

**METHODES D'EXECUTION et
RETOUR D'EXPERIENCE**



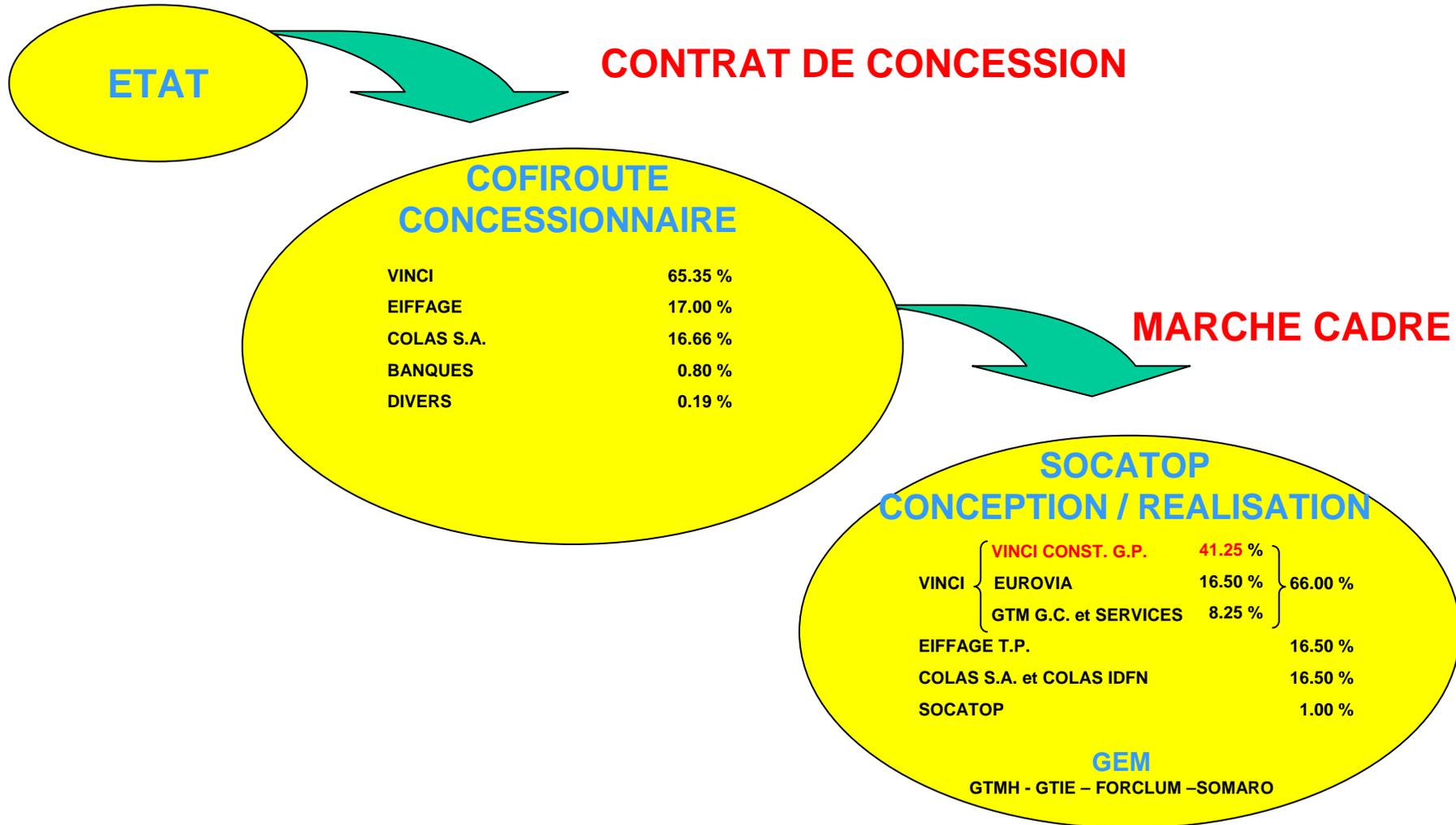
BOUCLAGE DE L'A86 OUEST

Plan de l'exposé:

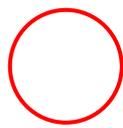
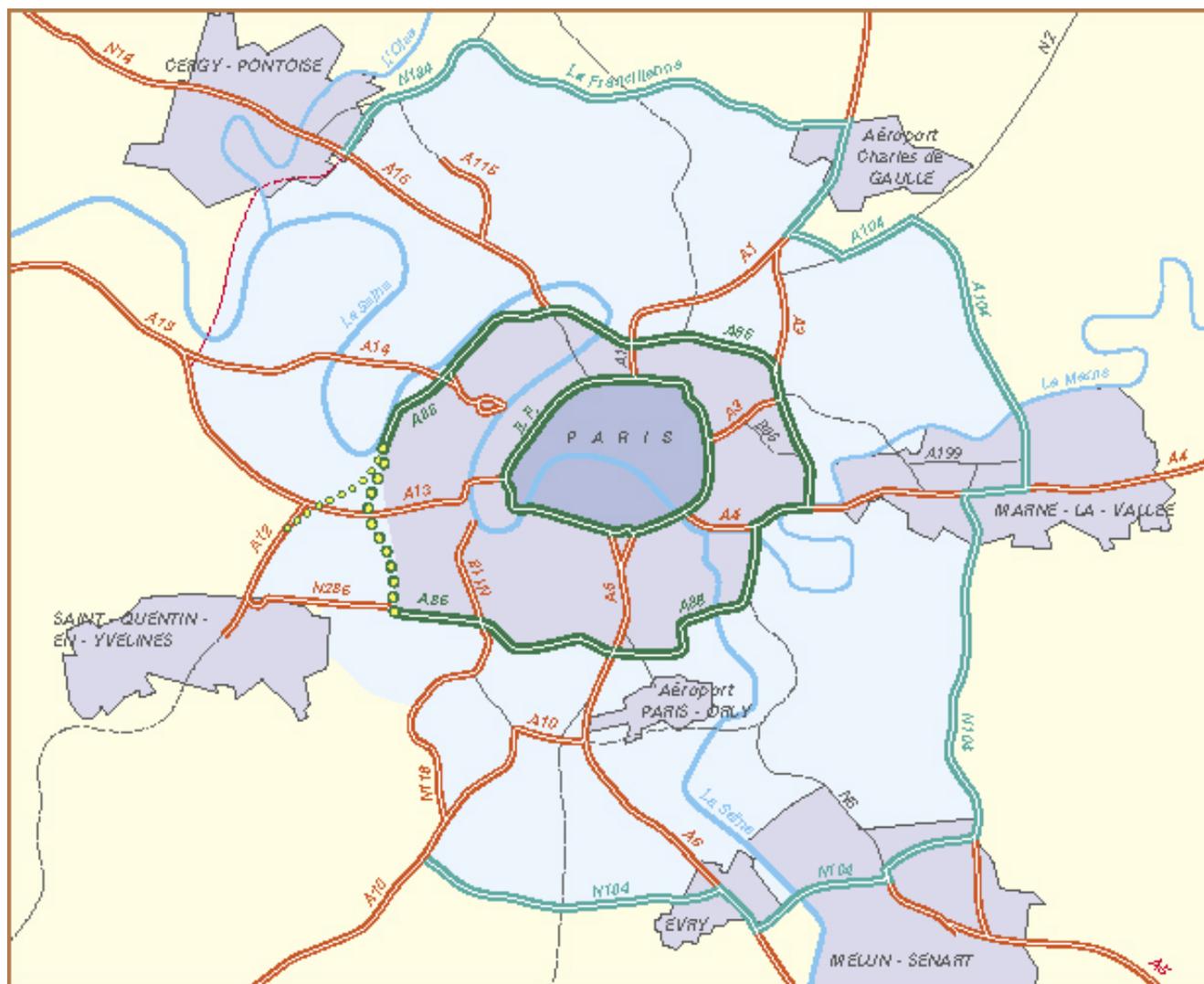
- Le projet
- Le tunnelier
- Les niches
- Les Structures internes

Rappel des grandes lignes du
projet et de son déroulement

LES ACTEURS



Le chaînon manquant de l'A 86



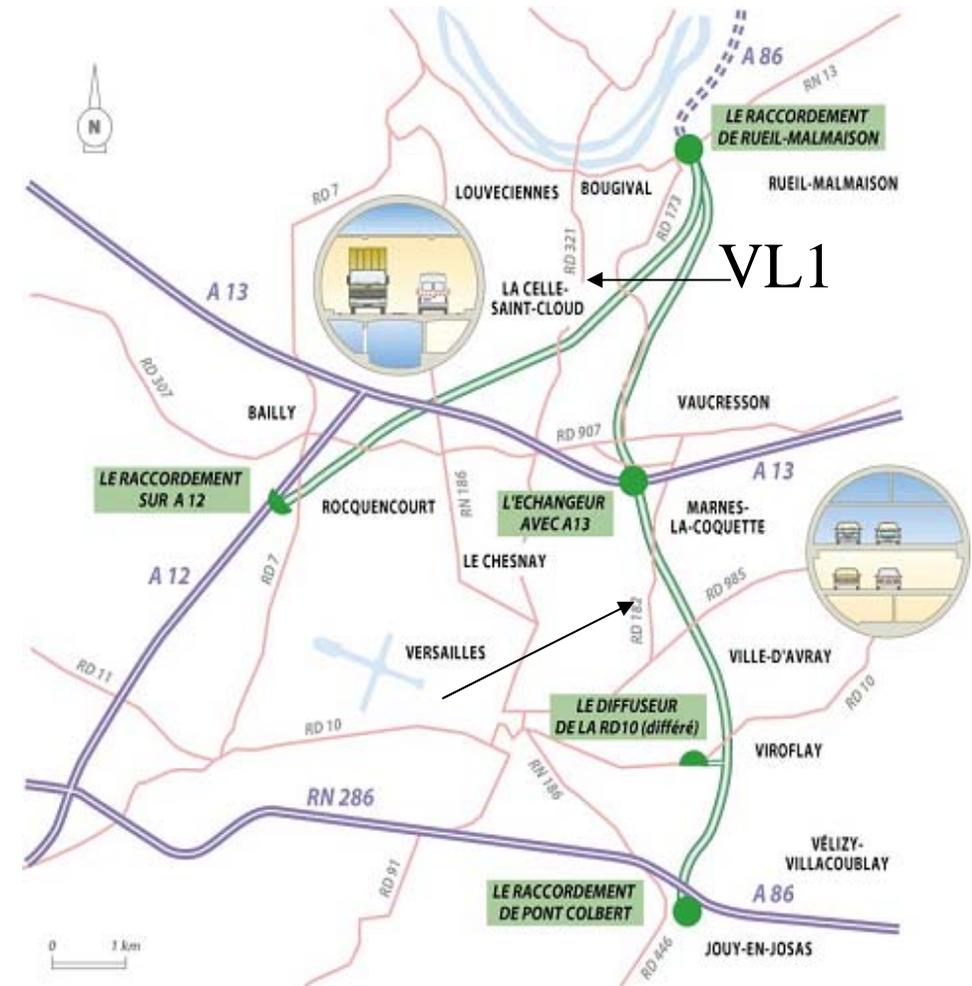
Un grand ouvrage en deux tunnels

- ***Tunnel Est :***

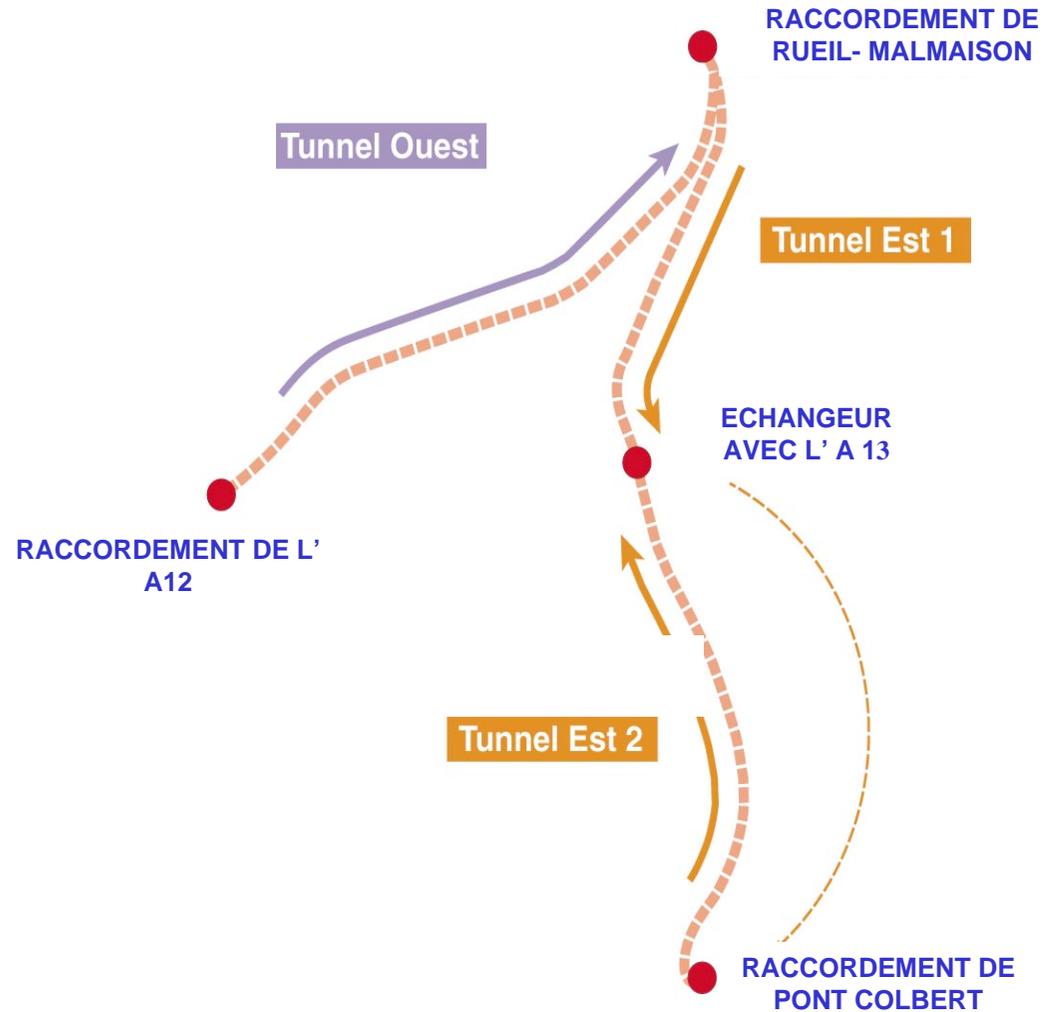
- Véhicules légers (VL)
- 2 niveaux de circulation superposés (DUPLEX)
- Unidirectionnel
- Diamètre : 10.40m
- 10 km en 10 minutes

- ***Tunnel Ouest :***

- Tout trafic (TT)
- 7,5 km
- Bidirectionnel



ORGANISATION DU FORAGE DES TUNNELS



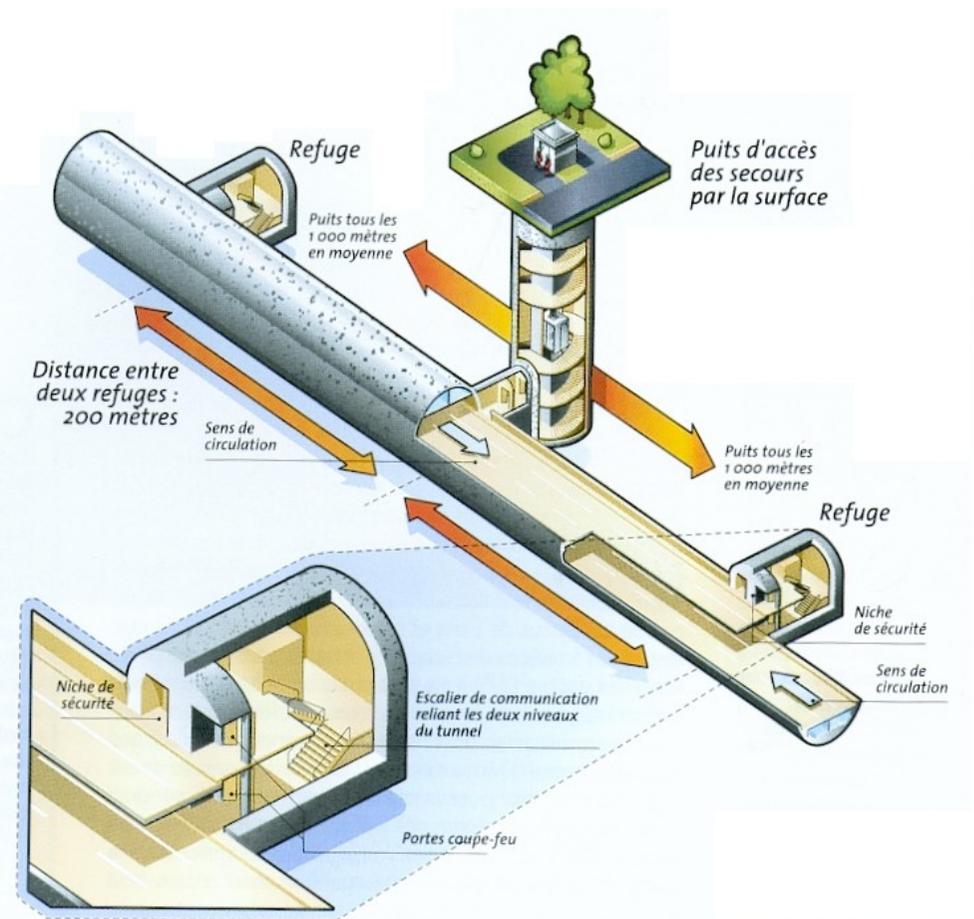
DUPLEX DE l'A86 : VL1, VL2

	VL1	VL2
Longueur (km)	4,53	5,43
Pente tunnel	0,5 à 4,5%	+ / - 4,5 %
Rayon mini (m)	825	825
Niches		
NSET	18	22
ND	13	14
Puits de ventilation	1	1
Puits de secours	3	4

