



Avant-projet du Maître d'Ouvrage des lignes 14 Nord, 16, 17 Sud

LIVRET

3

Les études d'avant-projet de la ligne 17 Sud sont cofinancées par le mécanisme pour l'interconnexion en Europe.



Cofinancé par l'Union européenne
Le mécanisme pour l'interconnexion en Europe

L'auteur de cette publication en est le seul responsable. L'Union européenne ne saurait être tenue pour responsable de l'utilisation qui pourrait être faite des informations qui y figurent.

Société
du Grand
Paris



Sommaire général

LIVRET 1

Introduction 2

1 Historique et caractéristiques principales du projet 3

- 1.1. Le Grand Paris Express 4
- 1.2. Le nouveau Grand Paris 5
- 1.3. Les lignes 14 Nord, 16 et 17 Sud 7
- 1.4. Les étapes franchies et à venir 9

2 Diagnostic transport des territoires concernés 11

- 2.1. Périmètre du projet 12
- 2.2. Territoires concernés 13
- 2.3. Enjeux en termes de déplacement 13

3 Définition du projet composé des lignes 14 Nord, 16 et 17 Sud 25

- 3.1. Les objectifs du projet 26
- 3.2. La concertation continue 26

LIVRET 2

4 Description du projet 3

- 4.1. Gares 4

LIVRET 3

- 4.2. Ouvrages souterrains et ouvrages annexes 4

LIVRET 4

- 4.3. Site de Maintenance d'Aulnay 4
- 4.4. Systèmes 16

5 Exploitation et Maintenance 89

- 5.1. Exploitation 89
- 5.2. Maintenance 97
- 5.3. Exploitation et maintenance de la ligne 14 Nord 104

LIVRET 5

6 Gestion environnementale du projet 3

- 6.1. Contexte réglementaire : Autorisation Unique (AU) IOTA 4
- 6.2. Principes directeurs de prise en compte de l'environnement 5
- 6.3. Enjeux environnementaux et mesures associées 8

7 Management et calendrier du projet 15

- 7.1. Organisation 16
- 7.2. Planification 23

8 Économie du projet 25

- 8.1. Coût de réalisation 26
- 8.2. Gestion des risques 29
- 8.3. Coût de fonctionnement de la ligne 16/17 sud 37
- 8.4. Acquisitions foncières 38

9 Opérations liées 39

- 9.1. Intermodalité 40
- 9.2. Interconnexions 41
- 9.3. Projets immobiliers connexes 42

10 Principes de financement 43

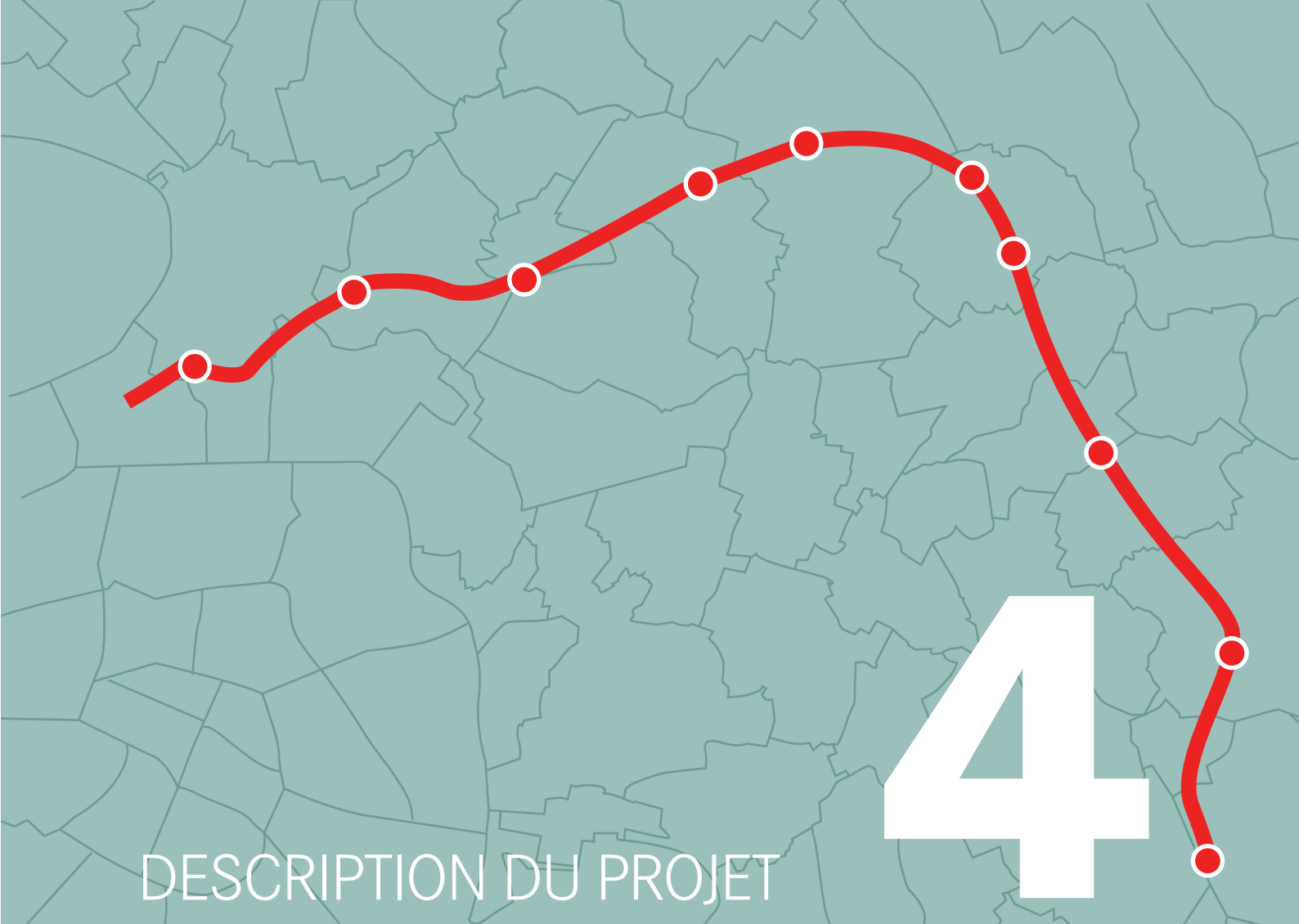
11 Évaluation de l'intérêt économique 44

- 11.1. Coûts du projet 45
- 11.2. Bilan quantitatif des effets socio-économiques des tronçons Saint-Denis Pleyel – Noisy Champs et Mairie de Saint-Ouen – Saint-Denis Pleyel 46
- 11.3. Conclusion 47

ANNEXES

12 Annexes 3

- 12.1. Pièces écrites 4
- 12.2. Pièces graphiques 40



DESCRIPTION DU PROJET

4

SOMMAIRE

4.2.	OUVRAGES SOUTERRAINS ET OUVRAGES ANNEXES	4
4.2.1.	Référentiel de conception des ouvrages	4
4.2.2.	Ouvrages souterrains et ouvrages spéciaux	11
4.2.3.	Anciennes carrières/Dissolution de gypse	19
4.2.4.	Bâti – Avoisinants	21
4.2.5.	Présentation générale des ouvrages annexes	62

GLOSSAIRE

129

4.2. Ouvrages souterrains et ouvrages annexes

4.2.1. Référentiel de conception des ouvrages

4.2.1.1. Programme fonctionnel pour la ligne 16 (Saint-Denis Pleyel – Noisy-Champs)

Le référentiel de conception des ouvrages se fonde sur le Programme fonctionnel des systèmes de la ligne rouge, Version 0.6 du 30 juillet 2013 qui conditionne le dimensionnement des gares, du tunnel, et des OA.

Ce Programme fonctionnel des systèmes est enrichi et précisé par un référentiel technique système issu des études d'avant-projet, intégrant notamment :

- Un Dossier d'Analyse Fonctionnelle, spécifiant les contraintes de tracé.
- Un Schéma des Infrastructures ferroviaires, présentant les hypothèses d'études relatives au Schéma des Infrastructures Ferroviaires (SIF) de la ligne Rouge du Grand Paris Express. Ce schéma fait notamment apparaître les Gares, Accès SMR, Accès SMI, Appareils de voie, Vitesses de circulation.
- Des Fiches de Locaux Techniques, spécifiant les fonctionnalités et caractéristiques techniques à intégrer dans les gares et les ouvrages : caractéristiques nécessaires d'un local pour répondre à une fonction spécifique (surface, volume, hauteur sous plafond, taille et nombre d'accès, climatisation...).
- Un dossier coupe tunnel, présentant les différents gabarits envisagés (coupe tunnel présentée par ailleurs dans le présent document).

Sur la base des évaluations infra et systèmes en cours d'avant-projet, de décisions partagées lors des comités tripartite entre la SGP, le STIF et la RATP-GI ou lors de comités techniques d'exploitation, des échanges lors des comités techniques de sécurité civile, la Société du Grand Paris a procédé à des arbitrages sur les décisions de conception nécessaires à la production des études infra et systèmes cohérentes, et, le cas échéant, permettant d'optimiser le coût de possession. A titre d'exemple, la décision du maître d'ouvrage d'équiper

les ouvrages de ventilation tunnel de by-pass moyennant un investissement conséquent permettra d'améliorer la durée de vie des ventilateurs, de diminuer les coûts de maintenance et de consommation d'énergie et de réduire les nuisances aux riverains.

Les documents de référence produits par la Maîtrise d'Œuvre Systèmes sont détaillés dans le Référentiel de Conception Systèmes Ligne 16. Ce document contient :

- les documents de référence génériques applicables à l'ensemble de la Ligne Rouge (LR) en fin de Projet (PRO) SYS-1 LR ;
- les documents spécifiques élaborés en avant-projet de la Ligne 16.

Les productions du Maître d'œuvre Systèmes sont :

- Les dossiers techniques issus de la phase avant-projet de la ligne rouge
- Le dossier projet de la ligne rouge comprenant notamment les éléments suivants :
 - Les spécifications techniques d'interface
 - Fiches d'interface (FI)
 - Les règles d'ingénierie (RI)
 - Les Fiches de Locaux Techniques (FLT)
 - Coupes fonctionnelles tunnel
 - Schémas unifilaires et plans d'implantation des Postes de redressement (PR) / Postes de sectionnement (PS)
 - Dossiers techniques par Groupe d'Ouvrage (GO)
- Fiches de Limites de Prestations (FLP) mises à jour
- Les dossiers techniques d'avant-projet spécifique à la ligne 16

4.2.1.2. Conception du tracé Ligne 14

Matériel roulant

Les principales caractéristiques du matériel roulant sont récapitulées dans le tableau suivant :

Caractéristiques principales	Valeur nominale	Valeur exceptionnelle
Roulement	Pneu	-
Conduite	Automatique	-
Vitesse de circulation (voie principale ou VP)	80 km/h	80 km/h
Vitesse de circulation (voie de manœuvre ou VM)	30 km/h	30 km/h
Vitesse de circulation (voie secondaire ou VS)	60 km/h	30 km/h
Longueur des trains	120 m	-
Longueur des voitures	15 m	-
Largeur des voitures	2,4 m	-

Figure 1 – Tableau : caractéristiques du matériel roulant ligne 14

Contraintes sur le tracé

- Paramètres de confort

Les principales caractéristiques vis-à-vis du confort des voyageurs pour la conception du tracé sont récapitulées dans le tableau ci-dessous :

	Valeur nominale	Valeur exceptionnelle
Accélération transversale non compensée maximale	0,883 m/s	non admise
Insuffisance de dévers l maximale	135 mm	Non admise
Dévers maximum (en mm) d	160 mm	Non admise
Variation du dévers maximale en fonction du temps	50 mm/s	60 mm/s
Gauche court (variation de dévers)	180/V limité à 2,25 mm/m	216/V limité à 3 mm/m
Jerk maximal	0,4 m/s ³	0,6 m/s ³
Variation de l'insuffisance de dévers en fonction du temps	≤ 60 mm/s	≤ 90 mm/s
Accélération verticale maximale	0.20 m/s	Non admise

Figure 2 – Tableau : principales caractéristiques de conception du tracé pour le confort du voyageur ligne 14

- Tracé en plan

Les critères géométriques à prendre en compte pour le tracé en plan sont récapitulés dans le tableau ci-dessous :

	Valeur nominale	Valeur exceptionnelle
Rayon minimal en VP	400 m	250 m
Rayon minimal en VM	250 m	150 m
Rayon minimal pour les autres voies	100 m	40 m
Voies en gare	En alignement	Non admis
Zone d'alignement de chaque côté de la gare	25 m	15 m
Longueur minimale développement courbe rayon constant (VP, VM)	20 m	15 m
Longueur minimale clothoïde (VP, VM)	20 m	10 m
Longueur minimale alignement entre courbe et contre courbe (VP, VM)	20 m	15 m
Longueur minimale entre fin de courbe et pointe d'aiguille appareil de voie (VP, VM)	15 m	10 m

Figure 3 - Tableau : critères géométriques à prendre en compte pour le tracé en plan ligne 14

- Profil en long

Les critères géométriques à prendre en compte pour le profil en long sont récapitulés dans le tableau ci-dessous :

	Valeur nominale	Valeur exceptionnelle
Pente maximale en alignement droit	40/1000	50/1000
Pente maximale avec courbe en plan, R en m	40/1000 – 800/R	50/1000 – 800/R
Rayon raccord déclivité en m (VP, VM) $R \geq V/12,96$	2500 m	500 m
Rayon raccord déclivité en m (VS, VA)	1000 m	500 m
Pente maximale en gare	0	2/1000
Pente maximale en VM et VS (hors voie de garage)	30/1000	50/1000
Pente maximale en voie de garage	20/1000	50/1000
Zone en palier ou pente constante minimale de chaque côté de la gare (pour tunnelier)	25 m	à étudier

Figure 4 - Tableau : critères géométriques à prendre en compte pour le profil en long ligne 14

4.2.1.3. Conception du tracé des lignes 16 et 17

Matériel roulant

Les principales caractéristiques du matériel roulant sont récapitulées dans le tableau suivant :

Caractéristiques principales	Valeur nominale	Valeur exceptionnelle
Roulement	Fer	-
Conduite	Automatique	-
Vitesse de circulation maximale (voie principale VP)	120 km/h	120 km/h
Vitesse de circulation (voie de manœuvre VM)	50 km/h	50 km/h
Vitesse de circulation (voie secondaire VS)	30 km/h	50 km/h (accès machine à laver)
Longueur des trains	54 m	-
Longueur des voitures	18 m	-
Largeur des voitures	2,8 m	-

4.2 – Figure 5 – Tableau : caractéristiques du matériel roulant lignes 16 et 17

Contraintes sur le tracé

- Paramètres de confort

Les principales caractéristiques vis-à-vis du confort des voyageurs pour la conception du tracé sont récapitulées dans le tableau ci-dessous :

	Valeur nominale	Valeur exceptionnelle
Accélération transversale non compensée maximale	0,883 m/s	non admise
Insuffisance de dévers l maximale	135 mm	Non admise
Dévers maximum (en mm) d	160 mm	Non admise
Variation du dévers maximale en fonction du temps	50 mm/s	60 mm/s
Gauche court (variation de dévers)	$\leq \min (180/V ; 2,25)$ mm/m	$\leq \min (216/V ; 3)$ mm/m
Jerk maximal	$\leq 0,40 \text{ m/s}^3$	$\leq 0,50 \text{ m/s}^3$
Variation maximale de l'insuffisance de dévers en fonction du temps	$\leq 60 \text{ mm/s}$	$\leq 75 \text{ mm/s}$
Accélération verticale maximale	$\leq 0,20 \text{ m/s}$	$\leq 0,40 \text{ m/s}$

4.2 – Figure 6 – Tableau : principales caractéristiques de conception du tracé pour le confort du voyageur lignes 16 et 17

- Tracé en plan

Les critères géométriques à prendre en compte pour le tracé en plan sont récapitulés dans le tableau ci-dessous :

	Valeur nominale	Valeur exceptionnelle
Rayon minimal en VP	600 m	300 m
Rayon minimal en VM	350 m	150 m
Rayon minimal pour les autres voies	150 m	Non admis
Voies en gare	En alignement	Non admis
Zone d'alignement de chaque côté de la gare	20 m	18 m
Longueur minimale développement courbe rayon constant (VP, VM)	20 m	Non admis
Longueur minimale clothoïde (VP, VM)	20 m	Non admis
Longueur minimale alignement entre courbe et contre courbe (VP, VM)	50 m	20 m
Longueur minimale entre fin de courbe et pointe d'aiguille appareil de voie (VP, VM)	20 m	Non admis

Figure 7 - Tableau : critères géométriques à prendre en compte pour le tracé en plan lignes 16 et 17

- Profil en long

Les critères géométriques à prendre en compte pour le profil en long sont récapitulés dans le tableau ci-dessous :

	Valeur nominale	Valeur exceptionnelle
Pente maximale en alignement droit	40/1000	50/1000
Pente maximale avec courbe en plan, R en m	40/1000 – 800/R	50/1000 – 800/R
Rayon raccord déclivité en m (VP, VM) $R \geq V/12,96$	5 600 m	2 500 m
Rayon raccord déclivité en m (VS, VA)	1000 m	Non admis
Pente maximale en gare	0	2/1000
Pente maximale en VM et VS (hors voie de garage)	30/1000	Non admis
Pente maximale en voie de garage	10/1000	30/1000
Zone en palier ou pente constante minimale de chaque côté de la gare (pour tunnelier)	25 m	à étudier 18 m (hypothèse Maître d'œuvre Infra.)

Figure 8 - Tableau : critères géométriques à prendre en compte pour le profil en long lignes 16 et 17

4.2.1.4. Étanchéité

L'étanchéité des tunnels est assurée par la mise en place de joints d'étanchéité entre voussoirs. Ils pourront être de type compressible associés à des joints hydro-expansifs. Le débit global d'infiltration dans le tunnel ne devra en aucun cas dépasser 300l/h/km en moyenne hebdomadaire.

Les interfaces entre le tunnel et les parois moulées des ouvrages traversés, entre le tunnel et les rameaux, entre les rameaux et les ouvrages annexes déportés et entre le tunnel et les ouvrages souterrains (partie souterraine de la gare de Saint-Denis Pleyel)

feront l'objet d'un traitement spécifique pour l'étanchéité (reprise d'étanchéité, utilisation d'un mortier de bourrage semi-inerte, joints hydroexpansifs avec béton et mortier polymérique ou SELA (Système d'Étanchéité Liquide Armé)).

L'étanchéité des parties souterraines creusées en méthode conventionnelle (tels que les rameaux) pourra être réalisée soit en extrados par un dispositif de type géomembrane, soit en intrados par un dispositif de type SELA (Système d'Étanchéité Liquide Armé).

4.2.1.5. Caractéristiques des tunnels au tunnelier

Les tunnels monotube des lignes 16 et 17 auront un diamètre fonctionnel de 8,50 mètres, prescrit par le référentiel système de la ligne rouge.

L'entraxe des voies est de 3,50 mètres. La distance entre le Zrail et le centre de la circonférence définissant les besoins fonctionnels est de 2,17 mètres. En dehors de cette circonférence, une tolérance de guidage de 10 cm est prise pour tenir compte des imprécisions dans la pose des voussoirs et dans la trajectoire du tunnelier. Un vide annulaire de 15 cm prenant en compte la surcoupe d'excavation nécessaire pour éviter que le bouclier reste coincé dans le terrain est prise à l'extrados du revêtement. Le revêtement lui-même aura une épaisseur de 40 cm.

Le diamètre d'excavation des tunneliers sera de 9,80 mètres.

Un grand nombre de réseaux et fourreaux devront être intégrés dans le béton de remplissage :

- collecteur de drainage et tuyaux de renvois depuis les cunettes ;

- regard de drainage ;
- multitubulaire HT ;
- multitubulaire courants faibles (Cfa) – Fibres optiques ;
- chambres de tirage pour câbles Haute Tension (HT) et câbles Cfa ;
- treillis soudés pour le drainage des courants vagabonds.

Pour ce qui concerne la ligne 14, la coupe fonctionnelle a été fournie par la RATP. Le diamètre fonctionnel est de 7,55 mètres. Cependant, le choix du diamètre d'excavation du tunnelier de la ligne 14 sera fait au démarrage de la phase projet.

L'entraxe des voies est de 2,90 mètres, la distance entre le Zrail et le centre de la circonférence définissant les besoins fonctionnels est de 2,46 mètres. La tolérance de guidage, l'épaisseur des voussoirs et le vide annulaire ont les mêmes dimensions que pour les autres lignes. Le volume du béton de remplissage a été optimisé compte tenu de l'absence d'équipements importants sous les voies, notamment le cheminement des câbles haute tension réalisé en voirie.

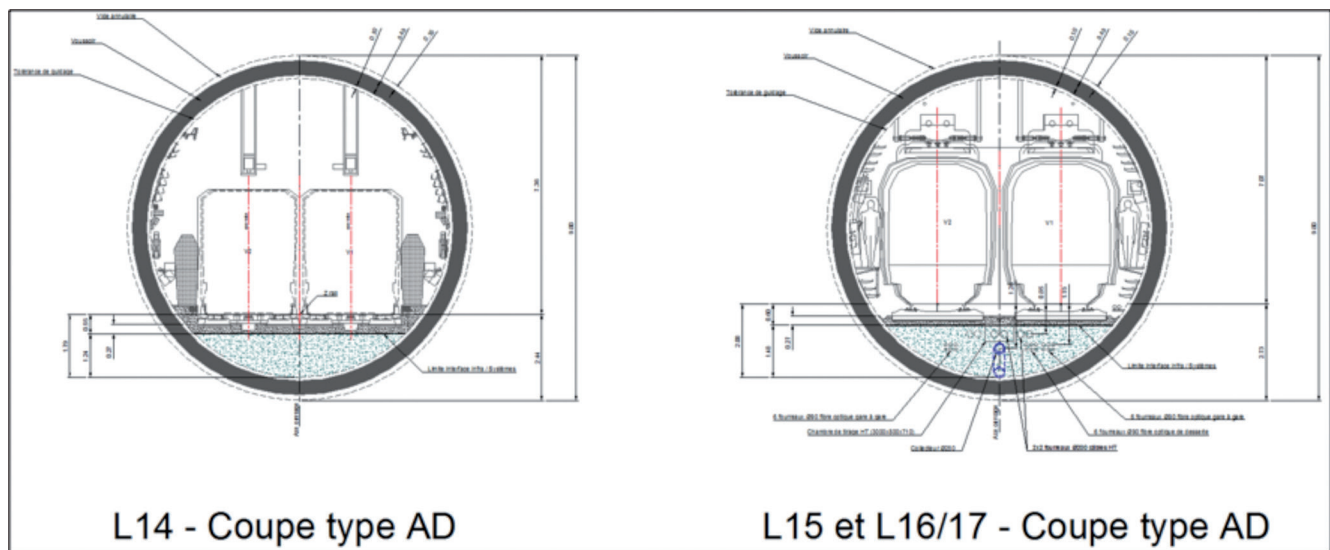


Figure 9 - Illustration: coupes tunnel monotube ligne 14, 16 et 16/17

Les tunnels bitube de la ligne 17 auront un diamètre fonctionnel de 6,50 mètres. La distance entre le Zrail et le centre de la circonférence définissant les besoins fonctionnels est de 1,88 mètre. En dehors de cette circonférence, une tolérance de guidage de 10 cm est prise pour tenir compte des imprécisions dans la pose des voussoirs et dans la trajectoire de la machine.

Un vide annulaire de 15 cm prenant en compte la surcoupe d'excavation nécessaire pour éviter que le bouclier reste coincé dans le terrain est prise à l'extrados du revêtement. Le revêtement lui-même aura une épaisseur de 35 cm. Le diamètre d'excavation du tunnelier sera de 7,70 mètres.

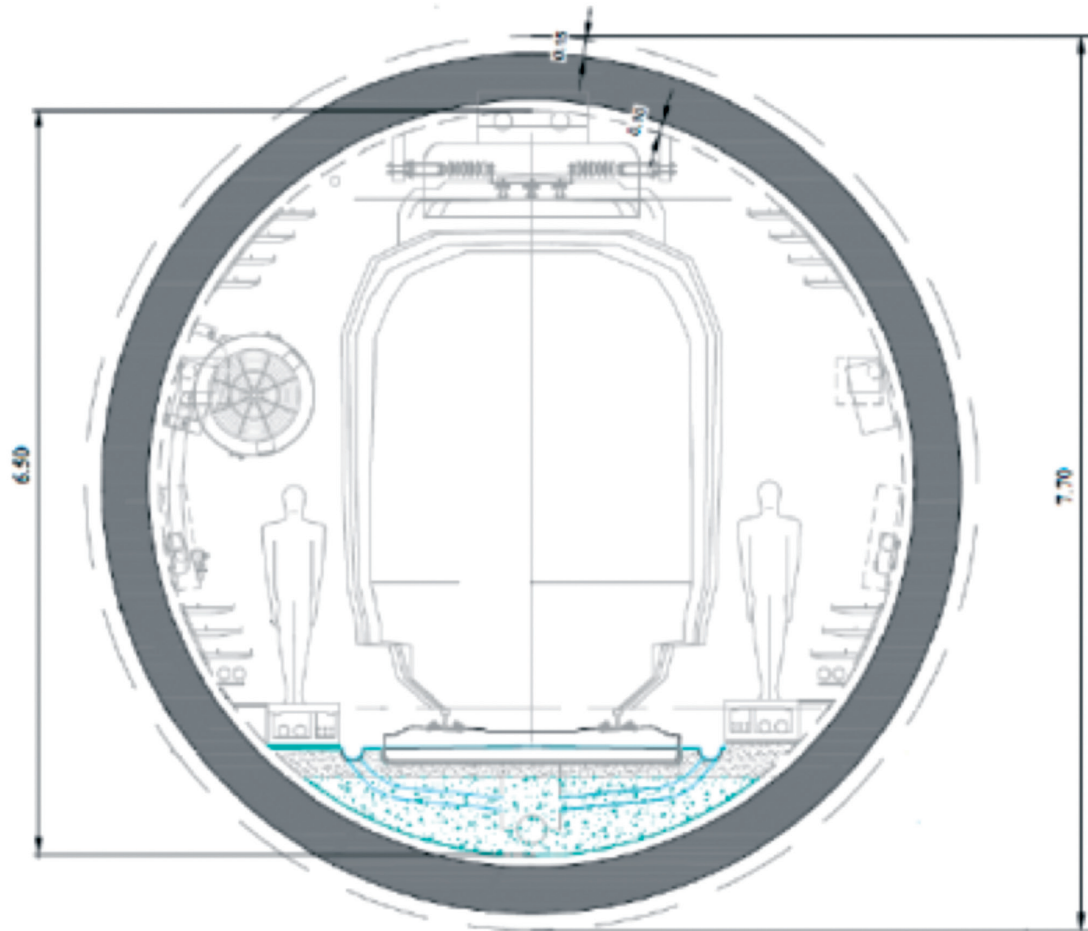


Figure 10 - Illustration: coupes tunnel bitube ligne 17

4.2.2. Ouvrages souterrains et ouvrages spéciaux

4.2.2.1. Description générale

- Description sommaire du tronçon 5a

Le synoptique ci-dessous présente les ouvrages du tronçon 5a :



Figure 11 – Représentation schématique des ouvrages du tronçon 5a le tronçon de ligne 15 traversant la gare de Saint Denis Pleyel est donné à titre informatif

La Ligne 14 relie le puits Cachin au puits 332 en passant par la gare Saint-Denis Pleyel, le tracé se développe sur 1 660 mètres répartis comme suit :

- 500 mètres de ligne entre le puits Cachin et la gare Saint-Denis Pleyel,
- 1 160 mètres correspondant à l'arrière-gare de Saint-Denis Pleyel.

Le tracé comporte trois puits d'accès pour les secours dont un en cours de construction dans le cadre du projet de prolongement de la ligne 14 entre Saint-Lazare et Mairie de Saint-Ouen (puits Cachin).

La Ligne 16/17 relie l'OA 330 à l'entonnement Ouest à l'intérieur duquel les lignes se séparent (O100P) en passant par les gares

Le tracé comporte sept puits d'accès pour les secours.

Saint-Denis Pleyel et La Courneuve « Six Routes », le tracé se développe sur 6 260 mètres répartis comme suit :

- l'arrière gare de la L16/17 sur 770 mètres entre l'OA 330 et la gare Saint-Denis Pleyel,
- 5 490 mètres de ligne entre la gare Saint-Denis Pleyel et l'arrière-gare de la gare Le Bourget RER.

Le tracé comprend également une voie de liaison entre les lignes 16/17 et la ligne 15. Cette voie de liaison permettra à des trains de travaux venant du site de maintenance des infrastructures d'Aulnay-sous-Bois d'accéder aux voies de la ligne 15 pour y assurer des opérations de maintenance. Elle se connecte à la ligne 15 dans un ouvrage d'entonnement mutualisé avec l'OA 330.

Intergares – L14		Longueur (m)
OA Cachin	Saint-Denis Pleyel	500 m
Saint-Denis Pleyel	OA 332	1 160 m

Figure 12 – Tableau : distances des intergares ligne 14

Intergares – L16-17		Longueur (m)
OA 330	Saint-Denis Pleyel	662 m
Saint-Denis Pleyel	La Courneuve « Six Routes »	3 105 m
La Courneuve « Six Routes » Routes »	0100P (entonnement Ouest)	2 285 m

Figure 13– Tableau : distances des intergares Ligne 16/17

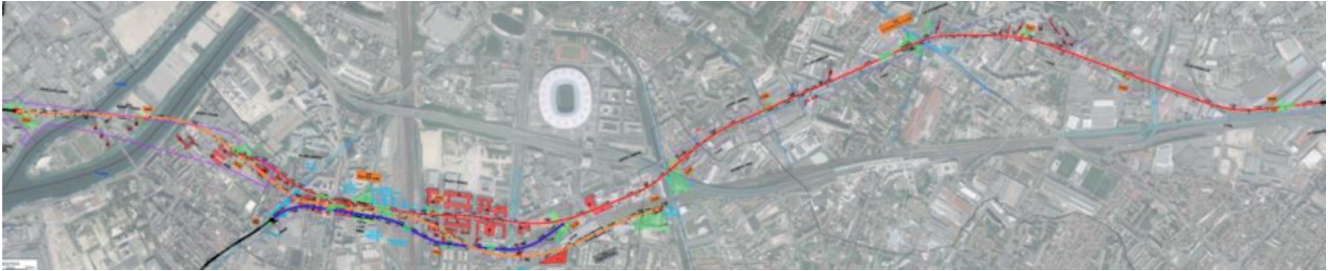


Figure 14– Cartographie : description en plan du tracé

- Description sommaire du tronçon 1

Le synoptique ci-dessous présente les ouvrages du tronçon 1

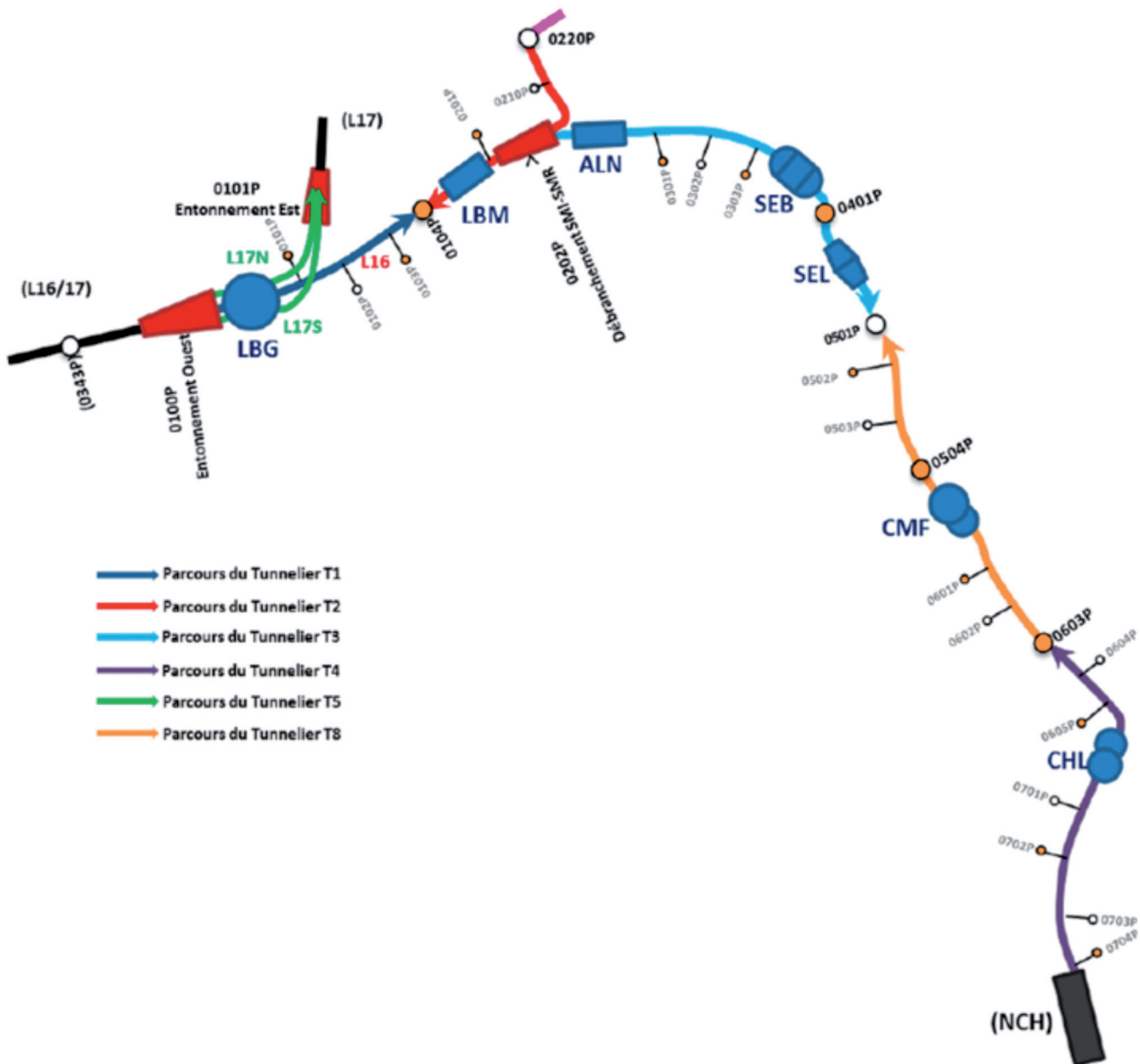


Figure 15 - Représentation synoptique du tronçon 1

Le tronçon T1 relie la gare de Le Bourget RER à la gare Noisy-Champs en desservant 6 gares, le tracé se développe sur près de 21,8 km d'infrastructures en ligne entre l'arrière-gare du Bourget et le tympan du débranchement est de la tranchée couverte de l'arrière-gare de la gare de Noisy-Champs.

Le tronçon T1 contient aussi la partie de la L17 se débranchant de la L16. La L17 se sépare en bitube de la L16 au sein du débranchement de l'arrière-gare de la gare du Bourget RER, appelé entonnement ouest, le bitube traverse la gare du Bourget RER puis le bitube se rejoint en un monotube après la gare du Bourget RER au sein de l'entonnement est. Entretemps le bitube sud de la L17 est passé au-dessus de la L16. Les tracés des L17N et L17S font chacun approximativement 1,5 km.

Enfin, le tronçon T1 contient également le raccordement de la L16 au site de maintenance d'Aulnay. Un monotube bivoie qui se débranche de la ligne classique L16 au sein de l'ouvrage 0202P, aussi appelé entonnement site de maintenance, parcourt 1,36 km

jusqu'à la transition tunnel/tranchée puis 480 m en tranchée jusqu'au site de maintenance situé en surface.

