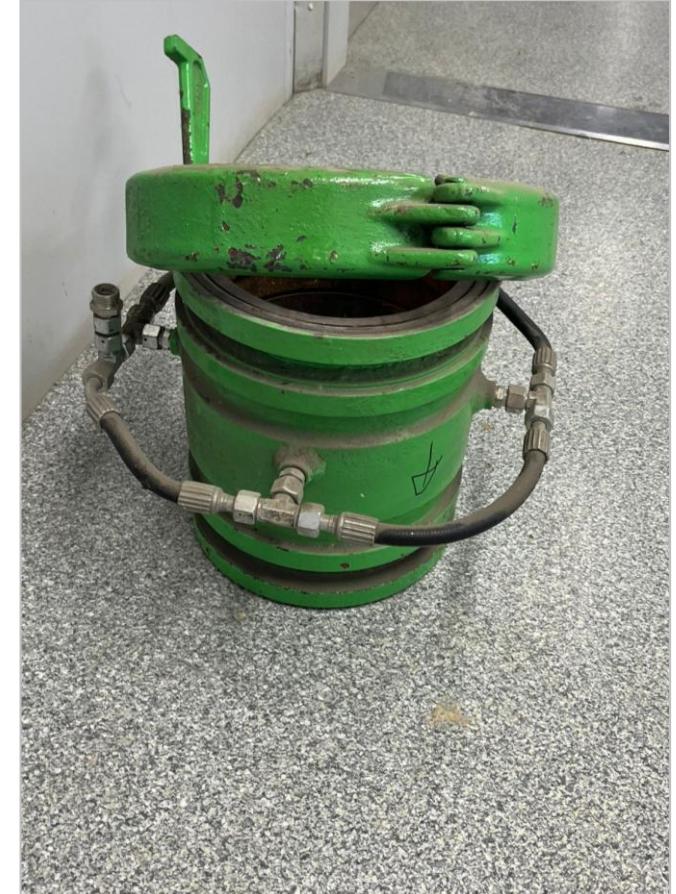
AMELIORATIONS TECHNIQUES REALISEES ET IDENTIFIEES :

- **Améliorations techniques :**

- Systématiquement installer des anneaux de lubrification «club ring» sur le réseau outlet de la TAP 140 connectée en HP eau :
 - Permet de limiter les bouchons aux interfaces de réduction ou position de déviation linéaire de la conduite
- Mise en œuvre de vannes hydrauliques sur le réseau outlet TAPI40 afin de pouvoir isoler et nettoyer par portions les conduites.
- Ajouter ponctuellement des apponts eau en HP et bentonite pour le flushing et aider au nettoyage et glissement des matériaux.

- **Limites techniques :**

- L'hydraulique limite le TBM : Passer les 165 mètres linéaires de creusement, la pompe à 2 unités de 250 kW atteint ses capacités maximales !
- Solution hydride TAP & convoyeurs demandent une grande finesse de pilotage.



Fin ! Merci de votre attention.