NSET : 200m

NDGO + NDPO : 400m

Puits de secours : 1000 m



LES OBJECTIFS

- **15 Octobre 2007 (en fait juin 2009)**

Mise en service du tronçon Est 1

- **31 Décembre 2009 (en fait janvier 2011)**

Mise en service du tronçon Est 2

Le tunnelier

Diversité géologique

- **Tous les horizons géologiques parisiens traversés (seuls 14 sont présents sur le projet.....)**
- **4 nappes phréatiques interceptées**

Géologie

LEGENDE



Hydrogéologie

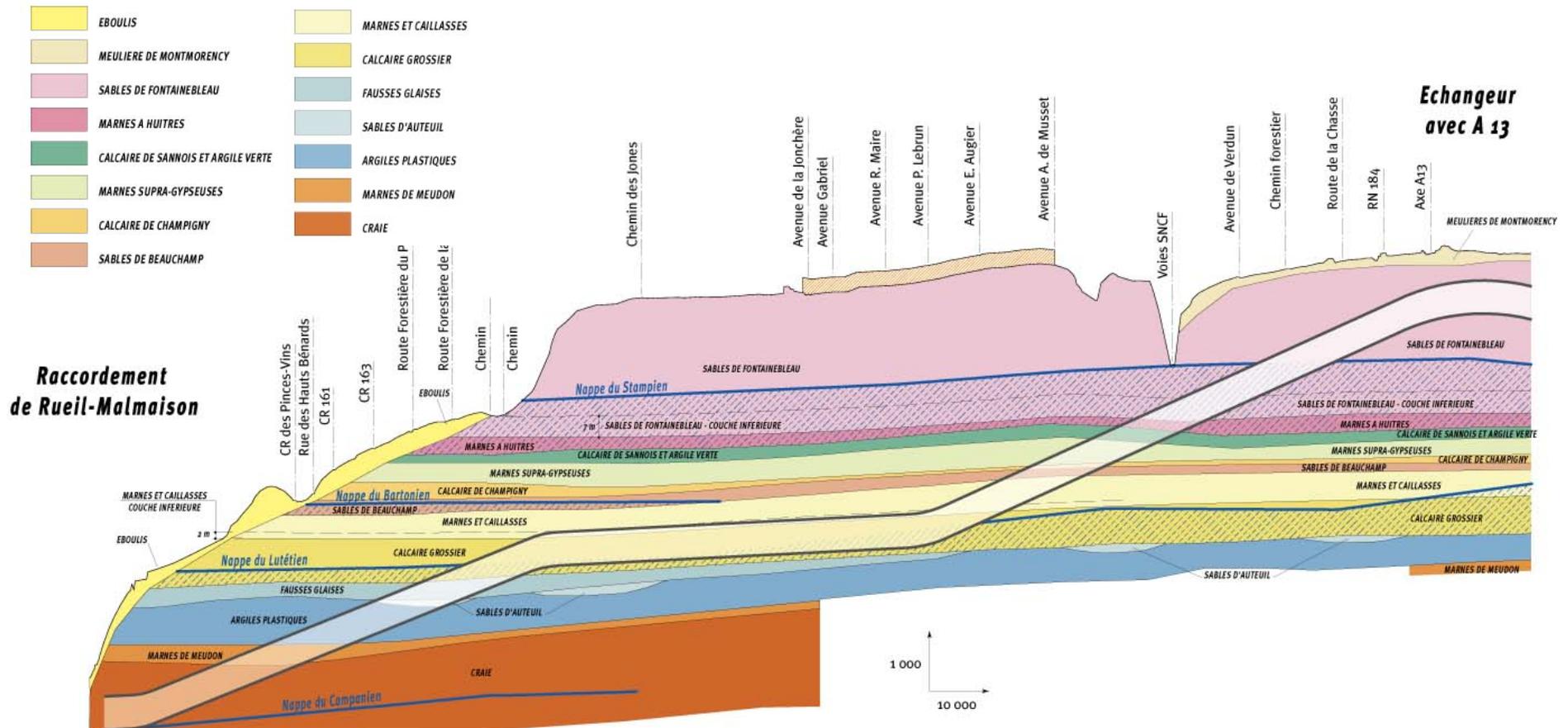
- Aquifères
 - **Nappe du Stampien (SF)**
 - **Nappe du Bartonien (CC et SB)**
 - **Nappe du Lutétien (MC et CG)**
 - **Nappe du Campanien (C et alluvions)**
- Charge hydraulique :
 - **Général $H < 20 \text{ m} = 0,2 \text{ Mpa} = 2 \text{ bars}$**
 - **Si communication $H = 60 \text{ m} = 6 \text{ bars}$**

Perméabilité

<i>Horizons géologiques</i>	<i>Perméabilité k (m / s)</i>
<i>Sables de Fontainebleau</i>	10^{-8} à 10^{-4}
<i>Marnes à Huîtres</i>	10^{-9} à $3,2 \cdot 10^{-6}$
<i>Calcaire de Sannois</i>	?
<i>Argiles Vertes</i>	10^{-9}
<i>Marnes Supragypseuses</i>	10^{-9} à $4,6 \cdot 10^{-6}$
<i>Calcaire de Champigny</i>	10^{-9} à $1,1 \cdot 10^{-4}$
<i>Sables de Beauchamp</i>	$11,8 \cdot 10^{-8}$ à $6 \cdot 10^{-6}$
<i>Marnes et Caillasses</i>	$2 \cdot 10^{-9}$ à $9,7 \cdot 10^{-5}$
<i>Calcaire Grossier</i>	10^{-9} à $3 \cdot 10^{-4}$
<i>Fausses Glaises</i>	$1 \cdot 10^{-9}$ à $7 \cdot 10^{-6}$
<i>Sables d'Auteuil</i>	$9 \cdot 10^{-7}$ à 10^{-5}
<i>Argiles Plastiques</i>	$1,5 \cdot 10^{-10}$ à $2,5 \cdot 10^{-9}$
<i>Marnes et Calcaire de Meudon</i>	$2,8 \cdot 10^{-9}$ à $6 \cdot 10^{-8}$
<i>Craie</i>	$1,8 \cdot 10^{-9}$ à $1 \cdot 10^{-3}$

Hétérogénéité

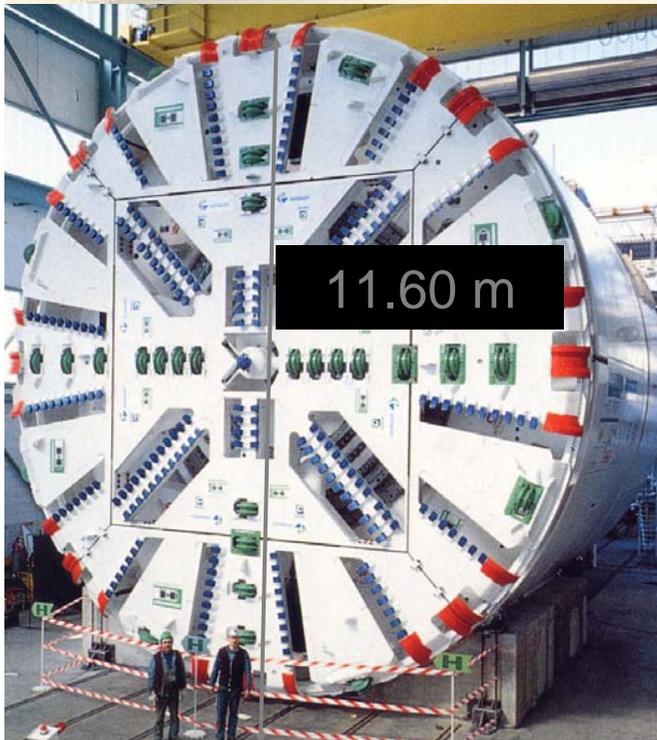
COUPE DES DIFFÉRENTES COUCHES GÉOLOGIQUES



Choix des méthodes tunnelier :

- le profil en long: choix « géotechnique »
(horizons à moindres aleas)
- tunnelier : choix du « bi-mode »
- les points critiques : sécurité maximale

Tunnelier à confinement mixte



- Section excavée : 106 m²
- Longueur du bouclier : 12m
- Poids du bouclier : 1 500t
- Longueur totale : 200m
- Puissance tête : 4000kW
- Puissance du tunnelier:9000 kVA
- Deux modes de forage
- Changement de mode

LE TUNNELIER



TUNNEL ET TUNNELIER EN QUELQUES CHIFFRES

Tunnel Est	
Longueur.....	10 115 m
Diamètre intérieur.....	10,40 m
Diamètre extérieur.....	11,24 m
Largeur des anneaux de 8 voussoirs.....	2 m
Épaisseur des voussoirs.....	0,42 m
Poids des voussoirs courants.....	11 tonnes
7 Puits de secours de.....	18 à 84 m de profondeur
3 Unités de ventilation liées aux échangeurs.....	
2 Unités de Ventilation intermédiaires.....	54 et 40 m

Tunnelier : Bouclier et train suiveur	
Diamètre extérieur du Bouclier.....	11,565 m
Longueur du Bouclier.....	12 m
Longueur totale : Bouclier et Train suiveur.....	197 m
Poids total du Bouclier.....	1 400 tonnes
Poids total : Bouclier et Train suiveur.....	2 400 tonnes
Force de poussée totale des 42 vérins d'appui.....	15 120 tonnes
Vitesse possible de creusement du Tunnelier.....	4,8 mètres / heure
Tunnelier Haute Pression : Statique / Dynamique.....	6 bars / 3 bars
Vitesse variable de rotation de la roue de coupe.....	de 0 à 2,4 t /min
Puissance installée pour la tête d'abatage.....	4 000 kW
Puissance installée totale du Tunnelier.....	9 000 kVA

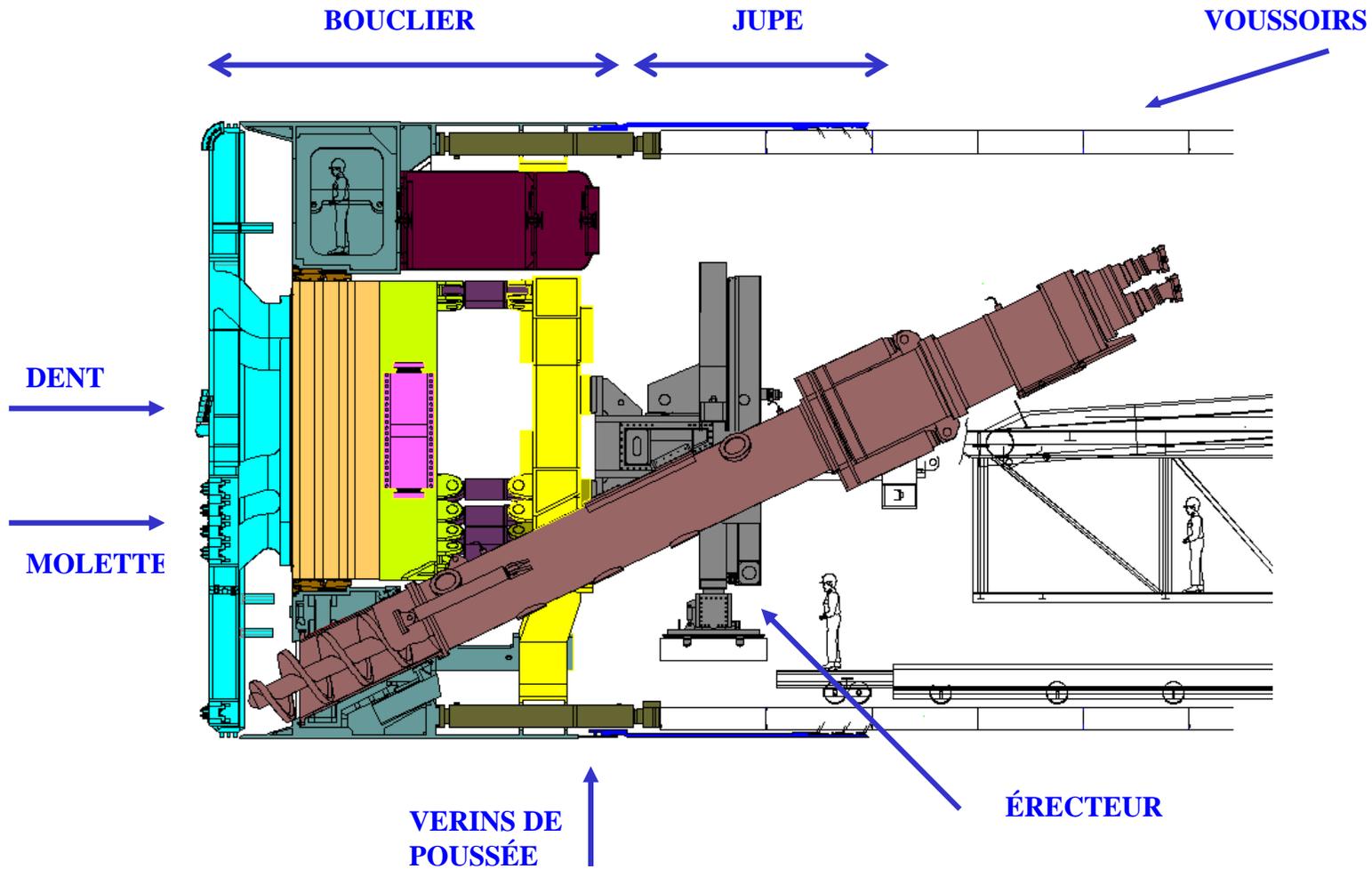
Mode d'extraction des terres par vis et convoyeur	
Longueur de la vis d'extraction.....	22,25 mètres
Diamètre de la vis d'extraction.....	1,25 mètres
Vitesse de la vis d'extraction.....	0 à 24 t/minute
Débit de la vis d'extraction.....	1 000 m ³ /heure
Vitesses des convoyeurs à bandes.....	2,5 à 4,75 m/s

Mode de creusement par pression de boue	
Débit circuit de marinage.....	2 000 m ³ /heure

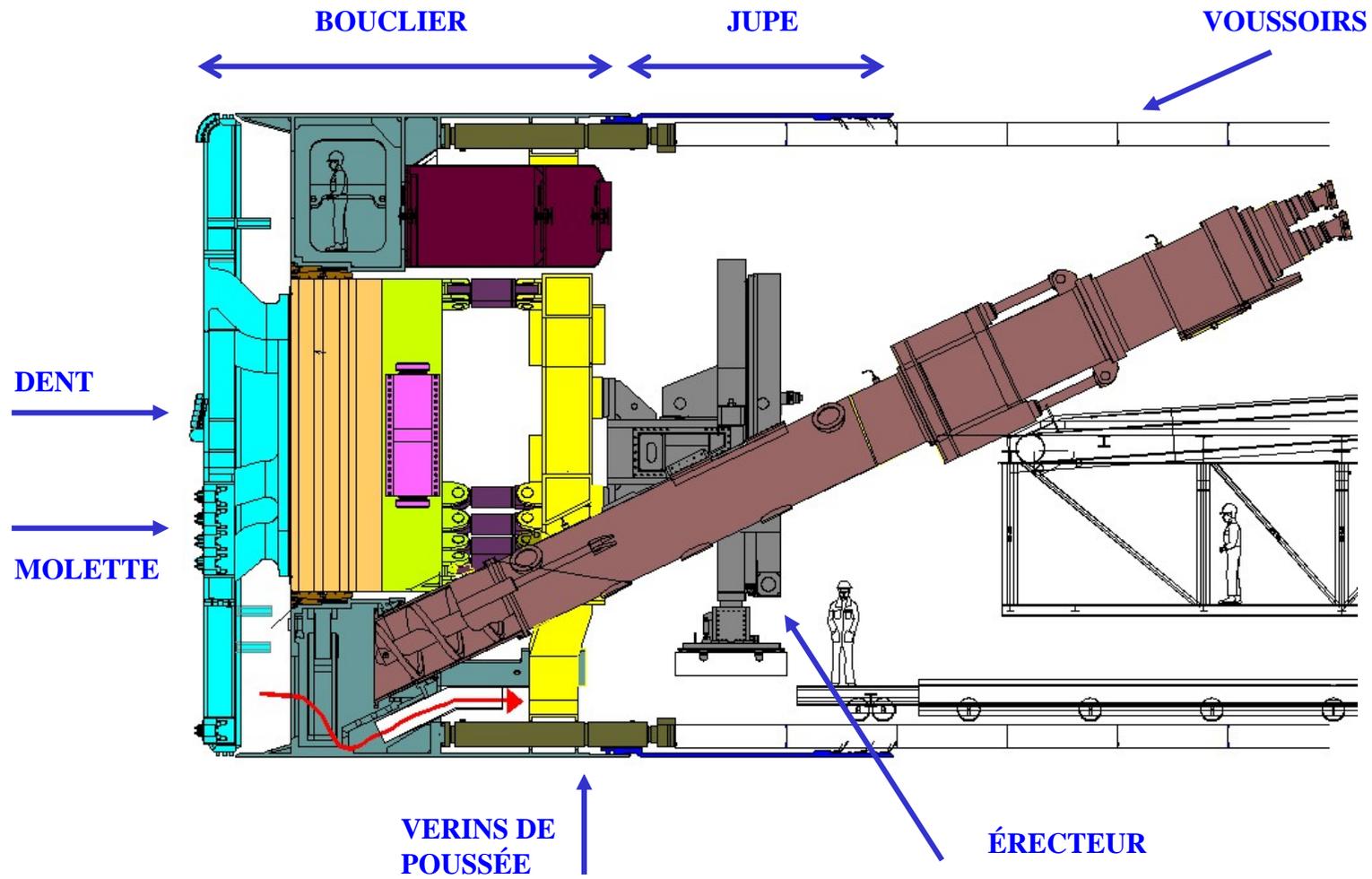
Concasseur	
Taille maxt des blocs pour le concasseur.....	0,60 mètre