Nota : le tronçon T1 comprend en outre la section de la voie de raccordement de la L16 au site de maintenance d'Aulnay comprise entre le franchissement sous l'autoroute A104 et le site de maintenance.

Le tracé comporte 23 ouvrages annexes contenant des fonctions accès des secours et parfois ventilation tunnel.

Il comporte également 4 ouvrages spécifiques :

- les deux entonnements des lignes L17N et L17S, entonnement ouest et entonnement est ;
- l'entonnement site de maintenance;
- l'ouvrage 0220P qui sert d'ouvrage de démarrage au tunnelier creusant le raccordement entre la ligne 16 et le site de maintenance et donc de transition entre le tunnel et la tranchée.

Ces ouvrages servent également à l'accès des secours.

Intergares		Longueur (m)
Entonnement ouest	Le Bourget RER	297 m
Le Bourget RER	Le Blanc-Mesnil	3 369 m
Le Blanc-Mesnil	Aulnay	1 954 m
Aulnay	Sevran-Beaudottes	2 865 m
Sevran-Beaudottes	Sevran-Livry	1 421 m
Sevran-Livry	Clichy-Montfermeil	3 780 m
Clichy-Montfermeil	Chelles	4 064 m
Chelles	Arrière-gare Noisy-champs	3 421 m

Figure 16 – Tableau : distances des intergares

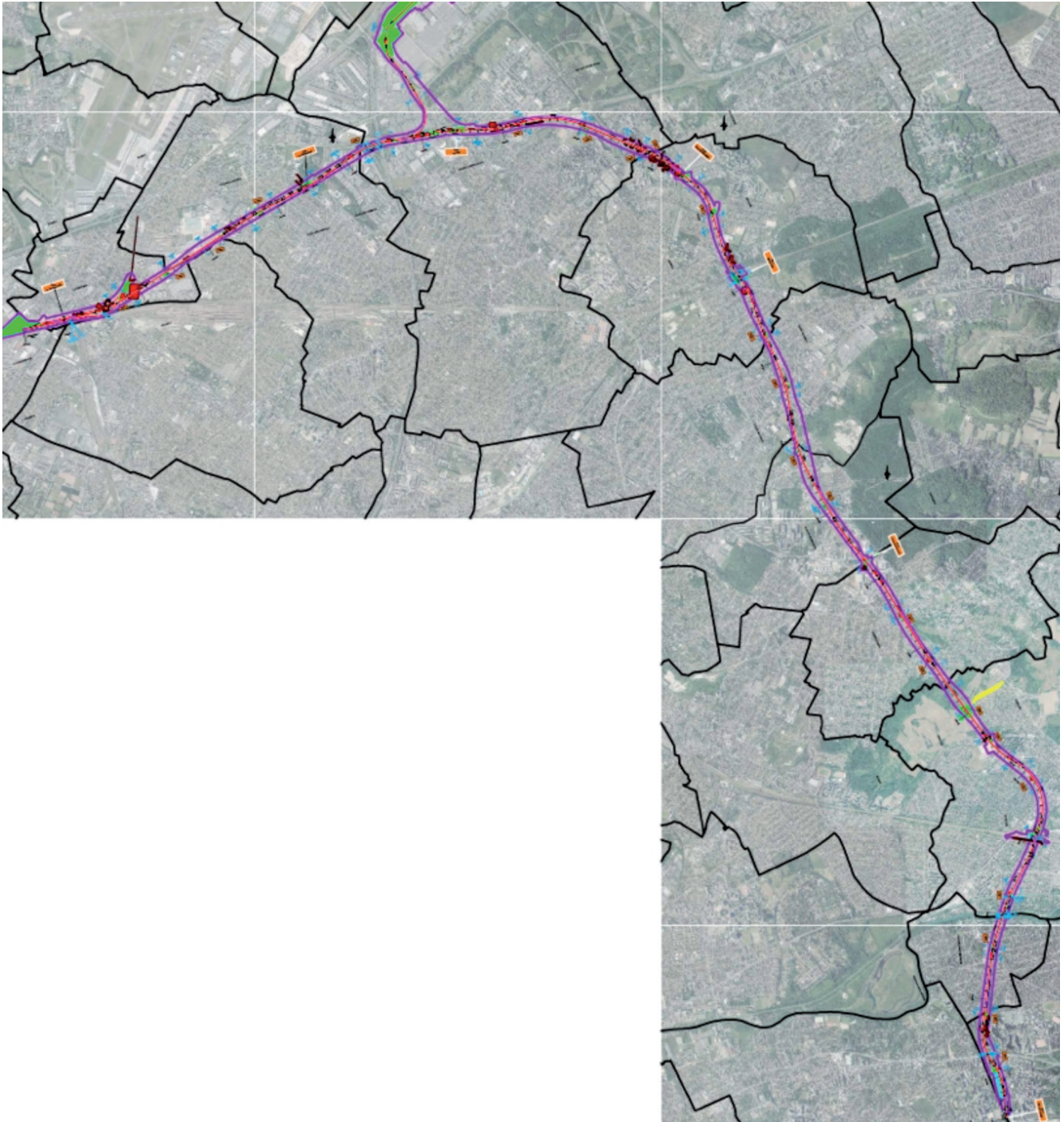


Figure 17 – Cartographie : description en plan du tracé

4.2.2.2. Contexte géologique et hydrologique

- Contexte géologique

Les lignes 16, 17 Sud et 14 Nord Sud étant implantées dans le milieu souterrain pour la quasi-intégralité de leur linéaire, elles sont soumises à des contraintes spécifiques principalement liées à la nature des formations géologiques traversées.

Le projet est implanté dans la série sédimentaire tertiaire du Bassin de Paris et sous les dépôts superficiels, notamment alluvionnaires, du Quaternaire. Cette série tertiaire comprend essentiellement des terrains de l'Eocène moyen et supérieur (Lutétien à Priabonien) et de l'Oligocène inférieur (Rupélien).

Des dispositions constructives spécifiques ont été adoptées de sorte à limiter les impacts aussi bien en phase travaux qu'en phase d'exploitation. Le tracé du tunnel en plan et son profil en long a été dicté par les contraintes superficielles et souterraines d'origine naturelle ou anthropique. Les principales contraintes sont les suivantes :

- La géologie : la présence de zones gypseuses, de faciès argileux ;
- La présence de structures enterrées : fondations profondes, réseaux (assainissement eau potable, gaz, hydrocarbures), sous-sols ;
- La localisation des gares, ouvrages annexes en surface dont le droit d'accès et l'implantation ont été discutés et validés avec les communes ;

Le tracé du tunnel a été calé de manière à éviter le plus possible les interactions avec l'existant.

- Contexte géotechnique

Les études géotechniques sont régies par la norme NF P 94-500 de décembre 2013 relative aux missions d'ingénierie géotechnique. Cette dernière détermine, selon la phase du projet, les objectifs à atteindre pour les ouvrages géotechniques, le niveau de management du risque géotechnique, et les prestations d'investigations géotechniques à réaliser. Quatre missions géotechniques sont à mener, chacune se basant sur des campagnes de reconnaissances en phases études, pour la phase travaux des campagnes de reconnaissances peuvent être à réaliser mais sont en général extrêmement réduites (survenance d'un aléa). Elles accompagnent la conception, le dimensionnement et la réalisation des ouvrages et la définition de leurs méthodes d'exécution :

Les missions en phase études :

- La mission G1 couvrant la phase préliminaire, dans ce cadre la Société du Grand a commandé une première campagne de reconnaissances dénommée G11 (ancienne appellation de la norme de novembre 2006), couvrant l'intégralité du RTPGP, qui s'est déroulée entre 2012 et 2013.
- La mission G2 couvrant les phases de conception d'avant-projet et projet, dans ce cadre, deux campagnes de reconnaissances ont été commandées par la Société du Grand

Paris, dénommées respectivement G12 (avant-projet) et G2 (projet). La campagne G12 s'est déroulée entre 2013 et 2015 pour l'ensemble du RTPGP, la campagne G2 a commencé en 2015 et se poursuit en 2016 pour la ligne 16-17.

L'organisation mise en place autour de ces missions est la suivante :

Campagnes de reconnaissance G11 et G12, elles ont été définies par l'Assistant à maîtrise d'ouvrage Géotechnique en regard du projet, qui a dimensionné, suivi et validé ces campagnes de reconnaissances afin d'assurer un niveau de qualité satisfaisant pour les études de conception. Les paramètres géotechniques retenus pour le dimensionnement de l'infrastructure ont fait l'objet de plusieurs discussions entre les spécialistes de l'AMO géotechnique et du maître d'œuvre, afin d'obtenir un avis partagé sur les données d'entrée : double regard.

Campagne de reconnaissances G2, elle a été définie par le maître d'œuvre, suivie et validée par l'Assistant à maîtrise d'ouvrage Géotechnique, le même processus de double regard a été mis en place afin d'obtenir un dossier partagé sur les données d'entrée et les paramètres à retenir dans le dimensionnement des ouvrages.

Les missions en phase travaux :

- La mission G3 d'études et suivi géotechnique de réalisation, à la charge des entreprises qui réaliseront les travaux.
- La mission G4 de supervision géotechnique d'exécution, cette mission est confiée au maître d'œuvre et reste à la charge de la maîtrise d'ouvrage.

Au total sur la ligne 16-17, toutes campagnes confondues, ont été réalisés à début juin 2016 :

- 278 sondages carottés avec prélèvements d'échantillons pour essais en laboratoire (9 sondages carottés restent à réaliser),
- 278 sondages avec essais pressiométriques,
- 295 sondages destructifs (16 sondages destructifs restent à réaliser),
- Et 2 sondages CPT,

Soit 853 sondages sur les 882 sondages à réaliser et ce sur 25 km.

La profondeur moyenne atteinte est de 45 m, la profondeur maximale de 90 m. En moyenne l'espacement des sondages est de l'ordre de 35 à 40 m sur le linéaire tunnel, et sur les gares le nombre de sondages est compris entre 20 et 30, selon le contexte géologique et hydrogéologique rencontré.

La quantité, la profondeur et la localisation de tous ces sondages, ainsi que la nature et le nombre des essais de laboratoire, ont été adaptés en fonction du contexte pressenti au démarrage des campagnes et des résultats des sondages au fur et à mesure.

En effet, les informations recueillies lors de l'exécution des sondages, l'examen des carottes (conservées pendant toute la durée du projet), ainsi que les essais de laboratoire destinés à préciser les caractéristiques mécaniques des terrains rencontrés, sont suivis en temps réel. Ceci afin de modifier, adapter chaque campagne en cours de réalisation ou la suivante.

Alors que les campagnes G1 et G2 en phase avant-projet ont pour objectif la définition du modèle géologique, géotechnique et hydrogéologique ainsi que la finalisation du tracé, la campagne G2 phase projet constitue un approfondissement des précédentes, qui en plus de resserrer la maille des sondages, vise à répondre à des questions précises soulevées par la mise au point des méthodes d'exécution envisagées. Dans ce cadre il a été jugé nécessaire, de compléter ces campagnes par la réalisation de puits et de galeries de reconnaissance en vraie grandeur afin de juger du comportement en grand des terrains face aux méthodes envisagées, de leur faisabilité et des mesures d'accompagnement (traitements de terrain) éventuellement exigées pour assurer la sécurité de ces méthodes. Un puits de reconnaissances est à venir, il se situe à Aulnay-sous-Bois sur l'emprise de la future gare et permettra de tester les Sables de Beauchamp, et notamment les différentes techniques de confortement dans cet horizon.

La mission G3, placée sous la responsabilité de l'entrepreneur en charge des travaux a pour objet de permettre « de confirmer le modèle géotechnique retenu pour la conception des ouvrages. En cas de rencontre de conditions géotechniques ou de comportement des ouvrages géotechniques en cours de réalisation significativement différents de ceux prévus mais identifiés comme risques possibles, ce suivi permet d'adapter ou de modifier la partie correspondante de l'ouvrage géotechnique concerné selon les mesures correctives prédéfinies ».

Toutes les reconnaissances qui seront jugées nécessaires seront menées, dès lors qu'il s'agit de la sécurité des riverains et du chantier.

La mission géotechnique G4 de supervision géotechnique est à la charge du maître d'ouvrage et assurée par le maître d'œuvre, elle permet d'assurer la supervision des études d'exécution de la mission G3 ainsi que le suivi d'exécution en organisation des interventions périodiques et discontinues sur le chantier, cette mission permet de contribuer à la maîtrise des risques géotechniques en assurant une supervision du suivi de l'entrepreneur en vérifiant adéquation du comportement sur site avec le comportement prévu.

A noter que la Société du Grand Paris a organisé un double regard sur ces missions G3/G4 par l'attribution d'un marché spécifique d'assistance à maîtrise d'ouvrage en géotechnique en phase travaux, qui donnera un avis sur les grands sujets géotechniques rencontrés : notes d'hypothèses générales avec la définition des paramètres géotechniques retenus, adaptation de méthodes constructives majeures, interactions avec des existants par exemple.

Ce dispositif global participera à la maîtrise des risques géotechniques et au suivi de leurs effets.

- Tronçon 5a

Le tronçon T5a est implanté dans la série sédimentaire tertiaire du cœur du Bassin de Paris et sous les dépôts superficiels, notamment alluvionnaires, du Quaternaire. Cette série tertiaire comprend essentiellement des terrains de l'Eocène moyen (Calcaire Grossier à Sables Verts et Marnes à Pholadomyes).

Le profil en long géologique montre une géométrie d'ensemble tabulaire affectée d'ondulations tectoniques de très faible amplitude à l'exception du pli relativement marqué observé à l'ouest de la gare Saint-Denis-Pleyel.

D'après les données cartographiques issues de la base Infoterre du BRGM, l'aléa retrait-gonflement des argiles en surface est principalement moyen (formations tertiaires) à faible (alluvions modernes), voire nul (alluvions anciennes).

Aucune cavité notable (carrières incluses) n'est recensée dans l'environnement du tronçon T5a d'après le site Infoterre du BRGM. Quelques rares effondrements sont en revanche répertoriés. Ceux-ci peuvent être reliés à des phénomènes de dissolution du gypse comme il a été détecté au niveau de quelques sondages. Ce risque a priori réduit le long du tronçon T5a du fait de l'absence de zones riches en gypse (notamment sous forme de lentilles massives) n'est cependant pas à écarter et a fait l'objet d'études spécifiques (campagne G2).

À l'échelle du tracé du T5a qui intéresse les séries allant du Quaternaire à l'Eocène, trois grandes unités aquifères peuvent être distinguées :

- les nappes des alluvions :
 - la nappe d'accompagnement de la Seine présente au niveau de la ligne 15 ;
 - les alluvions modernes (Am) présentes sur de faible épaisseur à quelques endroits ;
- la nappe des Sables de Beauchamp (Bartonien), au sens large, contenue dans l'ensemble formé par le Calcaire de Saint-Ouen (SO) et les Sables de Beauchamp au sens strict (SB) ;
- la nappe de la partie inférieure de l'Eocène moyen et de l'Eocène inférieur abritée par les formations lutétiennes et Yprésiennes : Marnes et Caillasses (MC), Calcaire Grossier (CG) et formations immédiatement sous-jacentes. Elle admet comme substratum, soit les Fausses Glaises (FG) quand elles sont suffisamment peu perméables soit, et de manière plus générale, l'Argile Plastique (AP) qui forme un niveau à la fois continu et imperméable à l'échelle régionale.

Pour le tronçon T5a, un horizon argileux présent dans les Sables de Beauchamp est décrit le long du tronçon mais pas de manière systématique, et en position stratigraphique variable. L'aquifère se trouve alors scindé en deux parties. Cette particularité lithologique intéresse toutes les gares, mais aussi une grande partie de la section courante du tronçon.

- Tronçon 1

Le tronçon T1 est implanté dans la série sédimentaire tertiaire du Bassin de Paris, au sein des terrains de l'Eocène moyen et supérieur (Lutétien à Priabonien) et de l'Oligocène inférieur (Rupélien). Les terrains de l'Eocène inférieur (formations de l'Yprésien) sont situés à une profondeur importante dans ce secteur et ne sont pas directement concernés par le projet. Des formations quaternaires naturelles (alluvions, limons des plateaux

(?), colluvions et autres dépôts de pentes) ou anthropiques (remblais) recouvrent irrégulièrement la série tertiaire.

Le tronçon T1 recoupe quatre domaines géomorphologiques bien distincts : depuis l'ouest jusqu'au Sud, on identifie la Plaine de France (de la gare du Bourget à un peu au-delà de la gare de Sevrans-Livry), la butte (ou plateau) de Clichy, la vallée de la Marne (de part et d'autre de la gare de Chelles) et le rebord nord du vaste plateau briard (parfois dénommé plateau de Noisy-Champs dans ce qui suit).

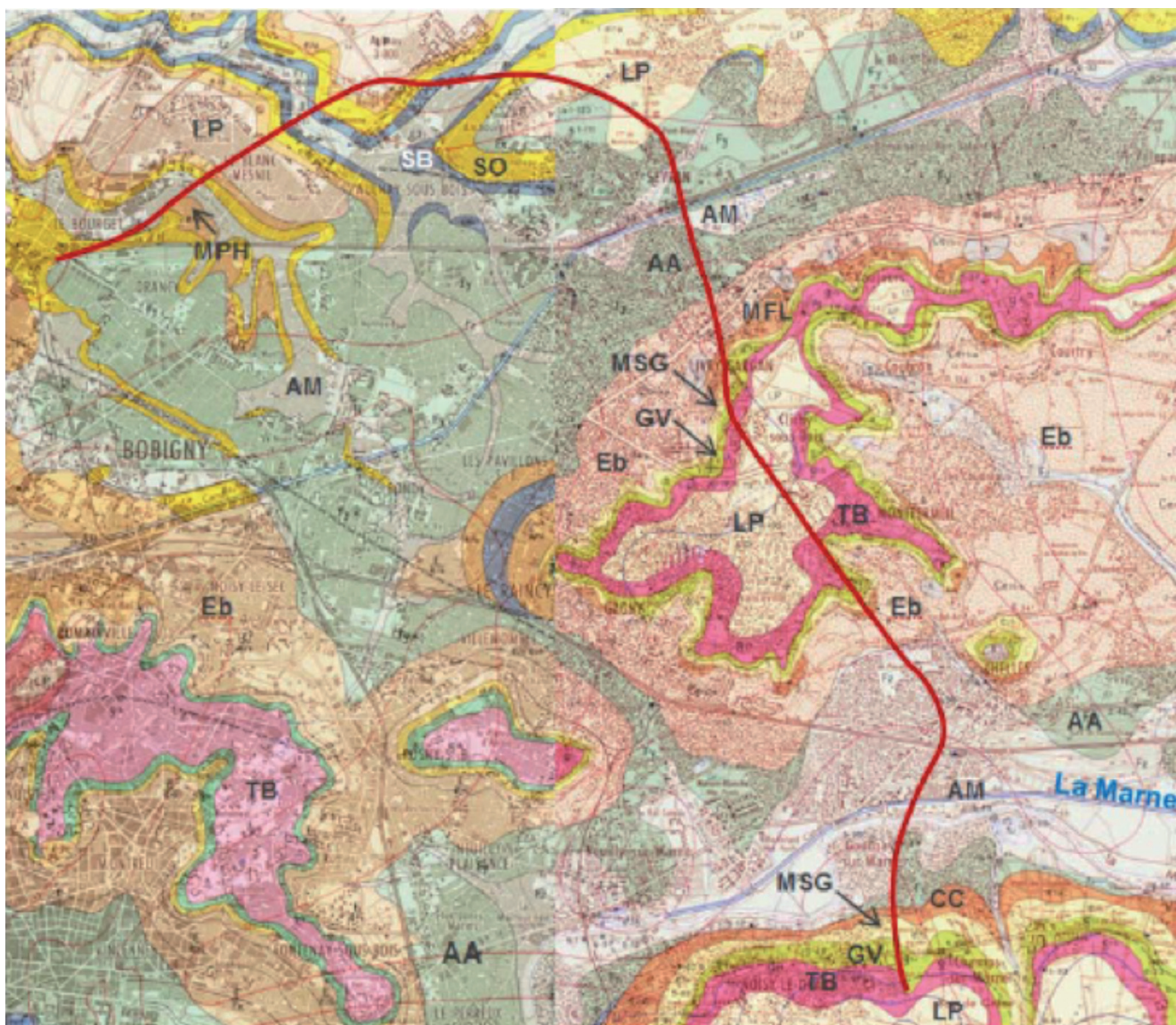


Figure 18– Cartographie : implantation du projet sur fond de plan géologique

L'hydrogéologie de la région parisienne est marquée par l'alternance de terrains de nature variée et de perméabilité contrastée où s'individualisent plusieurs systèmes aquifères. Certains de ces niveaux présentent par ailleurs des variations latérales de faciès ou des hétérogénéités locales liées à leur état de fracturation/altération ou encore à des figures de dissolution

du gypse qui conditionnent leur perméabilité et modifient le schéma hydrogéologique général.

A l'échelle du tracé T1 qui intéresse les séries allant du Quaternaire à l'Eocène, cinq grandes unités aquifères peuvent être distinguées :

- la nappe d'accompagnement de la Marne contenue dans les Alluvions anciennes (Aa). Elle est présente sur les secteurs de Chelles et Gournay-sur-Marne où le projet passe sous la Marne et le canal de Chelles. La gare de Chelles sera d'ailleurs implantée dans les alluvions qui reposent sur l'Eocène supérieur ;
- la nappe du Sannoisien supérieur (Oligocène) contenue dans le Calcaire de Brie (TB), délimitée à sa base par le niveau imperméable des argiles vertes (GV). Elle n'est présente ici que sur la butte de Clichy-sous-Bois – Montfermeil ;
- la nappe du Calcaire de Champigny (CC) qui correspond à un faciès de substitution des Masses et Marnes du Gypse (MFL) caractéristique de l'est Parisien. Elle n'est concernée par le projet que sur l'extrémité est du tracé, au niveau de Champs-sur-Marne ;
- la nappe du Bartonien (partie supérieure de l'Eocène moyen) qui réunit le Calcaire de Saint-Ouen (SO) et les Sables de Beauchamp (SB) ;
- la nappe de la partie inférieure de l'Eocène moyen et de l'Eocène inférieur abritée par les formations lutétiennes et yprésiennes : Marnes et Caillasses (MC), Calcaire Grossier (CG) et formations immédiatement sous-jacentes. Elle admet comme substratum, soit les Fausses Glaises (FG) quand elles sont suffisamment peu perméables soit, et de manière plus générale, l'Argile Plastique (AP) qui forment un niveau à la fois continu et imperméable à l'échelle régionale.

Des lithologies ou faciès particuliers sont régulièrement distingués dans les différentes formations du profil en long géologique, il s'agit notamment des lentilles de gypse massif très développées dans les Marnes et Caillasses du secteur de

Sevrans ou le faciès basal plus rocheux des Marnes et Caillasses. De manière plus ponctuelle, la présence de bancs rocheux durs rencontrés en sondage ou au contraire de passes non récupérées (lavage ou vrai vide) sont reportées sur le profil en long. Le faciès argilo-marneux des Sables de Beauchamp a fréquemment été décrit en sondage mais à la lumière des diagraphies gamma-ray réalisées en sondages, ce faciès apparaît souvent difficile à individualiser et n'a pas été représenté sur le profil en long en dehors des coupes de sondages d'autant que la continuité de ce faciès d'un sondage à l'autre est hypothétique.

Les principales incertitudes identifiées au stade avant-projet le long du tronçon T1 sont :

- les incertitudes propres aux risques liés à la présence/dissolution de gypse notamment dans les Marnes et Caillasses et les Masses et Marnes du gypse. Elles concernent principalement le secteur de Sevrans (présence de vides et fontis), les versants de la butte de Clichy (forte altération des Masses et Marnes du gypse) et la vallée de la Marne (déstructuration/dissolution) ;
- la présence de blocs durs notamment dans les Sables de Beauchamp en Plaine de France ;
- la présence de matériaux fins et/ou argileux notamment au sein des Sables de Beauchamp et des Marnes Supragypseuses (MSG) ;
- la présence de carrières notamment sur les versants nord et sud du plateau de Clichy où d'anciennes carrières ont été répertoriées ;
- le phénomène de retrait-gonflement des argiles qui concerne principalement les Glaises Vertes (au droit du plateau de Clichy et du plateau briard).

4.2.3. Anciennes carrières/Dissolution de gypse

Dès la phase conception, le parti est pris de supprimer au maximum le risque lié aux anciennes carrières en les contournant ou en s'en éloignant au maximum. La Société du Grand Paris a appliqué ce principe sur l'ensemble du tracé lorsque cela était compatible avec les objectifs de desserte du projet.

Le tracé des Lignes 16, 17 Sud et 14 Nord ne rencontre aucune carrière répertoriée par l'Inspection générale des carrières (IGC), ni aucune cavité recensée par la base de données BDCavité. Néanmoins, certaines carrières ou cavités répertoriées sont situées dans le fuseau d'étude.

Ainsi, d'anciennes carrières sont présentes sur les communes de Chelles, Clichy-sous-Bois (5 cavités sur ces communes dont une seule dans le faisceau d'étude, la cavité dite de Montagne du Fort à Chelles) ainsi que de Saint-Ouen.

Des carrières de gypse en cours d'exploitation sont également répertoriées à proximité : la Carrière Leclair (Clichy-sous-Bois),

la Carrière Rabourdi (Livry-Gargan) et la Carrière Aubry (Livry-Gargan).

Avec les mesures d'évitement et de réduction d'impact mises en place (suivi des déformations ; renforcement de bâti si dépassement des seuils de suivis ; injection ou comblements possibles) puis complétées si nécessaire (reprise en sous-œuvre des bâtis ou voiries impactés, confortement par injection des zones de faiblesse rencontrées), les impacts résiduels seront faibles en phase travaux.

En phase d'exploitation, les impacts résident dans les tassements différentiels qui peuvent se produire au fur et à mesure de l'usage des ouvrages. Le suivi des déformations de bâtis vulnérables, ou situés à proximité des zones identifiées pourra être effectué jusqu'à stabilisation des mesures. En cas de dépassements des seuils, des renforcements, injections des sols ou confortements des ouvrages pourront être nécessaires.

Dès le lancement des études du projet, a été engagée un partage de l'information et du niveau de connaissance avec l'Inspection Générale des Carrières (IGC).

En continuité avec ce qui a déjà été entrepris, dans les phases du projet en cours et à venir, différentes mesures seront prises pour supprimer le risque de désordre sur les bâtis et les ouvrages souterrains dans la zone d'influence du projet.

En phase études :

- Investigations des zones d'anciennes carrières, et des zones soumis au risque de dissolution du gypse avant le démarrage du chantier (bibliographie, visites, inspections, sondages, essais, mesures in situ) afin de reconnaître leurs limites géographiques, leurs épaisseurs. Ces investigations permettront de caractériser le massif et ainsi de définir les zones et les volumes à traiter, ainsi que le type de traitement à mettre en place. Les sondages de la campagne G2 phase projet vont permettre de consolider ces caractérisations.

L'IGC continuera d'être sollicitée pendant le déroulement des études en cours et à venir.

En phase préparatoire des travaux :

Pour les zones où les études montrent la nécessité d'un traitement (zone de dissolution de gypse, zone décomprimées), des injections ou comblements des vides seront mis en place. Plusieurs techniques sont possibles, le traitement retenu dépendra de différents paramètres : couches concernées par la dissolution, vides ou zones décomprimées, état des terrains sus-jacents, etc...

Afin de vérifier l'efficacité des traitements, il sera ensuite réalisé des sondages de contrôle afin d'assurer le suivi de l'efficacité des mesures destinées à éviter tout risque lié à la présence de vides/zones décomprimées.

En phase travaux :

Des reconnaissances à l'avancement depuis le tunnelier pourront être mises en œuvre afin de sécuriser son passage.

- Gypse et risques de dissolution

Sur la base des cartes de l'IGC, de la documentation bibliographique et des premières reconnaissances de la campagne G1, le tracé a été défini de manière à éviter autant que possible la traversée des zones touchées par le phénomène de dissolution du gypse antéludien présent dans quelques formations géologiques.

Ainsi, dans ces zones, le tracé du tunnel prend en compte ce phénomène afin de garantir le creusement en toute sécurité. En continuité avec ce qui a déjà été entrepris, dans les phases du projet en cours et à venir, différentes mesures seront prises pour circonscrire et traiter les sujétions liées à ce phénomène en phase préparatoire des travaux (renforcement des zones à enjeux) et en phase études (reconnaisances complémentaires)

Afin de vérifier l'efficacité du renforcement et, par-là, de réaliser le suivi des mesures destinées à éliminer le risque résiduel, des sondages de contrôle des traitements seront réalisés en complément de consignes de conduite du creusement du tunnel spécifique. En complément, un suivi des mouvements en surface sera mis en œuvre de façon adaptée aux sujétions liées à la présence de gypse.

4.2.4. Bâti – Avoisinants

La prise en compte du bâti dans la conception de l'infrastructure du RTPGP se fait à deux niveaux :

En phase études :

En phase étude la Société du Grand Paris s'est adjoint les conseils d'un assistant à maîtrise d'ouvrage spécialisé qui a mené les études suivantes :

- Des enquêtes de terrains : le bâti situé dans la zone d'influence géotechnique a été visité afin de reconnaître visuellement l'état du bâti (pathologies existantes ou non, présence d'équipements sensibles ou non, façades agrafées/vitrées ou non etc..). Ces visites ont également permis de collecter les informations nécessaires quant à la bonne connaissance du bâti : type de fondations, fonctionnement structurel, etc.
- Une étude de sensibilité : à partir des éléments collectés lors des enquêtes de terrains, mais aussi via la consultation des services techniques des villes, de l'Inspection Générales des Carrières (qui instruit les permis de construire dans les zones de carrières, la consultation de certaines entreprises, de promoteurs, etc...), l'AMO bâti a classé le bâti selon trois catégories de sensibilité : peu sensible, sensible et très sensible. Cette démarche a été validée par le maître d'œuvre et a abouti à la définition de classes de dommages partagées entre l'AMO Bâti et les maîtres d'œuvre. À chaque classe de dommage sont associées des valeurs seuils de déplacements acceptables.
- Étude de vulnérabilité du bâti : le croisement entre les tassements engendrés par l'infrastructure et les seuils acceptables des classes de dommage amène à conclure sur la vulnérabilité du bâti dans la zone d'influence géotechnique, et permet de confirmer et/ou adapter les méthodes constructives afin que l'impact des travaux soit minimisé sur le bâti et assurer ainsi la maîtrise des risques. La vulnérabilité du bâti étant intrinsèquement portée par le maître d'œuvre, toujours dans une démarche de maîtrise des risques, la Société du Grand Paris a souhaité un double regard par un sachant dans le domaine, effectué par l'AMO Bâti, permettant la réalisation d'un dossier partagé sur le sujet.

En phase pré-travaux et travaux :

La maîtrise des risques en phase travaux passant par un suivi par auscultations, une méthode observationnelle est donc prévue et se dissocie en deux grandes phases :

Une phase de pré-travaux dite de mesures à blanc :

Cette phase consiste à suivre les déplacements des bâtis une année avant le démarrage des travaux afin de mesurer la respiration naturelle du bâti (effet thermique notamment). Cette phase de mesure à blanc s'organise autour de deux grands axes :

- Une étude par interférométrie radar ; cette technique consiste à suivre les déplacements de réflecteurs (points métalliques stables : toitures immeubles par exemple) par le suivi satellitaire. Les satellites passant au-dessus de la région parisienne photographient depuis 1992 le sol, connaissant les positions du satellite et de chaque réflecteur. La différence de distances entre deux images permet de définir les déplacements verticaux du sol. Cette technique a une précision comprise entre 2 et 5 mm.
- Une phase de mesures à blanc sur site par le passage de géomètres qui mesurent à intervalles réguliers la position de points de référence, ces mesures peuvent également être faites par la pose de théodolites automatiques.

En phase travaux :

En phase travaux l'auscultation du bâti sera maintenue et renforcée. Les déplacements enregistrés seront alors comparés aux estimations faites en phases études. Des valeurs seuils d'alerte seront préalablement définies : en cas de dépassement, les méthodes constructives seront immédiatement adaptées selon des procédures préalablement définies.

Cette auscultation est rapportée en temps réel et présentée aux différents acteurs du projet (entreprise, maître d'œuvre et maître d'ouvrage) de façon ciblée.

L'auscultation en phase travaux s'articulera toujours autour de trois grands axes :

- Etude interférométrique avec une fréquence de prises d'images adaptée à la phase travaux, permettant d'assurer une précision entre 2 et 3 mm,
- Par le suivi des bâtis situés dans la zone d'influence géotechnique, le maillage du suivi étant directement proportionnel à la vulnérabilité de chaque zone,
- Par le suivi des travaux, l'entreprise aura à sa charge de suivre les déplacements dans les fouilles : déplacements des parois moulées, pose de prise de pression dans les butons, etc..., mais également suivi de paramètres de guidage du tunnelier, etc...

L'ensemble de ces dispositions participera au suivi de la réalisation des mesures constructives destinées à éviter et réduire tout effet du projet sur le bâti.

4.2.4.1. Profil en long

- Tronçon 5a

NB : la profondeur de gare exprimée en mètres (m), s'entend du niveau du quai le plus profond jusqu'au parvis

Gare	Profondeur (m)
Saint-Denis Pleyel	28,0 m
La Courneuve « Six-Routes »	18,9 m

Figure 19 – Tableau : tableau récapitulatif des profondeurs des gares

- Tronçon 1

NB : la profondeur de gare exprimée en mètres (m), s'entend du niveau du quai le plus profond jusqu'au parvis

Gare	Profondeur (m)
Le Bourget RER	23,5
Le Blanc-Mesnil	21,5
Aulnay	16,0
Sevran-Beaudottes	29,3
Sevran-Livry	20,5
Clichy-Montfermeil	25,0
Chelles	25,8

Figure 20 – Tableau : tableau récapitulatif des profondeurs des gares

4.2.4.2. Conception du tracé et du tunnel

Insertion du tracé et franchissement des points singuliers

- Tronçon 5a

Pour ce qui concerne la L14, les principaux points critiques identifiés à ce jour sont les suivants :

- passage à proximité de la ligne 13 à l'arrivée au puits Cachin ;
- passage sous les ateliers Pleyel de la ligne 13 (bâtiment administratif, plaque tournante, entonnement et débranchement) ;
- passage sous un bâti R+3/R-2 du complexe Ornano ;
- passage sous le bâtiment UBS ;
- passage sous les lignes SNCF du faisceau du Landy ;
- passage sous l'autoroute A1.

Pour ce qui concerne la L16/17, les principaux points critiques identifiés à ce jour sont les suivants :

- passage sous la ligne 13 ;
- passage sous les pieux du complexe Ornano ;
- passage sous le bâtiment UBS ;
- passage sous les lignes SNCF du faisceau du Landy et de la passerelle de la gare du RER D ;
- passage sous l'autoroute A1 ;
- passage sous le collecteur SIAAP du nord ;
- pile du viaduc A86 ;
- passage sous le collecteur DPLB ;
- passage sous le collecteur DEA rue de Genève (SDLC) ;
- passage à proximité d'un immeuble R+26 à La Courneuve ;
- passage sous les collecteurs rue de la Convention ;
- passage sous le collecteur de doublement Pantin Labriche ;
- passage à proximité des voies du RER B.

Quant aux gares, deux points critiques ont été identifiés pour la gare de Saint-Denis Pleyel :

- bâtiment UBS ;
- faisceau du Landy.

Pour les immeubles sur lesquels l'impact est important, des mesures de confortement (reprise en sous-œuvre, mise en place d'écrans en pieux sécants, etc.) sont prévues. Des injections du terrain et des injections de collages sont prévues pour le tunnel courant de la ligne 13 et son débranchement vers l'Atelier de Pleyel. La SNCF prévoit également un rebourrage préventif et correctif et le passage éventuel en barre normale au lieu du rail soudé des voies de circulation du Faisceau du Landy.

Pour la gare de La Courneuve « Six Routes », aucun avoisinant n'a été identifié comme critique à ce stade des études. Cependant, une attention particulière sera portée au bâtiment Spirit.

Vis-à-vis de la géotechnique, le principal aléa identifié sur le tronçon 5a concerne la présence de zones décomprimées à cause de la dissolution du gypse ou à l'altération des matériaux.

Les résultats issus de la campagne G2 anticipée comme les données pressiométriques disponibles mettent en évidence des zones de déstructuration / décompression dans les Marnes et Caillasses le long du tronçon mais ces zones apparaissent éparpillées et localisées et non associées à des vides francs. La « fragilisation » de ces zones est au moins en partie à mettre en relation avec des phénomènes de dissolution diffuse du gypse mais nous n'identifions pas à ce stade dans les Marnes et Caillasses de zone étendue à forte dissolution de gypse. On rappelle cependant que des affaissements ou fontis probables ont été localement mis en évidence sur le profil en long géologique.

Le Calcaire de Saint-Ouen et/ou les Sables de Beauchamp montrent également des zones de déstructuration / décompression notable (pouvant pour partie résulter de la dissolution diffuse de gypse) ; celles-ci sont éparpillées et assez rares sur la commune de Saint-Denis mais plus développées au niveau de La Courneuve.

• Tronçon 1

- Rappel des impacts bâtis, voies routières, voies ferroviaires, réseaux concessionnaires et aléas géotechniques et proposition de solutions

Le tronçon T1 entre l'entonnement ouest du Bourget et l'ouvrage de débranchement de Noisy- Champs (gare non comprise), d'une longueur d'environ 23,5 km environ, est situé majoritairement en site urbain. Les avoisinants concernés par le creusement des tunnels du tronçon T1 sont les suivants :

- Les ouvrages SNCF
 - l'ouvrage d'art de la Grand Ceinture fondé sur semelles et la partie sur remblai (Le Bourget) ;
 - l'ouvrage d'art de la Tangentielle Nord (TLN) fondé sur pieux, la partie sur remblai et le bâtiment voyageurs (Le Bourget) ;

- les voies du faisceau du Bourget et notamment celles du RER B avec son bâtiment voyageurs (Le Bourget) ;
- la gare existante du RER B à Sevran-Beaudottes (Sevran) ;
- les voies RFN sur remblai à Sevran-Livry et le bâtiment voyageurs (Sevran) ;
- les voies RFN et notamment LGV sur remblai à Chelles, le mur de soutènement sur pieux et le parking SNCF sur pieux (Chelles).
- Les réseaux
 - Un grand nombre de réseaux est concerné par le creusement des tunnels dont certains ont été identifiés comme étant en conflit avec les tunnels compte tenu de leur proximité :
 - SIAAP/DEA : canalisation et antenne du Bourget (Le Bourget) ; collecteur DEA Bondy Blanc-Mesnil (BBM) ; collecteur DEA Doublement de la Morée (DMO) ; collecteur SIAAP Balagny-Morée (BYM) ; collecteur DEA - Bd Marc Chagall-Eugène (ALN) ;
 - SEDIF : Une galerie a été identifiée comme étant en interface avec les tunnels de la ligne 16 et du débranchement vers le site de maintenance à Aulnay-Sous-Bois ;
 - GRT gaz : canalisation à Aulnay et canalisation au Sud de la gare de Sevran-Livry.
 - Ouvrages d'infrastructure (routes, autoroutes,...)
 - RD30 (LBG) ;
 - RN2 (Bourget, Aulnay) ;
 - A3 (ALN) ;
 - bassin de rétention (SEL) ;
 - D199 (CSM).
 - Les cours d'eau
 - le canal de la Morée (LBM) ;
 - le canal de l'Ourcq (SEL) ;
 - le canal de Chelles (CHL) ;
 - la Marne (CHL-GSM).
 - Les bâtiments

La répartition de typologie des avoisinants est la suivante : 4% de bâtis administratifs, 18% d'immeubles hauts, 34% d'habitations et 16% de zones industrielles.

Parmi les points singuliers peuvent être cités :

 - le Mermoz (Le Bourget) sur pieux ;
 - mosquée d'Aulnay ;
 - bâtiments R+>4 entre les gares d'Aulnay et de Sevran-Beaudottes (Sevran) sur pieux ;
 - bâtiments R+13 au nord de la gare Sevran-Livry (Sevran) sur pieux ;
 - bâtiments R+6 au nord de la gare de Clichy-Montfermeil (Clichy) ;
 - la Noue Brossard : ensemble de tours R+12 et bâtiment R+3 (Chelles) sur pieux ;

- les maisons individuelles de l'allée Jean Perrin dans un contexte géotechnique défavorable (apparition de fissures) (Champs-sur-Marne).

Parmi les points singuliers du tracé il convient également de signaler le croisement des tunnels de la ligne 16 et de la ligne 17 Sud au Bourget.

A ce stade, il est prévu de conforter un certain nombre de ces avoisinants.

Les avoisinants du tronçon T1 faisant l'objet de mesures spécifiques et de confortements prévisionnels au stade avant-projet sont :

- l'ouvrage d'art de la grande ceinture : injections sous semelle ;
- l'ouvrage d'art de la Tangentielle Nord : rideau de micropieux ;
- la gare RER B de Sevrans-Beaudottes : injections de collage et/ou éléments de protection (filets, films de protection,...) ;
- bâtiment voyageurs de Sevrans-Livry : étrésillonnage et éléments de protection ;
- l'échangeur de la RN2 et une partie de la chaussée à Aulnay : injections ou refaçon ;
- le Mermoz : confortement des pieux ;
- quatre bâtiments entre les gares d'Aulnay et de Sevrans-Beaudottes : confortement des pieux, renforcement de la structure ou réparations ;
- cinq bâtiments à Clichy-Montfermeil : renforcement de la structure ou réparations ;

- les deux tours R+12 et le bâtiment R+3 de la Noue Brossard : confortement des pieux, renforcement de la structure ou réparations ;
- l'Hôtel des impôts à Chelles : injections ou renforcement de la structure ;
- les maisons individuelles à Champs-sur-Marne : éléments de protection ;

En complément de ces confortements, des demandes de Limitations Temporaires de Vitesse (LTV) et d'Interruptions Temporaires de Circulation (ITC) et des rebourrages préventifs de voies ont été sollicités auprès de la SNCF pour les parties en circulation.

Pour les réseaux, la conception des confortements à mettre en œuvre pour ces ouvrages est à la charge des concessionnaires.

Synoptiques des tunnels – Tous tronçons

Le diamètre du tunnelier retenu pour les études est pour les tunnels :

- monotube (L16, L16/17) : 9,80 m soit une section excavée de 75,5 m² environ

Pour ce qui concerne la ligne 14, la coupe fonctionnelle a été fournie par la RATP. Le diamètre fonctionnel est de 7,55 m. Cependant, le choix du diamètre d'excavation du tunnelier de la ligne 14 sera fait au démarrage de la phase projet.

- bitube (L17) : 7,70 mètres soit une section excavée de 46,5 m² environ

Le critère prédominant pour l'établissement de la cinématique des tunneliers a été le planning général, notamment en vue de la candidature de la ville de Paris pour l'organisation des Jeux Olympiques 2024.

Pour les tronçons T1 et T5a huit tunneliers sont prévus pour la réalisation des tunnels. Le tableau ci-dessous récapitule les caractéristiques de chacun des tirs

NB : linéaire effectivement creusé par le tunnelier.

Tunnelier n°	Puits de départ	Puits d'arrivée	Linéaire [m]
T5a - TBM1	OA 332	OA 632	1487 m
T5a - TBM3a	OA 0100P	OA 333	3660 m
T5a - TBM3b	OA 333	OA 330	2347 m
T1	Entonnement ouest	OA 0104P	3 019 m
T2	TC PSA (OA 0220P)	OA 0104P	3 291 m
T3	Site de maintenance (OA 0202P)	OA 0501P	5 572 m
T4	Débranchement Noisy-Champs	OA 0603P	5 257 m
T5 (bitube L17)	Entonnement ouest (0100P)	Entonnement est	1 150 m+1 100 m
T8	OA 0603P	OA 0501P	5 152 m

Figure 21 – Tableau : Localisation des puits d'attaque (Puits de départ/ d'arrivée/ linéaire)

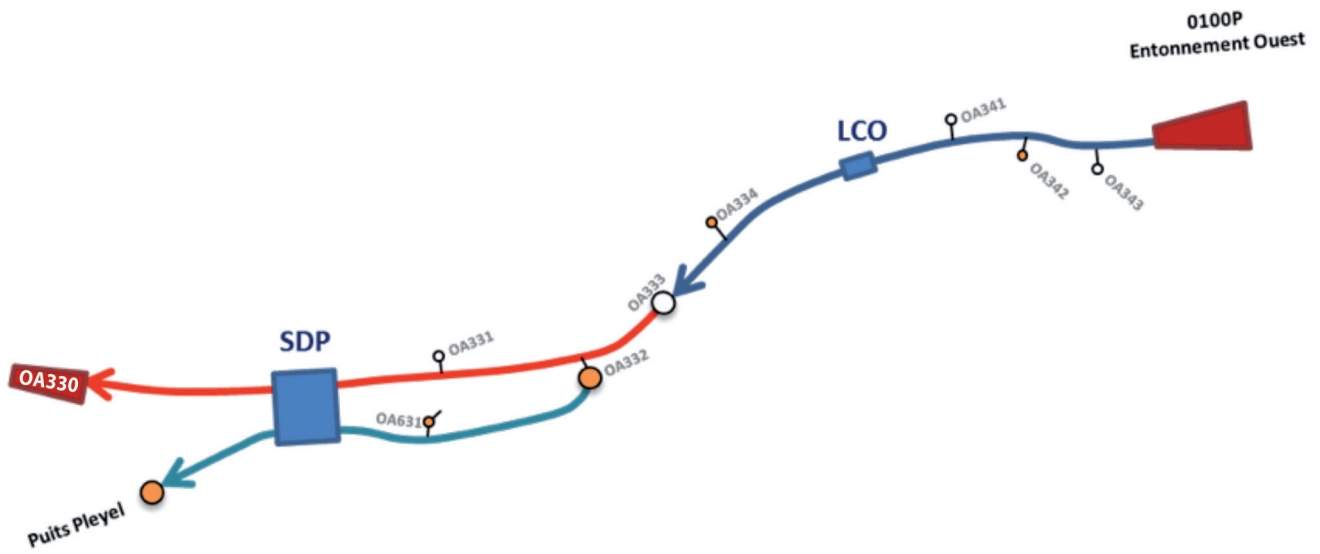


Figure 22 – Cartographie : cinématique des tunneliers T5a

4

DESCRIPTION DU PROJET

4.2.4. BÂTI - AVOISINANTS

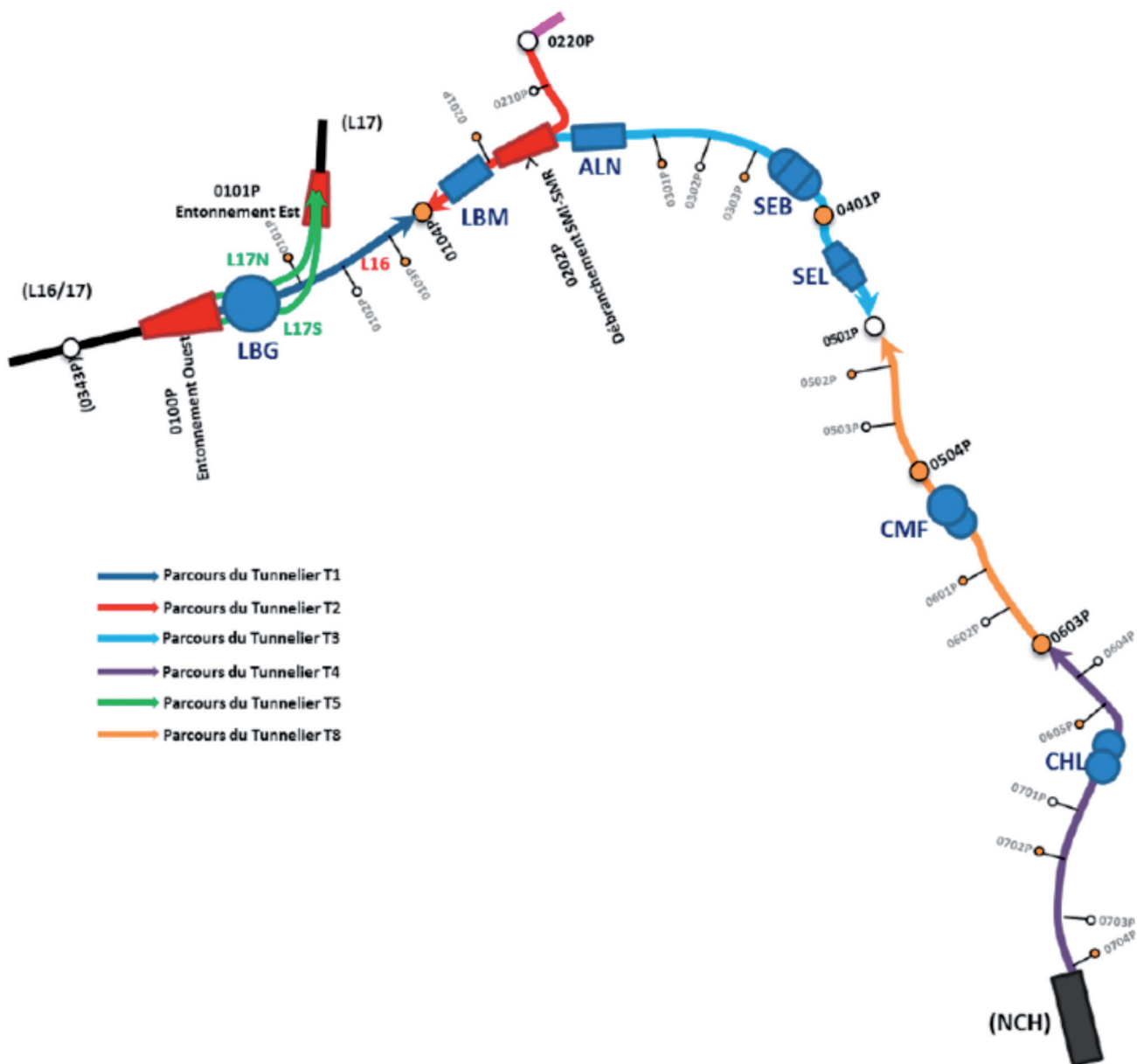


Figure 23 – Cartographie : cinématique des tunneliers T1

4.2.4.2. Description détaillée – Tous tronçons

- Tronçon 5a

- Ligne 14 – Intergare du puits Pleyel à Saint-Denis Pleyel

Au départ du puits Cachin, puits de sortie de tunnelier, le tracé d'une longueur de 500 m s'incurve dans une courbe de 250 m de rayon (rayon minimal exceptionnel) en passant sous un bâtiment RATP, l'atelier Pleyel et son raccordement

au tunnel métro 13. Cette courbe permet de s'orienter pour l'entrée dans la gare Saint-Denis Pleyel en passant sous des immeubles de bureaux entre R+3 et R+6 et notamment le bâtiment « UBS » à proximité immédiate de la gare.

En profil en long, le tracé monte avec une faible pente vers la gare Saint-Denis Pleyel.

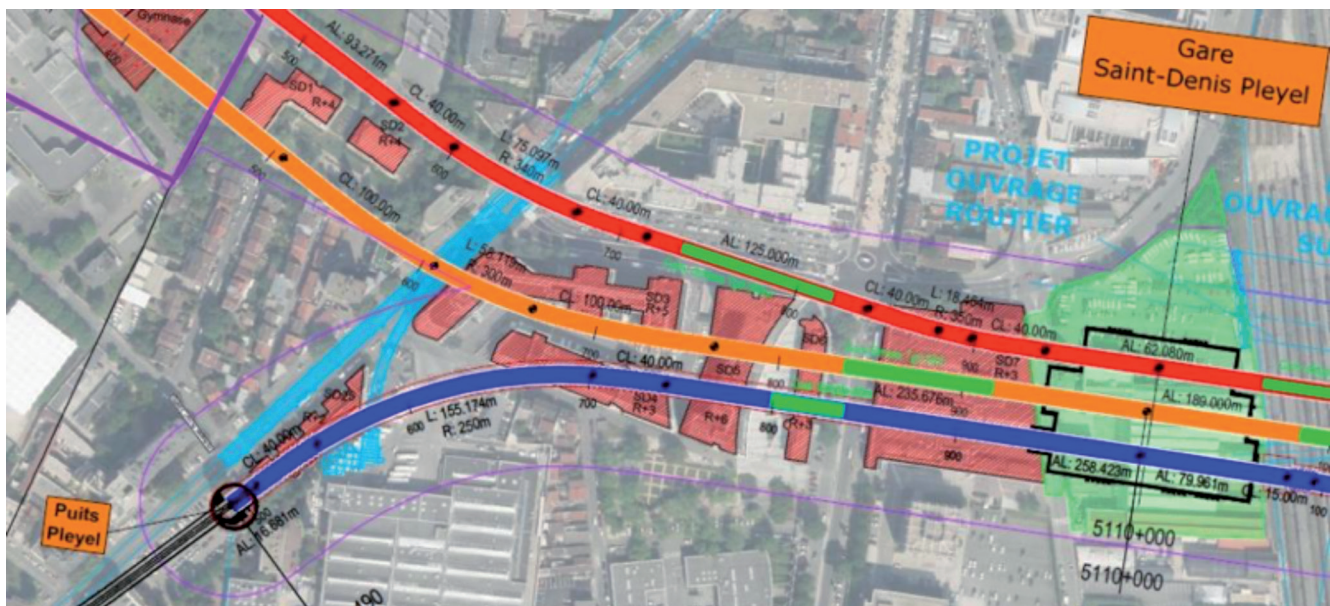


Figure 24 – Cartographie : vue du tracé en plan

- Ligne 14 – Intergare de Saint-Denis Pleyel à l'OA332

En sortie de la gare Saint-Denis Pleyel, le tracé effectue une courbe en S sous le faisceau SNCF du Landy avec des rayons de 374 mètres et 377 mètres tous deux associés à des clothoïdes de 15 mètres. Le tracé évolue ensuite de manière rectiligne sous des parcelles non construites avant

de s'incurver sous des bâtiments d'habitation R+4 à R+6 pour rejoindre l'OA 332, puits d'entrée du tunnelier.

En profil en long, la gare Saint-Denis Pleyel est située en point haut, le tracé plonge à 20 % sous le faisceau du Landy et surtout dans le but de s'approfondir pour passer sous la L15. Une fois l'intersection avec la L15 passée, le tracé remonte avec la pente minimale de 5 % vers l'OA 332.

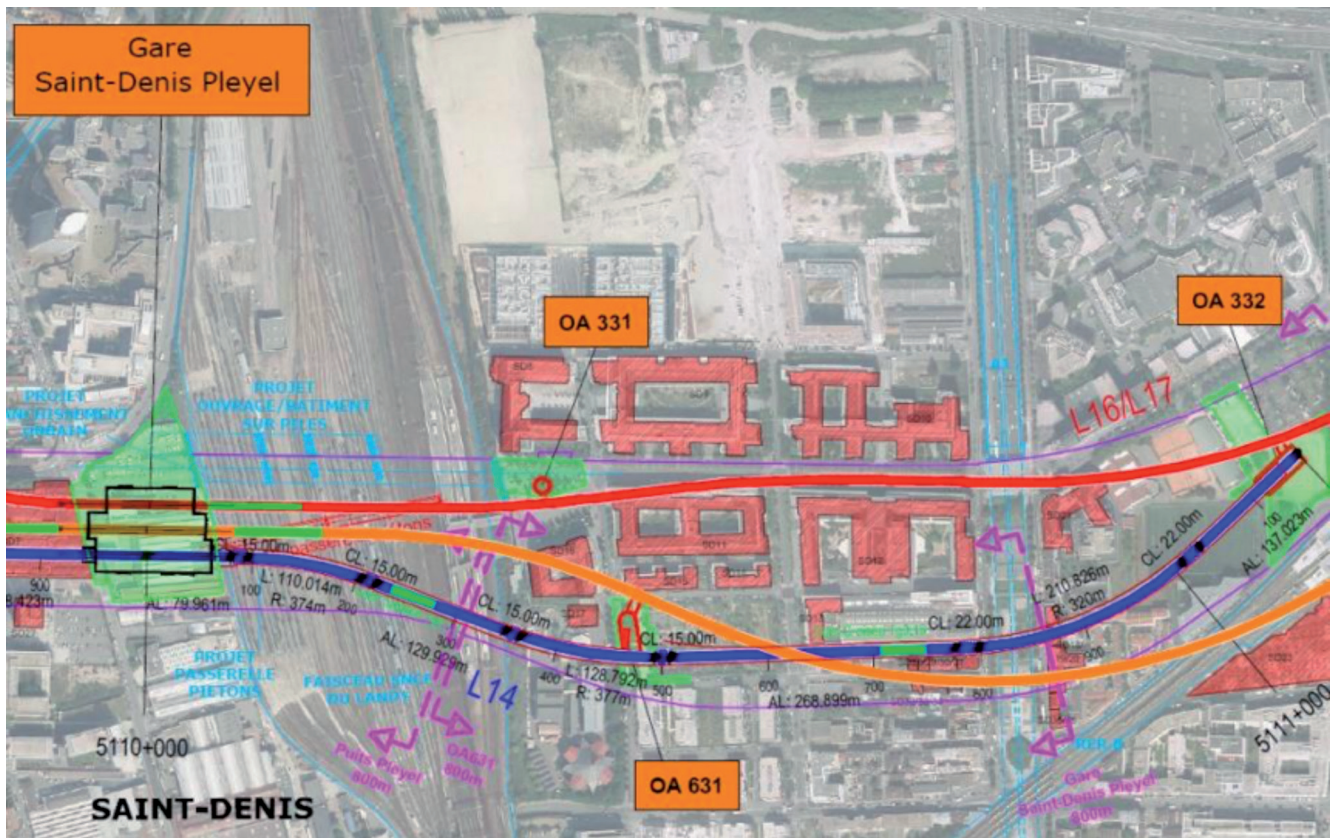


Figure 25 – Cartographie : vue du tracé en plan

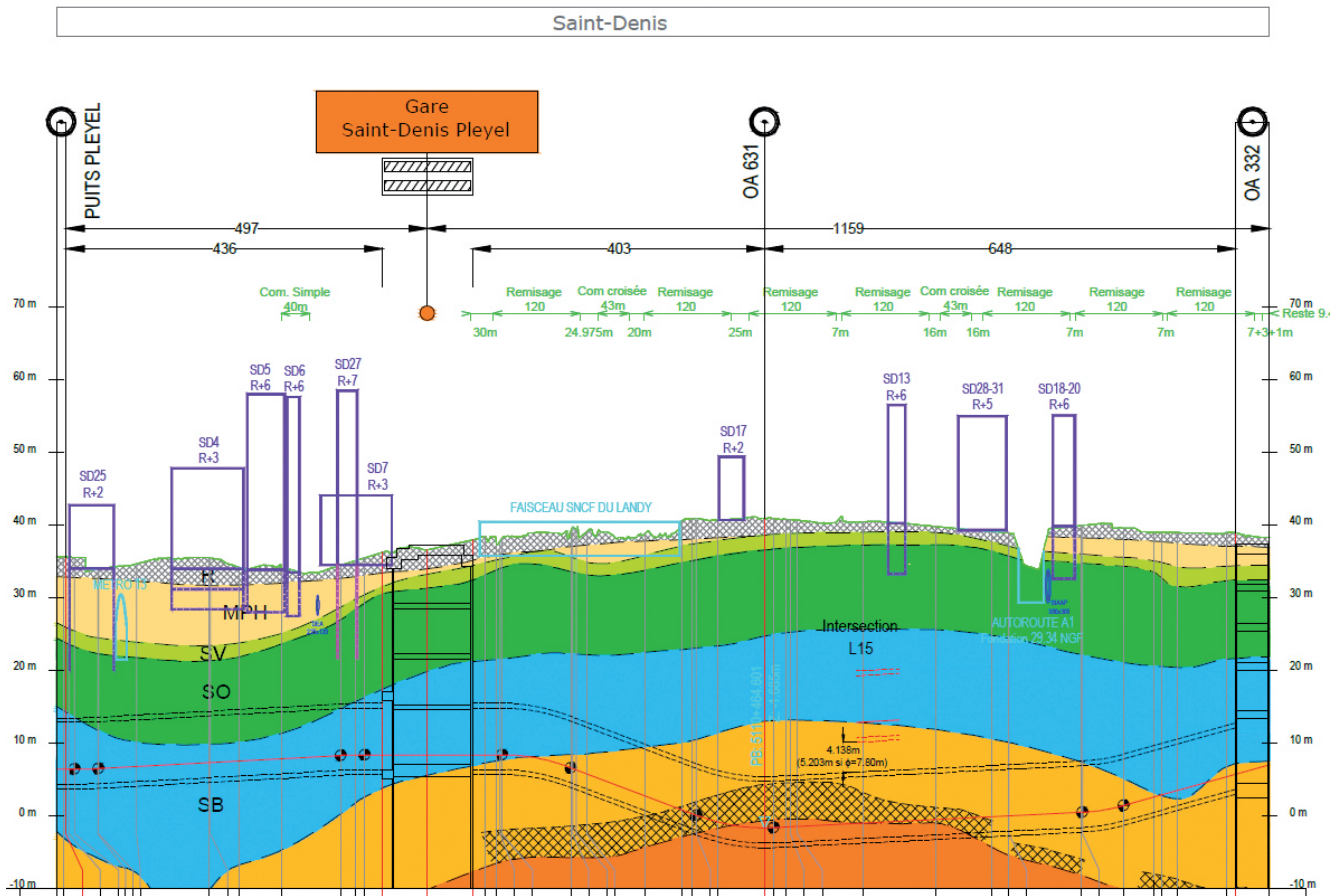


Figure 26 – Cartographie : vue profil en long sur fond géologique

- Lignes 16/17 – Intergare de l'OA330 à Saint-Denis Pleyel
Saint-Denis Pleyel est le terminus de la ligne 16/17, la section de ligne entre l'OA 330 et la gare de Saint-Denis Pleyel est en fait l'arrière-gare de Saint-Denis Pleyel, longue de 770 mètres.

Le tracé en plan est contraint par les éléments suivants :

- les orientations de la gare de Saint-Denis Pleyel et de l'OA ;
- la proximité des deux ouvrages ;
- l'implantation d'une arrière-gare comprenant une communication croisée et le plus possible de positions de remisages ;
- l'évitement du bâtiment à l'angle du boulevard Anatole France et de la rue du docteur Finot ;

- le tracé de la L16 qui doit se brancher sur la L15 pour créer une voie de liaison ;
- les mesures conservatoires pour une éventuelle prolongation de la L16 vers l'ouest.

Pour l'arrière-gare, toutes ces contraintes conduisent à inscrire deux courbes de même sens de rayon 350 mètres et 340 mètres (inférieurs au rayon nominal minimum) associés à des clothoïdes de 40 mètres de longueur.

Pour la voie de liaison L15/L16, cela conduit à inscrire une courbe de rayon 250 mètres (rayon limite réalisable au tunnelier) avec des clothoïdes de 40 mètres pour pénétrer dans l'OA 330 puis un rayon de 150 mètres sans clothoïdes pour faire la liaison avec la L15 de manière la plus compacte possible.

En profil, le tracé est à 5‰ avec des rayons de raccordements de 5 600 mètres (rayon nominal minimum).

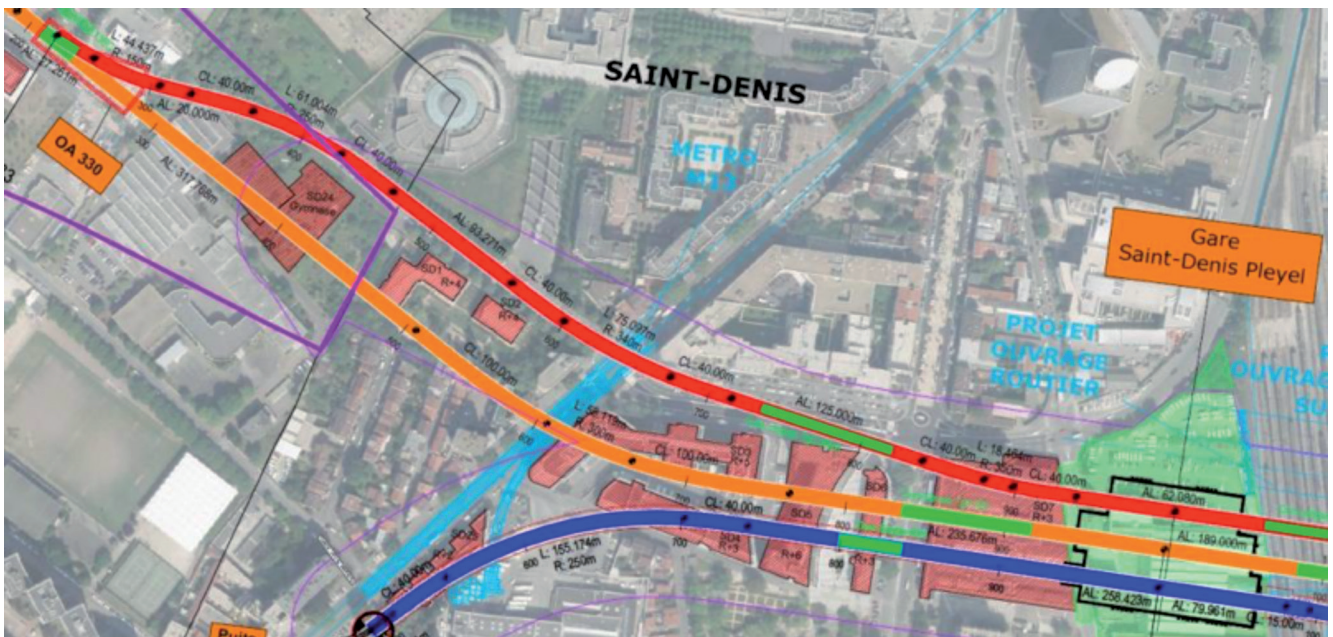


Figure 27 – Cartographie : vue du tracé en plan

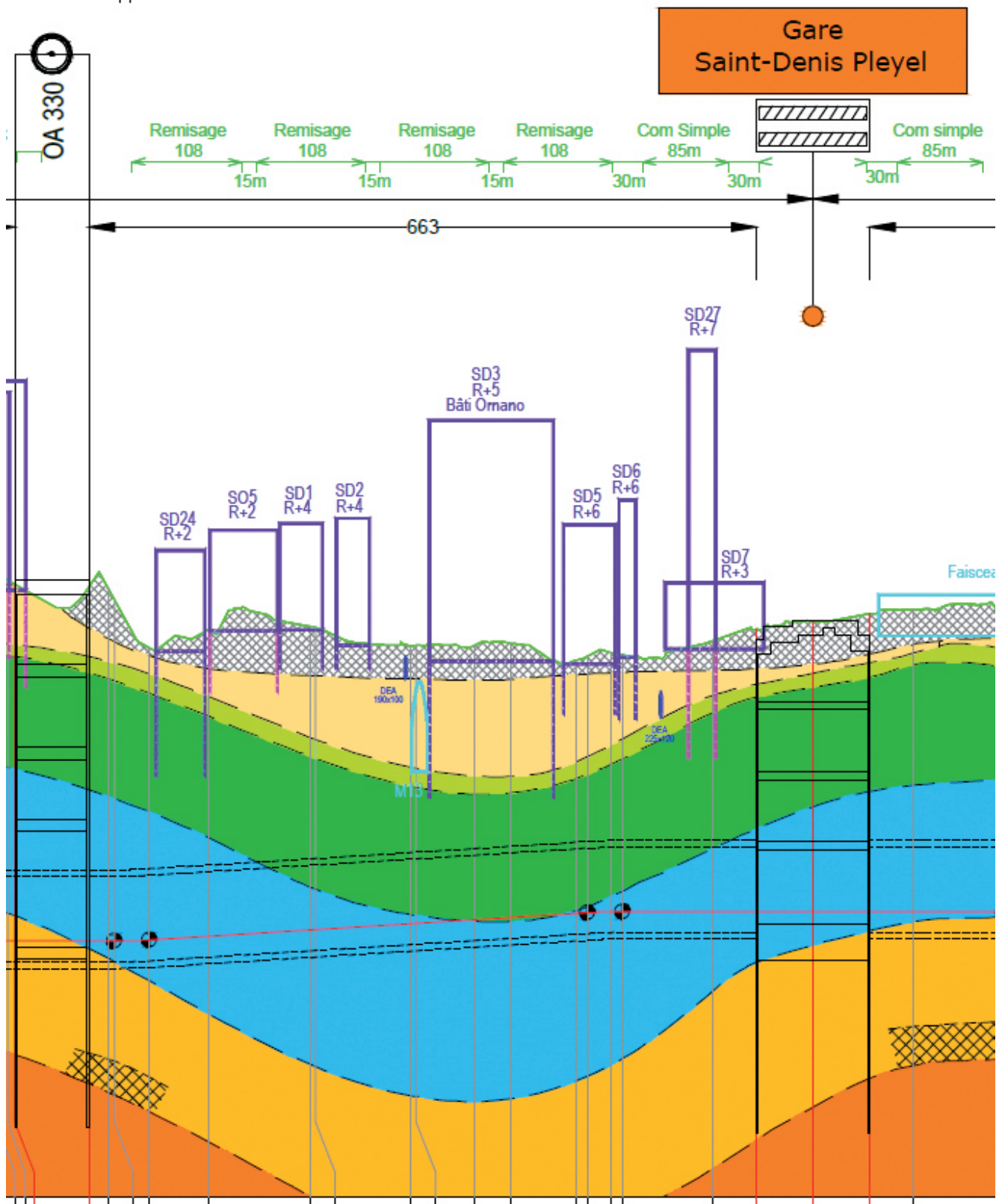


Figure 28 – Cartographie : vue profil en long sur fond géologique

- Lignes 16/17 – Intergare de Saint-Denis Pleyel à la Courneuve

A partir de la gare Saint-Denis Pleyel qui jouxte le faisceau SNCF du Landy, le tracé parcourt 3 180 mètres jusqu'à la gare La Courneuve « Six Routes ». Il s'engage d'abord entre des immeubles R+3 à R+7, puis prend la direction du nord-est après l'autoroute A1, en longeant le RER B jusqu'au pont autoroutier de l'A86 traversant le canal Saint-Denis. Il amorce une courbe en S sous cet ouvrage permettant d'éviter d'être à l'aplomb des piles et aussi de rejoindre l'emplacement du puits OA333 avant de continuer en direction du nord-est. Il passe ainsi sous la D30 avant de

se mettre dans l'alignement de la gare La Courneuve « Six Routes », au sud-ouest du rond-point place de l'Armistice.

Le profil en long part de la gare Saint-Denis Pleyel à 30 mètres de profondeur, évolue avec des pentes de faibles valeurs (5‰ et 7,9‰) à une profondeur avoisinant les 30 mètres entre les immeubles à proximité de l'OA 331 et sous l'autoroute A1 jusqu'à l'OA332, son point bas d'une profondeur de 31 mètres. Il remonte ensuite en pente minimale à une profondeur moyenne de 23 mètres à laquelle sont implantés les OA 333 et OA 334 avant d'atteindre la gare La Courneuve « Six Routes » à environ 20 mètres de profondeur.