Véhicules d'approvisionnement du Tunnelier	
Flotte de 7 véhicules	
Vitesse à vide.....	16 km/h
Vitesse en charge.....	8 km/h
Moteur diesel.....	150 kW
3 véhicules porte-mortier	
Longueur.....	17 mètres
Largeur.....	2 mètres
Hauteur.....	1,80 mètres
Charge utile.....	25 tonnes
4 véhicules porte-voussoirs	
Longueur.....	22 mètres
Largeur.....	2 mètres
Hauteur.....	1,80 mètres
Charge utile.....	40 tonnes

TUNNELIER - PRESSION DE TERRE



TUNNELIER - PRESSION DE BOUE



- **Mode pression de terre**



Mode d'extraction des terres par vis
et convoyeur

- **Mode pression de boue**



Marinage hydraulique + recyclage de
boue, Débit : 2000 m³/h

LA CENTRALE DE TRAITEMENT DES BOUES



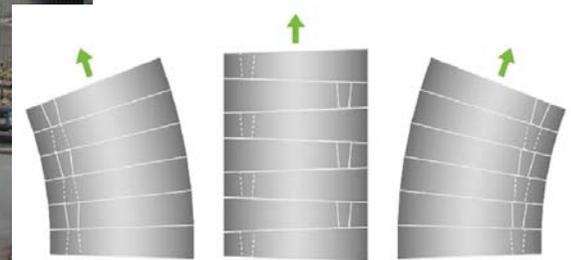
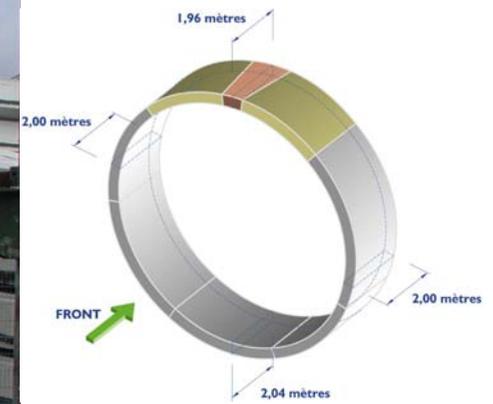
Revêtement du tunnel



- Largeur d'un anneau : 2m,
- Epaisseur des voussoirs : 0,42m,
- Poids des voussoirs courants : 11 t



VOUSSOIRS



APPROVISIONNEMENT TUNNELIER

LE TRAIN GAUSSIN



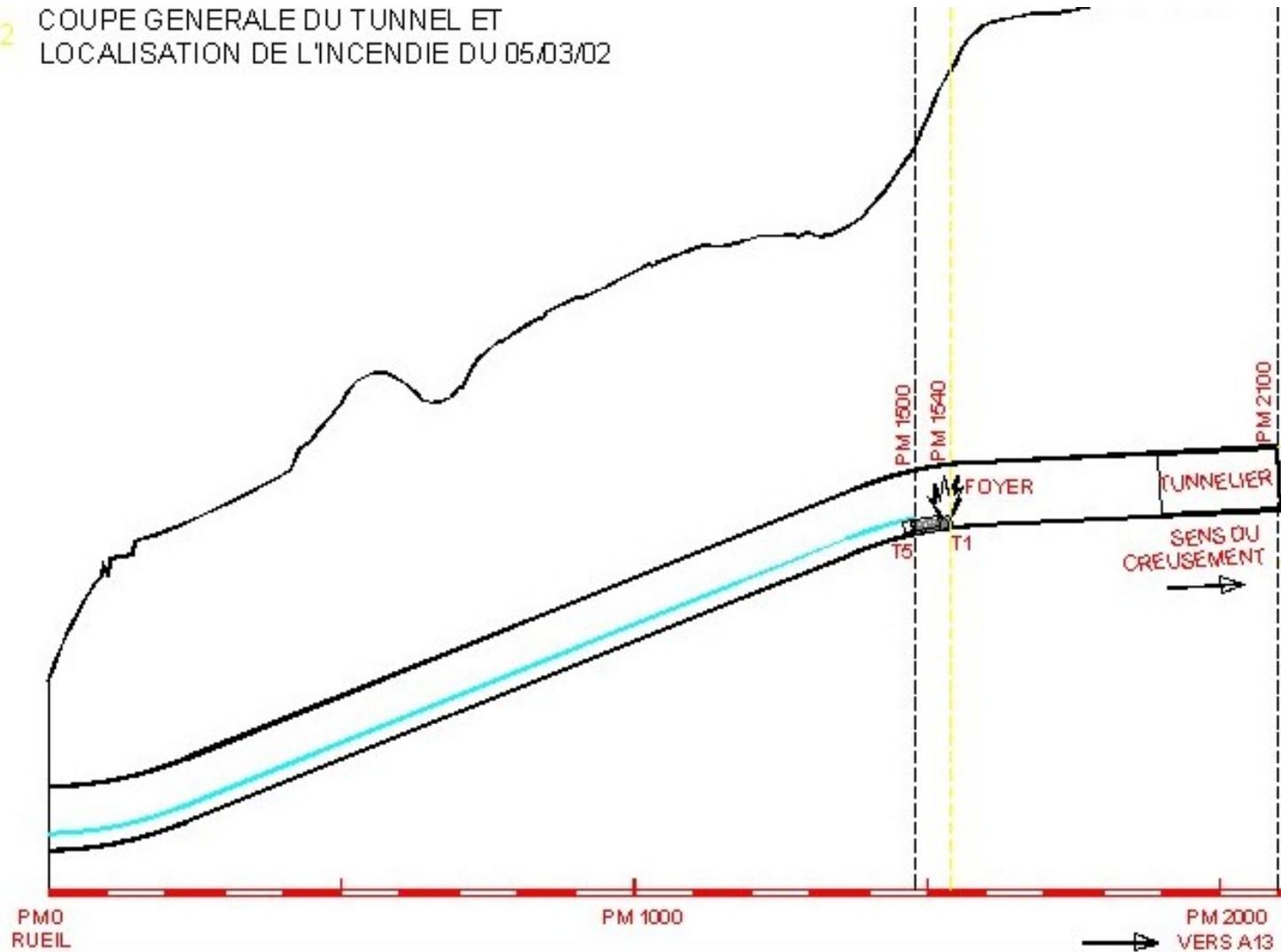
APPROVISIONNEMENT TUNNELIER

LE TRAIN TECHNI-MÉTAL

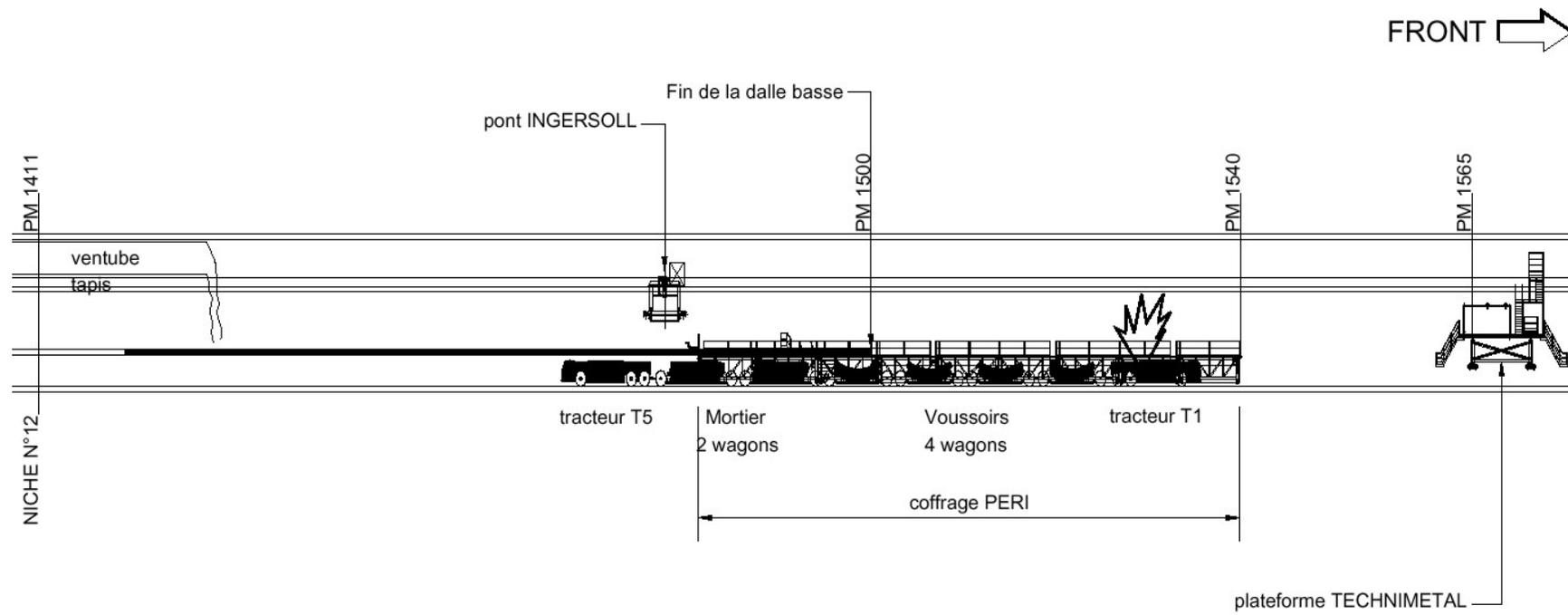


INCENDIE DU 5 MARS 2002

2 COUPE GENERALE DU TUNNEL ET LOCALISATION DE L'INCENDIE DU 05/03/02



COUPE AU DROIT DE L'INCENDIE

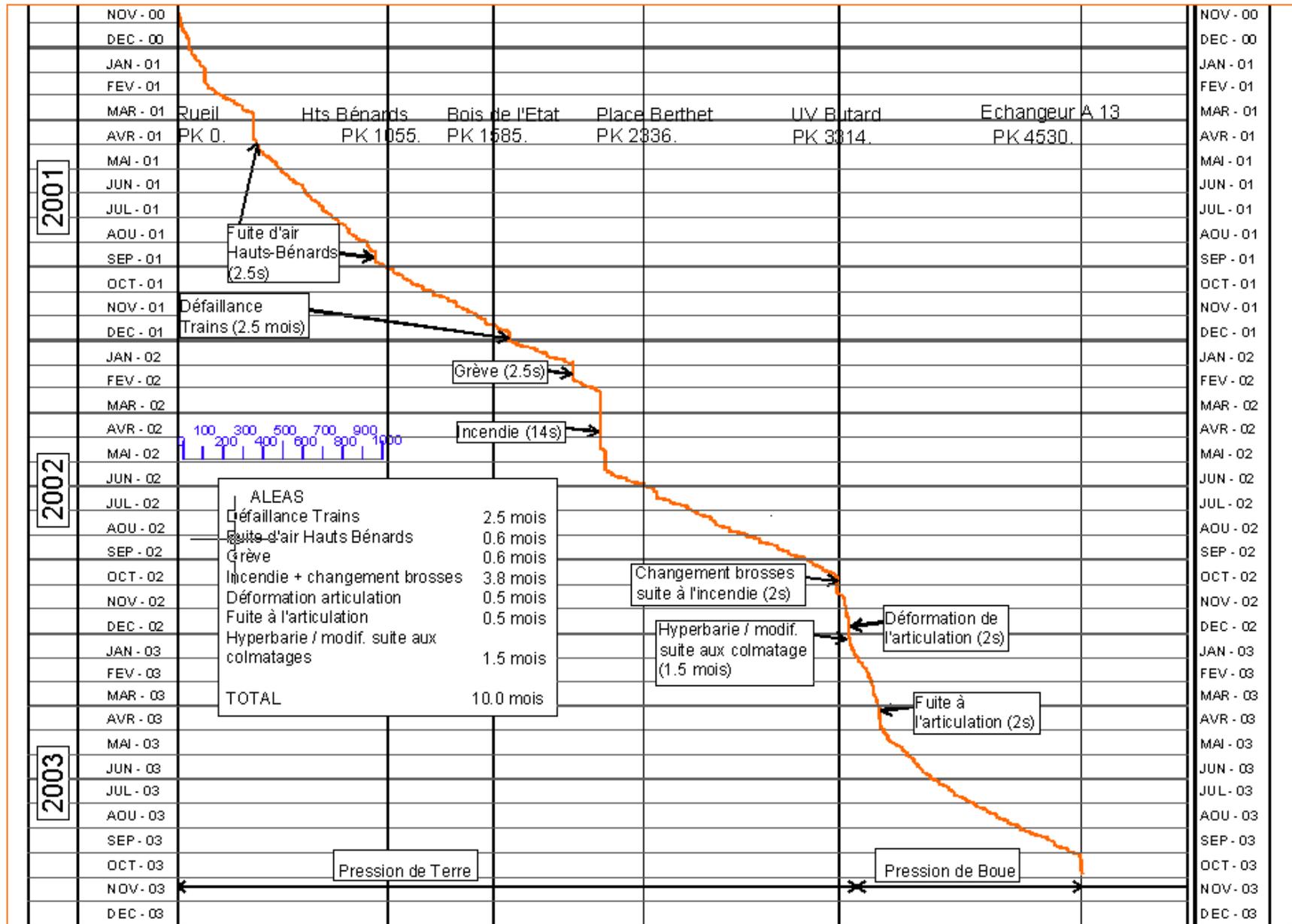


ATELIER DE POSE DES DALLES (avant)

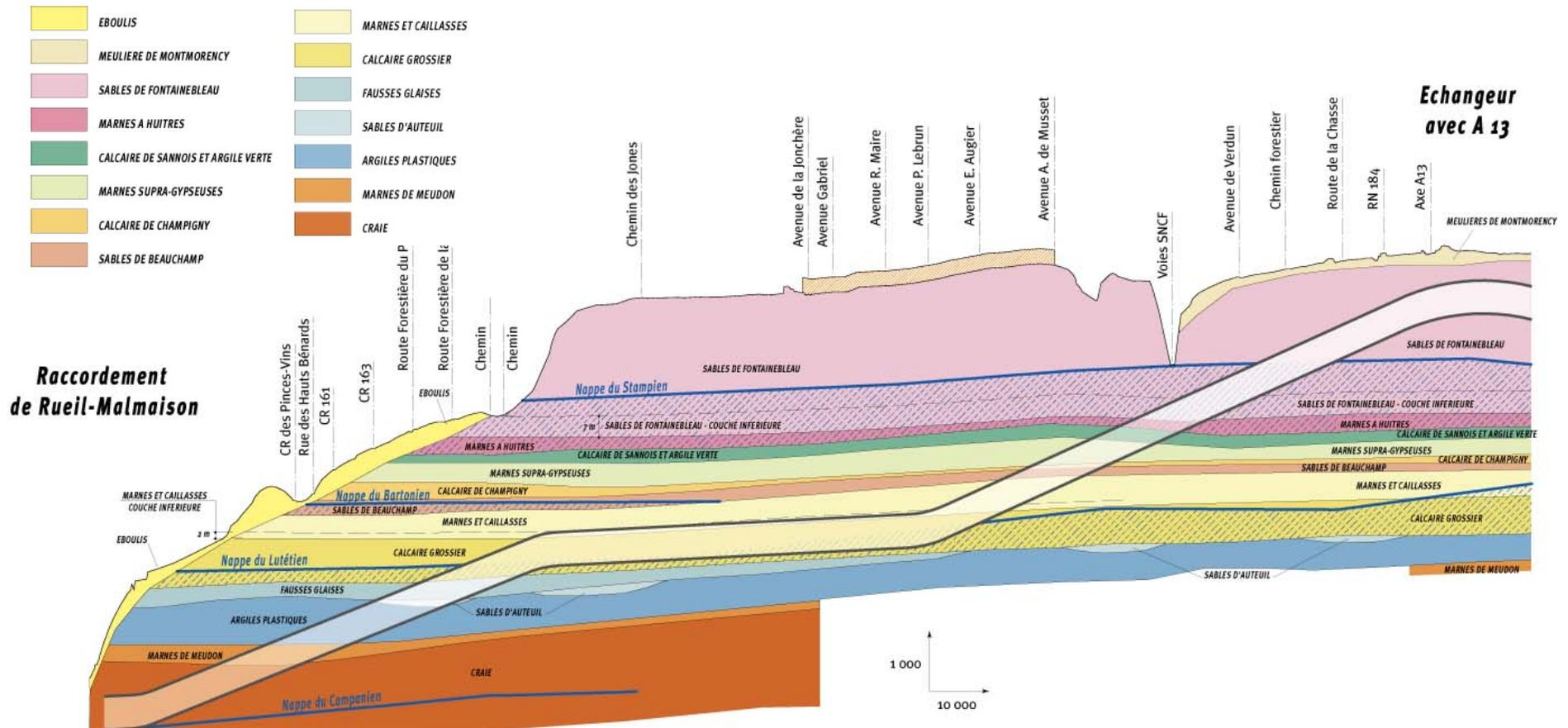


ATELIER DE POSE DES DALLES (après)

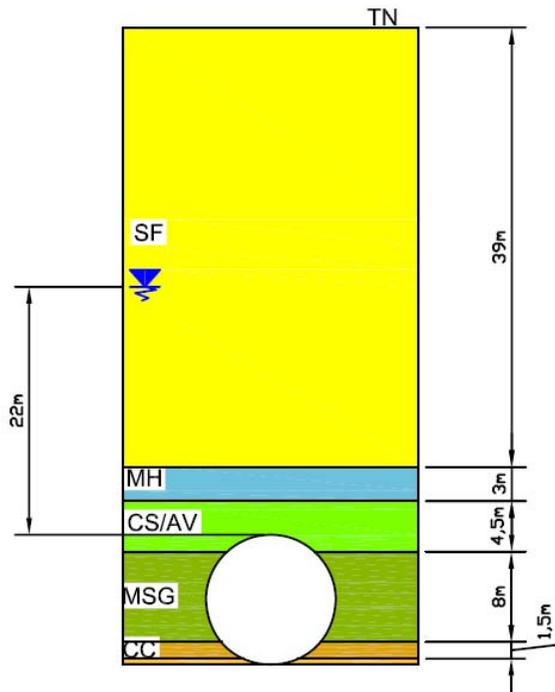




COUPE DES DIFFÉRENTES COUCHES GÉOLOGIQUES



Mode terre / Mode boue (PM 3342 VL 1)

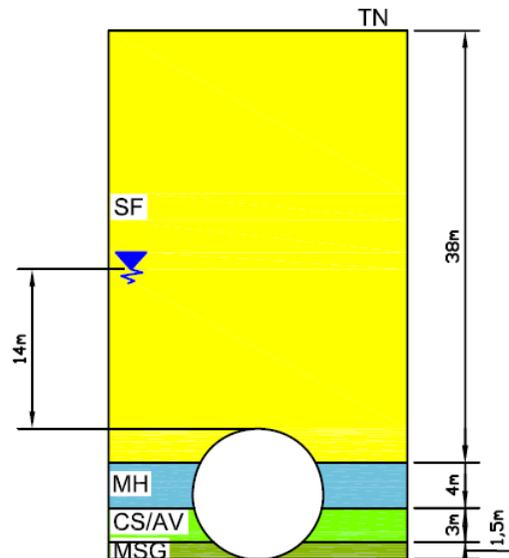


<i>Hauteur de couverture en calotte (m)</i>	<i>Nature des terrains en couverture / épaisseurs (m)</i>	<i>Nature des terrains au front / épaisseurs (m)</i>	<i>Charge d'eau en calotte (m)</i>	<i>Avancement moyen sur 100m après le changement de mode</i>
45	SF : 39	CS/AV : 1,50	22	2 m/j
	MH : 3	MSG : 8		
	CS/AV : 3	OCh : 1,5		
		SB : 0,5		

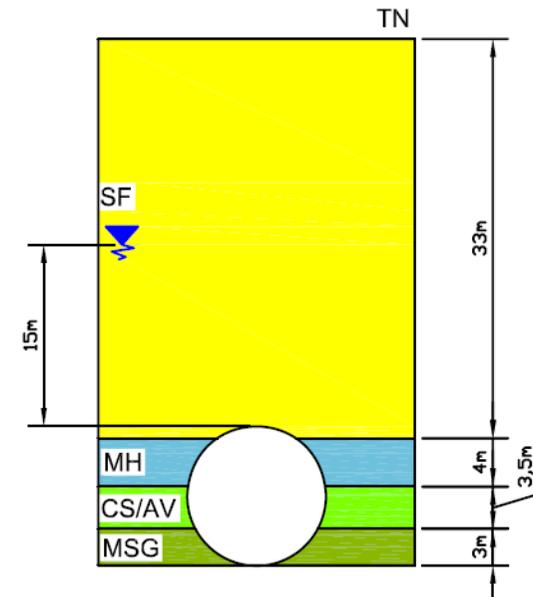
- Contexte argileux
- SF à 6 m de la calotte

Options du changement de mode

PM'4372

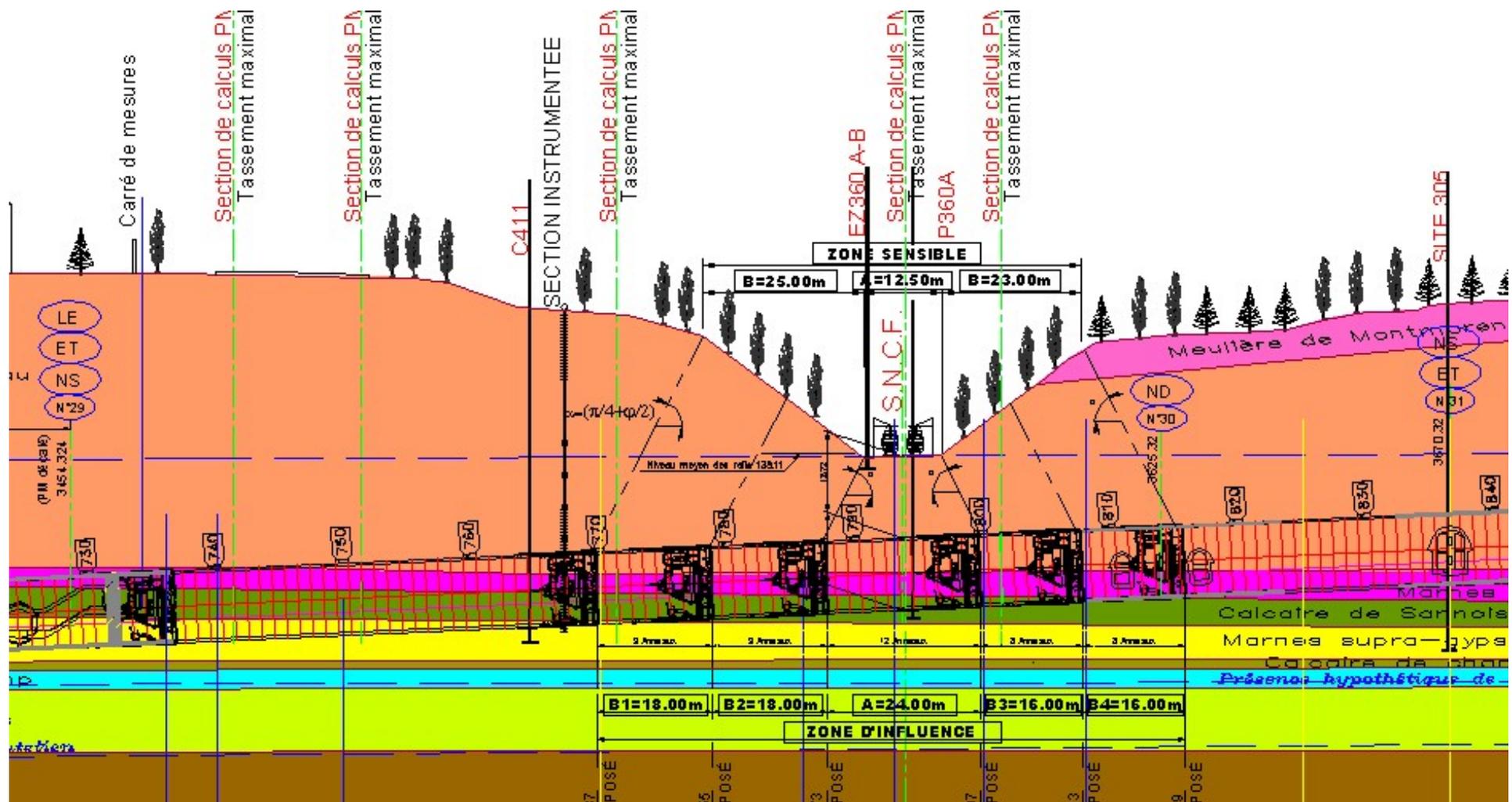


PM'4310



Changement de mode	PM'	Hauteur de couverture en calotte (m)	Nature des terrains en couverture / épaisseurs (m)	Nature des terrains au front / épaisseurs (m)	Charge d'eau en calotte (m)	Charge d'eau en pied des MH (m)	Pression recommandée (kPa)	Coefficient de sécurité
Terre/Boue	4372	36	SF : 36	SF : 2	13	19	175	> 1,5
				MH : 4				
				CS/AV : 3				
				MSG : 2,5				
Terre/Boue	4310	32	SF : 32	SF : 1	15	20	160	1,4
				MH : 4				
				CS/AV : 3,5				
				MSG : 3				

PASSAGE DU TUNNELIER SOUS LES VOIES SNCF

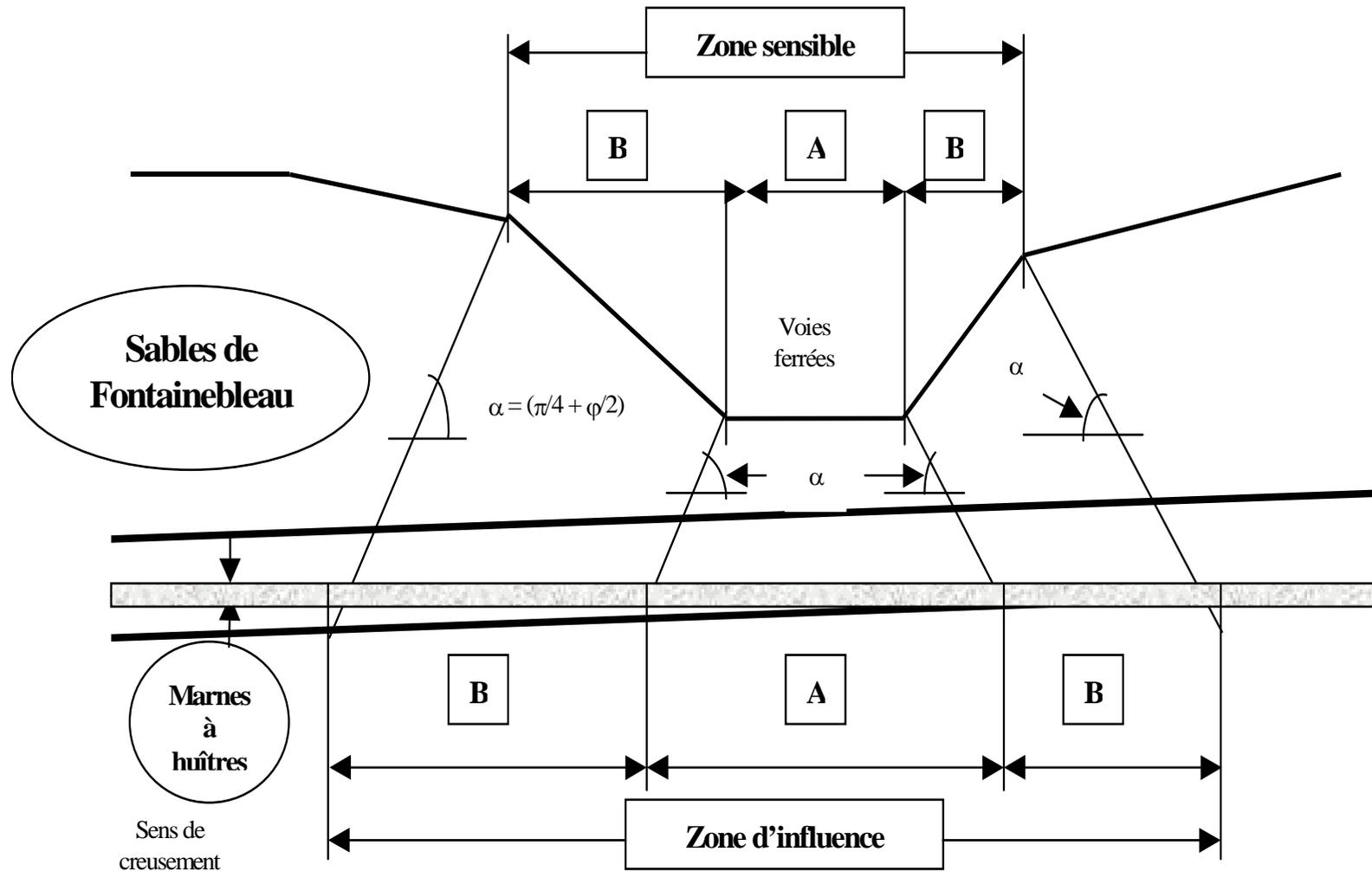




Analyse de risques

	TYPE DE RISQUES	PROBABILITE	GRAVITE			
	GEOTECHNIQUE				ENERGIE	
(1)	Incertitude sur types de terrains et leurs caractéristiques en talus	Faible	Faible		Alimentation EdF	
(2)	Incertitude sur types terrains et leurs caractéristiques en tunnel	Faible	Faible	(18)	Coupure EdF Rueil	Faible
(3)	Présence de banc de grès	Faible	Faible		Alimentation de secours	
(4)	Niveau de l'interface Sables de Fontainebleau/Marnes à Huitres	Faible	Très faible	(19)	Coupure ventilation tunnel	Faible
(5)	Variation du niveau de la nappe	Très faible	Très faible		ENVIRONNEMENTAL	
	OUVRAGES EXISTANTS			(20)	Terrains pollués	Très faible
(6)	Instabilité du talus	Faible	Forte	(21)	Rencontre d'anciens ouvrages ou parties d'ouvrages provisoires	Peu probable
(7)	Instabilité de la tête de tunnel existant du Butard	Très faible	Forte	(22)	Rencontre d'anciens sondages, non rebouchés	Moyenne
	METHODES DE CREUSEMENT			(23)	Plaintes des riverains	Faible
	Tunnelier			(24)	Vol et vandalisme des appareils de suivi (topo, inclino, tasso,...)	Moyenne
(8)	Fonctionnement du tunnelier en pression de boue	Faible	Forte	(25)	Tassement supérieur auseuil d'alerte et inférieur (> 5 mm & < 10 mm)	Moyenne
	Pannes			(26)	Tassement supérieur à 10 mm	Faible
(9)	Pannes mécaniques, électriques et automate	Faible	Forte	(27)	Fontis non loin des voies SNCF	Faible
	Marinage hydraulique				METEOROLOGIQUE	
(10)	Contrôle de la pression de confinement	Faible	Forte	(28)	Inondation de la Seine	Faible
(11)	Réserve d'air comprimé	Faible	Forte		ADMINISTRATIF	
(12)	Réserve de boue bentonitique	Faible	Forte	(29)	Refus d'intervention sur le domaine public (section instrumentée)	Faible
(13)	Défaillance réserve d'eau et supresseur	Faible	Forte	(30)	Autorisations préfectorales de travail pendant le week-end	Faible
(14)	Fonctionnement du marinage hydraulique à + 140 m	Faible	Forte		SOCATOP	
	Centrale de séparation			(31)	Défaillance de sous-traitants	Faible
	Qualité rhéologique de la boue de marinage			(32)	Evacuation des déblais aux décharges plus éloignées	Faible
(15)	Mauvaise qualité rhéologique boue de marinage, yield et filtrat	Faible	Forte	(33)	Interférences avec les autres chantiers de SOCATOP	Faible
	Capacité d'évacuation			(34)	Grève du personnel	Faible
(16)	Capacité d'évacuation du marinage solide	Faible	Moyenne	(35)	Grève de sous-traitants (transporteurs routiers, fluviaux, éclusiers)	Faible
(17)	Capacité d'évacuation du marinage liquide	Faible	Forte	(36)	Décalage dans le temps date de passage sous les voies SNCF	Faible
				(37)	Non-respect des délais de traversée du TBM sous voies SNCF	Faible
					ECONOMIQUE	
				38)	Grèves dans les transports en commun	Faible