Figure 29 – Cartographie : vue du tracé en plan

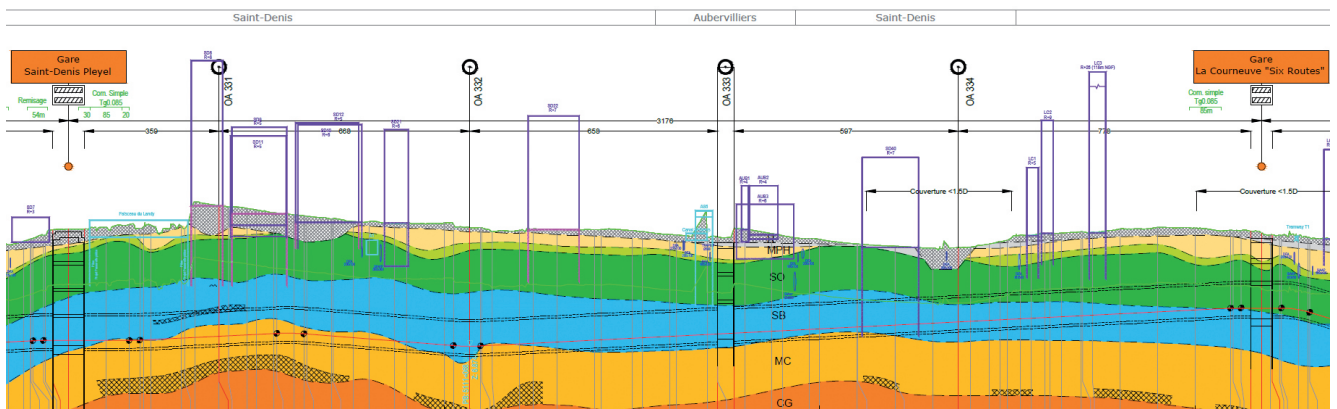


Figure 30 – Cartographie : vue profil en long sur fond géologique

- Lignes 16/17 – Intergare de la Courneuve à l'entonnement ouest

Après la gare La Courneuve « Six Routes », le tracé d'une longueur de 2 310 mètres, s'oriente vers l'est, avant de se placer le long du RER B et de s'axer pour s'insérer dans l'entonnement en arrière-gare de la gare Le Bourget RER.

En sortie de la gare La Courneuve « Six Routes », une courbe serrée permet d'éviter un immeuble R+8, puis le tracé passe

sous un ensemble d'immeubles R+3 à R+9 afin de passer à proximité de l'OA 341. Un alignement droit permet ensuite de se rapprocher de l'OA342, de passer sous la liaison A86-A1 avant d'entamer la dernière courbe qui axe le tracé ensuite selon le gisement de la gare Le Bourget RER.

Le profil en long s'approfondit à environ 30 mètres sous l'ensemble d'immeubles R+3 à R+9 puis remonte à environ 20 mètres de profondeur au niveau de l'entonnement en arrière-gare le Bourget RER.

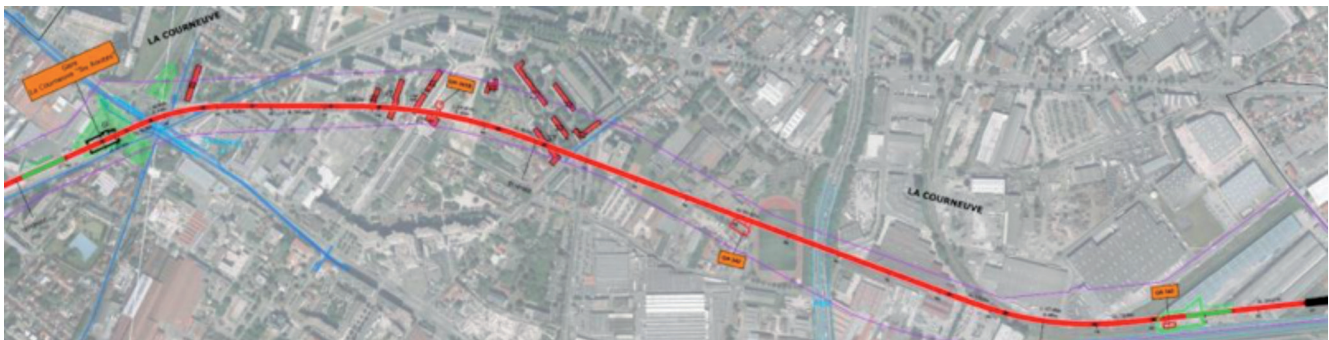


Figure 31 – Cartographie : vue du tracé en plan

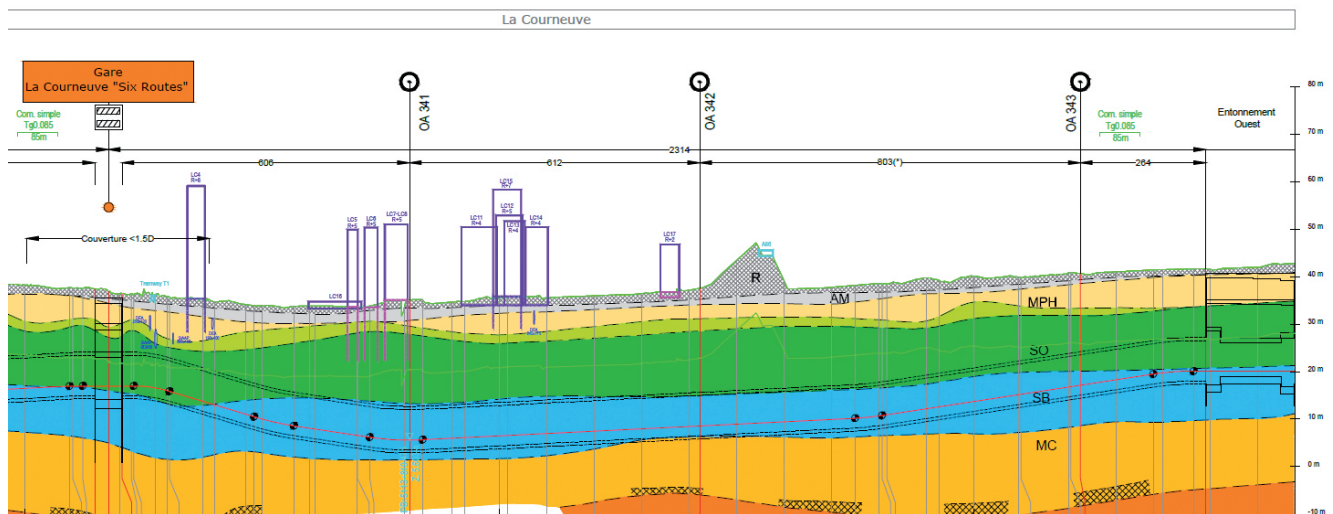


Figure 32 – Cartographie : vue profil en long sur fond géologique

- Tronçon 1

- Branches nord et sud de la Ligne 17 – Intergare de l'entonnement ouest à l'entonnement est (via le Bourget RER)

L17N

La branche nord de la L17 de 1,4 km de long se débranche de la L16/17 au sein de l'entonnement ouest grâce à un appareil de voie TG 0,05 qui est l'appareil de voie qui permet la plus grande vitesse de passage en voie déviée, 100 km/h maximum. Sous du bâti industriel, la L17N reste ensuite parallèle à la L16, traverse la gare du Bourget RER continue à rester parallèle à la L16 pendant 450 m avant d'entamer la courbe qui arrive dans l'entonnement est. Une fois passée la gare du Bourget la L17N évolue sous des R+7 à proximité de la gare puis sous des immeubles de bureaux dont le bâtiment le Mermoz.

Entre l'entonnement ouest et la gare du Bourget RER, le profil en long de la L17N est plat, une fois passée la gare du Bourget RER, le profil en long plonge à 38,50 ‰ pour éviter les pieux sur lesquels est fondé le bâtiment le Mermoz, il remonte ensuite à 38,50 ‰, puis entame une descente avant l'entonnement est afin de positionner cet ouvrage à

une profondeur compatible avec le bâti en début du tronçon 5b.

L17S

La branche sud de la L17 de 1,5 km se débranche de la L16/17 au sein de l'entonnement ouest grâce à un appareil de voie TG 0,05 qui est l'appareil de voie qui permet la plus grande vitesse de passage en voie déviée, 100 km/h maximum. La L17S reste ensuite parallèle à la L16 et aux voies ferrées. Elle traverse ensuite la gare du Bourget RER, entame une courbe vers le sud afin d'éviter les fondations profondes du bâtiment le Mermoz et la culée du pont de la RD30 puis une contre-courbe vers le nord pour rejoindre la branche nord au sein de l'entonnement est. La 17S évolue en bordure des voies SNCF puis en dessous de celles-ci avant de traverser une parcelle non construite.

Entre l'entonnement ouest et la gare du Bourget RER, le profil en long de la L17S est plat, une fois passée la gare du Bourget RER, le profil en long remonte avec une pente de 5 ‰ (pente minimale) afin de se surélever par rapport au prochain croisement au-dessus de la L16 avant de replonger à 5 ‰. Le profil en long se recolle ensuite sur celui de la L17N dans l'entonnement.



Figure 33 – Cartographie : vue du tracé en plan

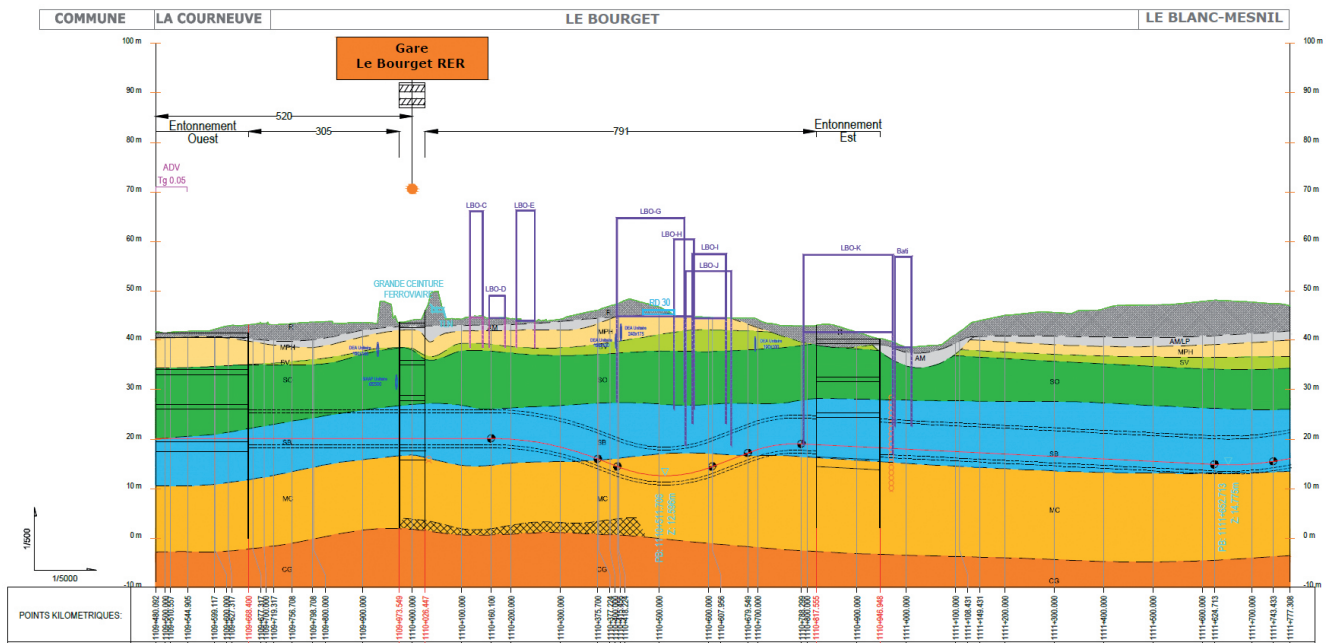


Figure 35 – Cartographie : vue profil en long sur fond géologique, gare Le Bourget RER

Ligne 16 – Intergare de l’entonnement ouest au Bourget RER

L’interface physique entre le tronçon 1 et le tronçon 5a se situe au niveau du tympan ouest de l’entonnement ouest. La vue en plan et le profil en long du tronçon T1 se raccordent à ceux du tronçon 5a.

Le tracé de 0,5 km entre l’entonnement ouest et la gare du Bourget RER est en alignement droit, il passe sous le bâti industriel et l’avenue de la division Leclerc. Il comporte une communication simple Tg 0,085 en arrière-gare de la gare du Bourget RER pour service provisoire.

Le profil en long a été calé sur le niveau de la Gare du Bourget.

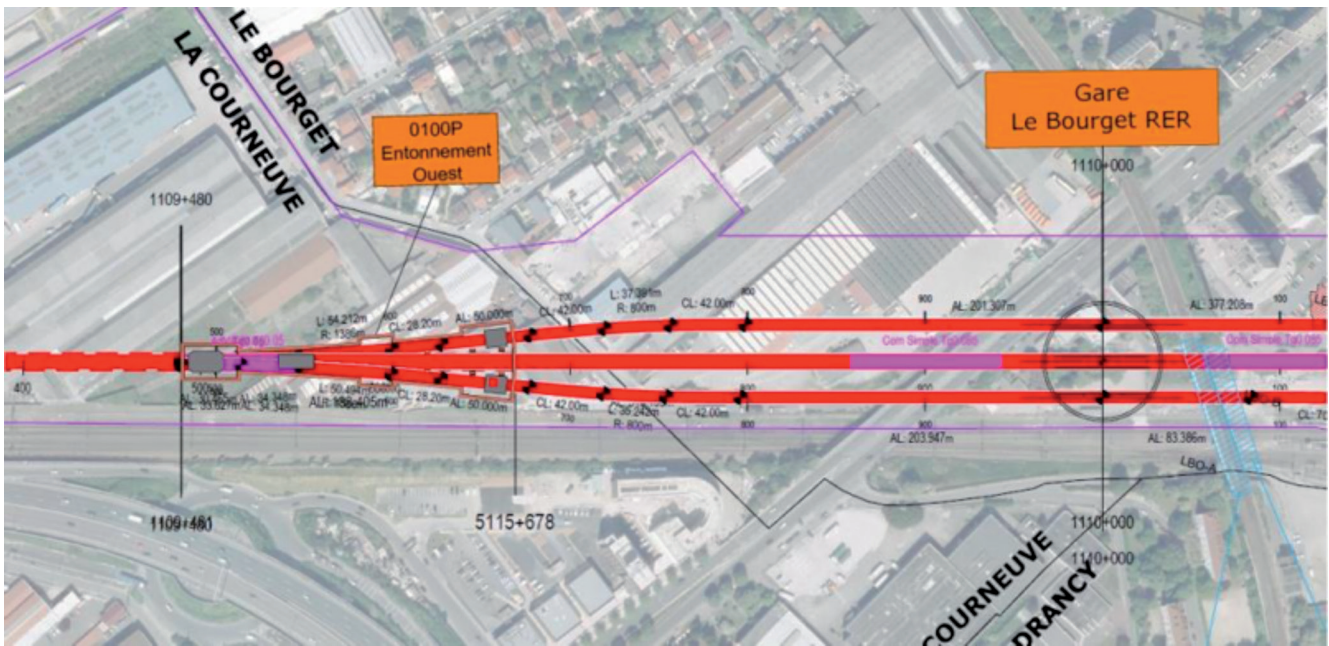


Figure 36 – Cartographie : vue du tracé en plan

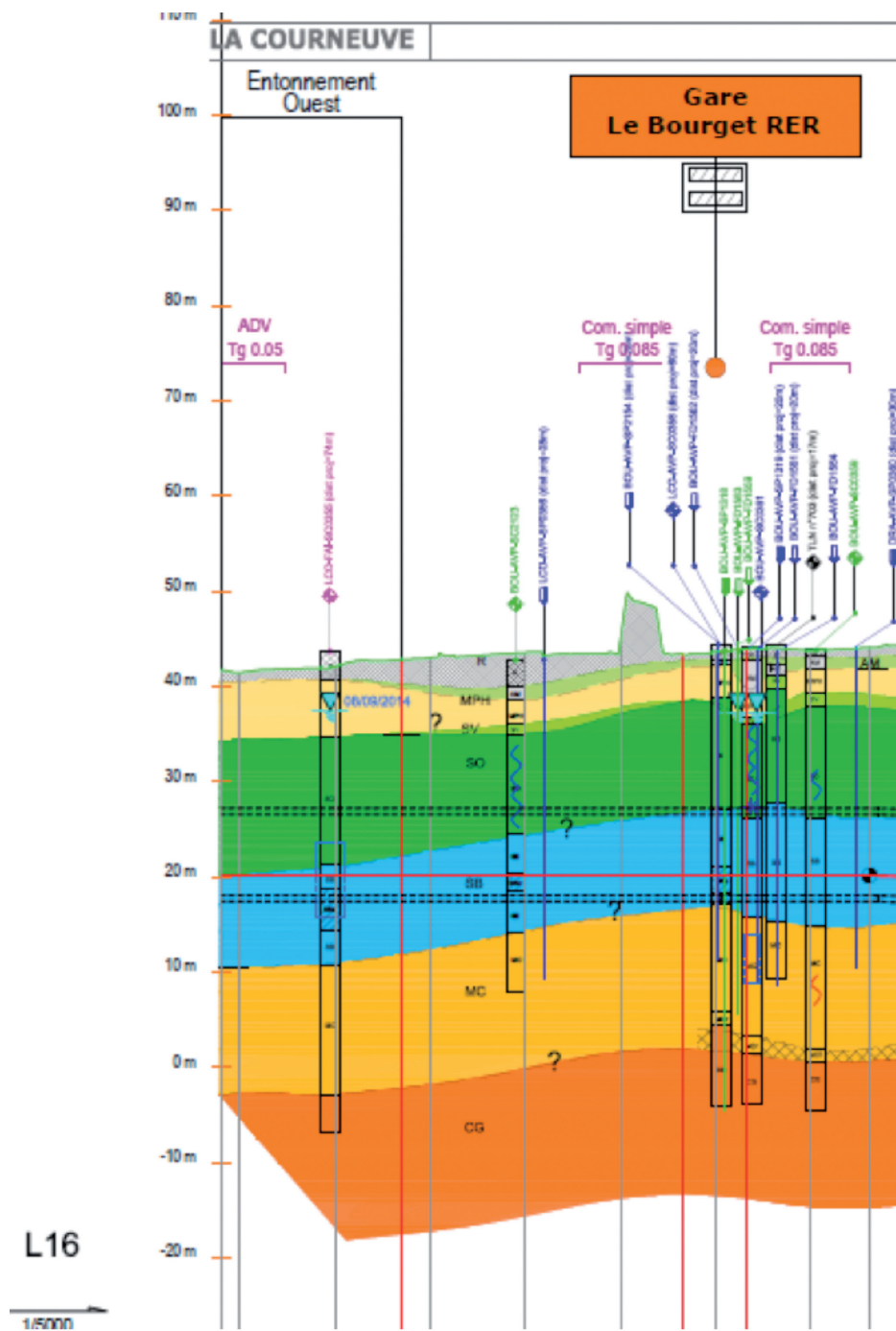


Figure 37 – Cartographie : vue profil en long sur fond géologique

- Ligne 16 – Intergare du Bourget RER au Blanc-Mesnil
Le tracé, d'une longueur d'environ 3,4 km, évolue principalement sous une zone industrielle.
L'axe du projet à la gare du Bourget RER a été finement calé pour réduire les risques vis-à-vis des ouvrages d'art TLN et GC, immédiatement en sortie de station. Les tubes des lignes 16 et 17 sont intercalés par rapport aux fondations des culées et piles.
Le tracé reste parallèle au RER B en sortie de la gare du Bourget RER sur près de 300 mètres, puis s'éloigne de celui-ci en faisant une courbe vers le nord pour passer à proximité des puits 0101P, 0102P, 0103P et 0104P – le puits

0104P étant centré sur l'axe du tunnel - avant de s'orienter vers la gare de Blanc-Mesnil. À environ 700 mètres de la gare du Bourget RER, le tube sud de la ligne 17 croise en plan la ligne 16.

A proximité de la gare du Bourget RER le tunnel passe à proximité de R+7 puis sous des immeubles jusqu'à R+6, il passe ensuite sous du bâti industriel du puits 0101P au 0103P.

Le passage de la commune du Bourget à celle de Blanc-Mesnil se fait entre les puits 0102P et 0103P. Entre les puits 0103P et la gare de Blanc-Mesnil, le tracé traverse un centre sportif et une zone pavillonnaire.



Figure 38 – Cartographie : vue du tracé en plan

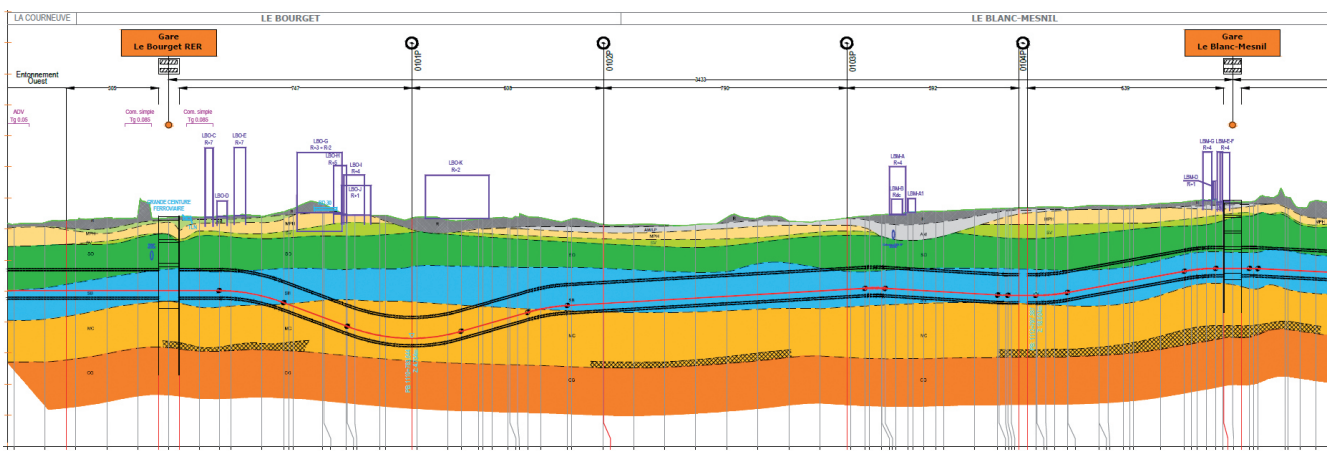


Figure 39 – Cartographie : vue profil en long sur fond géologique

4

DESCRIPTION DU PROJET

4.2.4. BÂTI - AVOISINANTS

- Ligne 16 – Intergare du Blanc-Mesnil à Aulnay

Le tracé, d'une longueur d'environ 2 km d'axe de gare à axe de gare, est principalement situé sous une zone d'activité et sous des infrastructures routières, autoroutières et ferroviaires.

Le tracé traverse le Parc Jacques Duclos sur 250 mètres puis une zone d'activité qui regroupe notamment des entreprises de transport (Ziegler France SA, Schenker-Joyau, Tendron) sur 450 mètres.

Le tracé effectue un enchaînement courbe/contre-courbe, afin d'aller se positionner au plus près du puits 0201P, il

passe sous les infrastructures suivantes : 2 bretelles d'entrée de l'autoroute A3, puis la voie ferrée Garonor, la bretelle de sortie A3 vers N2 est, l'autoroute A3 avant de se placer sous le terre-plein central de la RN2 et permettre de réaliser l'ouvrage d'entonnement vers le SMR.

A l'approche de la gare d'Aulnay, le tracé décrit une nouvelle courbe sous le carrefour de l'Europe, afin de positionner la gare d'Aulnay toujours dans le terre-plein central de la RN2 et d'amorcer la prochaine courbe permettant d'éviter la mosquée située à près de 400 mètres à l'est de la gare, entre la rue Paul Cézanne et le Boulevard Marc Chagall.



Figure 40 – Cartographie : vue du tracé en plan

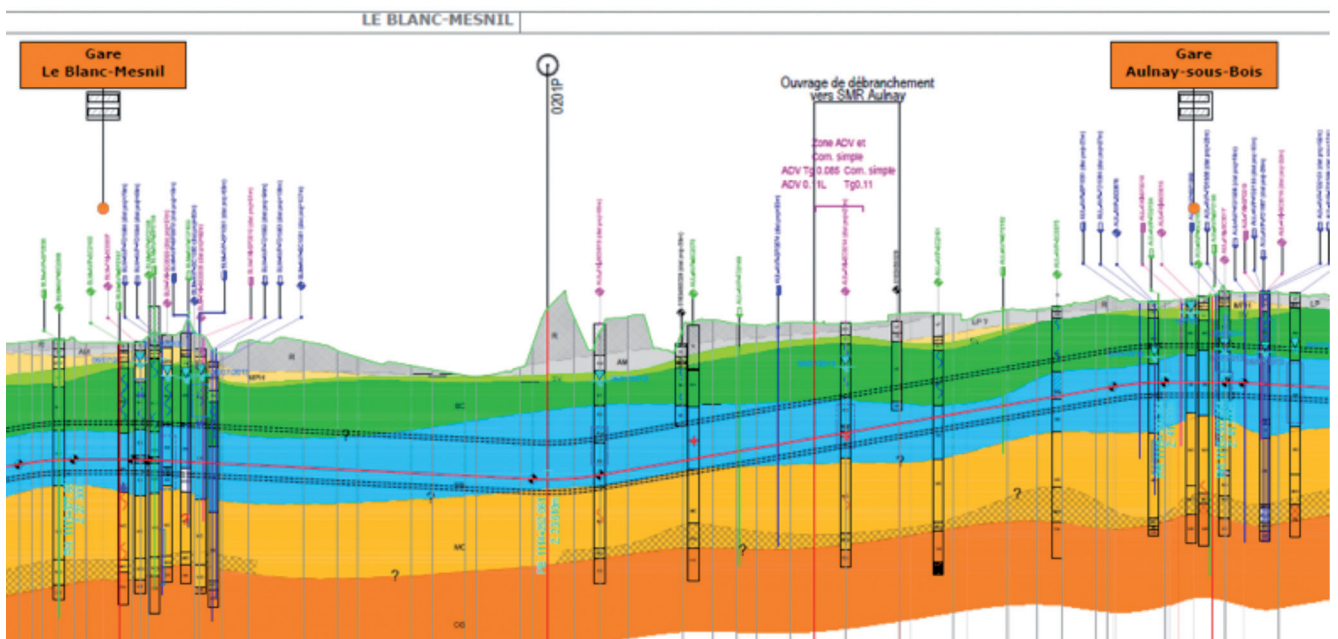


Figure 41 – Cartographie : vue profil en long sur fond géologique

– Ligne 16 – Intergare d'Aulnay à Sevrans-Beaudottes

A la sortie de la gare d'Aulnay, le tracé, d'une longueur d'environ 2,9 km d'axe de gare à axe de gare, effectue une courbe en S pour passer entre la mosquée et les barres d'habitations, puis se diriger au Sud en direction de la gare de Sevrans-Beaudottes.

Le tracé passe à proximité de barres R+4 à R+8 avant de traverser une zone non bâtie (terrains de sport). Il

passé ensuite à environ 25 mètres de trois tours R+10, puis franchit l'avenue Suzanne Lenglen et passe sous un ensemble d'immeubles R+5 et R+7. Le tracé traverse ensuite la route de Mitry, passe à proximité du groupe scolaire Emile Zola et passe sous des immeubles R+4 à R+7 à l'approche de la gare de Sevrans-Beaudottes. Avant de rejoindre la gare de Sevrans-Beaudottes dans une orientation biaisée, le tunnel passe sous la gare en tranchée couverte du RER B.



Figure 42 – Cartographie : vue du tracé en plan

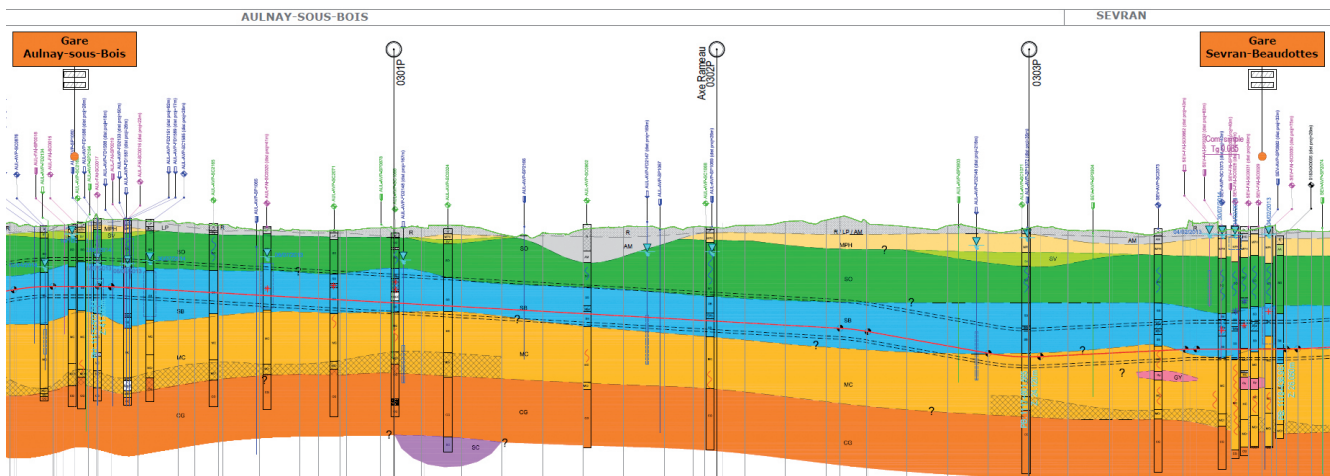


Figure 43 – Cartographie : vue profil en long sur fond géologique

4

DESCRIPTION DU PROJET

4.2.4. BÂTI - AVOISINANTS

- Ligne 16 – Intergare de Sevrans-Beaudottes à Sevrans-Livry
En sortie de SEB, le tracé d'une longueur de 1,5 km s'incurve avec le rayon le plus serré admissible (R=600 m) pour passer à l'axe du puits 0401P en passant sous une zone industrielle puis s'incurve dans l'autre sens, en passant sous des pavillons et à 13 m d'immeubles collectifs hauts

jusqu'à R+13, avant de rejoindre la gare de Sevrans-Livry en passant sous les voies du RER B qui sont en surface.

La gare de SEB étant profonde, celle-ci est placée en point bas du tracé ce qui limite notamment la profondeur du puits 0401P.



Figure 44 – Cartographie : vue du tracé en plan

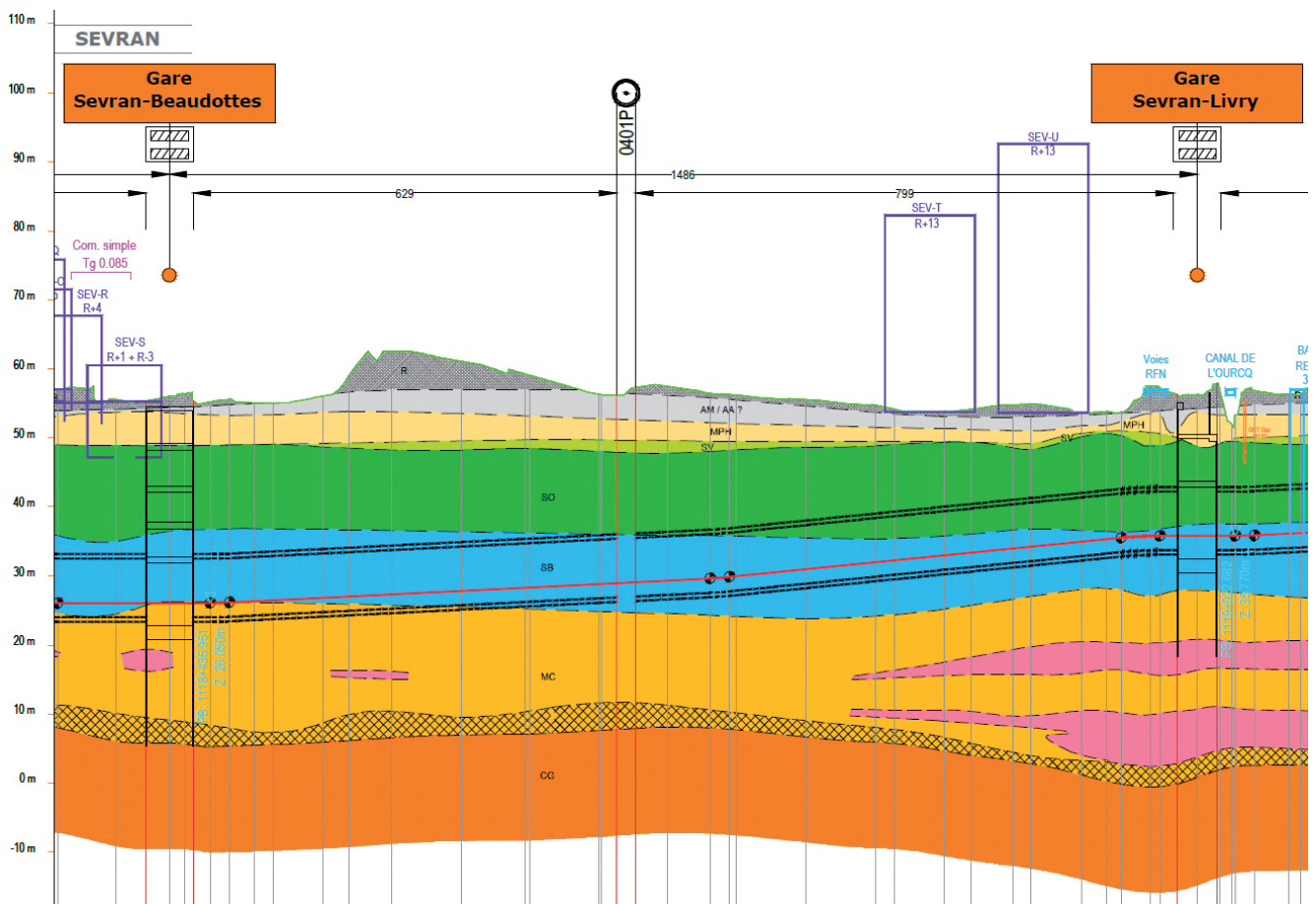


Figure 45 – Cartographie : vue profil en long sur fond géologique

- Ligne 16 – Intergare de Sevrans-Livry à Clichy-Montfermeil
En sortie de SEL, le tracé de 3,9 km commence par éviter le bassin de rétention situé à proximité avant de passer dans l'OA 0501P qui est centré. Le tracé serpente ensuite en suivant l'implantation des puits 0502P et 0503P. L'implantation à l'ouest de l'OA 0502P permettant un tracé plus tendu qu'auparavant. Le tracé se centre ensuite à nouveau sur un OA, le 0504P. A l'approche de la gare de Clichy-Montfermeil, l'itinéraire du tracé retenu passe sous des pavillons et immeubles hauts, il s'agit pour la plupart d'immeubles qui seront démolis. Il évite bien l'îlot G1.

Immédiatement après la gare de SEL, le tunnel passe sous le canal de l'Ourcq. En s'éloignant de SEL, le PL remonte avec la pente minimale de 5‰, traverse l'OA 0501P puis redescend avec la pente minimale de 10‰ jusqu'au puits 0502P. Il remonte ensuite avec une pente de 35,98 ‰ pour placer ce puits en point bas au pied de la butte de Clichy-Montfermeil. Cette pente de 35,98 ‰ permet de remonter au maximum le puits 0503P et ainsi l'implanter à une profondeur de moins de 30 mètres. Le PL prend ensuite successivement une pente à 32,88 ‰ avant de reprendre une pente de 5 ‰ pour traverser l'OA 0504P et rejoindre la gare de Clichy-Montfermeil.

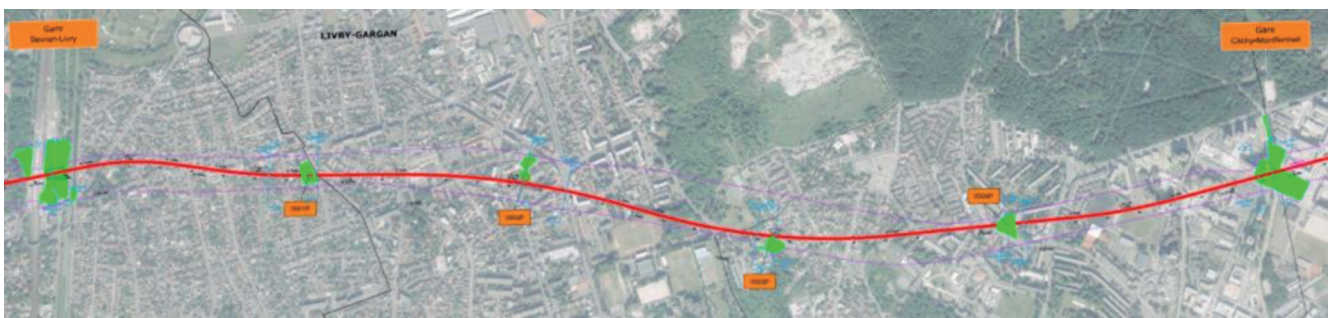


Figure 46 – Cartographie : vue du tracé en plan

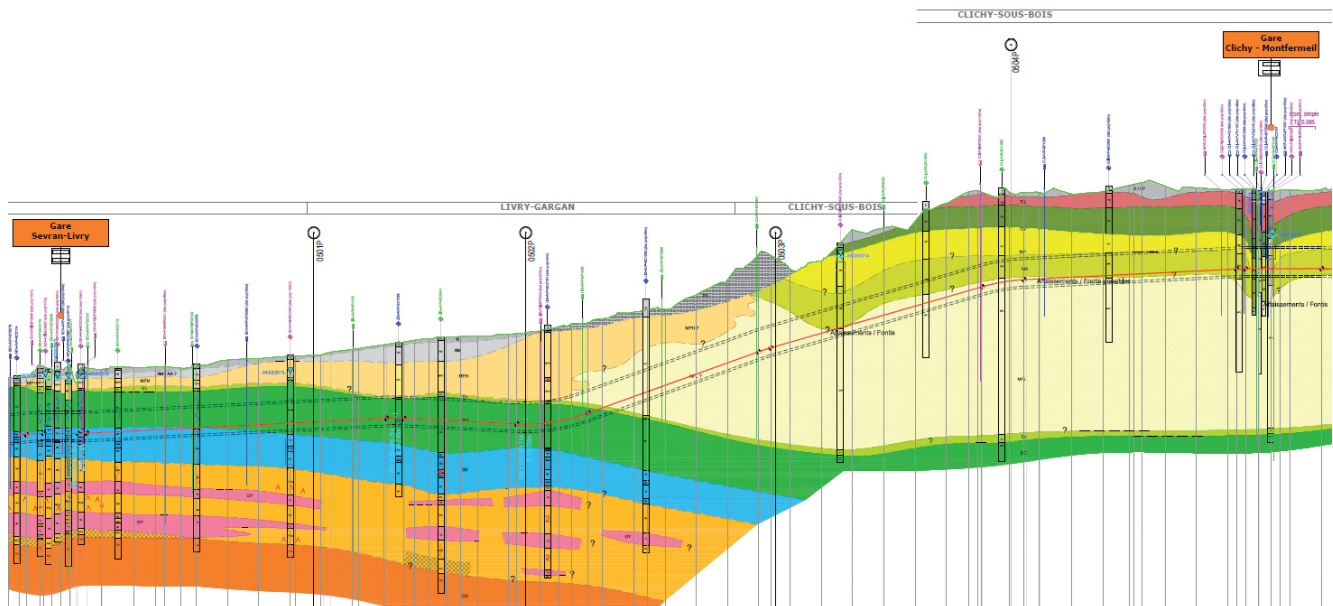


Figure 47 – Cartographie : vue profil en long sur fond géologique

- Ligne 16 – Intergare de Clichy-Montfermeil à Chelles
Après la gare, le tracé de 4,1 km passe sous des immeubles existants et conservés d'une hauteur allant jusqu'à R+5, et à proximité d'un R+10. Le tracé évolue de manière rectiligne sous des zones pavillonnaires jusqu'au puits 0603P qui est un puits de démarrage de tunnelier. Au niveau du puits 0604P, le tunnel passe entre deux tours R+12 (Noue Brossard) au pied du plateau de Clichy-Montfermeil. Le tracé passe ensuite sous le centre sportif de la commune de Chelles, puis à proximité des R+9 de l'ensemble dits « des Cressonnières », et enfin il décrit une courbe - contre courbe avec un rayon de 600 mètres pour prendre l'orientation de tracé imposée par la gare de Chelles.

Le tunnel maintient un plat nécessaire pour l'implantation d'un Service Provisoire, puis descend avec une pente de 10,90 ‰ en sortie de CMF. Il descend du plateau avec une pente maximale de 39,50 ‰ entre les puits 0601P et 0604P dans une partie non urbanisée vers Chelles ; la pente se casse à 30 ‰ au niveau du puits 0603P afin de permettre un démarrage de tunnelier. Le Z rail est imposé par les fondations de la noue Brossard au niveau du 0604P. Le profil en long est ensuite à la pente minimale pour suivre le TN et ne pas trop approfondir le puits 0605P où se situe un point bas ; le profil remonte ensuite à Chelles.



Figure 48 – Cartographie : vue du tracé en plan

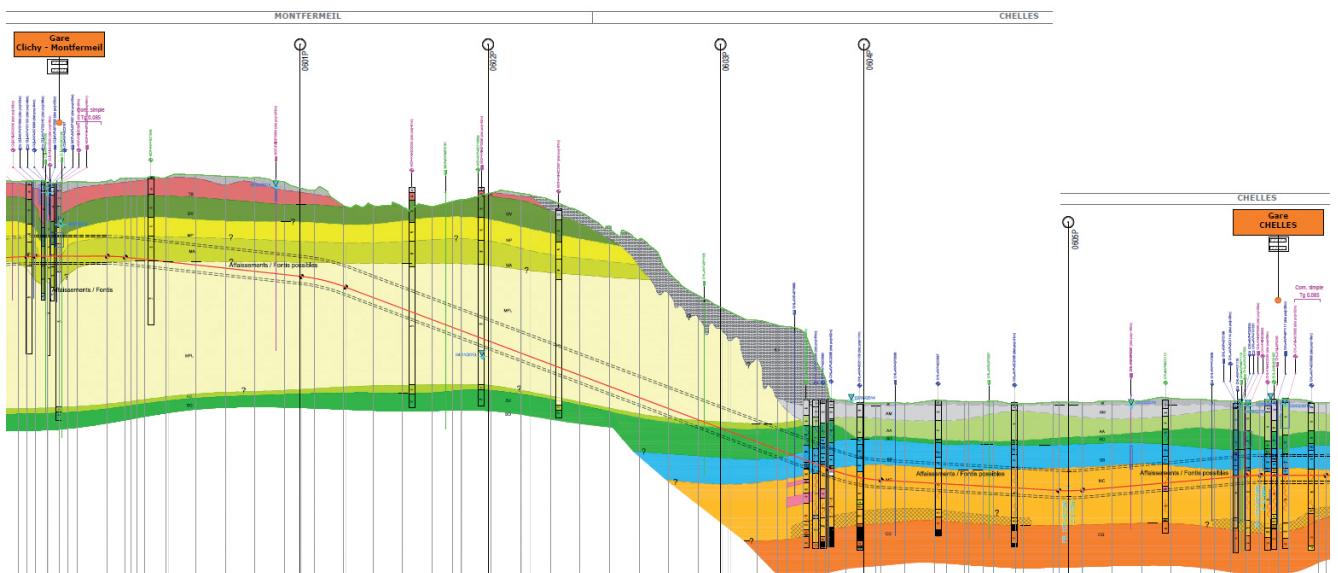


Figure 49 – Cartographie : vue profil en long sur fond géologique

– Ligne 16 – Intergare de Chelles à Noisy-Champs

En sortant de la gare de Chelles, le projet passe sous le faisceau ferroviaire, un parking en structure, de nouveau des pavillons et immeubles jusqu'à R+4 à proximité, le canal de Chelles et la Marne. Au niveau du puits 0703P, le tracé passe à proximité du lotissement allée Jean Perrin dont les bâtiments sont sensibles ainsi que deux parkings souterrains. Le tracé effectue alors une courbe-contre-courbe avec des rayons de 580 m, des clothoïdes de 110 m et un alignement de 50 mètres (alignement

minimal entre une courbe et une contre-courbe) pour finir par se raccorder sur le débranchement est de l'arrière-gare de la gare de Noisy-Champs tout en conservant une longueur d'alignement droit permettant l'implantation d'une communication. L'intergare est longue de 3,4 km.

Le profil en long plonge à 6,73 ‰ vers le puits 0701P, lequel est situé en point bas, il remonte ensuite avec la pente minimale de 5 ‰ vers le bas de la pente. Il monte ensuite avec une pente de 40 ‰ puis 38,5 ‰ (pente maximale nominale) vers l'arrière-gare de Noisy-Champs.

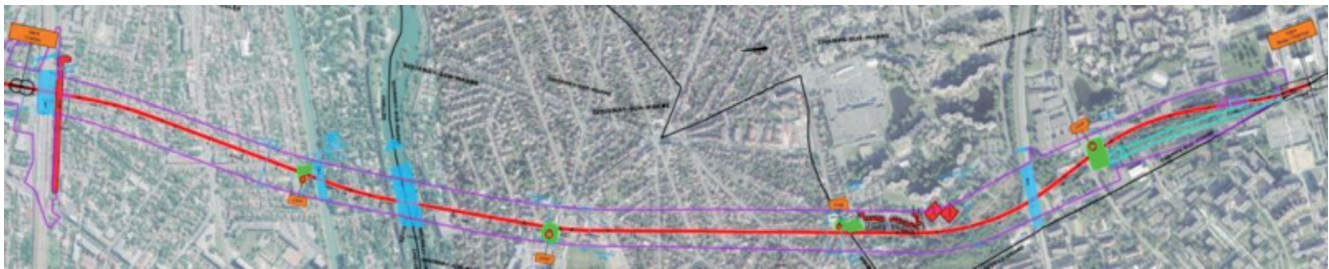


Figure 50 – Cartographie : vue du tracé en plan

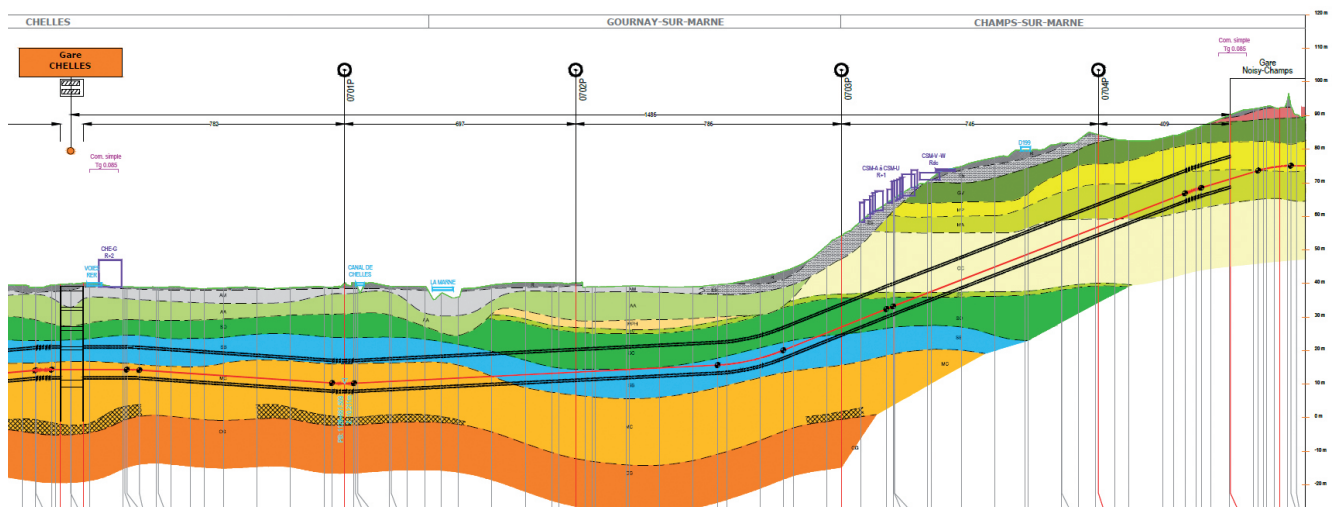


Figure 51 – Cartographie : vue profil en long sur fond géologique

**Raccordement L 16 au site de maintenance –
Débranchement au site de maintenance**

L'entonnement permettant d'implanter le débranchement de la ligne 16 vers le raccordement au site de maintenance d'Aulnay se positionne au niveau du terre-plein central de la RN2 entre

l'échangeur de l'autoroute A3 et le carrefour de l'Europe. Le tracé traverse la ZI La Fosse à la Barbière, rejoint le carrefour Louis Armand, avant de longer le site de PSA Peugeot Citroën par l'ouest.



Figure 52 – Cartographie : vue du tracé en plan

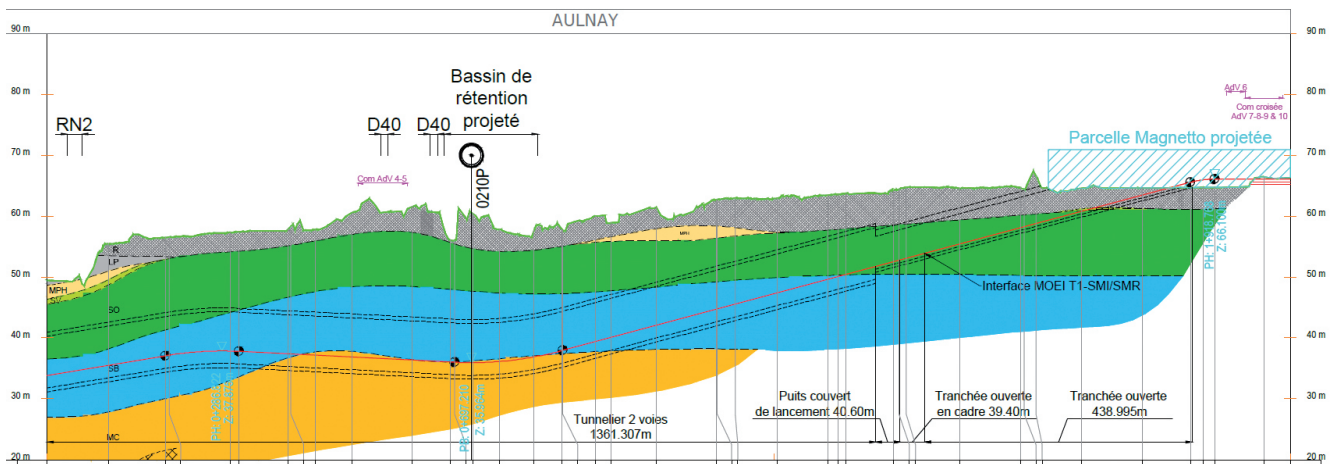


Figure 53 – Cartographie : vue profil en long sur fond géologique

Méthodes de construction des tunnels et ouvrages de raccordement, puits de sortie

- Tunnels au tunnelier

Les tunnels seront réalisés au tunnelier avec confinement.

Une analyse multicritères a été menée afin de comparer les avantages et les inconvénients des différents types de machines pouvant être utilisées (notamment pression de boue et pression de terre). Après analyse, et compte de tenu de la variabilité des terrains et de certains résultats d'essais, aucun des deux modes de confinement envisagés n'est exclu à ce stade de l'étude. Néanmoins, chaque type de tunnelier devra être conçu en tenant compte du contexte rencontré et comportera des dispositions complémentaires pour traiter les risques associés au mode de confinement retenu lors des passages des zones défavorables.

Cette analyse ne prend pas en compte l'expérience de l'entreprise vis-à-vis de la machine utilisée ainsi que des terrains rencontrés. Néanmoins, l'expérience des entreprises est un facteur déterminant dans le choix de la machine et plus particulièrement du mode de confinement à retenir.

Les tunneliers seront acheminés jusqu'aux puits de lancement en pièces détachées. La faisabilité d'un acheminement par voie fluviale pourra être étudiée selon le site de construction du tunnelier. Si celui-ci n'est pas envisageable, la mise en place de convois exceptionnels routiers sera nécessaire.

La géométrie et le niveau des radiers provisoires des puits de lancement sont adaptés au niveau de glissement du bouclier et de roulement des remorques du train suiveur.

Les dimensions intérieures des puits de lancement doivent permettre les opérations de montage et de démarrage des tunneliers. Elles dépendent des emprises disponibles et de leurs contraintes.

Pour démarrer le creusement avec un tunnelier en configuration complète, la longueur nécessaire du puits doit être d'environ 80 à 100 mètres.

Si cette longueur de 80 à 100 mètres n'est pas disponible, la longueur des puits doit permettre à minima l'introduction du bouclier et de la première remorque du train suiveur pour la phase de lancement. La longueur du bouclier est estimée à 15 mètres et celle de la remorque n°1 à 25 mètres. Une longueur supplémentaire de 5 mètres permettant de circuler derrière la première remorque et d'amener les voussoirs porte la longueur minimale du puits à environ 45 mètres. Les éléments supplémentaires du train suiveur nécessaires au fonctionnement du tunnelier sont ensuite descendus au fur et à mesure de l'avancement du creusement. Ce phasage de démarrage diminue la cadence d'avancement jusqu'à ce que la totalité du train suiveur du tunnelier soit montée.

La largeur des puits de démarrage doit permettre la circulation des engins de montage et de manutention pendant la phase de montage du tunnelier. Une distance latérale de chaque côté de la machine de 3,5 mètres est nécessaire pour faciliter le montage et réduire sa durée.

Pour le lancement du tunnelier, un bâti de poussée métallique est installé à l'arrière du bouclier pour reprendre l'effort de poussée du tunnelier sur les premiers mètres de son avancement.

Le démontage « in situ » d'un tunnelier demande un puits ou une chambre de démontage de dimensions suffisantes pour pouvoir mettre en œuvre les systèmes de manutention.

Une distance minimale de 2,5 m de part et d'autre du tunnelier est fixée, d'où une largeur intérieure minimale du puits de 15 m. La longueur optimale de l'ouvrage de démontage doit être au minimum celle d'une remorque (25 mètres) pour permettre un démontage rapide du train suiveur. La longueur minimale de l'ouvrage de démontage doit permettre de poser le voussoir de jonction en sortie de jupe avec au minimum 2 mètres à l'avant de la roue de coupe. En général, la longueur du bouclier + roue de coupe + jupe est de l'ordre de 10 à 13 mètres pour des machines de ce diamètre. Il est donc nécessaire d'assurer une longueur minimale de 14 mètres au niveau de la chambre de démontage

En surface une zone de démontage doit permettre un reconditionnement des éléments avant transport. Cette aire de démontage aura une surface minimale d'environ 500 m² à placer à côté de l'ouvrage.

Le puits d'extraction du tunnelier devra être muni d'engins de levage suffisamment puissants pour sortir des éléments de tunneliers de forte taille et ainsi limiter la durée d'immobilisation du puits.

• Rameaux

A ce stade, sont prévus 7 rameaux sur le tronçon T5a et 20 rameaux sur le tronçon T1.

Deux principales fonctionnalités de service ont été identifiées pour ces rameaux. Ces fonctionnalités sont en liaison directe avec la fonctionnalité des puits associés. Ainsi on distingue :

- Les rameaux d'accès secours (notés 'AS') servant essentiellement au cheminement des secours et au passage des réseaux vers les locaux techniques des puits.
- Les rameaux d'accès secours + ventilation (notés 'V') servant au cheminement des secours, au passage des réseaux vers les locaux techniques des puits ainsi qu'au passage des gaines de ventilation.

Le rameau ayant la section la plus importante est le rameau ayant la fonctionnalité de ventilation et accès secours pour les lignes 16 et 16/17.

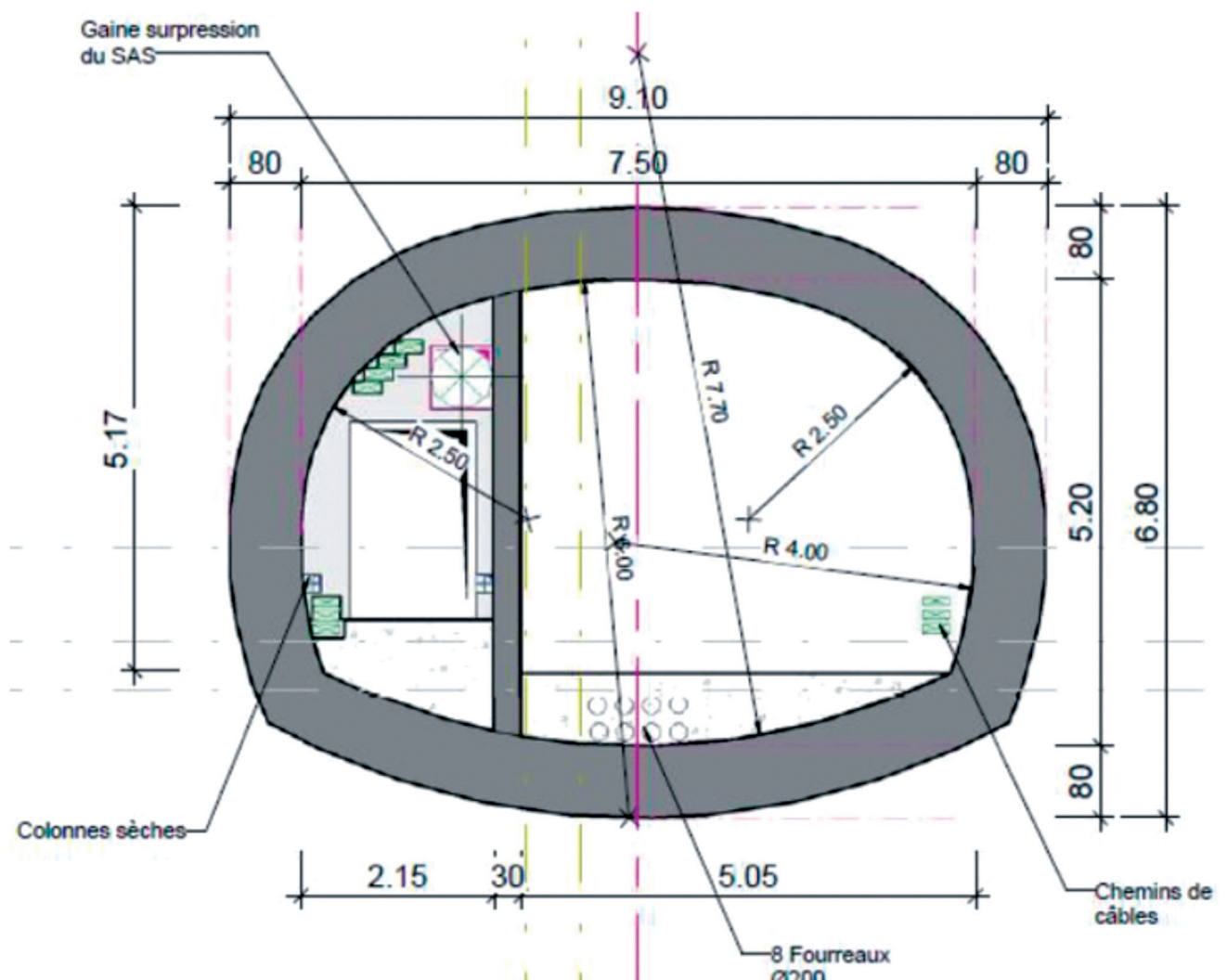


Figure 54 : Coupe fonctionnelle du rameau de ventilation L16 et L16/17

Les rameaux d'accès secours des lignes 16 et 16/17 auront une section allongée pour permettre le passage des fourreaux pour les câbles traction (section A). Pour les rameaux de longueur supérieure à 3,5, la section peut être optimisée car les fourreaux pourront être remontés suffisamment haut pour permettre de remonter aussi le radier (section B).

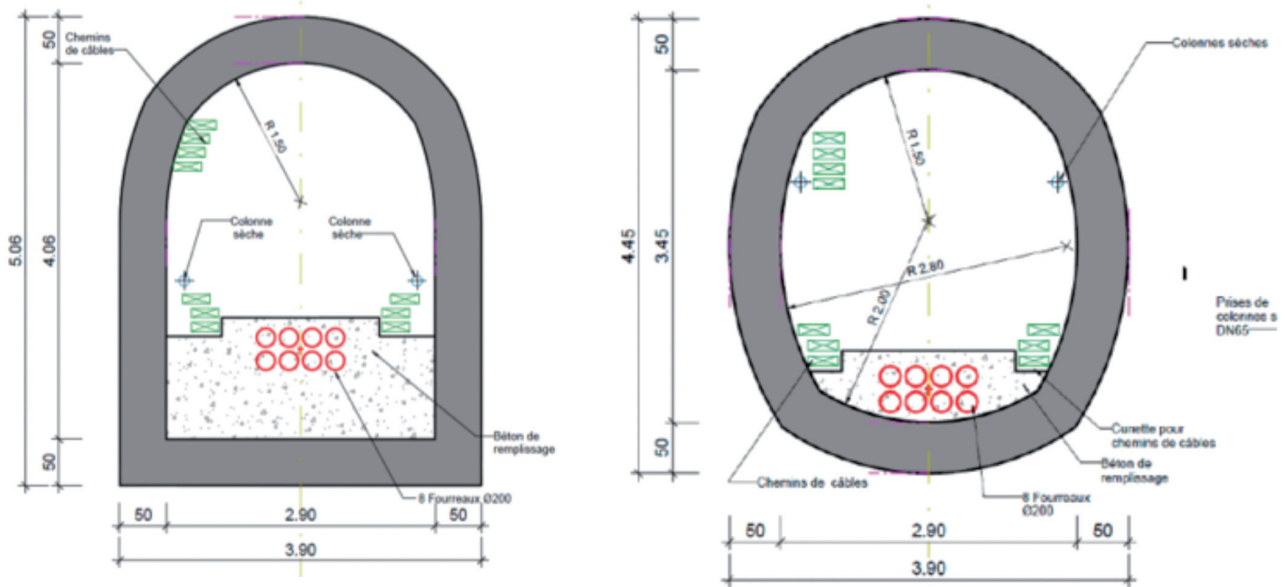


Figure 55 : Coupes fonctionnelles des rameaux d'accès secours L16/17 – section A (à gauche) et section B (à droite)

Un seul rameau est prévu pour la L14. Il a une fonction d'accès secours et sa géométrie est légèrement différente compte tenu des contraintes fonctionnelles différentes.

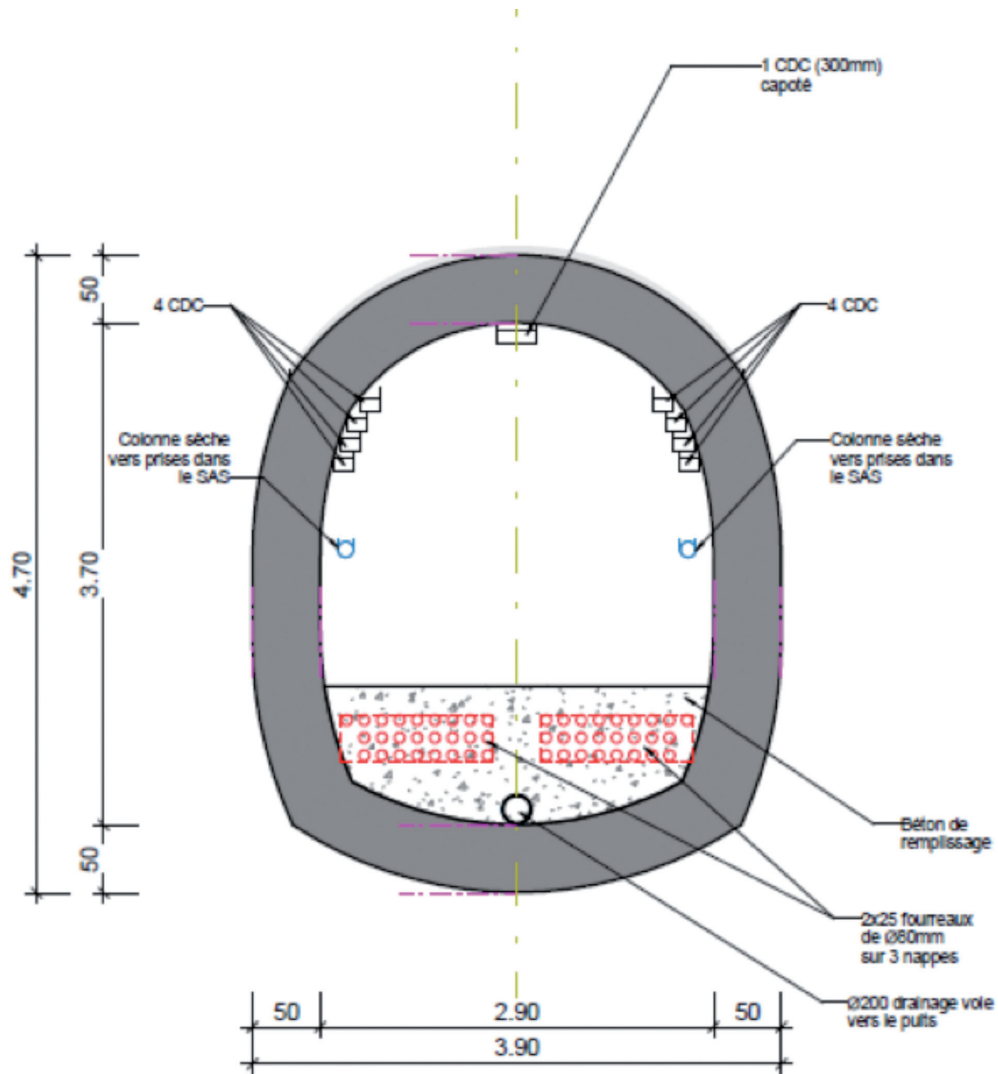


Figure 56 : Coupe fonctionnelle du rameau d'accès secours L14

Le tunnel bitube de la ligne 17 nécessite fonctionnellement un accès secours et un accès ventilation. Compte tenu du diamètre réduit des tunnels monovoies, le tunnel de la ligne 17 Sud sera relié au puits 0101P avec deux rameaux. Un rameau d'accès secours de géométrie identique aux rameaux d'AS de la ligne 16 et un rameau assurant la fonctionnalité de ventilation dont la géométrie est présentée ci-dessous.

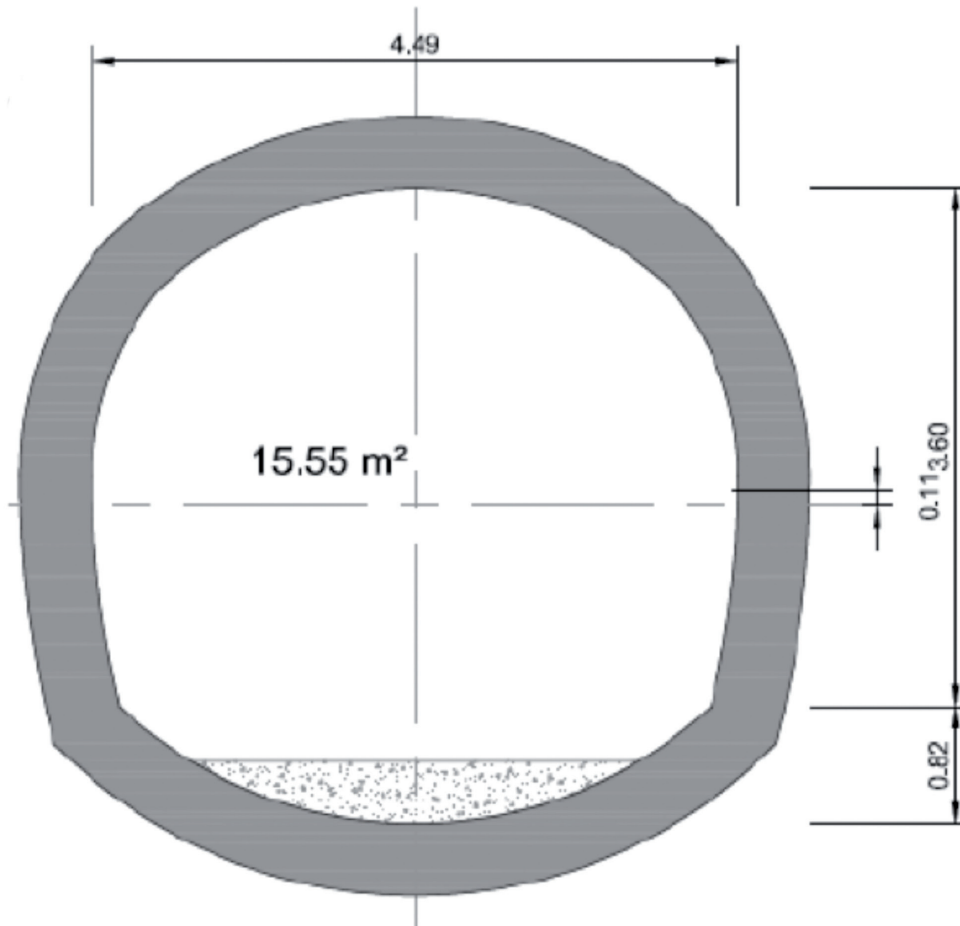


Figure 57 : Coupe fonctionnelle du rameau ventilation L17 (bitube)

Les rameaux de raccordement entre les tunnels et les puits seront réalisés en méthode conventionnelle avec une machine à attaque ponctuelle ou une pelle équipée d'une fraise.

Ils seront tous excavés sous nappe. Le terrain devra donc être préalablement traité. Des injections de coulis sont prévues dans les MFL, MC et le SO. Dans les SB et les MSG, pour lesquels plusieurs retours d'expérience ont démontré l'inefficacité de cette méthode, deux méthodes sont possibles : la réalisation d'une coque en terrain congelé et le traitement par colonnes de jet-grouting. Les deux méthodes sont à peu près équivalentes

en termes de coûts. Pour les rameaux d'accès secours, la congélation est retenue à ce stade car elle assure les meilleures garanties pour l'étanchéification des terrains et des contraintes moindres en surface. Pour les rameaux de ventilation, le renforcement du front de taille est aussi un enjeu important compte tenu de la section d'excavation, qui est significative. Pour ces rameaux, un traitement par colonnes de jet-grouting est retenu à ce stade. Il est à noter qu'un puits d'essais sera réalisé à Aulnay pour étudier en situ ces deux méthodes de traitement.

Le creusement sera fait en pleine section, moyennant des précautions pour stabiliser le front de taille soit par traitement de terrain soit par mise en œuvre de pré-soutènements de type voûte parapluie ou boulonnage du front.