Définition du zonage



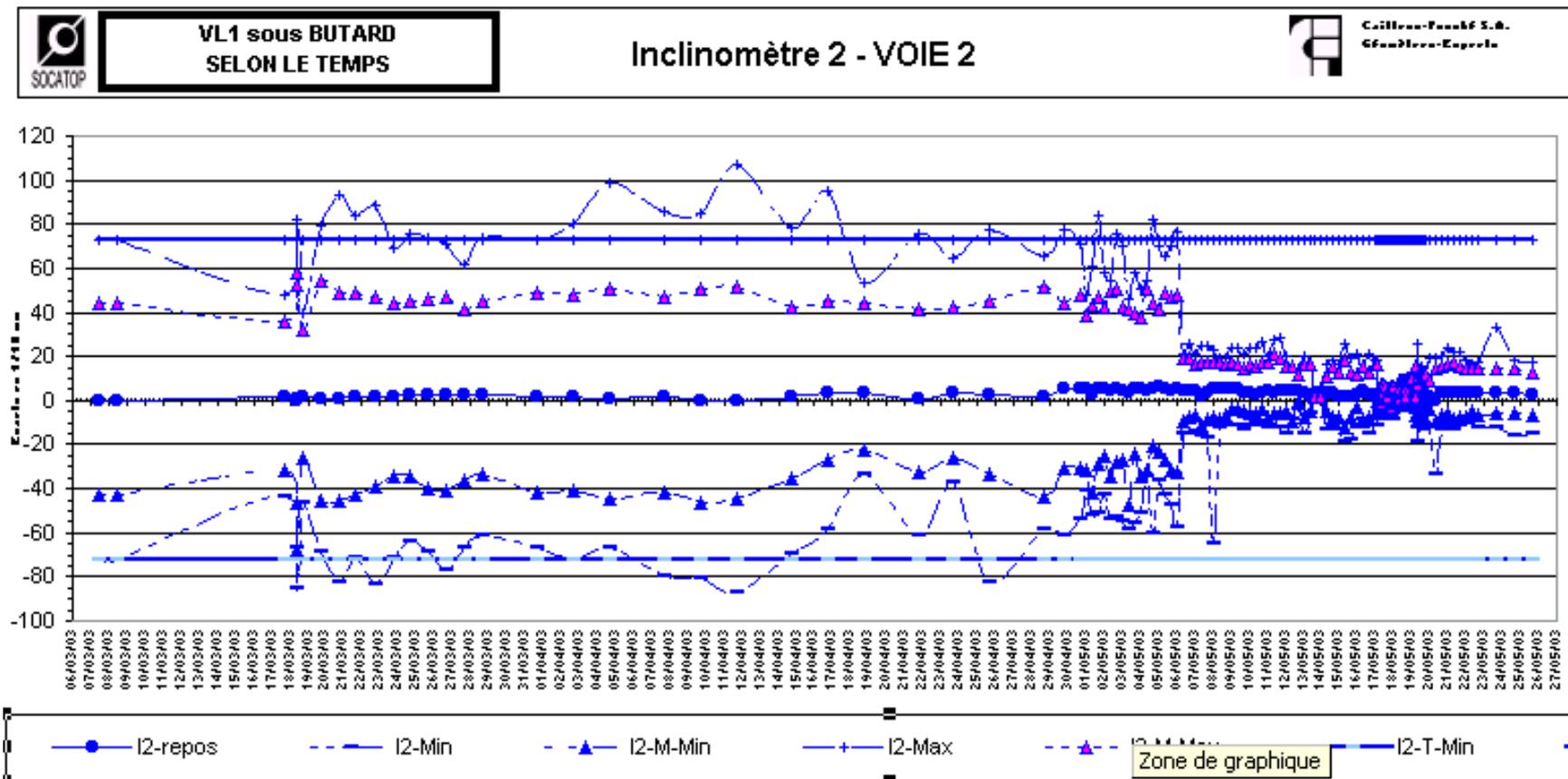
Mesures prises

Position du tunnelier	En Zone B	En Zone A	En Zone B	Au-delà de Zone B
Circulations ferroviaires	Ralentissement à V= 30 km/h (rails raidisseurs)	V=10 KMH Travaux lors du week-end (du samedi 0h au lundi 5h.) (rails raidisseurs)	Circulations à V= 30 km/h pendant 2 jours minimum (rails raidisseurs)	Circulations à $30 < V < 2/3$ ou $3/4$ de la vitesse normale soit (60km/h) pendant une semaine
Surveillance de surface (Entreprise)	Dispositif automatique et permanent de mesures de nivellement de surface (X, Y & Z) (voies, talus & tête du tunnel)			Mesures 1 fois par jour pendant 2 semaines, puis 2 fois par semaine pendant 6 semaines
Surveillance de surface (SNCF)	Inspection visuelle des talus et de la plate-forme (en permanence lors des circulations)	Inspection visuelle des talus, de la plate-forme et du tunnel du Butard (en permanence lors des circulations)	Inspection visuelle des talus et de la plate-forme (en permanence lors des circulations)	Inspection visuelle des talus et de la plate-forme 1 fois par jour pendant 2 mois
Surveillance inclinométrique et tassométrique	Mesure journalière des inclinomètres et des tassomètres.			Mesure 2 fois par semaine pendant 2 mois
Surveillance en souterrain	Suivi des paramètres du tunnelier avec détecteur d'alarme sur 5 voies maximum préprogrammées (à priori : pression de confinement – niveau de boue droite et gauche – pression injection de mortier sur 2 voies) Fréquence : au minimum 1 mesure par arceau ou 1 mesure par heure			Suivi d'un profil convergence sur voussoir (après passage back-up)
	Présence permanente d'un responsable habilité à prendre toutes les dispositions en cas d'aléas			
Procédures spécifiques	Absence d'arrêt programmé du tunnelier (autre que celui nécessaire à la pose des voussoirs) Application d'une pression de consigne particulière Mesure des quantités de déblais extraits Mesure des pressions et quantités d'injection de bourrage Injection en continu par la jupe avec maintien d'une pression de consigne			

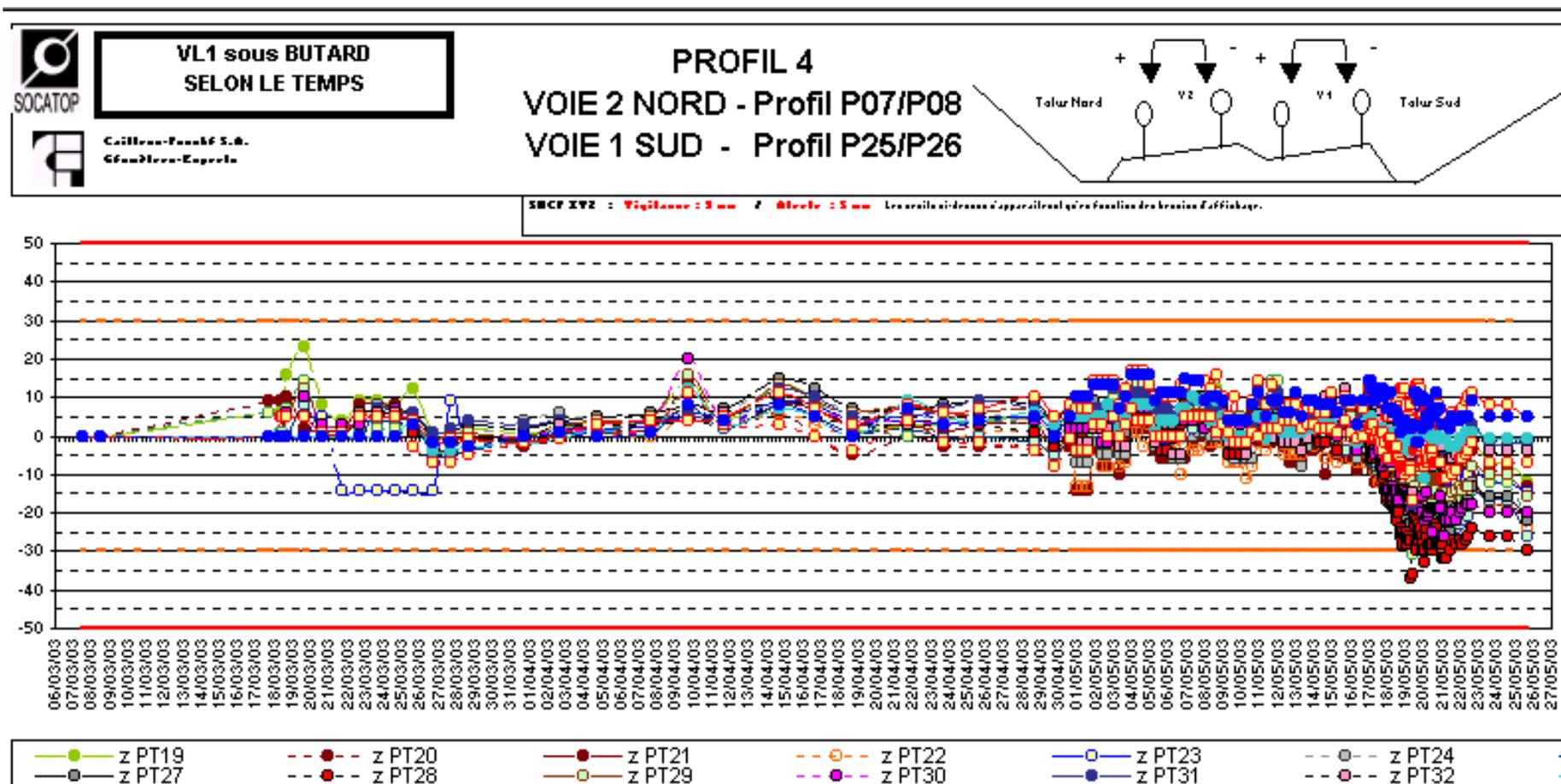
Auscultations et suivi

Tunnel du Butard			
3 points sur la partie supérieure du tympan (1 à l'axe et 2 sur les côtés).			
2 points aux pieds des murs en retour.			
2 inclinomètres de surface sur le tympan			
Plate-forme			
9 profils perpendiculaires aux voies, constitués de 4 prismes de mesures, placés aux extrémités des traverses sur chacune des 2 voies SNCF.			
Un profil est au droit de l'axe du tunnelier et les huit autres ont été répartis de part et d'autre tous les 5m environ.			
6 inclinomètres de surface(1 à l'axe du tunnel VL et 2 sur les côtés, sur les 2 voies)			
Talus			
1 point en pied de chaque talus, selon les 9 profils précédents.			
Maillage de 8 points sur chaque pente de talus à l'aplomb du tunnelier.			
Haut de talus PM 3540, section instrumentée comportant			
1 inclinomètre de 49m avec pas de lecture mécanique de 0,50m			
1 extensomètre de 41m, mesure par vernier à 20, 30 et 41m			
1 extensomètre de 35m, mesure par vernier à 10, 25 et 35m			

Exemple de suivi d'un inclinomètre de voie



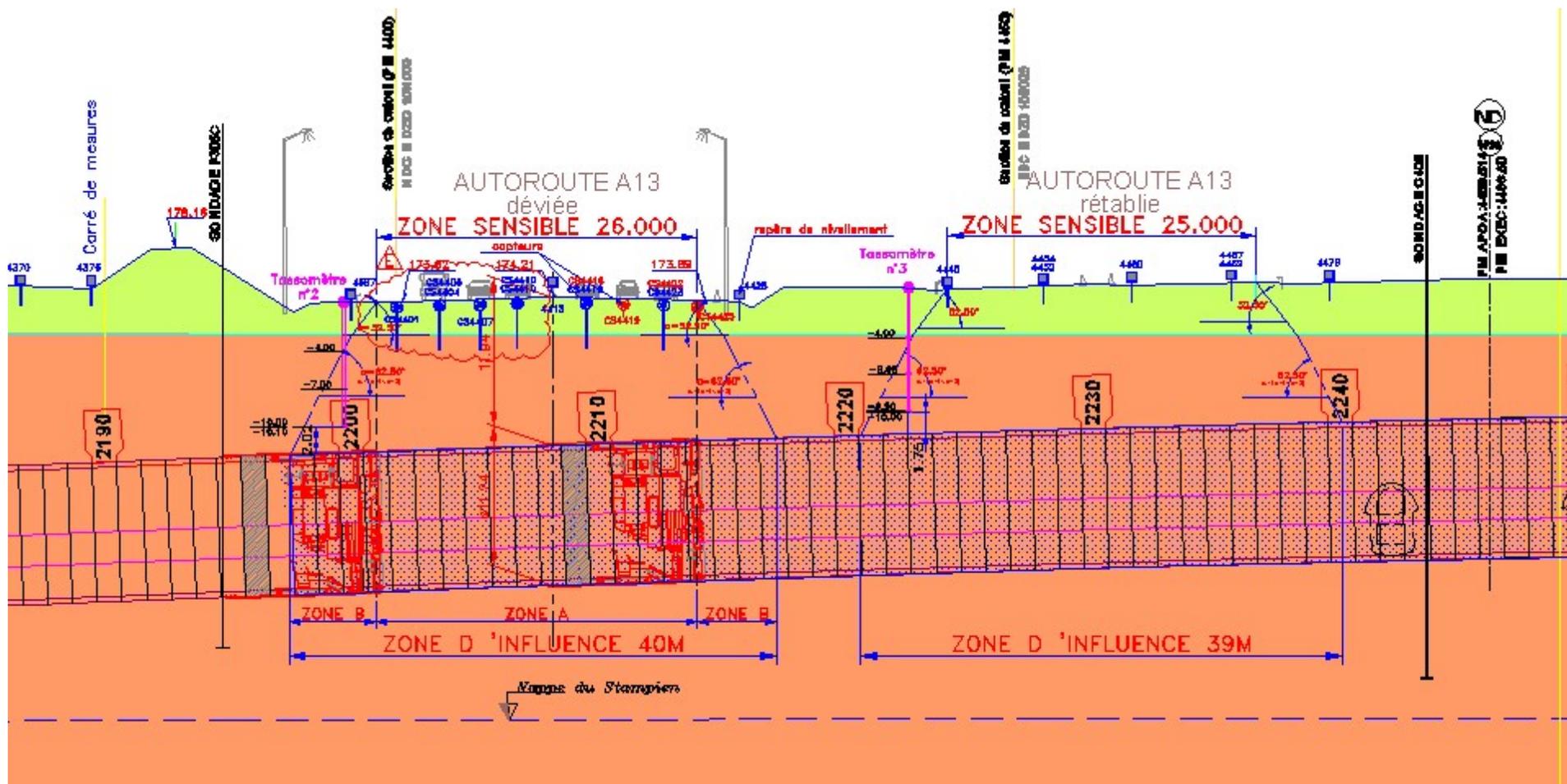
Exemple d'auscultations



MOYENS MIS EN ŒUVRE ET DEROULEMENT

- Des moyens considérables ont été mobilisés à titre préventif, tant par la SNCF que par l'entreprise :
 - train de travaux SNCF à proximité
 - moyens de transbordement des voyageurs pré-programmés
 - personnel, matériel et matériaux mobilisés effectivement sur site pendant le passage, réalisé sur un WE.
 -
- L'opération s'est déroulée sans aucun incident, suivant le timing prévu et la circulation normale des trains (limités à 10 km/h, le WE) a pu reprendre le lundi matin, comme programmé.

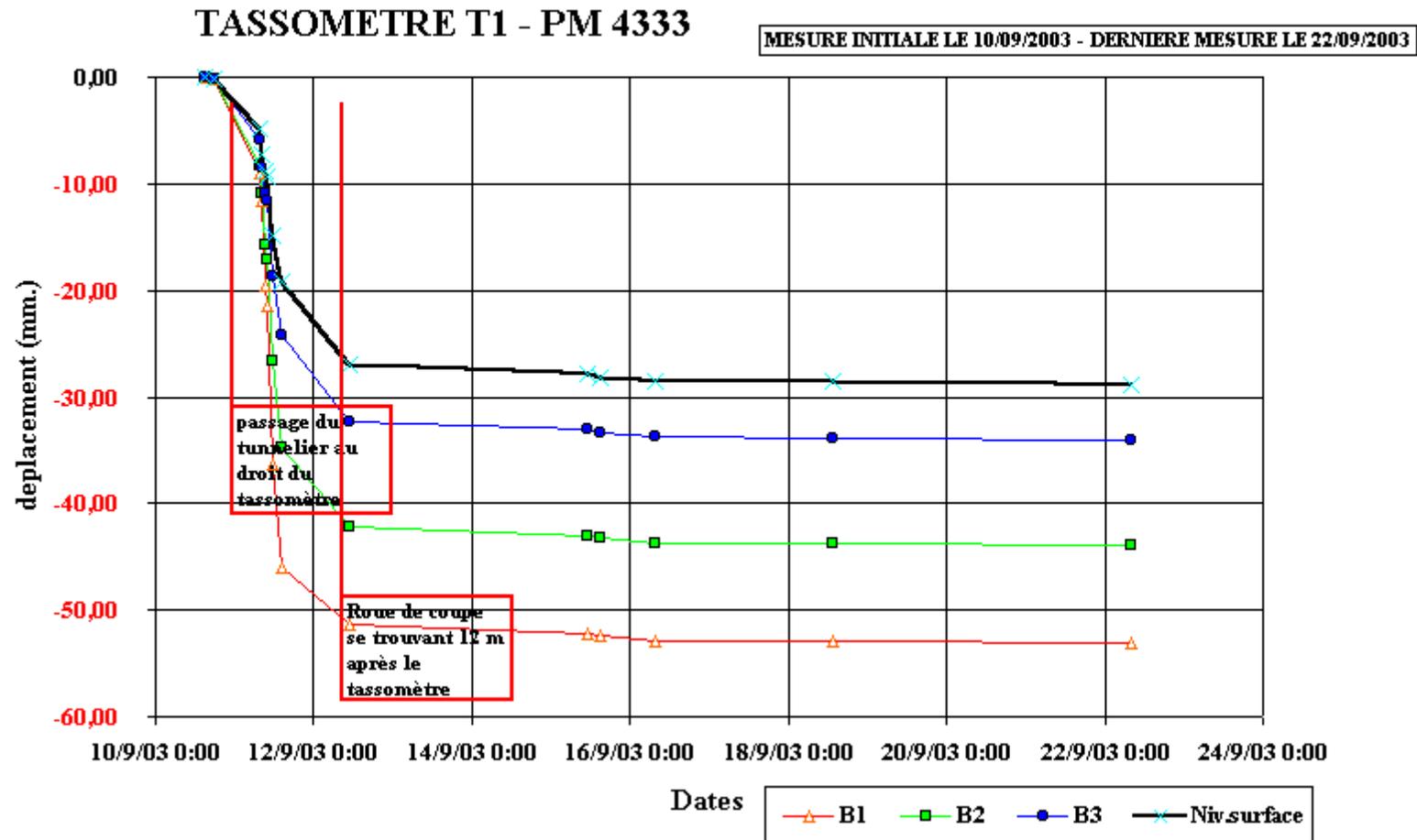
PASSAGE SOUS L'A13



Suivi des tassements

(tassomètres et auscultation de surface en « zone vierge »,
avant l' autoroute)

SOCATOP - TUNNEL EST



Moyens mis en œuvre et résultats

- Des moyens de contrôle et d'auscultation nombreux et performants ont été mis en place :
 - tassomètres profonds
 - capteurs sous chaussée
 - auscultation de surface
- Des moyens préventifs lourds ont été mobilisés pour parer à toute éventualité (matériel routier, matériaux, balisage..)
- En particulier, il a été créé une déviation « prête à l'emploi » d'un sens complet d'autoroute à travers le site du chantier
- L'opération s'est déroulée sans aucun incident, suivant le timing prévu, et les automobilistes ne se sont rendu compte de rien.....
- Les tassements maxi enregistrés ont été de 15 mm sur les chaussées

CREUSEMENT VL1

Performances du tunnelier

PRESSI ON DE TERRE

Mei ll eur j our	:	14 anneaux, soi t 28 ml
Mei ll eure semai ne	:	47 anneaux, soi t 94 ml
Mei ll eur moi s	:	159 anneaux, soi t 318m

PRESSI ON DE BOUE

Mei ll eur j our	:	11 anneaux, soi t 22 ml
Mei ll eure semai ne	:	41 anneaux, soi t 82 ml
Mei ll eur moi s	:	133 anneaux, soi t 266m

PERFORMANCES BRUTES MOYENNES (y compris arrêts et incidents)

Jour	:	3 anneaux, soi t 6 ml /j our
Semai ne	:	15 anneaux, soi t 30 ml /semai ne
Moi s	:	63 anneaux, soi t 126ml /moi s

BILAN D'AVANCEMENT VL 1 et VL 2

MODE DE CONFINEMENT	TERRE		BOUE		
	VL1	VL2	VL1	VL2	
TUNEL	<i>PM0 au 3 342</i>	<i>PM'866 au 4 320</i>	<i>PM 3 342 au 4 540</i>	<i>PM'0 au 866</i>	<i>PM'4320 au 5428</i>
<i>Linéaire (ml)</i>	3342	3454	1198	866	1108
<i>Durée</i>	24mois	15mois	11mois	7 mois	5 mois
<i>Cadence moyenne</i>	8 ml/j	13 ml/j	5 ml/j	8 ml/j	12 ml/j
<i>Cadence de pointe</i>	28 ml/j	32 ml/j	22 ml/j	14 ml/j	22 ml/j

Avancement moyen en mode terre : 9 ml/j

Avancement moyen en mode boue : 7 ml/j

BILAN PRESSION DE TERRE

-

Quid s'il avait vraiment fallu travailler en pression de terre ?