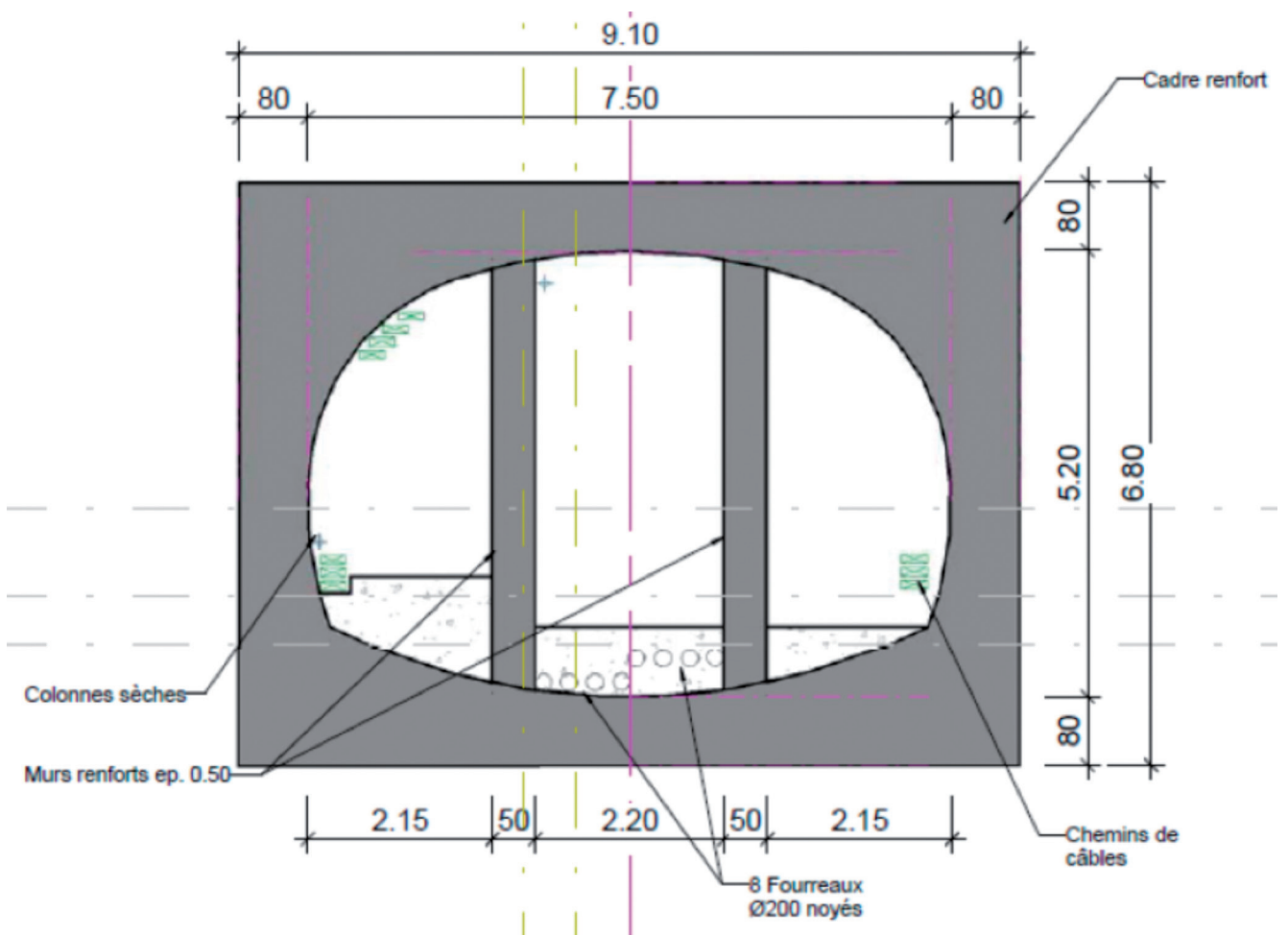
Vu la nature des terrains un soutènement provisoire de la section excavée sera nécessaire le temps de mettre en place le revêtement définitif. Ce soutènement sera composé de cintres lourds de type HEB 120 à 200 selon le contexte géologique et le type de rameau. Dans le cas des rameaux de ventilation, un cintre contre voûté sera disposé en radier afin de fermer complètement la section de soutènement provisoire et réduire les tassements de surface. Un remplissage en béton projeté non fibré sera mis en œuvre entre les cintres. Le pas d'avancement sera limité à 1 mètre afin de réduire la longueur de tunnel non soutenu en phase provisoire.

Dans le cas de la jonction avec le puits, un renforcement des parois moulées sera nécessaire. Selon la profondeur du puits, le type de rameau et le contexte géotechnique les mesures mise en œuvre seront les suivantes :

- mise en place d'un chevêtre de reprise ;
- mise en place d'une cerce (puits circulaires), d'un cadre ou d'un chevêtre butonné (puits rectangulaires).

La reprise définitive des parois moulées sera assurée par les dalles définitives du puits et par le prolongement du revêtement du rameau.

Le raccordement rameau/tunnel sera composé d'une structure cadre avec l'intrados voûté. Pour les rameaux de ventilation, cette structure comporte 2 poteaux-voiles de 50 cm d'épaisseur pour 2 mètres de longueur minimale permettant ainsi de réduire la portée. Le cadre, d'épaisseur minimale de 80 cm, vient reprendre les voussoirs jusqu'à l'intrados du tunnel voûté.



En phase provisoire, les anneaux concernés par l'ouverture seront cintrés. Les cintres seront aussi renforcés côté ouverture avec des demi-lunes. Des chevêtres horizontaux en parties haute et basse de l'ouverture relieront les anneaux entre eux.

Problématique du creusement des tunnels dans des terrains gypseux

Le tronçon T1 et, en moindre mesure, le tronçon T5a, traversent les communes du nord-est parisien réputées pour les phénomènes de dissolution de gypse et la présence d'anciennes carrières souterraines de gypse. Les risques liés aux phénomènes de dissolution du gypse ont été identifiés principalement dans le secteur de Sevran (notamment Beaudottes), les versants nord et Sud du plateau de Clichy et la vallée de la Marne et représentent un enjeu important pour le projet.

Différentes méthodes existent afin de reconnaître les terrains en avant du tunnelier et autour du tunnel excavé. Compte tenu des objectifs de délais, le choix se porte principalement sur les méthodes géophysiques qui à la différence des méthodes directes (les sondages depuis le tunnelier par exemple) ont peu d'interférence avec le cycle de production (creusement/soutènement) et donc un impact limité sur les cadences d'avancement.

Parmi les systèmes existant, les méthodes qui semblent à ce stade les plus pertinentes vis-à-vis des objectifs de reconnaissances associées à la dissolution du gypse (détection de zones décomprimées et de vides éventuels) sont le radar et l'électrique.

Les paramètres de la machine et notamment les contrôles des volumes et des pressions d'injection de la boue et/ou du mortier de bourrage devront faire l'objet d'un suivi détaillé car ils constituent des sources d'information essentielles pour l'adaptation des dispositions constructives. Le tunnelier devra également être équipé d'un capteur de température et d'un « fontimètre ».

Les traitements permettant de limiter les risques à la source sont principalement les injections. Elles peuvent être réalisées depuis la surface ou un autre ouvrage (ouvrage existant, ouvrage du projet et/ou ouvrages spécifiques dédiés). Elles peuvent également être réalisées depuis le tunnelier (à travers la jupe) ou à l'arrière de celui-ci (à travers les voussoirs et éventuellement le radier).

La limitation des conséquences passe avant tout par l'adaptation des méthodes constructives au contexte attendu. Il s'agit notamment du choix, de la conception, des caractéristiques et des conditions d'utilisation du tunnelier (limitation des cadences d'avancement afin de permettre une analyse en temps réel des différents paramètres de creusement et d'auscultations ; adaptation des pressions de confinement ; adaptation du système d'injection du mortier de bourrage pour assurer le bon remplissage du vide annulaire et des zones décomprimées autour du tunnel). En cas d'utilisation d'un tunnelier à pression

de terre un dispositif d'injection de bentonite (ou équivalent) à travers la jupe sera imposé afin de traiter toute la surface de contact à l'extrados de la jupe. En cas d'utilisation d'un tunnelier à pression de boue, le chantier devra disposer de stocks de boue bentonitique primaire en quantités suffisantes pour pouvoir pallier une perte soudaine de boue dans une cavité en injectant des volumes importants de boue neuve dans un délai réduit.

Il est également possible de limiter les conséquences de rencontre d'un vide et/ou d'une zone décomprimée en protégeant, par exemple les ouvrages à proximité par des traitements de terrains ou des confortements.

En outre, afin de satisfaire à la condition de traversée de brèche un renforcement des anneaux de voussoirs peut être envisagé (renforcement passif avec des bi-cônes (ou shear-cones) et/ou des boulons, dimensionnement des voussoirs vis-à-vis d'une ovalisation plus importante).

Problématique du creusement des tunnels dans des terrains pollués en profondeur

La réalisation du tunnel à une profondeur comprise entre 15 et 50 m peut être concernée :

- par une pollution potentielle dans la nappe. Cette pollution peut être due à une contamination de la nappe par migration d'une pollution présente en amont hydraulique via les eaux souterraines ;
- par une pollution potentielle dans les eaux souterraines, due à une migration verticale des pollutions de surface lorsque la faible profondeur de la nappe et l'absence de formation imperméable rend cette dernière vulnérable ;
- par la présence de terrains gypsifères riches en sulfates et non compatibles avec une évacuation en ISDI ou d'autres anomalies géochimiques naturelles (fluorures, métaux lourds).

Pour les déblais extraits des sols profonds par tunnelier, les problématiques sont identiques à celles des déblais extraits en sols profonds au droit des ouvrages en tranchée ouverte. Les déblais sont classés selon les catégories suivantes :

- déblais inertes répondant aux critères de l'arrêté ministériel du 12 décembre 2014 ;
- déblais sulfatés (pas d'autres dépassements de seuil ISDI que sulfates et fraction soluble) – valorisation en comblement de carrière de gypse ;
- déblais dont les teneurs des composés du pack ISDI sur lixiviat sont supérieures à trois fois le seuil ISDI – valorisation en ISDI négociée (ISDI plus) ;
- déblais présentant des dépassements de seuils ISDI en teneurs supérieures à 3 fois le seuil – élimination en ISDND ;
- déblais présentant des dépassements de seuils ISDI mais uniquement pour les composés organiques (hydrocarbures, HAP, BTEX sur brut, COT sur brut et COT sur lixiviat) ou présentant la présence de traces de COHV (pas de seuil ISDI).

Etant donné qu'un diagnostic de pollution exhaustif, tel que réalisé au droit des gares et ouvrages annexes n'est pas envisageable sur le linéaire du tunnel, une étude des « zones sensibles » en termes de pollution des sols et surtout des eaux souterraines au droit du tracé doit permettre d'identifier les « zones à risque » du projet.

Au travers de cette analyse, il apparaît qu'au droit de certaines zones du tracé, une pollution de la nappe est fortement suspectée voire établie (bases de données ADES sur la qualité des eaux souterraines et présence de sites BASOL à proximité du tracé). Une problématique de pollution des eaux souterraines et des déblais de tunnelier peut donc exister au droit du tracé et ainsi engendrer un surcoût de gestion des déblais et des eaux d'exhaure.

Parmi les données entrantes consultées, certaines études environnementales réalisées au droit de parcelles localisées à proximité ou à l'aplomb du tunnel permettent d'identifier des zones du tronçon « à risque » au même titre que pour les ouvrages en tranchée ouvertes.

La nappe de l'Eocène ayant été fortement exploitée au 20^{ème} siècle, cette dernière a fait l'objet de pompes intensifs et le niveau de la nappe était alors plus profond que le niveau actuel. Les pollutions ont alors pu migrer en profondeur sous le niveau actuel de la nappe. Il est donc possible que des sols en profondeur, dans la zone saturée (sous le niveau de la nappe) soient encore impactés (polluants adsorbés sur les sols).

En addition de cette étude de « sensibilité », des prélèvements et analyses des sols en profondeur au droit du tunnel seront mis en œuvre dans le cadre de la campagne d'investigations géotechniques G2. De plus, des prélèvements et analyses sur les piézomètres implantés dans le cadre de cette campagne géotechnique seront mis en œuvre afin d'identifier la qualité environnementale de la nappe.

Au stade des études d'avant-projet, les deux modes de creusement des tunnels sont retenus à savoir le tunnelier à pression de boue et le tunnelier à pression de terre. Ces deux techniques amènent à la production d'un marin de tunnelier plus ou moins dense et plus ou moins liquide, la pression de boue permettant d'obtenir un marin plus dense que la technique de creusement à pression de terre. Ainsi, avec une teneur en eau après traitement plus faible que la technique à pression de terre (sans application de technologies innovantes), les matériaux issus de l'usine filtration-séparation sont plus facilement pelletables et transportables.

Les déblais liquides ou semi-liquides issus des tunneliers nécessitent un prétraitement. Celui-ci peut comprendre l'addition de sable, chaux ou autres liants hydrauliques pour rendre les matériaux pelletables et transportables. Cependant ces traitements peuvent modifier les propriétés physico-chimiques des déblais en plus d'une augmentation de la siccité (moindre ou plus grande solubilité de certains métaux ou éléments

inorganiques, augmentation de la teneur en COT sur lixiviat, pH plus élevé). Il est notamment connu que l'addition de chaux peut mener à augmenter les teneurs en certains métaux sur lixiviat ce qui peut mener à rendre le déchet non inerte au regard des seuils de l'arrêté du 12/12/2014.

Le prétraitement des déblais de tunnelier devra permettre d'obtenir une siccité du matériau rendant possible son éventuelle évacuation vers des exutoires du type comblement de carrières. En effet, l'envoi vers ces exutoires et notamment les carrières de gypse envisagées en raison de la présence en quantité significative de matériaux sulfatés sur le tronçon T1, imposent des contraintes en terme d'aspect et de qualité des déblais. Cela représente un enjeu fort au regard de la gestion des déblais et des coûts engendrés puisque des matériaux fortement sulfatés initialement destinés à du comblement de carrière de gypse, devraient être mis en dépôt en Installation de Stockage de Déchets Non Inertes (ISDND) en cas de refus d'acceptation des déblais par les exutoires. Ce cas de figure entraînerait un surcoût important de gestion des déblais.

Pour les déblais présentant des pollutions de type hydrocarbures ou solvants chlorés, un traitement sur site (ventilation mécanique) en cas de présence de polluants volatils ou un traitement par dépollution hors site (biocentre, désorption thermique, traitement physico-chimique) peut être envisagé. Ce problème concerne particulièrement le tronçon T5a. En effet, la zone du tunnel de la ligne 16/17 immédiatement à l'ouest du canal Saint-Denis, se trouve au droit d'un ancien site industriel TOTAL Solvants dont la nappe et les sols profonds sont pollués par des hydrocarbures. Une analyse de sols sur un échantillon de carotte géotechnique localisée le long du canal a notamment montré de fortes teneurs en hydrocarbures (jusqu'à 30 000 mg/kg MS pour un seuil ISDI de 500 mg/kg MS) jusqu'à 27 mètres de profondeur, dans l'horizon des sables de Beauchamp traversé par le tunnelier.

Problématique du creusement des tunnels dans des terrains très fins

Les argiles peuvent entraîner des phénomènes de colmatage de la roue de coupe. Le caractère collant d'un matériau peut être estimé à partir de son indice de consistance, Ic, et de son indice de plasticité, Ip. Sur le tronçon T1, les principales formations concernées par le risque de collage/colmatage sont l'Argile Verte et les Marnes supragypseuses (Marnes de Pantin et Marnes d'Argenteuil). Dans le cas du tronçon 5a le phénomène devrait être plutôt localisé dans les Marno Calcaire de Saint Ouen et en cas de rencontre de poches de dissolutions avec remplissages argileux résiduels.

Le collage des matériaux excavés sur les outils d'abattage, dans les ouvertures de la roue de coupe ainsi que sur les éléments de marinage constitue un phénomène pouvant avoir une incidence importante sur le creusement (ralentissement voire immobilisation de la machine).

Différentes solutions telles que la conception de la tête d'abattage (disposition des outils, nature des outils, taux d'ouverture, ...) et/ou l'injection des matériaux de traitement (mousses, polymères,...) par des buses réparties sur la roue de coupe peuvent être envisagées pour palier à cette problématique.

Problématique carrières

Les niveaux gypseux du Ludien de la butte témoin de Montfermeil ont été exploités pour la production de plâtre. Ces extractions ont été menées à la faveur des versants qui mettent les masses de gypse à l'affleurement. Ainsi, les niveaux gypseux ont d'abord été exploités à ciel ouvert puis avec l'augmentation des morts terrains à terrasser, en souterrain. Ce sont principalement les 1^{ère} et 2^e Masses qui ont fait l'objet de carrières souterraines, la 3^e Masse n'ayant été exploitée que plus rarement.

En fin d'extraction, les carrières à ciel ouvert ont donné lieu à des remblaiements importants constitués de stériles d'exploitations et de matériaux d'apports de qualité médiocre voire de déchets (ordures ménagères et zones polluées) : au droit de l'ancienne carrière « Leclair » à Clichy-sous-Bois (bordure ouest du tracé), la 1^{ère} Masse a été intégralement extraite et ce sont plus de 20 mètres de remblais qui ont été mis en place.

Sur le tronçon T1, le tunnel passe à proximité des carrières Leclair, Rabourdin et Aubry au droit du versant nord du plateau de Clichy et à proximité de la carrière Beauzet au droit du versant Sud. Au stade actuel des connaissances, les carrières sont en dehors de l'emprise de creusement du tunnelier.

La problématique carrière n'est pas rencontrée sur le T5a.

4.2.4.3. Entonnements – Tous tronçons

Entonnement ouest

Situé à l'extrémité ouest du tronçon 1, l'OA – 0100P, aussi appelé Entonnement ouest, constitue l'interface entre les tronçons 1 et 5a.

Cet ouvrage permet la séparation effective des lignes 16 et 17 avant que ces lignes ne desservent la gare du Bourget RER (LBG). Au droit de l'entonnement, le tunnel bivoies qui accueille les circulations des lignes 16 et 17 en provenance de l'ouest se sépare en 3 tunnels : 2 tubes monovoies qui permettent d'orienter la ligne 17 vers la gare du Bourget Aéroport (LBA) située plus au nord et le tube bivoies de la ligne 16 qui se prolonge vers la gare du Blanc-Mesnil (LBM) située plus à l'est.

La fonctionnalité de l'ouvrage conduit à adopter un ouvrage de grandes dimensions : sa longueur atteint 185 m environ, pour une largeur comprise entre 18 et 44 mètres.

L'entonnement ouest (0100P) permet :

- le lancement du tunnelier TBM3a (Ø 9,80 mètres) qui creuse le tronçon de la ligne 16/17 vers l'ouest, depuis son extrémité ouest ;
- lancement du tunnelier T5 (Ø 7,70 mètres) creusant le tube Sud de la ligne 17 vers l'est, depuis son extrémité est ;
- lancement du tunnelier T5 (Ø 7,70 mètres) après son transfert depuis l'entonnement est et creusant le tube nord de la ligne 17 vers l'est ;
- lancement du tunnelier T1 (Ø 9,80 mètres) creusant la ligne 16 jusqu'à l'OA 0104P à l'est.

Cet ouvrage a également comme fonction d'assurer la ventilation et le désenfumage du tunnel (L16/17), de permettre l'accès des secours au tunnel en cas d'incident nécessitant une intervention (L16/17), cette dernière fonctionnalité devra être confirmée au cours des phases d'études ultérieures.

Compte tenu de la mutualisation de l'exploitation des lignes 16 et 17, les locaux techniques de ces lignes y ont été mutualisés (ventilation, postes forces, etc.) afin de réduire les surfaces occupées par ces locaux et d'optimiser les quantités d'équipements nécessaires à l'exploitation des lignes.

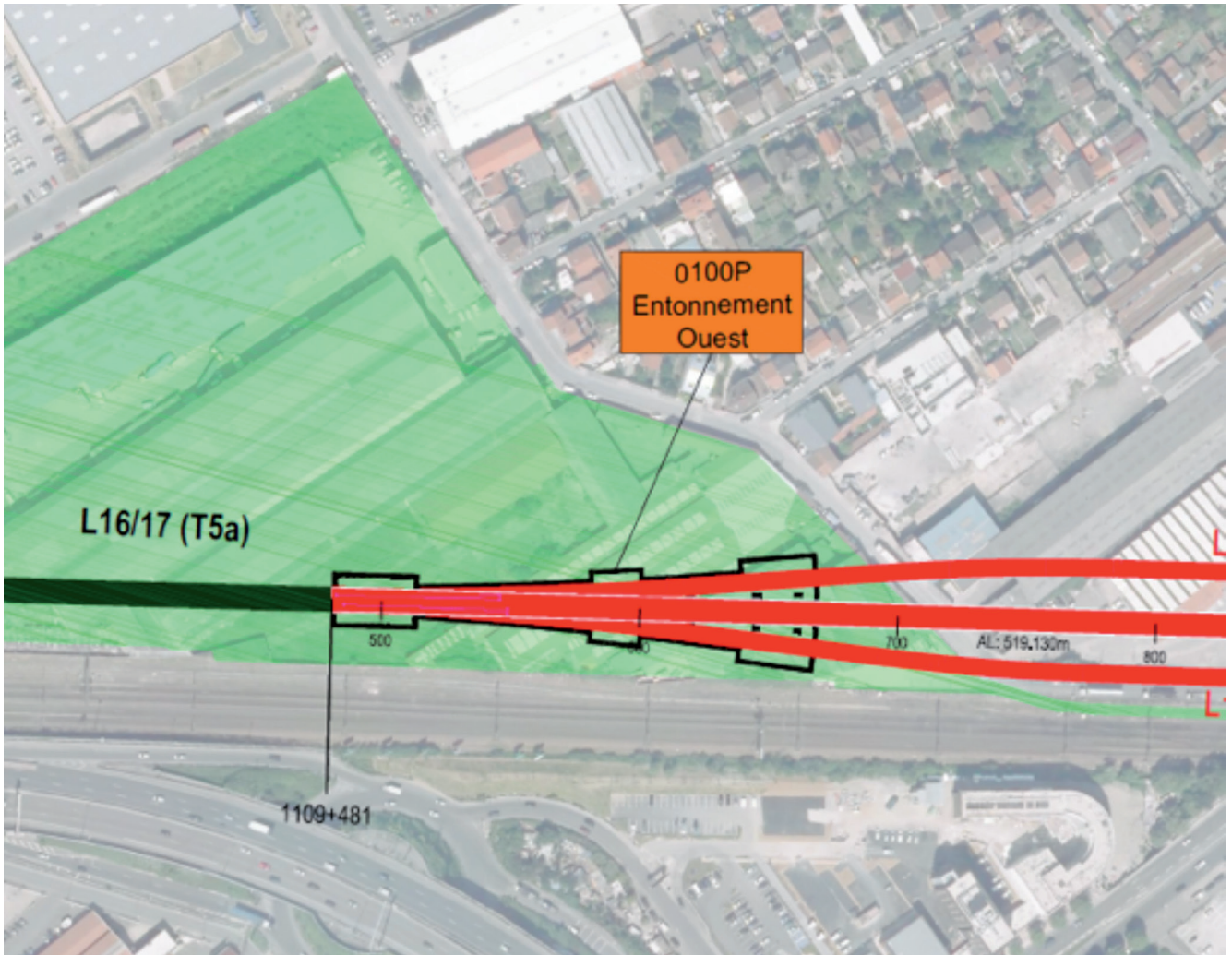


Figure 59 – Cartographie : vue du tracé en plan

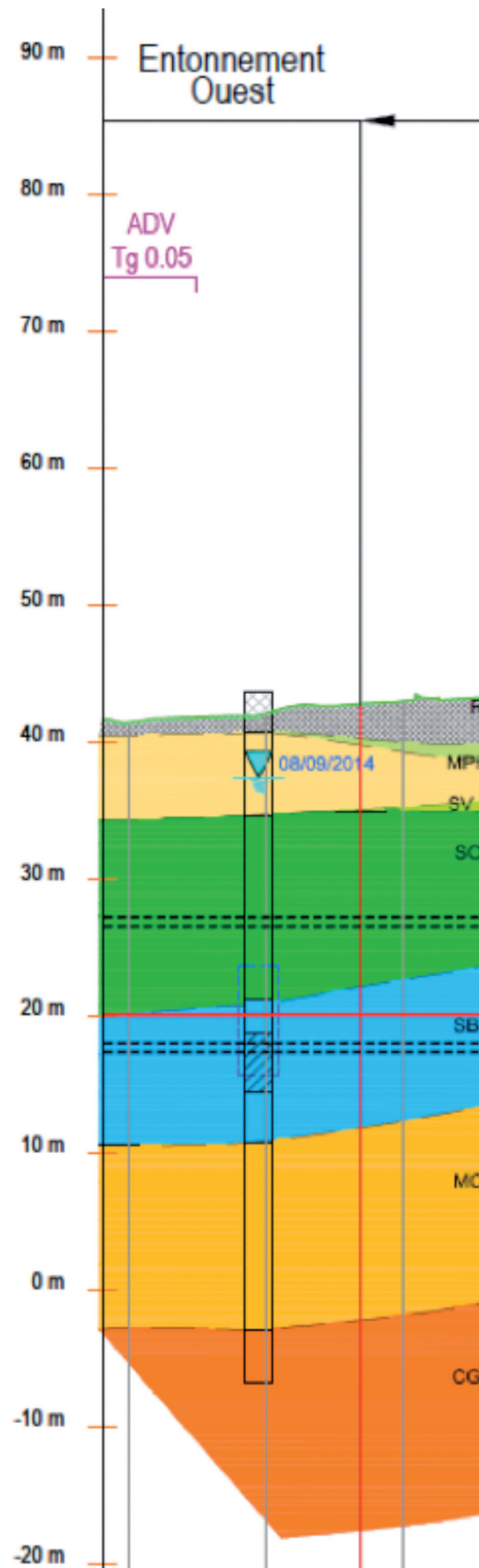


Figure 60 – Cartographie : vue profil en long sur fond géologique

Entonnement est

Situé sur la commune du Bourget, l'entonnement constitue l'interface entre la ligne 16 et 17 (tronçons T1 et T5b).

L'entonnement assure le raccordement des deux tunnels monovoies de la Ligne 17 au sud avec le tunnel bivoies de la ligne 17 au nord.

La fonctionnalité de l'ouvrage conduit à adopter de grandes dimensions : sa longueur atteint 130 m environ, pour une largeur comprise entre 18 et 28 mètres.

L'entonnement accueille trois tunneliers.

Le premier est le tunnelier T5 qui démarre de l'entonnement ouest, creusant le tube monovoie Sud de la Ligne 17 sur une longueur de 1 203 mètres jusqu'à l'entonnement est. Ici, le tunnelier est démonté pour être assemblé de nouveau à

l'entonnement ouest et creuser le tube monovoie nord de la Ligne 17 sur une longueur de 1 150 mètres.

Enfin, le tunnelier creusant la ligne 17 bivoies du tronçon T5b (Le Bourget RER – Le Mesnil-Amelot) termine sa course au nord de l'ouvrage où il est démonté.

Cet ouvrage a également comme fonction d'assurer la ventilation et le désenfumage du tunnel (L 16,17) et de permettre l'accès des secours au tunnel en cas d'incident nécessitant une intervention (L17).

Ses dimensions imposantes conduisent à y intégrer de nombreux locaux techniques ; il comprend non seulement ceux de la ligne 17 à laquelle il est directement lié, mais également une partie de ceux de la ligne 16 prévus initialement dans le puits 0101P adjacent, et déplacés par la suite en vue de la mutualisation de l'exploitation de ces deux lignes et de l'optimisation du génie civil en découlant.

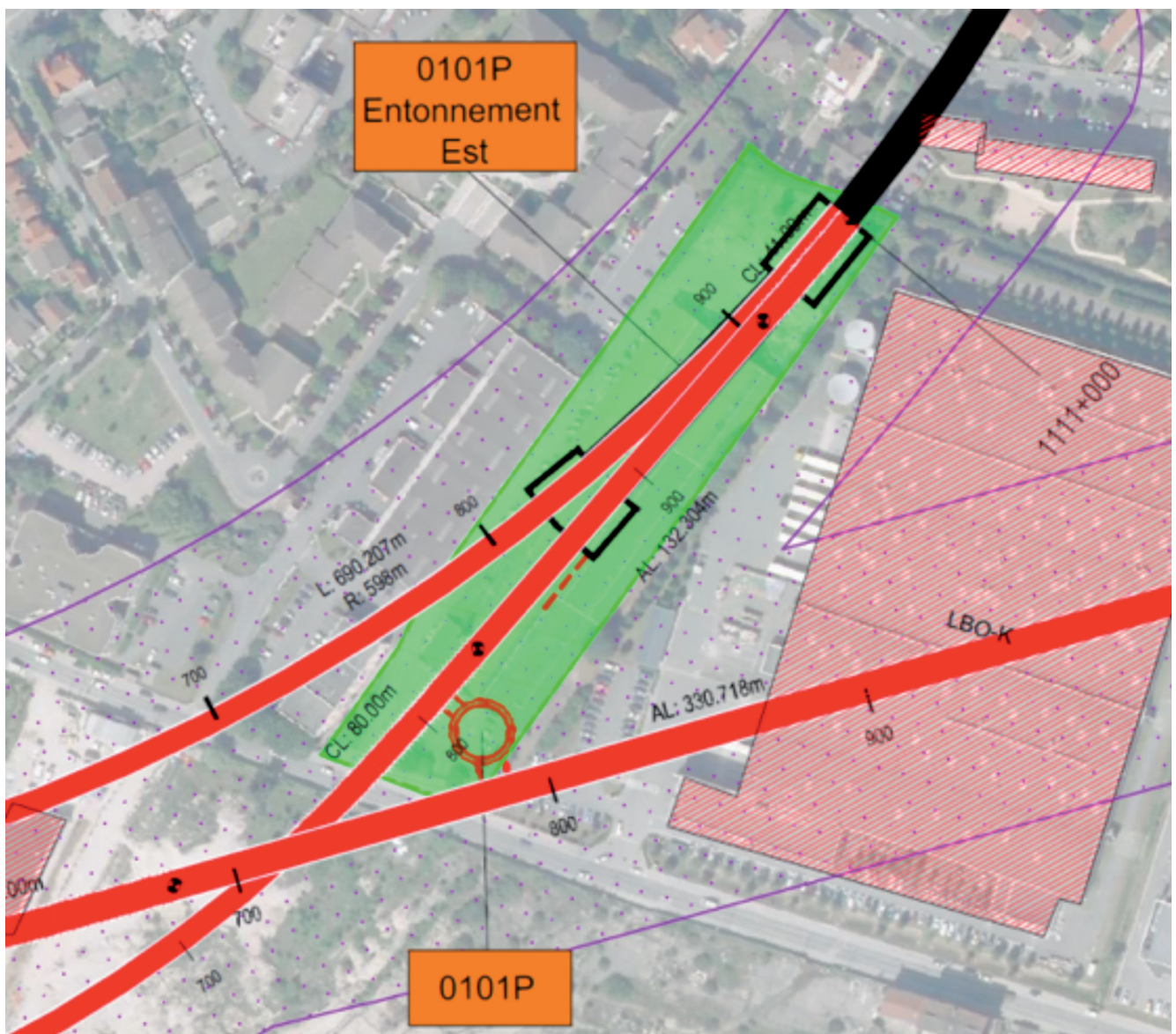


Figure 61 – Cartographie : vue du tracé en plan

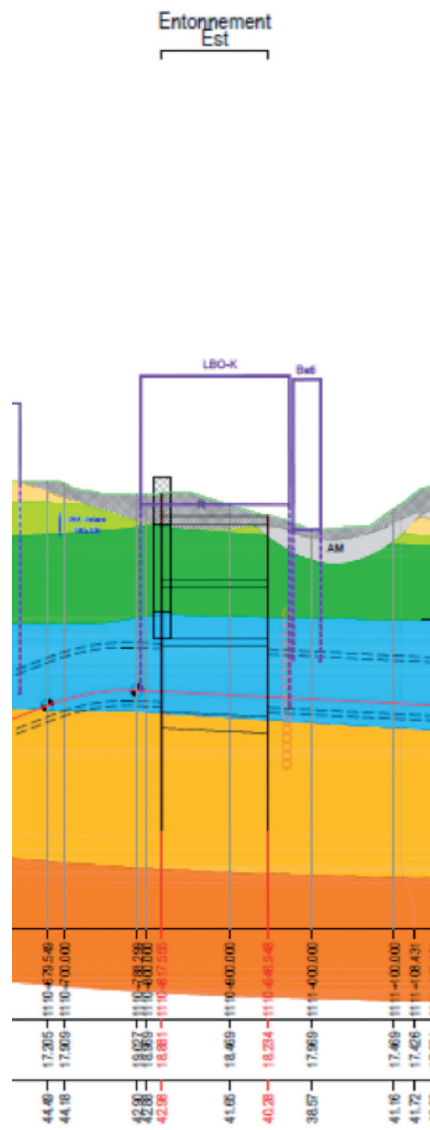


Figure 62 – Cartographie : vue profil en long sur fond géologique

Entonnement du site de maintenance

Le puits 0202P, communément appelé « Entonnement site de maintenance » est un entonnement permettant le débranchement d'un tunnel bivoies depuis le tunnel voie courante de la ligne 16 vers le site de maintenance situé sur l'emprise du site industriel de PSA à Aulnay-sous-Bois et Gonesse.

La fonctionnalité de l'ouvrage conduit à adopter de grandes dimensions : sa longueur atteint 130 m environ, pour une largeur comprise entre 18 et 28 mètres.

Deux tunneliers passent par l'ouvrage de débranchement 0202P.

Le premier est le tunnelier T3 qui démarre à l'entonnement et part vers l'est, le second est un tunnelier qui après avoir réalisé les 1,4 km entre le 0220P et le 0202P traverse intégralement l'ouvrage avant de repartir vers l'ouest jusqu'à l'OA 0104P.

Le premier tunnelier impose de disposer d'un espace suffisamment important pour son démarrage et impacte ainsi la forme de l'ouvrage.

Cet ouvrage a également comme fonction d'assurer la ventilation et le désenfumage du tunnel (L16) et de permettre l'accès des secours au tunnel en cas d'incident nécessitant une intervention (L16).

La géométrie de l'ouvrage découle des tracés de la ligne 16 et du raccordement au site de maintenance ainsi que des contraintes liées au démarrage et à la traversée de tunnelier. Son phasage de réalisation permet de lancer le tunnelier partant vers l'est au plus tôt.

Ses dimensions imposantes conduisent à y intégrer de nombreux locaux techniques, il comprend non seulement ceux de la ligne 16 mais aussi ceux du raccordement au site de maintenance.