Obligation de fonctionner avec des matériaux secs

(tapis, évacuation par barges)

Fonctionnement avec une série de convoyeurs à bande toujours délicat

Conicité de la machine forte : problèmes de guidage et de pose

+

Bon fonctionnement du tunnelier

Très loin de ses capacités maxi (couple, poussée...)

Bonne étude du mortier de bourrage

Fonctionnement répondant bien au problème posé : mode semi-ouvert (chambre remplie à 50 % + air comprimé quand nécessaire)

CHANGEMENT DE MODE

■

Quid de la zone de transition ?

2 apprentissages au lieu d'1

Des compromis dans les choix techniques

+

Techniquement bien réussi

**Intéressant une fois lancée
(adéquation optimale au type de terrain)**

BILAN PRESSION DE BOUE

-

Colmatage de la roue et de la chambre dans les horizons argileux

Sous dimensionnement des capacités de traitement des fines (< à 80 microns) dans les horizons argileux et sablo-argileux >>>> évacuations tous azimuts , stockage dans des bassins provisoires, recours à une unité de 5 centrifugeuses

+

Bon fonctionnement global du circuit malgré une configuration, dès le démarrage, très difficile .

130 m de dénivelée et 2 x 5 km de conduite

Bonne maîtrise du confinement

Bon fonctionnement de la SOTRES et des filtres-presses MS dans les horizons sableux plus grossiers

Bon déroulement des interventions hyperbares : dont 45 à plus de 3 bar

Bonne maîtrise des qualités de boue

CONCLUSION

Optimisation de la sécurité du creusement :

- calage « géotechnique » du profil en long
- choix du mode de creusement le plus approprié

Analyse de risques et suivi renforcé pour les points critiques

**CREUSEMENT SANS INCIDENT
GEOLOGIQUE MAJEUR**

PERCEMENT DU 14/10/2003

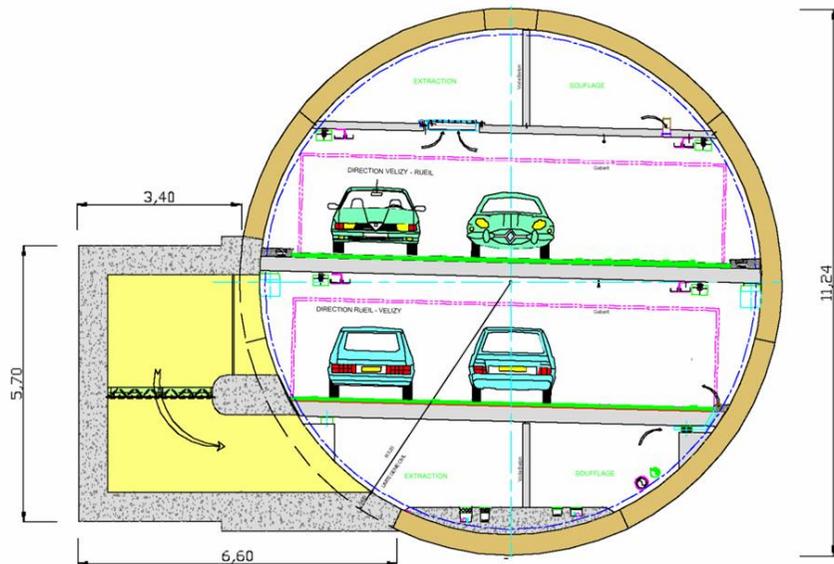
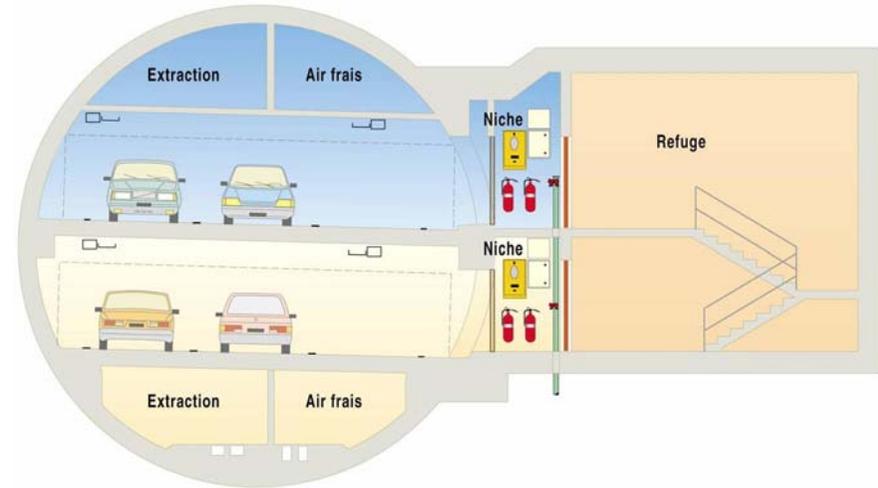


Les niches

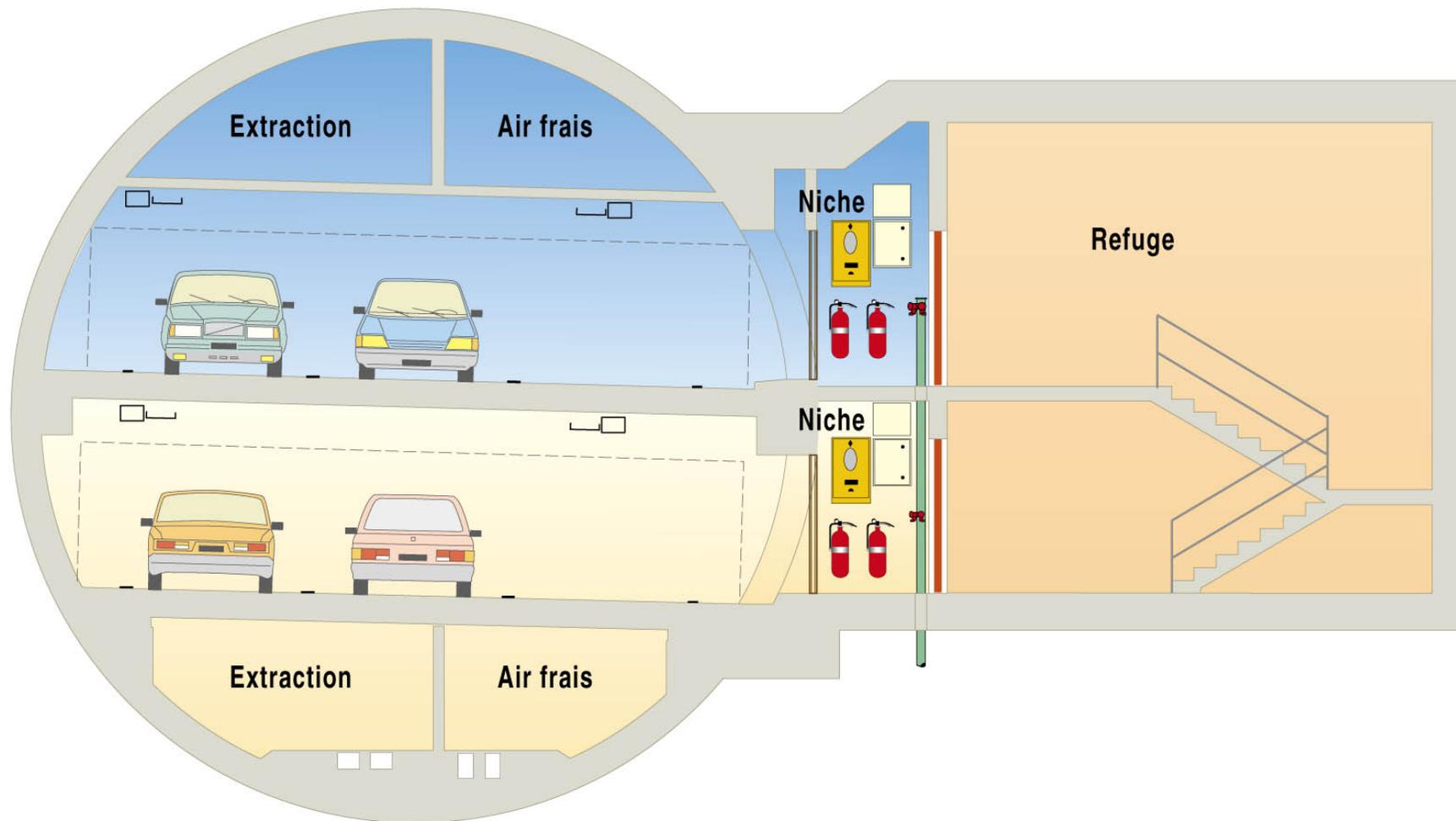
Choix des méthodes « niches » :

- autant de méthodes que de niches
- les points critiques et les interfaces « gestion de projet »

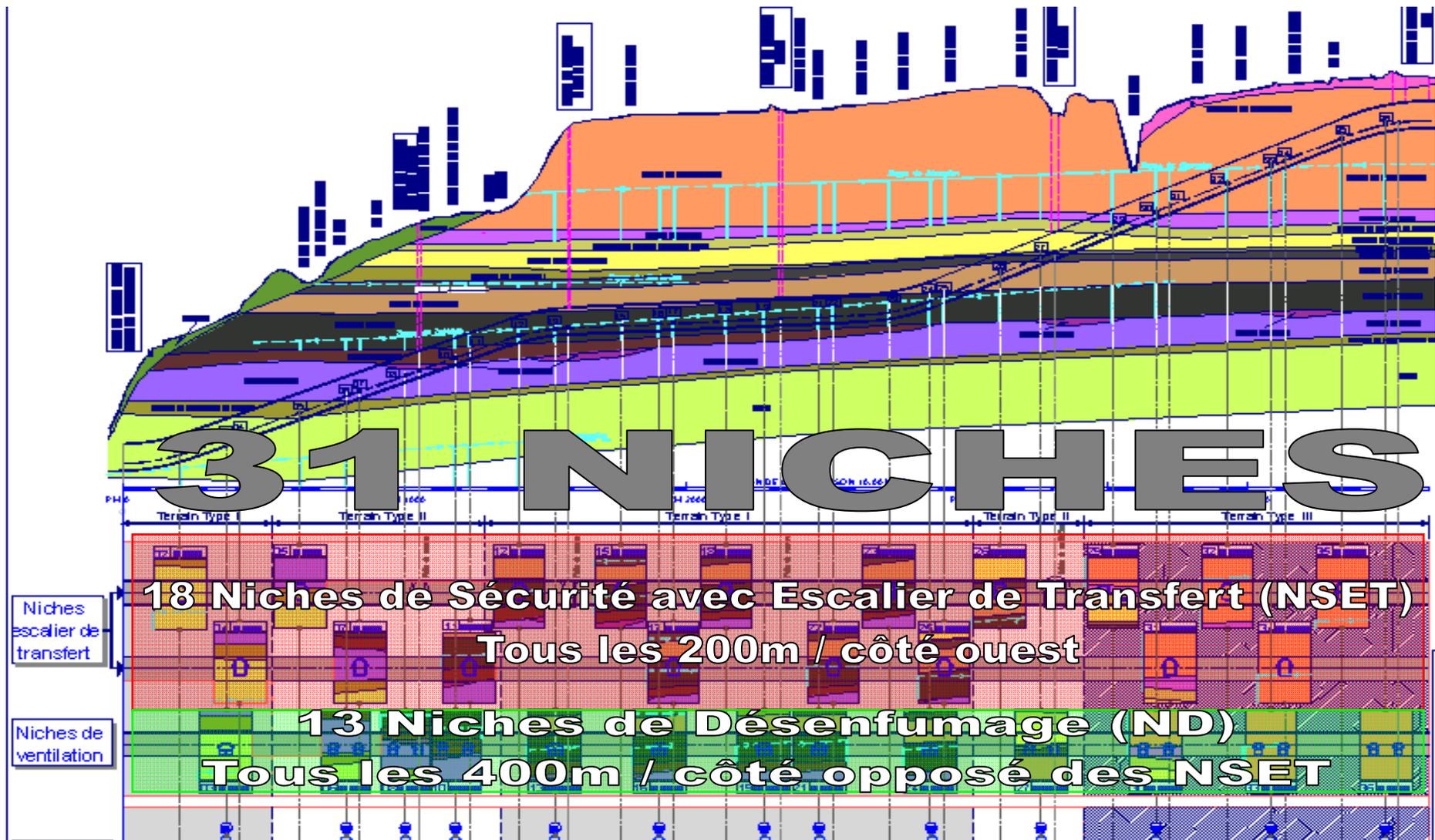
LES OUVRAGES



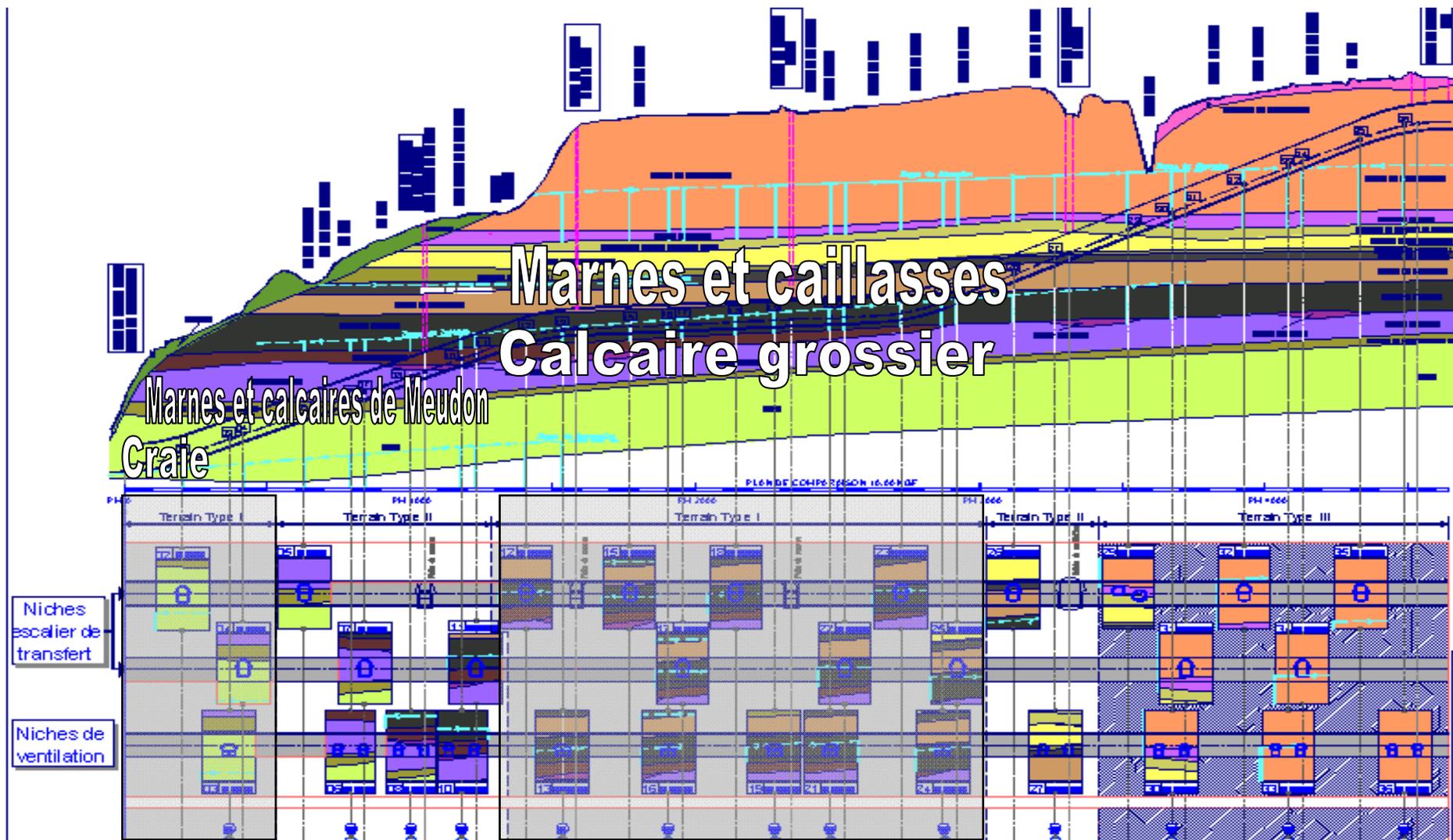
COUPE TYPE DU TUNNEL EST (VL) au droit du NSET