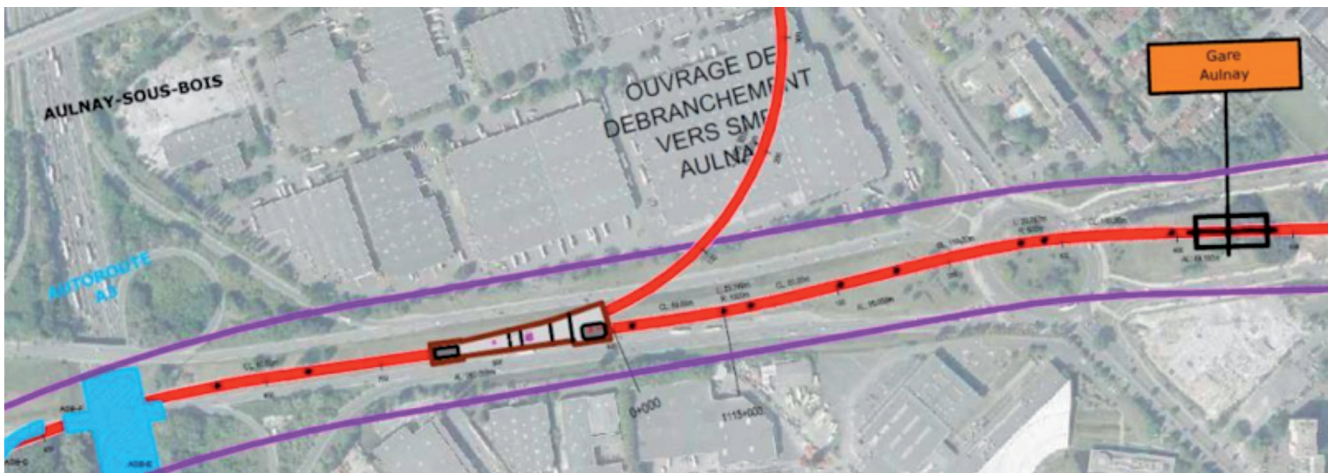


Figure 63 – Cartographie : vue du tracé en plan

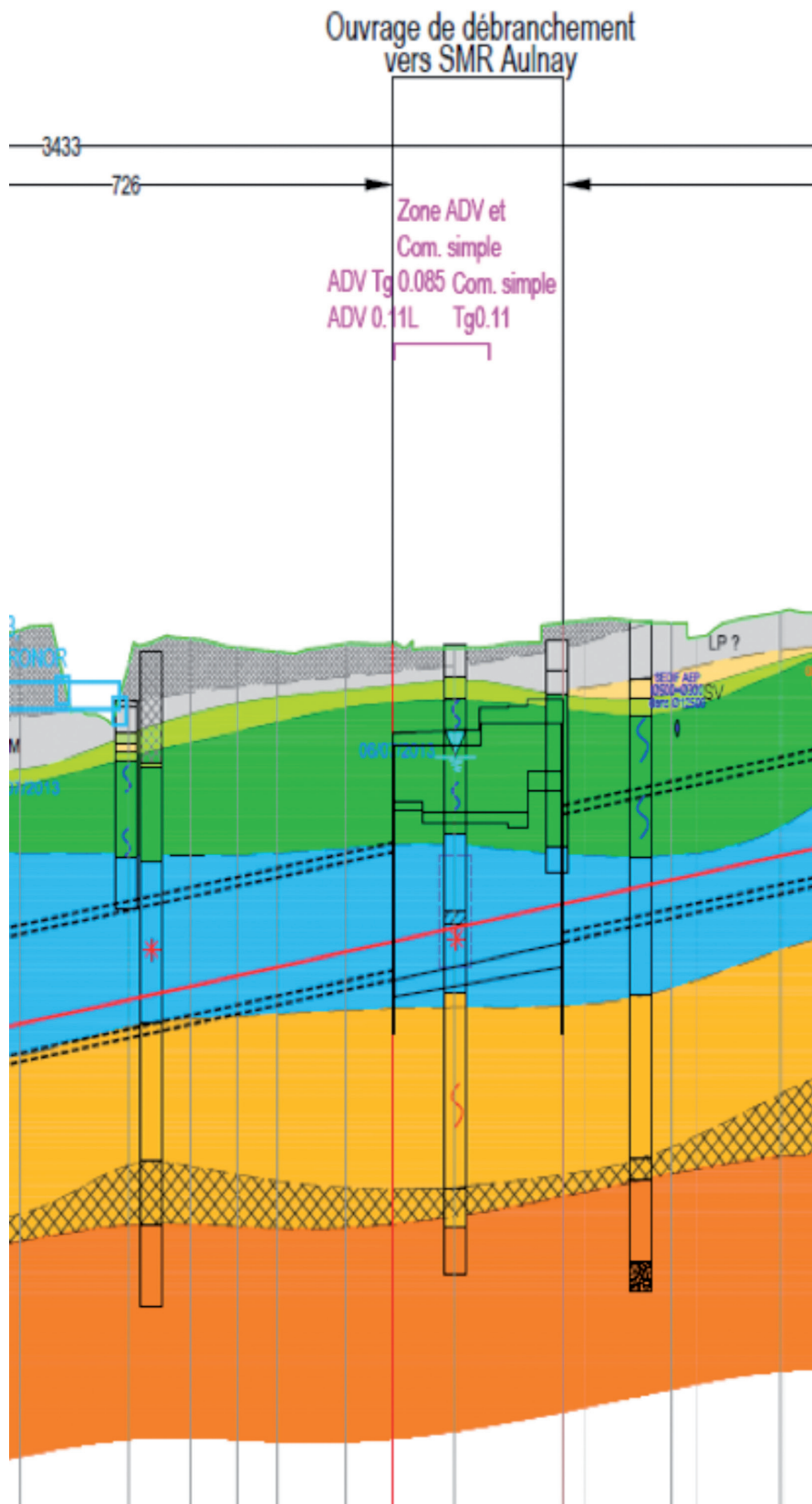


Figure 64 – Cartographie : vue profil en long sur fond géologique

4.2.5. Présentation générale des ouvrages annexes

Définition

Les ouvrages annexes sont des ouvrages jalonnant le tracé du tunnel, donc les fonctions principales sont :

- assurer la ventilation / désenfumage et la décompression du tunnel ;
- permettre l'accès des secours au tunnel en cas d'incident nécessitant une intervention ;
- permettre l'évacuation contrôlée des voyageurs ;
- permettre l'épuisement des eaux.

Certains puits permettent en outre d'assurer en phase chantier, l'entrée ou la sortie du tunnelier dans le tunnel, ainsi que l'approvisionnement en voussoirs ou en équipements systèmes.

Fonction de secours des ouvrages annexes

Conformément au §.2 de l'arrêté du 22 novembre 2005, la fonctionnalité première d'un puits est de permettre l'accès au tunnel depuis la surface pour les équipes de secours, en cas d'incident. Les équipements décrits dans la suite seront donc intégrés à la conception.

Les accès des moyens de secours sont composés :

- d'une partie en puits (escaliers voire ascenseur, couloirs) sur une profondeur dépendante de la cote tunnel ;
- d'une éventuelle partie en galerie constituant le rameau d'accès reliant le puits au tunnel. La longueur de ce rameau dépend de l'implantation de l'ouvrage en surface.

Le point de raccordement rameau – tunnel constitue le point de référence pour calculer les interdistances entre accès, puisque c'est le dernier lieu où les secours sont en secteur protégé.

• Rameau d'accès secours

Les dimensions du rameau d'accès secours sont régies par les réglementations en vigueur vis-à-vis de la sécurité des ouvrages souterrains, lesquelles sont exposées plus haut.

Le rameau comprend un SAS de surface supérieure à 5 m², mis en surpression par rapport au tunnel.

• Ascenseur

L'ascenseur est prévu dans les puits dont la différence de niveau entre le terrain naturel et le cheminement piétons en tunnel est supérieure à 30 mètres. Conformément au §.8.1.1 de l'arrêté du 22 novembre 2005, l'ascenseur d'un ouvrage d'accès secours doit permettre le transport du brancard normalisé. Le brancard normalisé n'est pas défini dans les textes mais on peut distinguer les brancards dit « catastrophe » d'une longueur dépliée de 1 850 mm, les chariots brancards de 1 995 mm de

longueur et enfin certains brancards à main d'une longueur de 2 280 mm. Afin de couvrir toutes ces dimensions de brancards, il a été retenu de mettre en œuvre des ascenseurs de 1 275 kg de capacité présentant des dimensions internes de 1 200 mm x 2 300 mm (pour un ascenseur présentant une ouverture sur une seule face).

• Escaliers

La réglementation impose une largeur des dispositifs d'accès de secours de deux unités de passages, soit 1,40 mètre minimum.

L'application de cette mesure dans le cas d'un escalier droit ou tournant, impose une largeur minimale de 1,60 mètre comprenant les mains courantes. Par ailleurs, la hauteur minimale entre palier afin d'éviter le « coup-de-tête » est de 2,20 mètres.

Fonction Assainissement / Exhaure. Puits et tunnel

Les points bas du profil en long du tunnel en intergare sont positionnés autant que possible au niveau des ouvrages annexes.

La position des réseaux et notamment du collecteur dans le béton de remplissage a été optimisée afin de permettre la réalisation d'une première couche (sans réseaux) de rechargement soit en béton de remplissage soit par voie sèche. Cette optimisation devrait accélérer l'exécution de cette tâche.

En section courante du tunnel, le collecteur central peut être en position « haute », l'écoulement des eaux étant favorisé par la pente du tunnel. Toutefois, dans certaines zones comme par exemple les zones de pente nulle (appareil de voies ou autre contrainte fonctionnelle) la position du collecteur est modifiée progressivement entre la position « haute » et la position « basse » pour recréer une pente minimale de 0,5 % pour l'écoulement des eaux.

Le collecteur devra a priori être également en position « basse » au niveau des chambres de tirage des fibres optiques. Cela constitue un point de vigilance qui devra être étudié plus en détail.

Les eaux du tunnel ne sont pas renvoyées systématiquement vers chaque puits rencontré sur le tracé, mais uniquement vers les puits situés en point bas ou centrés. La conception est basée sur ce principe, qui a été retenu également pour ce qui concerne la ligne 14.

A noter que chaque ouvrage annexe reste équipé d'une fosse de pompage et d'un raccordement au réseau permettant à minima le relevage et l'évacuation des eaux issues des infiltrations au droit des parements et des grilles de surface.

Locaux techniques et ouvrages annexes

Les ouvrages annexes hébergent des locaux techniques destinés à remplir diverses fonctionnalités. Ces fonctionnalités sont propres à chaque ouvrage.

On présente succinctement ci-dessous les grandes familles de locaux techniques, leurs fonctionnalités, ainsi que certaines spécifications majeures.

- Ventilation/désenfumage

Le synoptique de ventilation définit les puits recevant la fonction ventilation/désenfumage. Chaque ouvrage annexe recevant une usine de ventilation est équipé d'un registre by-pass de décompression de 20 m² (permettant de laisser passer l'air de décompression quand le registre est ouvert / permettant de forcer le passage de la fumée dans les ventilateurs quand il est fermé). Ces ouvrages sont conçus avec l'installation de ventilation / désenfumage suivante :

- deux ventilateurs avec registres d'isolement et chaudronnerie de transition, dont l'un est le secours de l'autre ;
- gaine de ventilation (désenfumage) de 20 m² minimum, cette gaine peut être mutualisée avec la gaine de décompression moyennant un registre de by-pass ;
- un silencieux des ventilateurs vers l'extérieur de 30 m² minimum (qui peut être constitué de deux étages successifs) ;
- un silencieux des ventilateurs vers le tunnel de 30 m² minimum, qui peut être mutualisé avec le silencieux de la gaine de décompression, nécessaire pour atténuer vers l'extérieur le bruit des trains en circulation ;
- une aire de maintenance des ventilateurs et une hauteur sous plafond suffisante pour le levage et déplacement des éléments de ventilateurs ;
- une grille de ventilation/décompression de 60 m² minimum (si au niveau de la surface) et 30 m² minimum (si rehaussée par rapport à la surface).

Une trappe de 3,5 x 3,5 mètres minimum doit être prévue pour l'acheminement des ventilateurs.

- Postes Forces et Locaux Batteries

Les Ouvrages Annexes contiennent les Postes Forces pour alimenter au plus près les différentes utilités dans le puits et dans la section de tunnel proche : éclairage, pompes d'épuisement, communications, détection d'intrusion, détection incendie...

Les deux Postes Forces font chacun 55 m² (pour un puits de ventilation) ou 50 m² (pour un puits de secours) de surface utile.

Pour assurer l'alimentation des équipements de sécurité à tout moment, deux locaux onduleurs (Locaux Batterie) de 20 m² sont adjoints aux Postes Force.

- Autres locaux techniques

Les ouvrages annexes constituent une opportunité d'intégration de certains des équipements nécessaires au fonctionnement de l'infrastructure et du système de transport. Le déport de ces équipements en ouvrage annexe permet ainsi d'éviter la création de niches en tunnel dont la réalisation est difficile et coûteuse.

Les locaux techniques concernés comprennent notamment :

- local Courants faibles puits ;
- local Ferme Optique Puits ;
- local CVC puits ;
- local Poste de Sectionnement en ligne ;
- diverses armoires.

Par ailleurs, quelques ouvrages annexes sont associés à un Poste de Redressement en surface.

Les locaux techniques affectés aux puits de secours sont les suivants :

- deux Postes-Forces ;
- deux Locaux Batterie ;
- local Courants faibles puits (local mutualisé avec le local annexe automatisme si le puits dispose d'un Poste de Sectionnement) ;
- local Ferme Optique Puits ;
- local CVC puits ;
- local Poste de Sectionnement en ligne (sur certains puits uniquement) ;
- diverses armoires.

Pour les puits de ventilation, la liste ci-dessous est identique, avec l'ajout du système de ventilation/décompression.

La ventilation des locaux Poste Force, Poste de sectionnement et du SAS se fait depuis l'extérieur. Ainsi, les grilles de rejet d'air de ces locaux doivent être situées à plus de 8 mètres des grilles de prise d'air en surface. Cette contrainte de distance est également valable pour la grille de désenfumage/décompression qui peut aussi bien jouer le rôle de rejet d'air que de prise d'air.

Contraintes de site

- Accessibilité routière

Conformément au §.8.1 du texte réglementaire, l'accès de secours doit se trouver à moins de 50 mètres d'une voirie permettant l'arrivée des véhicules de secours, le croisement des véhicules ainsi que leur retournement dans le cas d'une voie en cul de sac. Pour l'accès à une trappe de secours située à plus de 50 mètres, il devra être prévu un aménagement permettant au véhicule de secours de s'approcher à moins de 50 mètres et permettre son retournement.

- Réseaux concessionnaires

Les réseaux concessionnaires présents sur les sites de travaux de chaque ouvrage annexe sont identifiés sur les plans de synthèse des réseaux spécifiques à chaque ouvrage annexe. Des concertations sont en cours avec leurs gestionnaires pour procéder à leur dévoiement préalablement aux travaux.

Implantation du système de ventilation

La distance minimale à respecter entre le débouché de ventilation et les façades avoisinantes est de 8 mètres (cf. NF EN 13779).

Les principales émergences par ouvrage annexe sont :

- une (ou deux) grilles de ventilation ;
- grilles de rejet d'air et de prise d'air pour la ventilation des locaux Poste Force, Poste de sectionnement et SAS (dont la prise d'air pour la mise en surpression du SAS d'accès au tunnel) ;
- grille de ventilation du local CVC ;
- une ou deux trappes d'accès matériel pour l'accès des équipements des locaux techniques (peuvent être mises en commun avec la trappe d'accès du matériel ventilateur) ;
- une trappe d'accès maintenance, éventuellement mise en commun avec la trappe d'accès secours ;
- deux trappes de branchements pompiers pour chacune des 2 colonnes sèches en ouvrage.

Pour certains ouvrages, une configuration de puits enterré accompagné d'un bâtiment en surface est considérée.

Interface tunnel/ouvrages annexes

Le raccordement du rameau avec le tunnel est une opération délicate et différentes techniques sont considérées en fonction des conditions géologiques rencontrées (bicône de cisaillement, clouage des voussoirs, linteau provisoire...).

Dans le cas d'un tunnel foré au tunnelier, ces opérations de raccordement sont généralement réalisées depuis le tunnel et en fin de creusement afin de ne pas entraver les flux nécessaires à l'avancement du tunnelier (voussoirs, marinage, ventilation...). Vue la section du tunnel, une co-activité des opérations de creusement avec les opérations d'ouverture des voussoirs est néanmoins envisageable.

Par ailleurs, pour éviter toute infiltration d'eau, le rameau doit être étanché. De même, les jonctions du rameau avec le puits et le tunnel feront l'objet d'un traitement spécifique.

4.2.5.1. Repérage et synoptique des ouvrages annexes

Tronçon 5a

Le tronçon entre Saint-Denis-Pleyel et Le Bourget RER comporte 9 ouvrages annexes et ouvrages fonctionnels d'une profondeur jusqu'au fond de fouille variant de 19,8 mètres à 43,4 mètres.

Les synoptiques des différentes lignes sont les suivants :

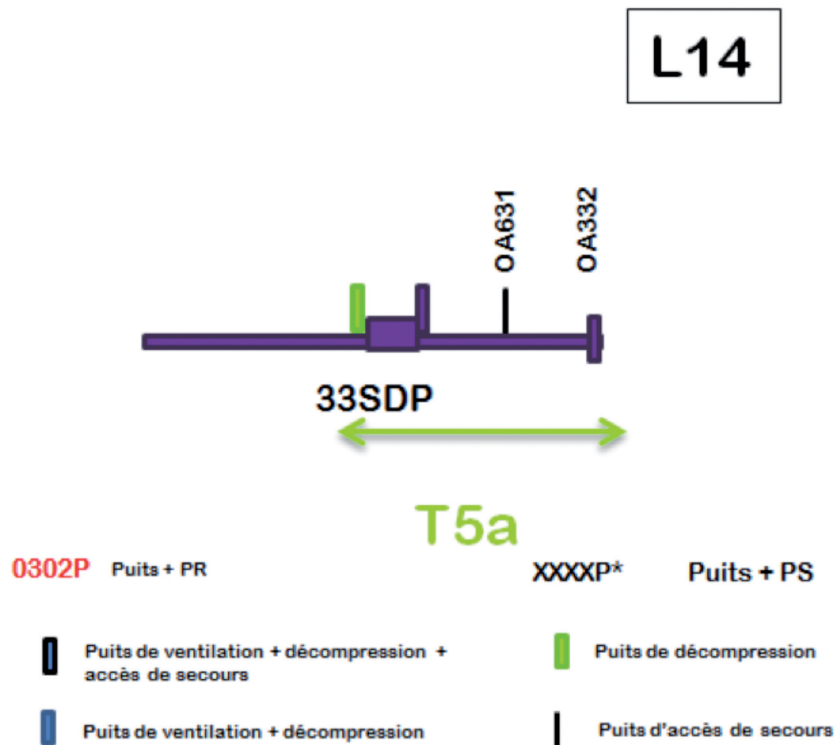


Figure 65 - Synoptique de ventilation de base – Ligne 14

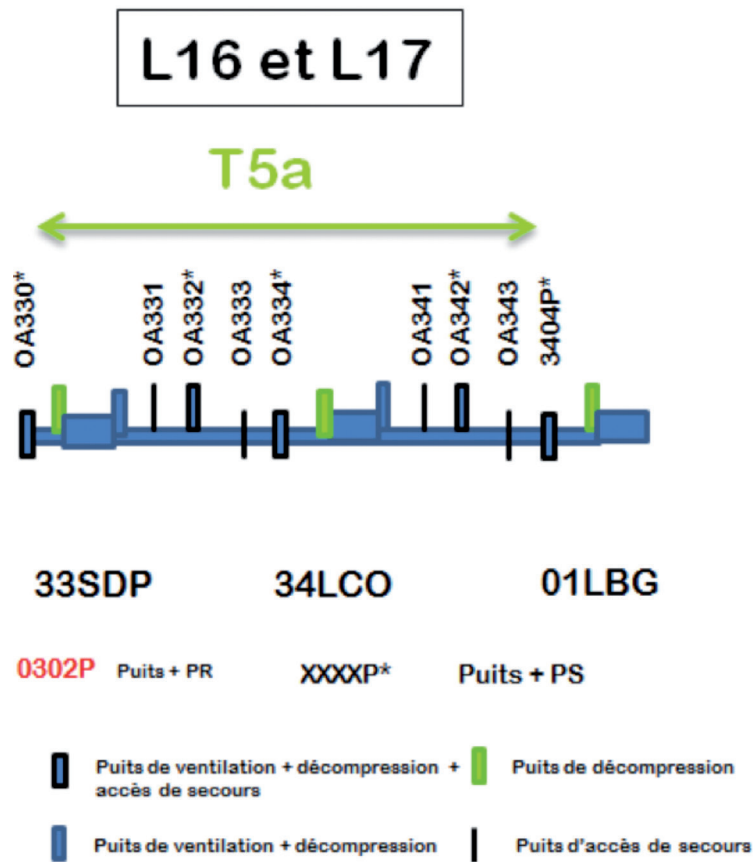


Figure 66 - Synoptique de ventilation de base – Lignes 16/17

Parmi ces ouvrages, certains ouvrages sont centrés sur le tracé, d'autres sont décentrés et reliés au tunnel par des rameaux. Certains ouvrages sont communs à deux lignes.

Tronçon 1

Le tronçon entre le Bourget RER et Noisy-Champs comporte 26 ouvrages annexes et ouvrages fonctionnels d'une profondeur jusqu'au fond de fouille variant de 18,2 mètres à 51,7 mètres.

Le synoptique est le suivant (*Nota* : le puits 0210P, puits de secours, n'est pas représenté sur les figures ci-dessous) :

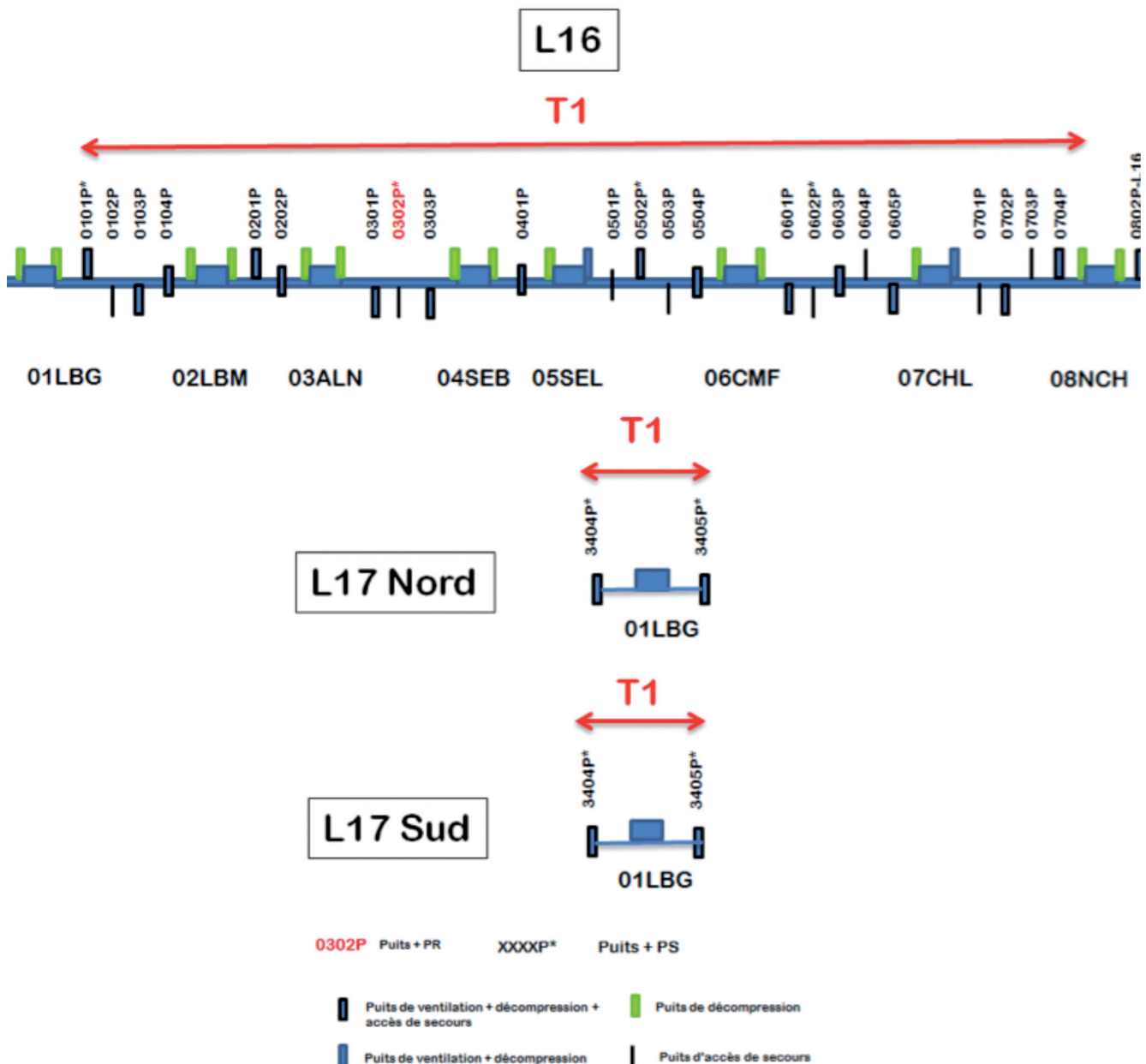


Figure 67 - Synoptique de ventilation des lignes 16, 17 nord et 17 est

Parmi ces ouvrages, certains ouvrages sont centrés sur le tracé, d'autres sont décentrés et reliés au tunnel par des rameaux. Suivant les caractéristiques des puits, on distingue le long du tracé :

- 9 puits d'accès secours, dont un sur le tunnel de raccordement au SMI/SMR et un autre centré sur le tunnel pour la sortie des tunneliers T3 et T8 ;
- 12 Puits de ventilation, décompression, désenfumage et accès secours, dont 3 centrés sur le tracé pour l'approvisionnement en voussoirs ou la sortie du tunnelier ;
- 1 puits rattaché aux lignes 16 et 17 sud ;
- 5 ouvrages particuliers (3 entonnements et deux puits d'introduction de tunnelier : le puits 0220P sur le site SMI/SMR et 0603P).

4.2.5.2. Description des ouvrages annexes

Tronçon 5a

- OA 330

L'OA 330 est un ouvrage de grandes dimensions. Il assure trois fonctions principales :

- Ouvrage annexe mutualisé pour les lignes 15 et 16/17 (en assurant, entre autres, la ventilation/désenfumage et l'accès des secours des deux lignes).
- Voie de liaison permettant le passage de véhicules de maintenance des infrastructures de la L15 à la L16/17 et inversement.
- En phase travaux, puits de sortie d'un des tunneliers creusant le tunnel de la L16/17.

Ces contraintes fonctionnelles, et notamment sa fonction de voie de liaison, en font un ouvrage d'entonnement, de forme à peu près trapézoïdale. Sa longueur intérieure est de 71 mètres. Sa

largeur varie entre 15 mètres en partie ouest et 32 mètres en partie est.

Les fonctions liées à l'exploitation des deux lignes ne pouvant pas être mutualisées, tous les locaux techniques sont doubles (L15 et L16/17). Chacune des deux lignes est dotée d'un accès indépendant avec ascenseur du fait de la profondeur importante de l'ouvrage (35,25 mètres entre le terrain naturel et le Zrail).

La voie de liaison sera fermée par une porte étanche entre les voies 16/17 et 15 imposant d'une part le contrôle du passage des personnes et du matériel roulant et assurant d'autre part l'indépendance de la ventilation et du désenfumage des deux lignes. La commande de ce dispositif de fermeture est à l'étude par le MOES.

La profondeur est de 35,25 mètres approximativement.

Pas de rameau.

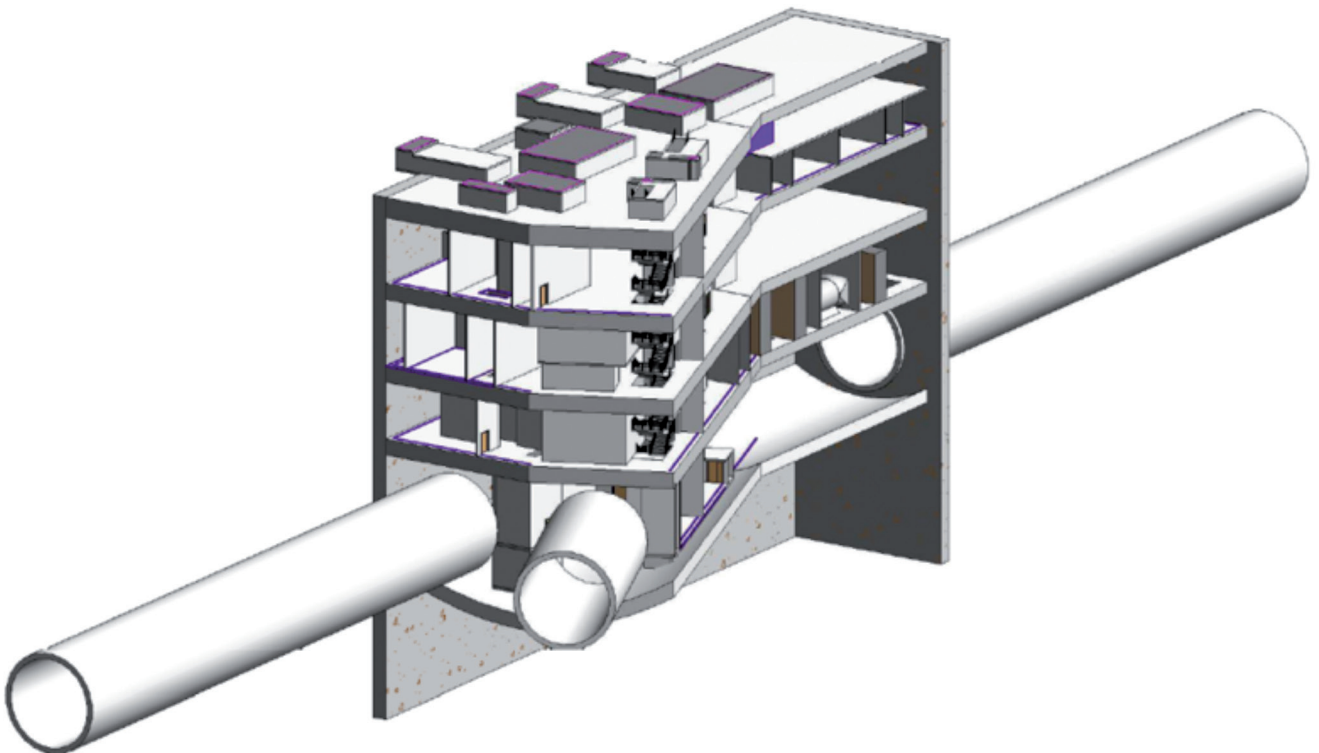


Figure 68 - Vue 3D de l'OA 330

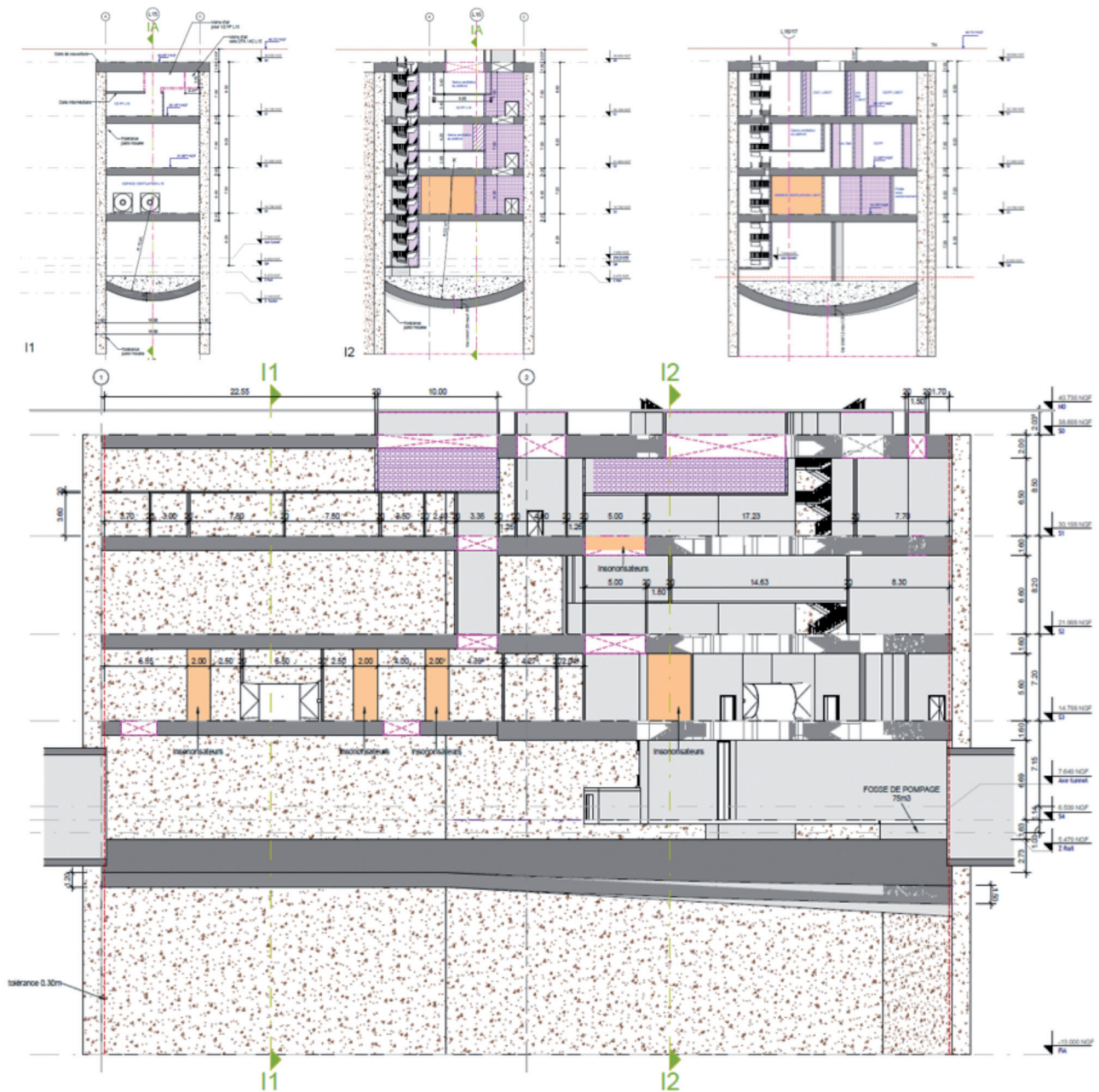


Figure 69 - Coupes de l'OA 330

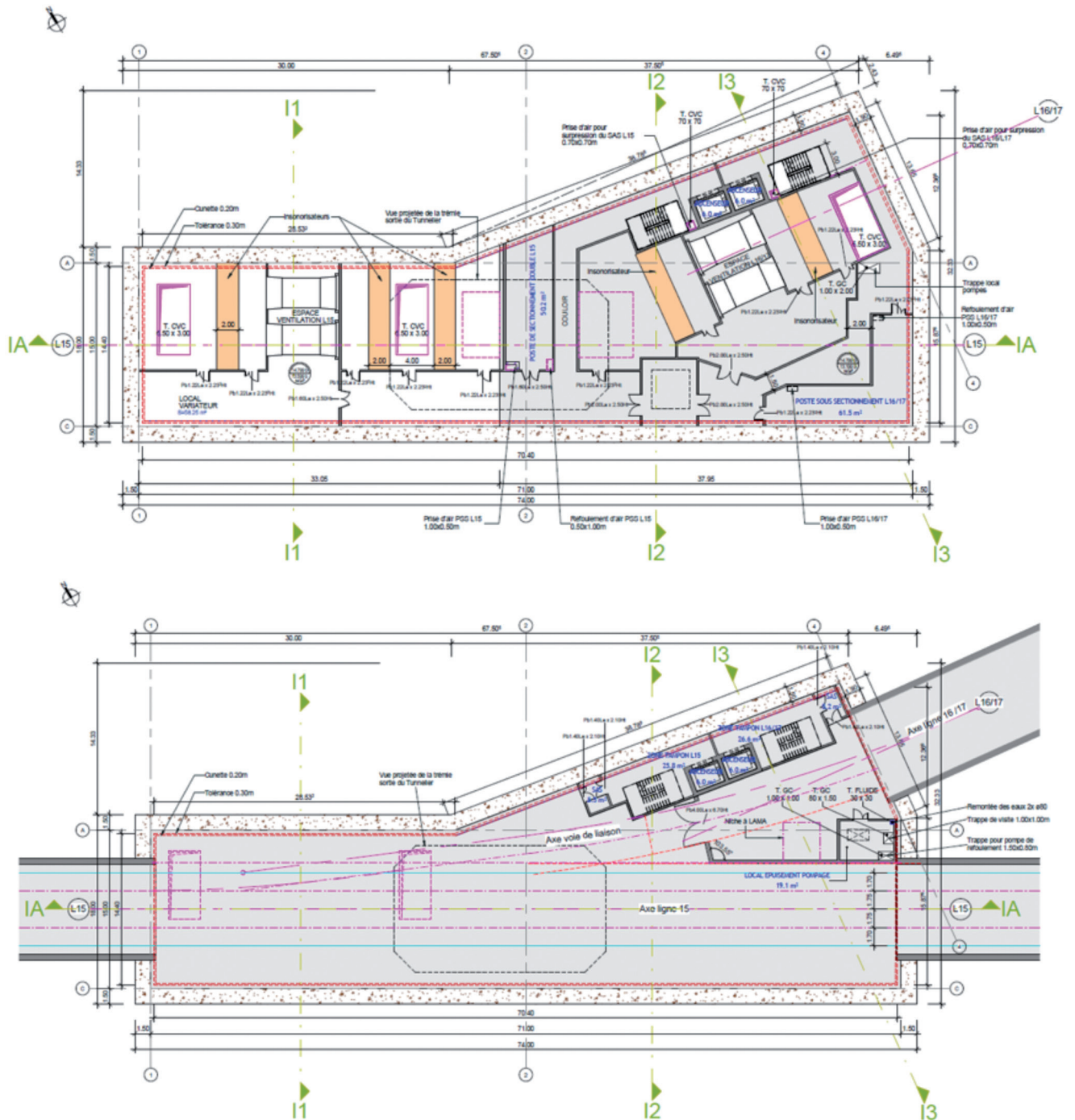


Figure 70 - Vue en plan de niveaux de l'OA 330

- OA 331

Le puits OA331 est un puits de secours, avec ascenseur. Il a une forme circulaire de diamètre utile de 13,4 mètres et est décentré par rapport au tunnel (Ligne 16/17). Outre le coût, cette configuration a été choisie pour limiter l'impact sur la parcelle d'implantation (place publique) : dimensions et répartition des

émergences compactes, forme circulaire offrant une meilleure reprise de la poussée des terres et des eaux.