Profil en long avec calepinage des niches

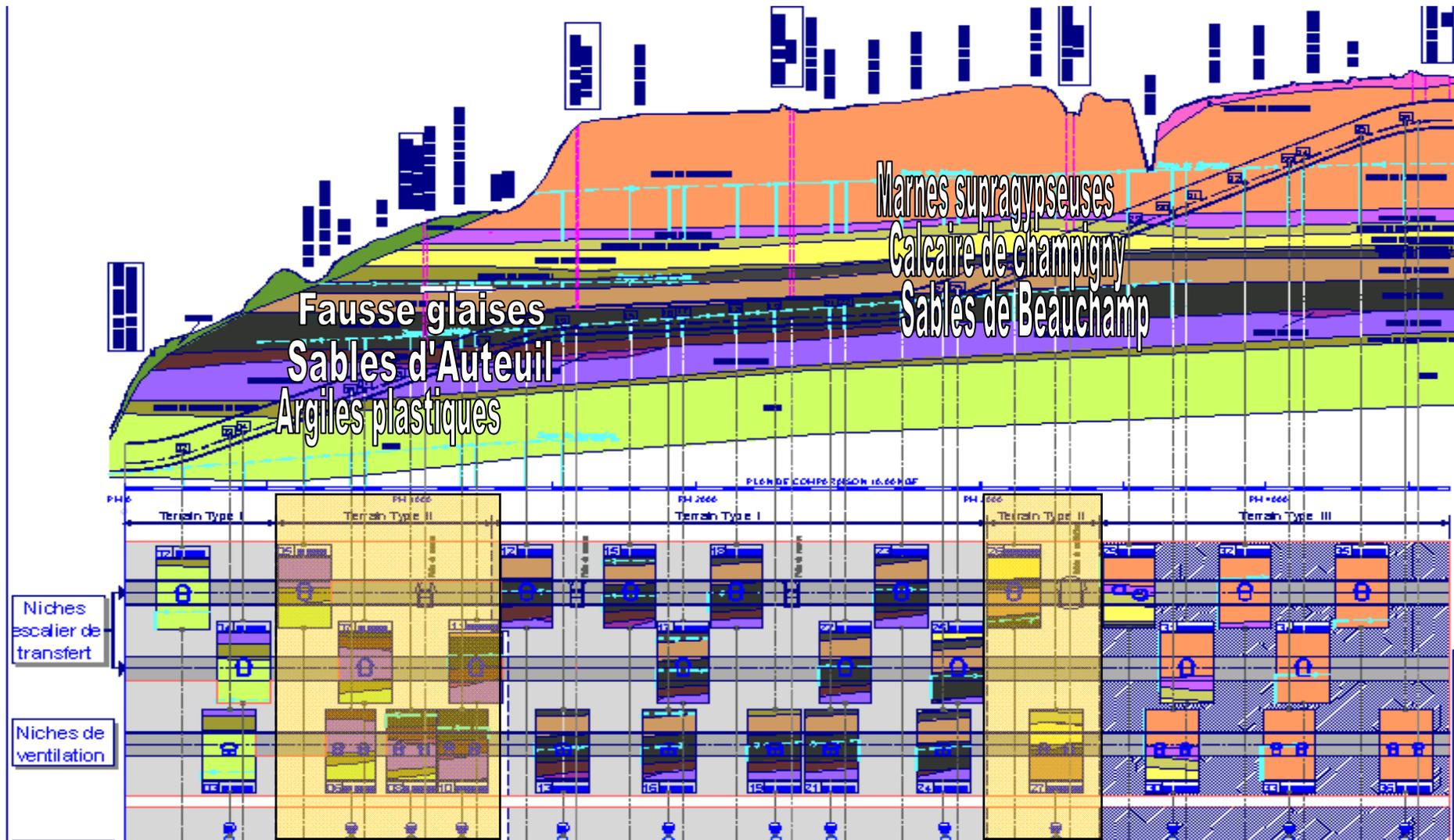


Niches en terrain type I : « stable »
15 niches → 48 % des travaux



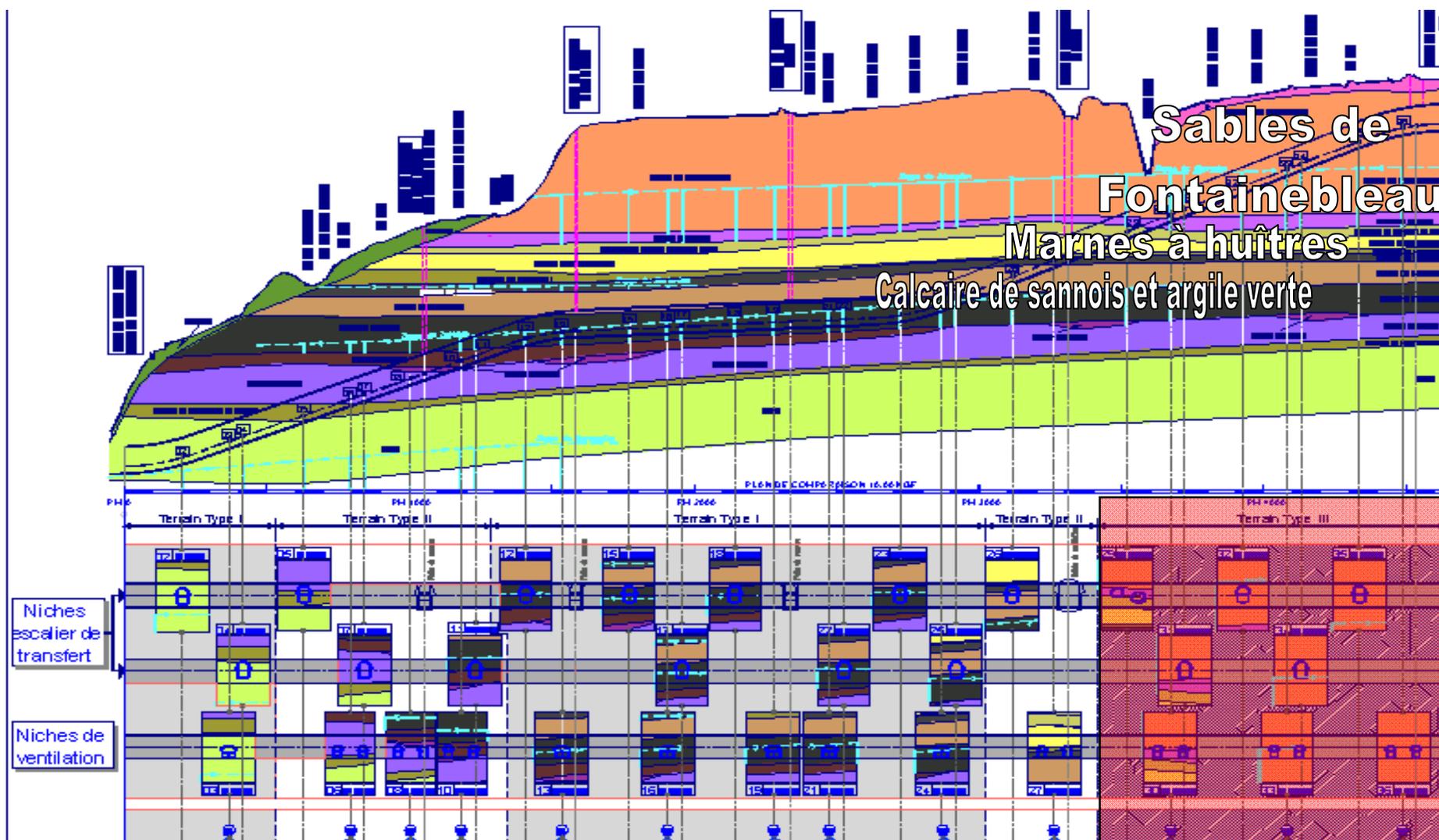
Niches en terrain type II : « plastique »

8 niches → 26 % des travaux



Niches en terrain type III : « pulvérulent »

8 niches → 26 % des travaux



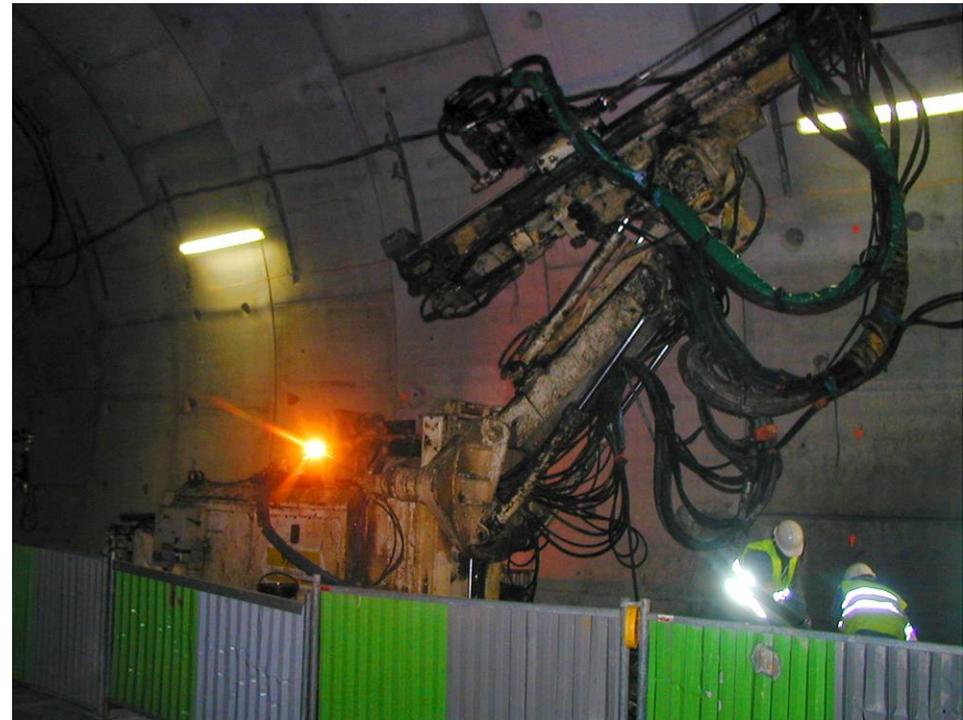
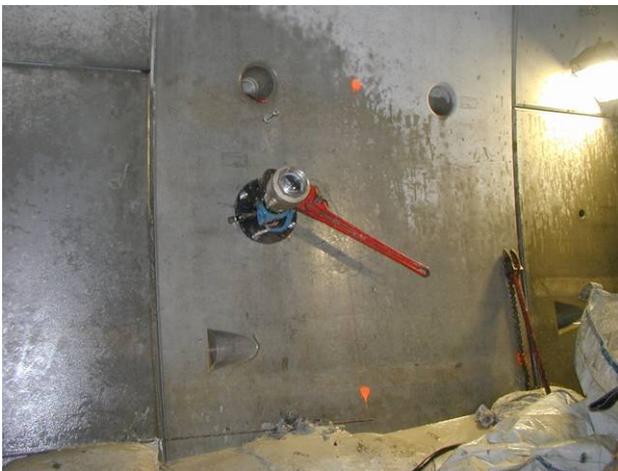
LA DIVERSITE DES TRAITEMENTS DE TERRAIN

- Diversité géologique → diversité des traitements de terrain
 - *Sondages depuis tunnel (identification / position des couches – niveaux nappes)*
 - *Collage des voussoirs au droit des niches*
 - *Injections « étanchement » Bentonite / Ciment / Microciment*
 - *Micropieux (assise 1/2 sup pendant l'excavation de la 1/2 inf)*
 - *Voûtes parapluies verticales (micropieux en « pré-blindage » vertical)*
 - *Boulons fibres de verre (fretage du front)*
 - *Voûtes parapluies (pré-soutènement)*
 - *Drains*
 - *Rabattement par puits et pointes filtrantes*
 - *Congélation*
- Cas particulier : NICHES 8/10/11 → interactions entre rabattement de nappe (niches 10/11) et congélation (niche 8)

TRAITEMENTS DE TERRAIN

Sondages depuis le tunnel

- En complément des sondages depuis la surface
- **400 ml de forages** (dont 50ml sous sas) / tous types de terrains
- Optimisation des traitements de terrain et des méthodes d'excavation / phasages



TRAITEMENTS DE TERRAIN

Collage des voussoirs au droit des niches

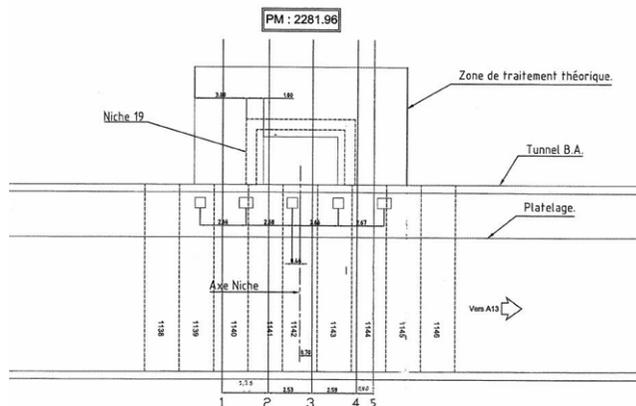
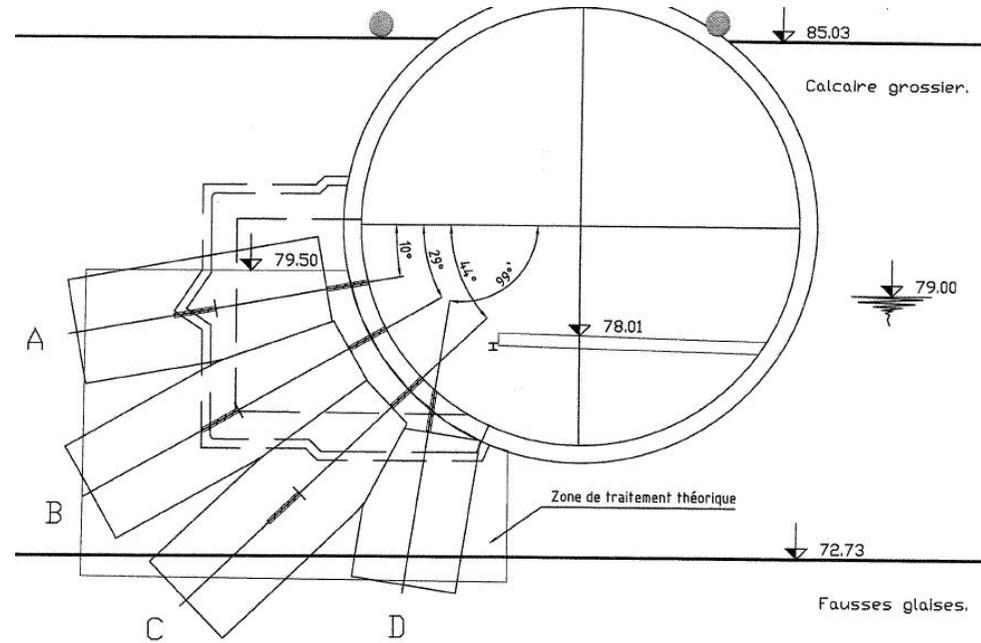
- Remplissage des vides éventuels derrière les voussoirs
- **280 m³ injectés** à la bentonite ciment / tous types de terrain
- Pression limitée à 3 bar derrière les voussoirs



TRAITEMENTS DE TERRAIN

Injections d'étanchement

- Etanchement par blocage des fissures
- **80 m³ injectés** au coulis fin (bento ciment + craie liquide) / terrains type I
- Traitement 1% volume en place



TRAITEMENTS DE TERRAIN

Boulons fibre de verre / voûtes parapluies

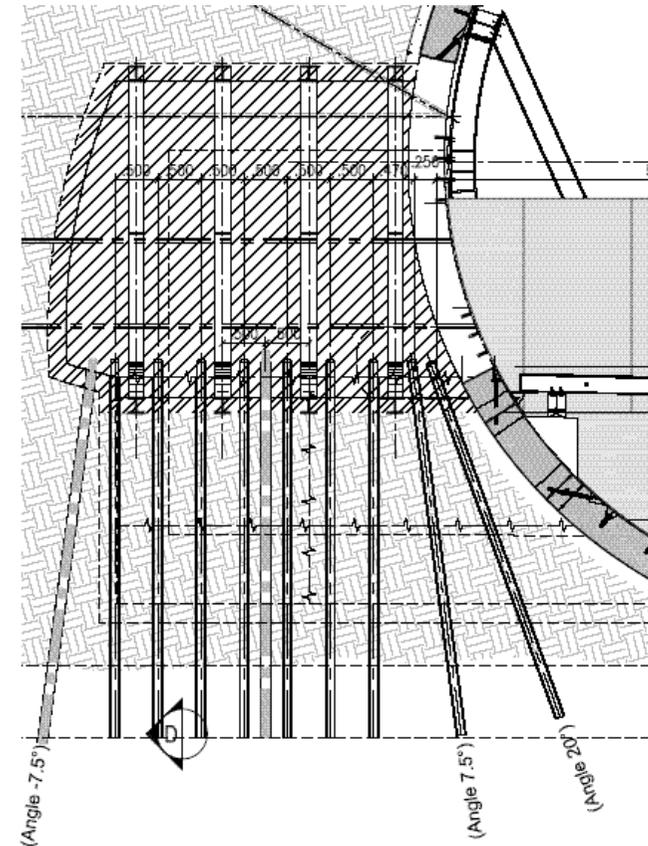
- Soutènement terrains pulvérulents (calotte + front)
- **Boulons fibre = 3050 ml**
- **Voûtes parapluies = 1710 ml**



TRAITEMENTS DE TERRAIN

Micropieux

- Assise voûte bétonnée en $\frac{1}{2}$ sup dans terrains pulvérulents
- **Micropieux = 970 ml** / terrains types II ou III (sables)



TRAITEMENTS DE TERRAIN

Rabattement de nappe

- Abaissement niveaux nappe sous radier niches
- **Forages = 480 ml**
- Terrains type II : sables d'Auteuil
- Type III : sables de Fontainebleau



PHASAGE en terrains type I

- **EXCAVATION 1/2 sup :**
- Découpe / démolition voussoirs
- Montage estacade (NSET)
- Cintres / Béton projeté



SOCATOP - Tunnel VL1
Niche 12 NSET
Sciage des voussoirs en partie basse.

B22 231104 310

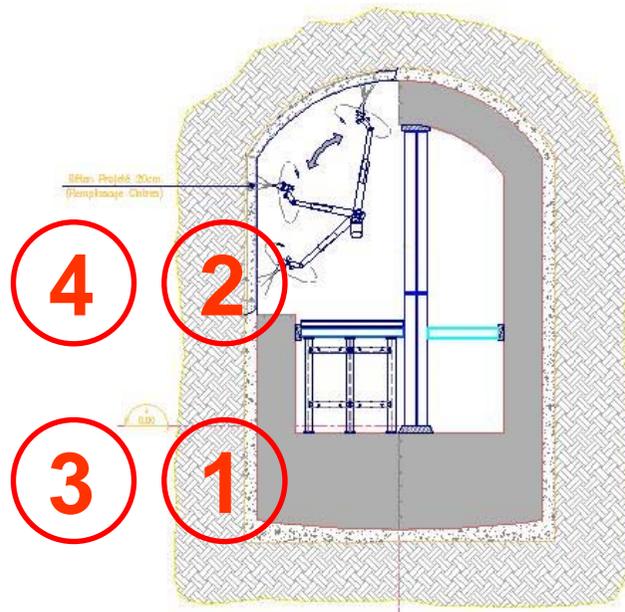


SOCATOP - Tunnel VL1
Estacade en place pour réalisation de la niche 22.

B18 150404 471

PHASAGE en terrains type II

- **CADRE** (cas des niches 5&7 dans les Argiles Plastiques) :
- Découpe / démolition voussoirs
- Montages estacade pour 1/2 sup
- Excavation : Cintres / Béton projeté
- Armatures / Coffrage / Bétonnage
- **→ A REALISER EN 4 PHASES**



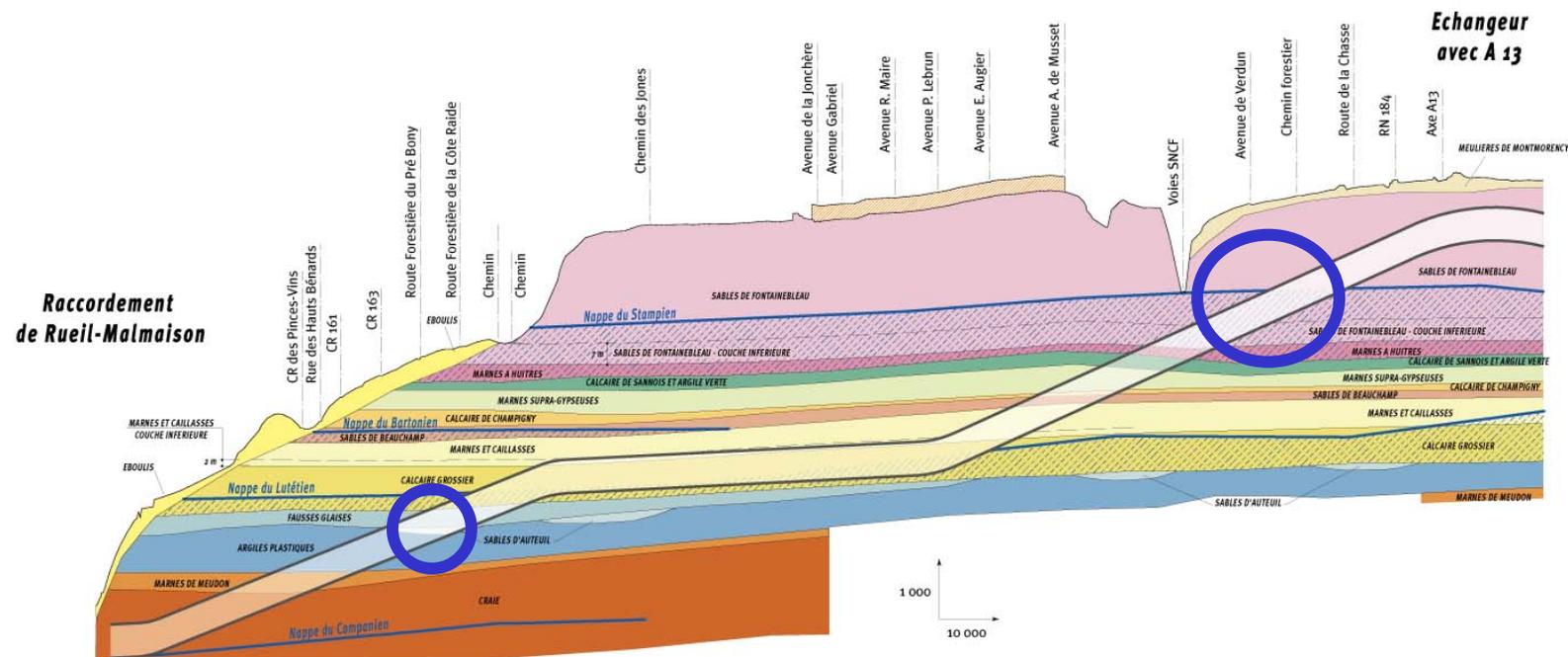
SOCATOP - Tunnel VL1

B23 310105 003

Niche 5 NSET. Réalisation en section divisée.

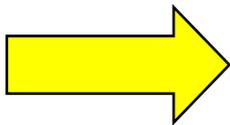
NICHES CONGELEES SUR LE TRONCON VL1

- 1 Niche dans les sables d 'Auteuil
- 4 Niches dans les sables de Fontainebleau



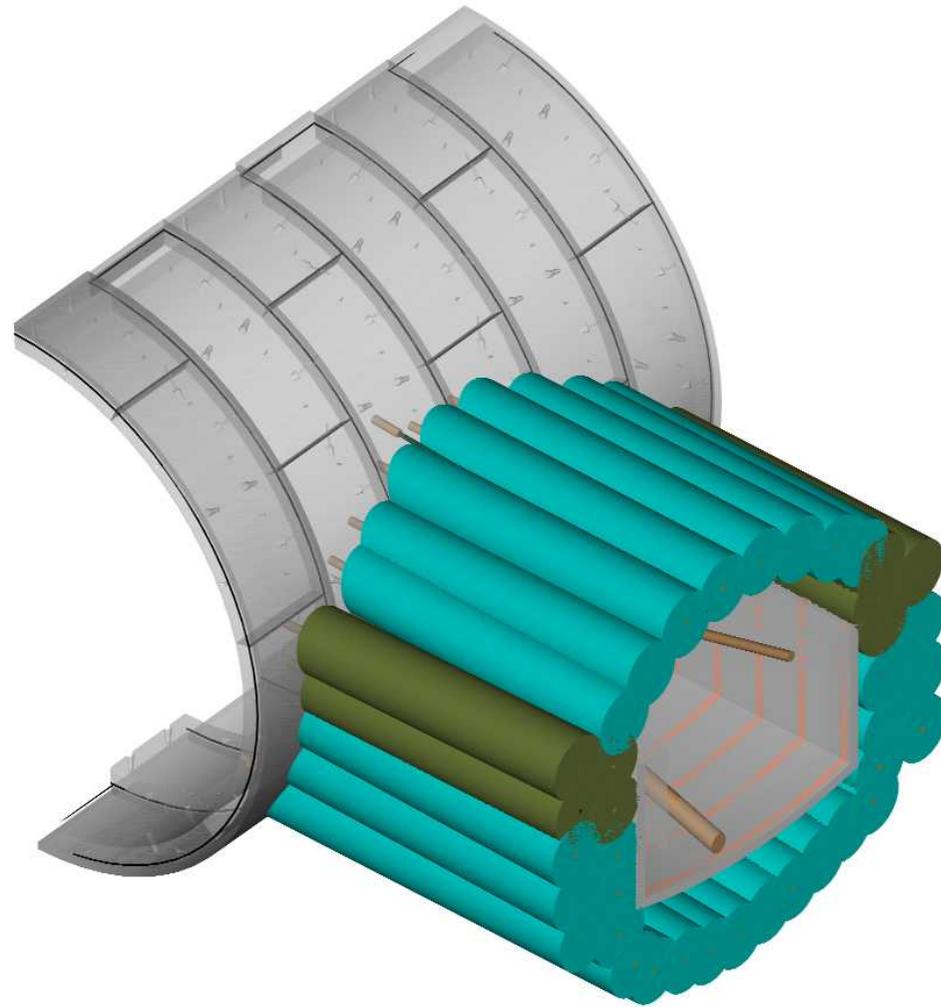
PROBLEMATIQUE

- **Environnement: Pas d'emprises disponibles en surface pour faire un traitement ou une substitution préalable**
 - **Géologie: Sables sous nappe non injectables (ou sous forte pression)**
 - **Interface : travaux à réaliser au droit de l'ouvrage (pression maxi admissible = 3 bar)**



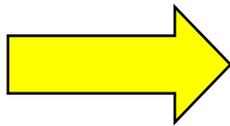
CONGELATION

FORAGES EN TUNNEL



PROBLEMATIQUE (2)

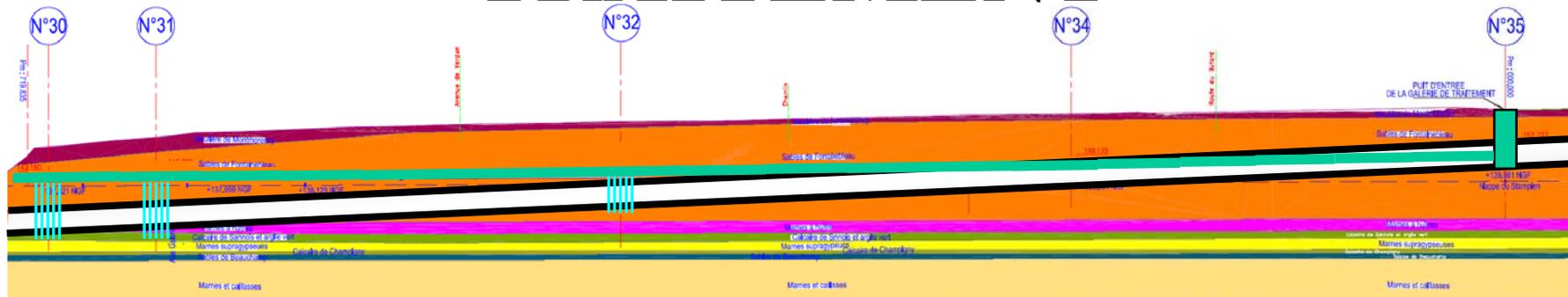
- **Géométrie : comment fermer l 'arrière des niches à congeler (à plus de 10 m du tunnel principal) ?**
- **Environnement : toujours pas de possibilité d 'emprise en surface (forêt « sensible »)**



Galerie de traitement :

faire une galerie de 700 m depuis nos emprises entre la surface et la zone à traiter pou accéder à l 'arrière des niches

LA GALERIE DE TRAITEMENT



- Creusement du puits de départ
- Creusement de la galerie dans les sables hors nappe
- Forages verticaux



SOCATOP - Galerie de traitement
Vue du front de taille et du bras excavateur
depuis le poste de conduite du tunnelier Bessac.

B21 131004 240

Congélation

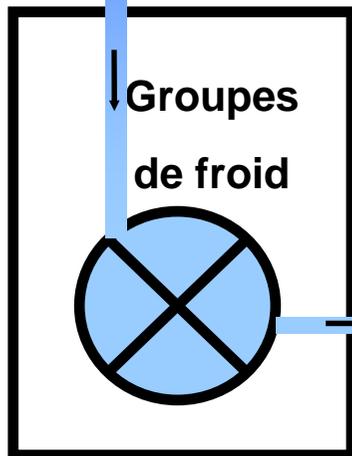
- **Galerie de traitement en cintres bois**



MISE EN OEUVRE

- Raccordement des forages au groupes de froid
- Échange thermique saumure/sole gorgée
- Niveau
- Mise en place de

groupes
dans le t



LES TECHNIQUES

- **Congélation**



Congélation

- **Mise en place circuit de congélation NSET29**



SOCATOP - Tunnel VL1
Niche 29 - Installation des
canalisations pour congélation.

B24 050405 215

Congélation

- **Travaux sur ND8**



SOCATOP - Tunnel VL1
Niche NDPO 8 B - Début du creusement
en terrain congelé.

B24 050405 161

Congélation

- **Sable d 'Auteuil isolé par la congélation**



SOCATOP - Tunnel VL1
Niche NDPO 8 B - Terrassement
de la première travée 1/2 sup.

B24 050405 168

QUELQUES CHIFFRES

- 450 forages réalisés sous sas
- 5500 mètres linéaires de forage
- 700 mètres de galerie provisoire de 3m50 de diamètre
- Puissance frigorifique des groupes de froid: 620 kW

1 an de travaux préparatoires avant la première mise en froid pour 1 an de travaux « congelés »

CONCLUSIONS

- Une diversité géologique maximale (pour la région parisienne)
- Une priorité donnée à la sécurité d 'exécution (minimiser les risques d 'accidents ou d 'incidents géologiques)
- Une volonté de moindre incidence sur l 'environnement

D 'où :

- Une analyse fine et au cas par cas des différents contextes rencontrés
- Le choix pour chaque problème d 'une solution spécifique et sûre
- Un recours à un très grand nombre des techniques de creusement existantes

Et :

- Une optimisation à faire pour VL 2 dans le respect des mêmes principes

RESULTAT FINI... un aperçu



SOCATOP - Tunnel VL1 B23 310105 032
Niche 23 NSET - Génie civil terminé.



SOCATOP - Tunnel VL1
Niche de désenfumage N°21 terminée.

B20 N21 170804 369

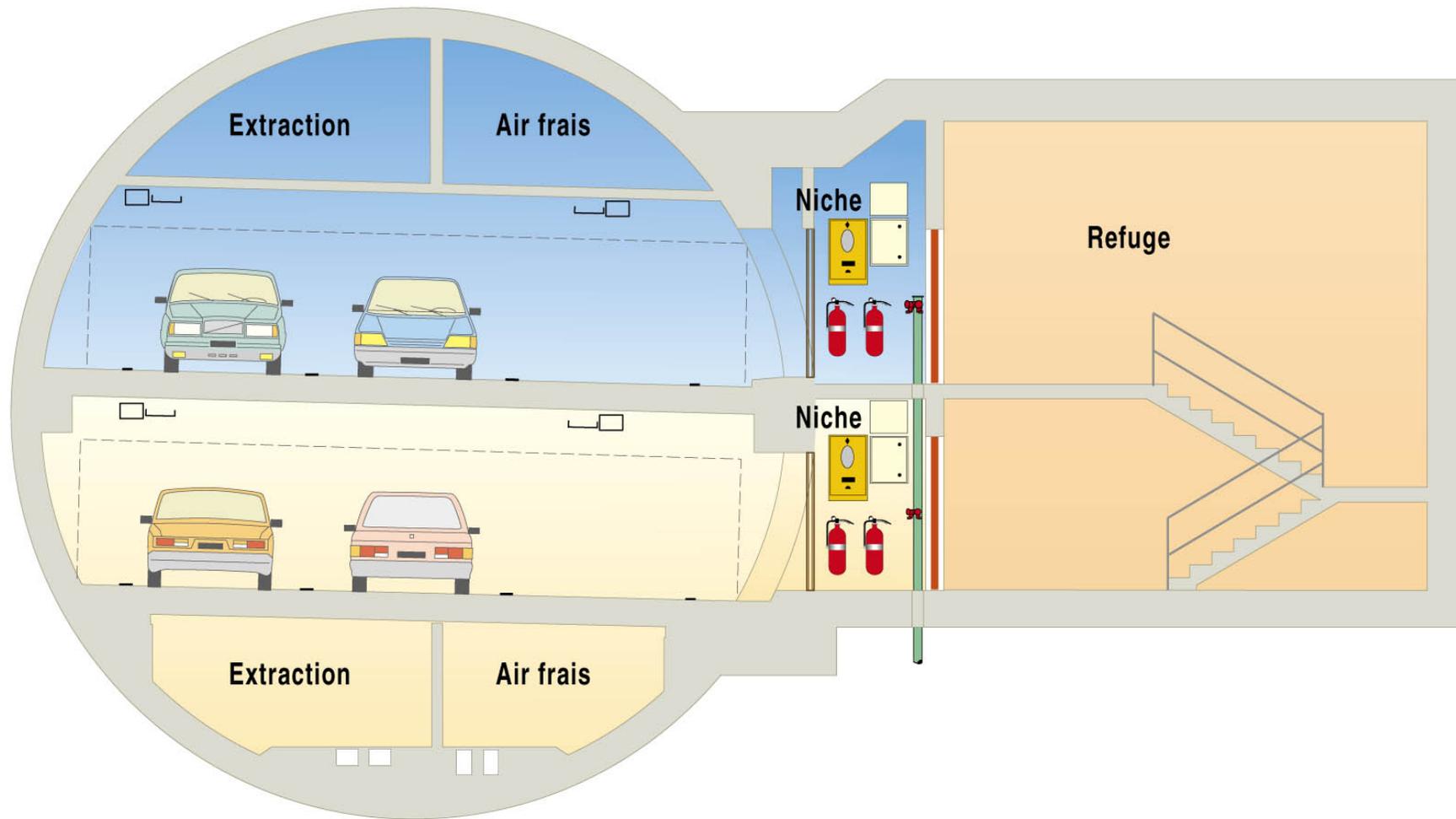
Les Structures internes

LES TECHNIQUES

- **LES STRUCTURES INTERNES :**
 - Des ateliers à 24 ml / jour
 - Béton auto plaçant, béton B50



COUPE TYPE DU TUNNEL EST (VL)





Structures internes : superposition des ateliers



Structures internes : radier et cloison basse



Structures internes :espace ventilation bas



Structures internes : foration pour scellements des aciers dans les voussoirs



Structures internes : rabotage zones des corbeaux



Structures internes : coffrage des corbeaux



Structures internes : coffrage dalle haute



Structures internes :cloison haute et espace ventilation haut



Structures internes : coulage dalle médiane



Structures internes : opération de bétonnage



CONCLUSION GENERALE

- Trois chantiers importants, novateurs et très techniques
- Un quatrième (Equipements) en cours de finitions.....
- Un ouvrage très original bientôt totalement en service.....en attendant le tunnel TT !

Merci de votre attention