Profondeur : 34,4 mètres.

Longueur rameau : 4 mètres.

Section excavée rameau : 23,5 m².

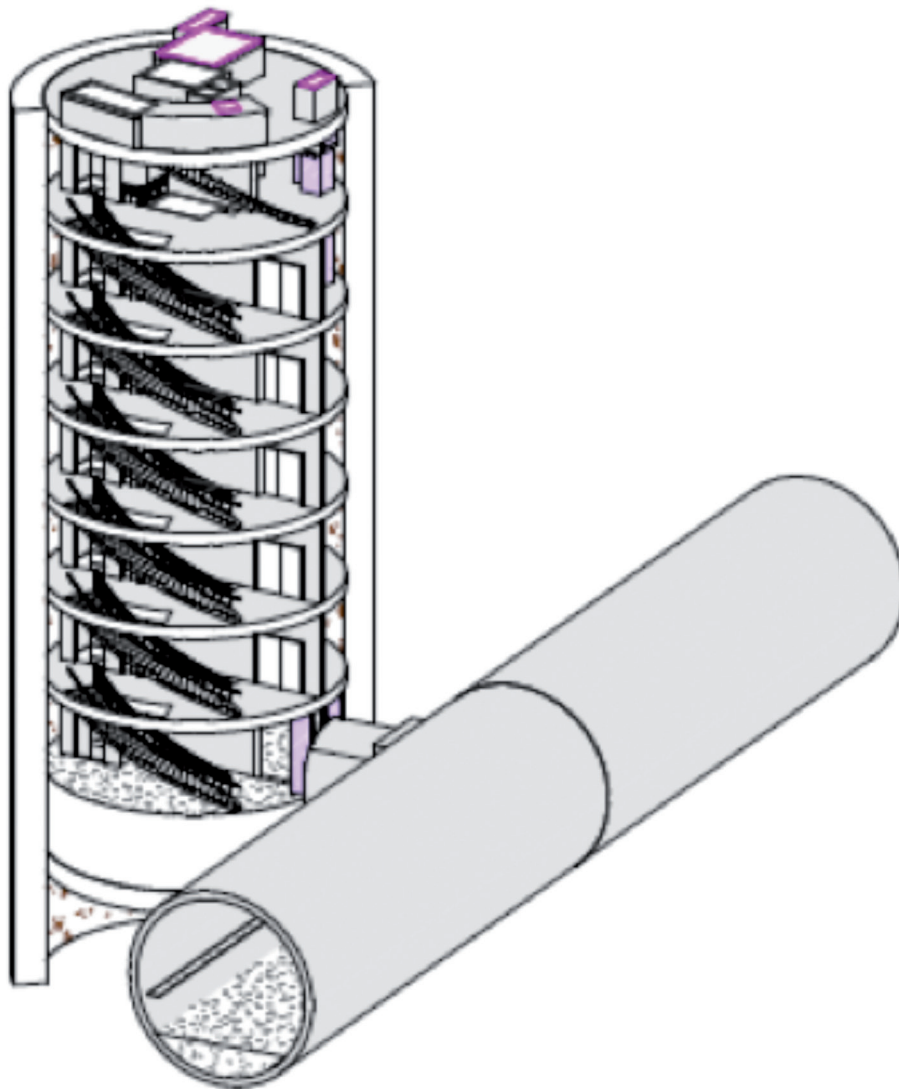


Figure 71 – Vue puits OA 331



Figure 72 – Coupe du puits OA 331

4.2.5. PRÉSENTATION GÉNÉRALE DES OUVRAGES ANNEXES

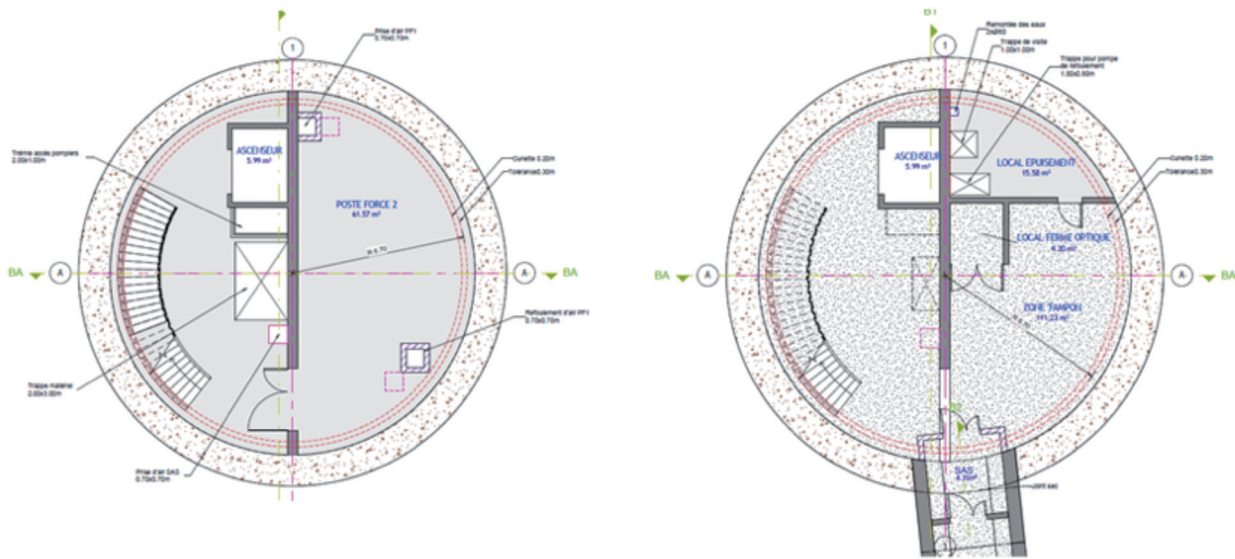


Figure 73 – Vue en plan de niveaux du puits OA 331

- OA 332

Le puits OA 332 est commun aux lignes L14 et L16/17. Les fonctions principales de cet ouvrage sont d'assurer la ventilation et le désenfumage des tunnels (L14 & L16/17), et de permettre l'accès des secours aux tunnels en cas d'incident nécessitant une intervention (L14 & L16/17).

Le puits est raccordé par un rameau à la ligne 16/17 mais centré sur la ligne 14 (pour permettre l'entrée du tunnelier, l'amenée

des équipements systèmes et l'approvisionnement en voussoirs dans le tunnel). Cet ouvrage est équipé d'ascenseur pour les deux lignes, et a une forme rectangulaire de 17,20 mètres de largeur utile par 45,20 mètres de longueur utile.

Profondeur : 32,7 mètres (L14) / 31,4 m (L16/17).

Longueur rameau : 8,5 mètres.

Section excavée rameau : 59,6 m².

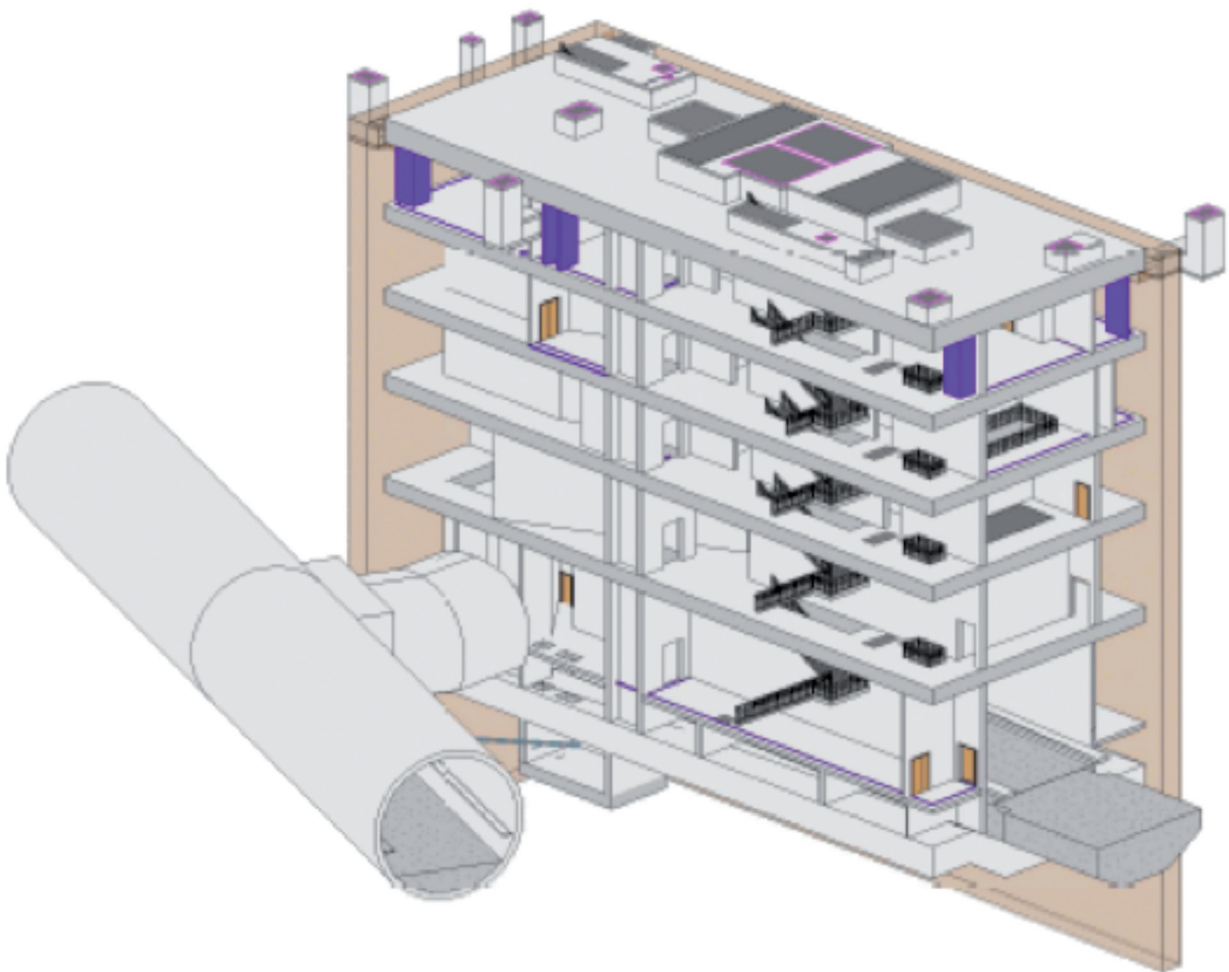


Figure 74 – Vue puits OA 332



Figure 75 – Coupes du puits OA 332

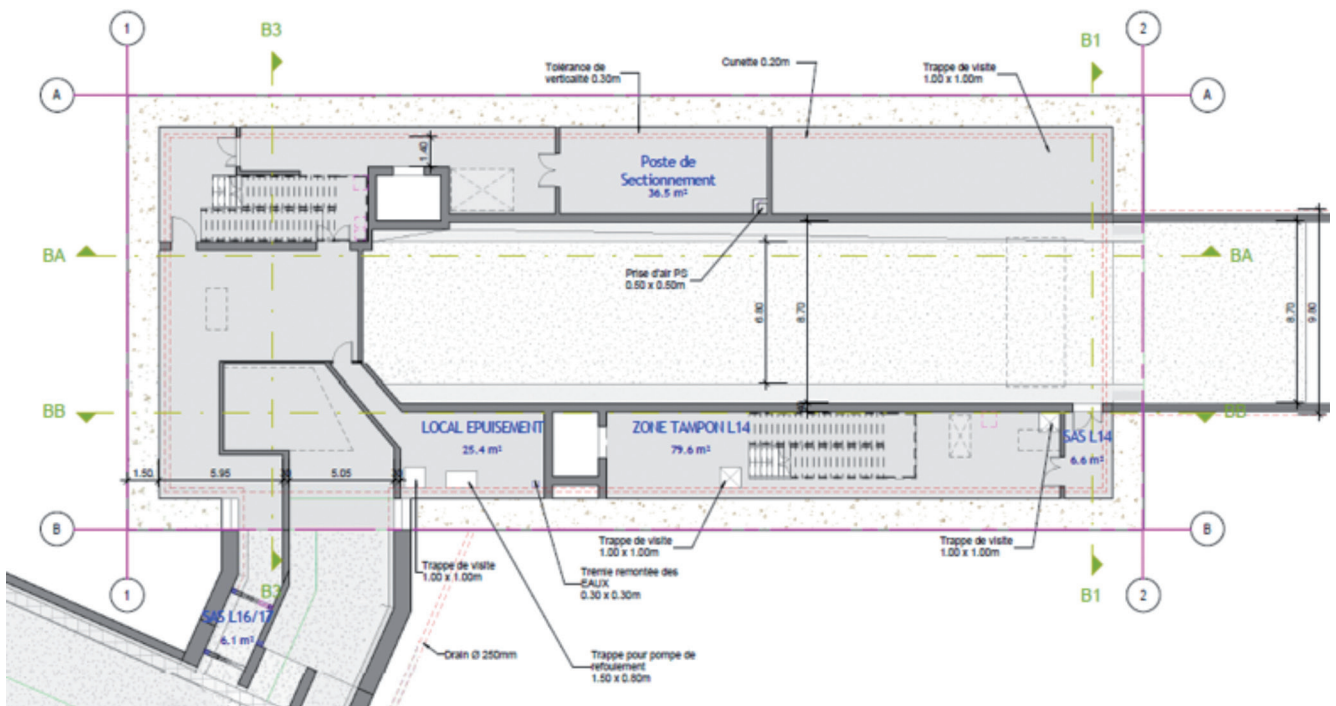


Figure 76 – Vue en plan de niveaux du puits OA 332

- OA 333

Le puits OA 333 jalonnant le tracé de la ligne 16/17, a comme fonctions principales de permettre l'accès des secours au tunnel en cas d'incident nécessitant une intervention.

Cet ouvrage ne comporte pas d'ascenseur et est centré sur le tracé de la ligne 16/17 pour permettre l'entrée/sortie

du tunnelier, l'approvisionnement en voussoirs et l'amenée des équipements systèmes dans le tunnel. Il a une forme rectangulaire de 17 mètres de largeur utile par 40,90 mètres de longueur utile.

Profondeur : 25,8 mètres.

Pas de rameau.

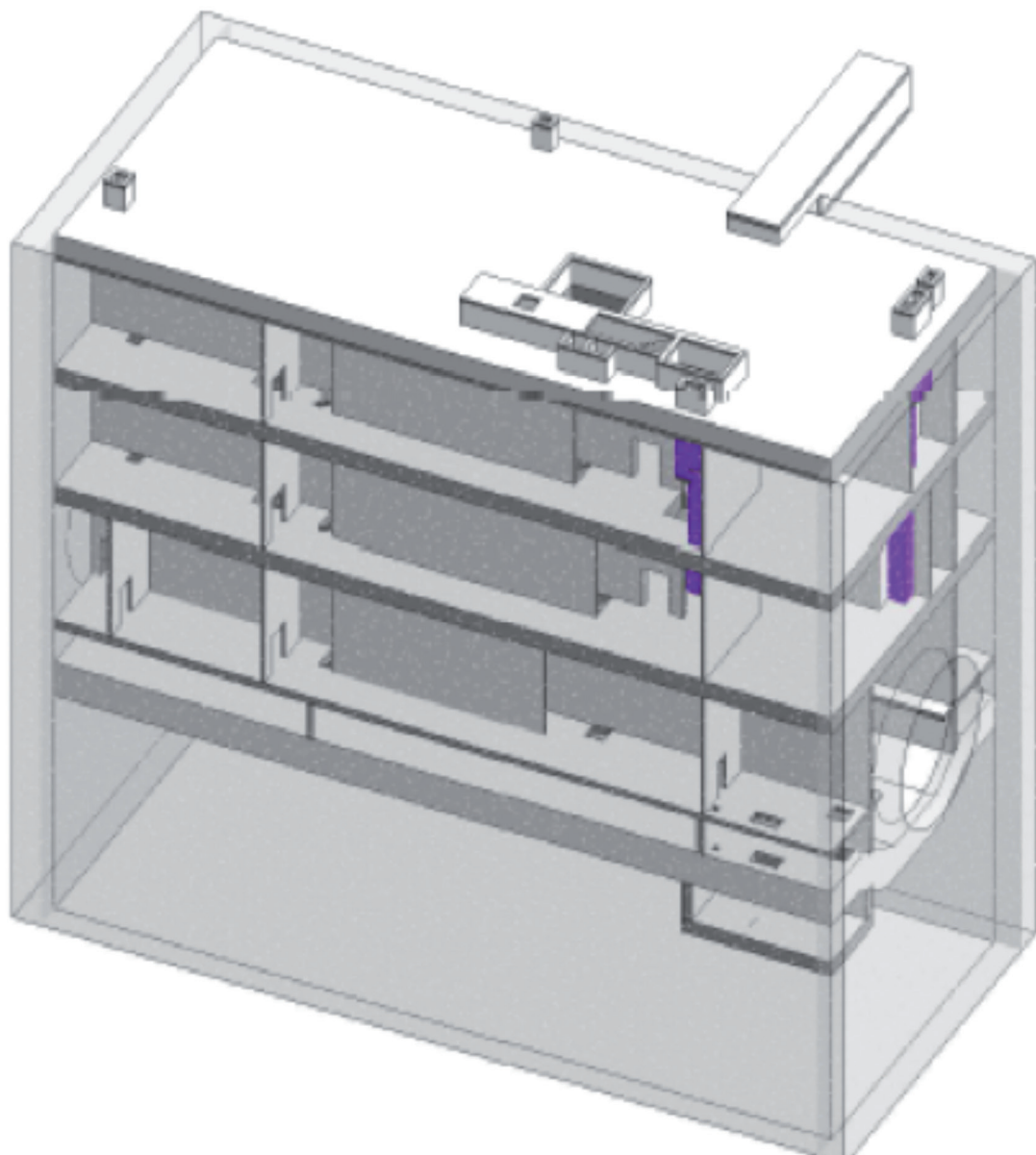


Figure 77 – Vue puits OA 333

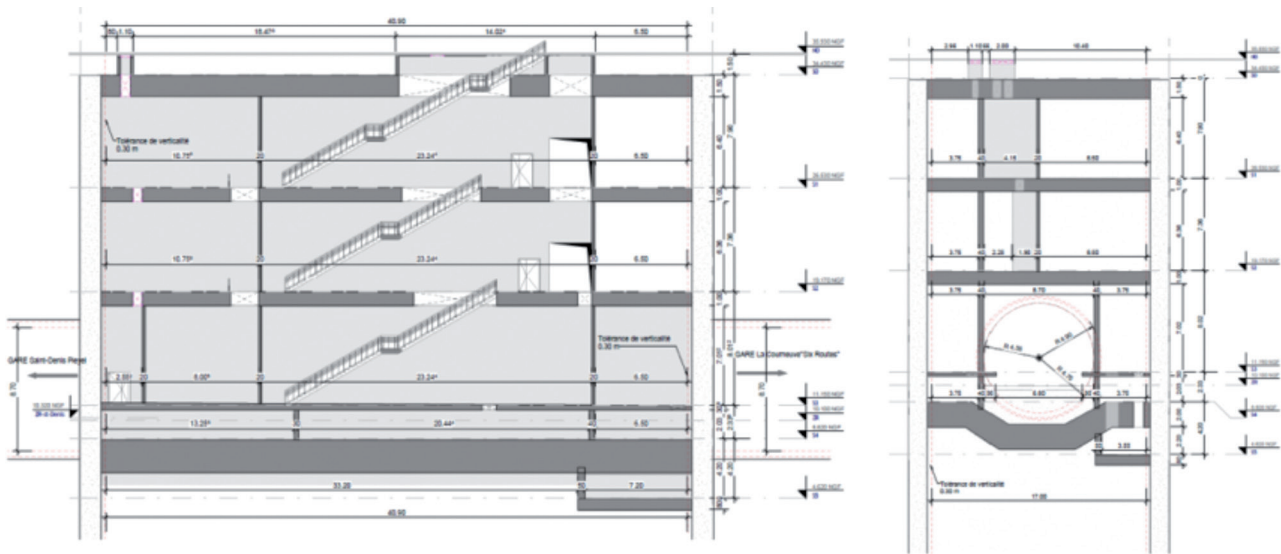


Figure 78 – Coupe du puits OA 333

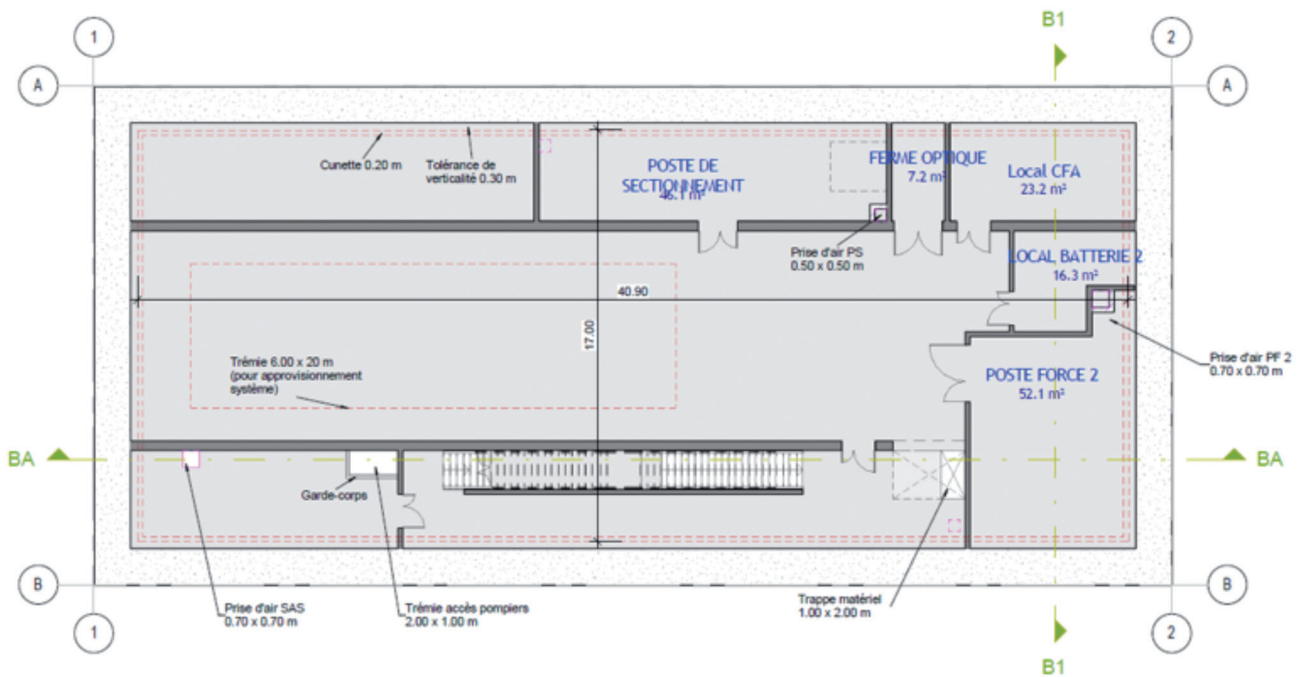


Figure 79 – Vue en plan de niveaux du puits OA 333

- OA 334

Le puits OA334 jalonnant le tracé du tunnel de la ligne 16/17, a comme fonctions principales d'assurer la ventilation et le désenfumage du tunnel et de permettre l'accès des secours au tunnel en cas d'incident nécessitant une intervention.

Ce puits de ventilation a une forme rectangulaire (toute hauteur) et décentré. Du fait de sa faible profondeur (donc sans ascenseur), cette forme permet d'accueillir l'ensemble

des locaux techniques et systèmes de ventilation en limitant les espaces perdus par la forme arrondie. Cette forme convient particulièrement à la configuration de l'emprise disponible pour l'implantation de l'ouvrage.

Profondeur : 19,8 mètres.

Longueur rameau : 6 mètres.

Section excavée rameau : 59,6 m².

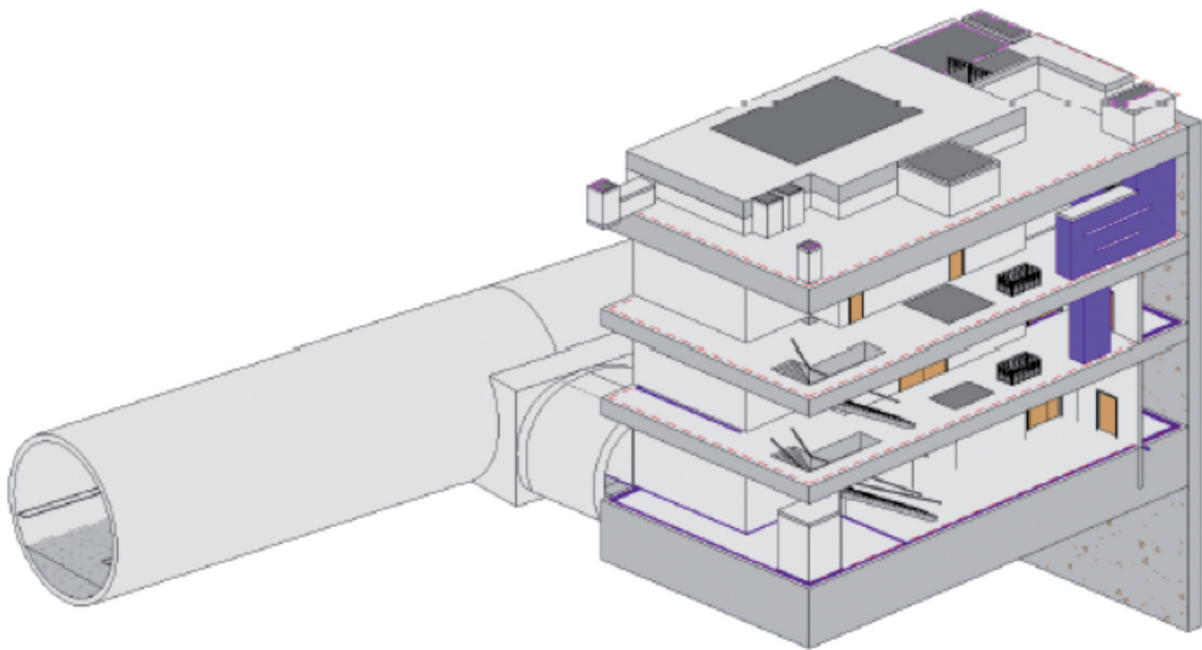


Figure 80 – Vue puits OA 334

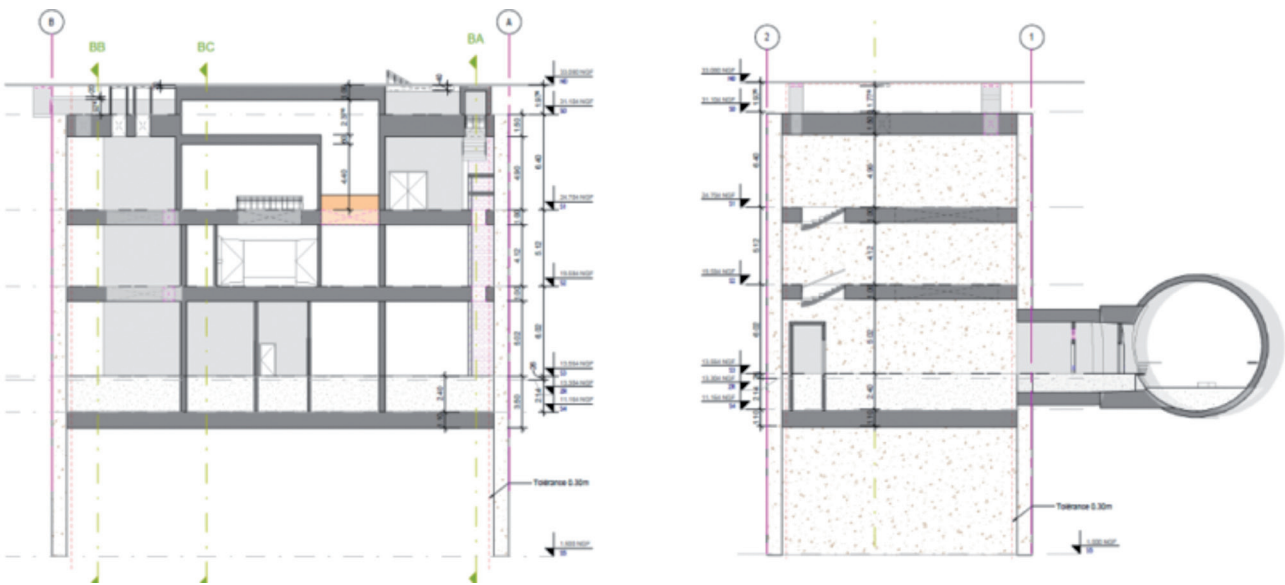


Figure 81 – Coupe du puits OA 334

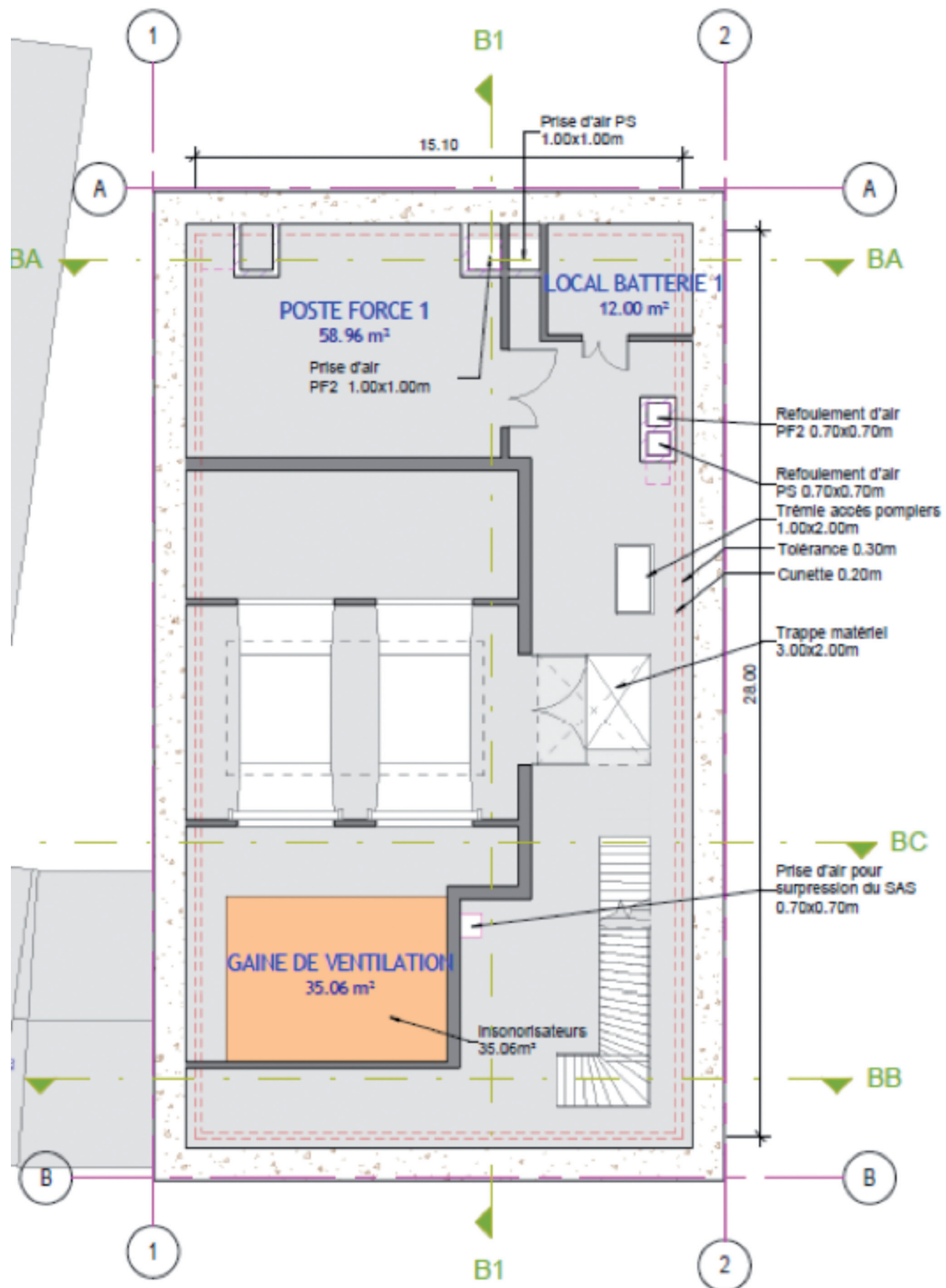


Figure 82 – Vue en plan de niveaux du puits OA 334

- OA 341

Le puits OA341 jalonnant le tracé du tunnel de la ligne 16/17 a comme fonction principale de permettre l'accès des secours au tunnel en cas d'incident nécessitant une intervention. Il a une forme circulaire de diamètre utile de 13 mètres (sans ascenseur) et est décentré par rapport au tunnel. Outre le coût, cette configuration a été choisie pour limiter l'impact sur la parcelle

d'implantation (parc) : dimensions et répartition des émergences compactes, forme circulaire offrant une meilleure reprise de la poussée des terres et des eaux.

Profondeur : 29,5 mètres.

Longueur rameau : 4,5 mètres.

Section excavée rameau : 23,5 m².

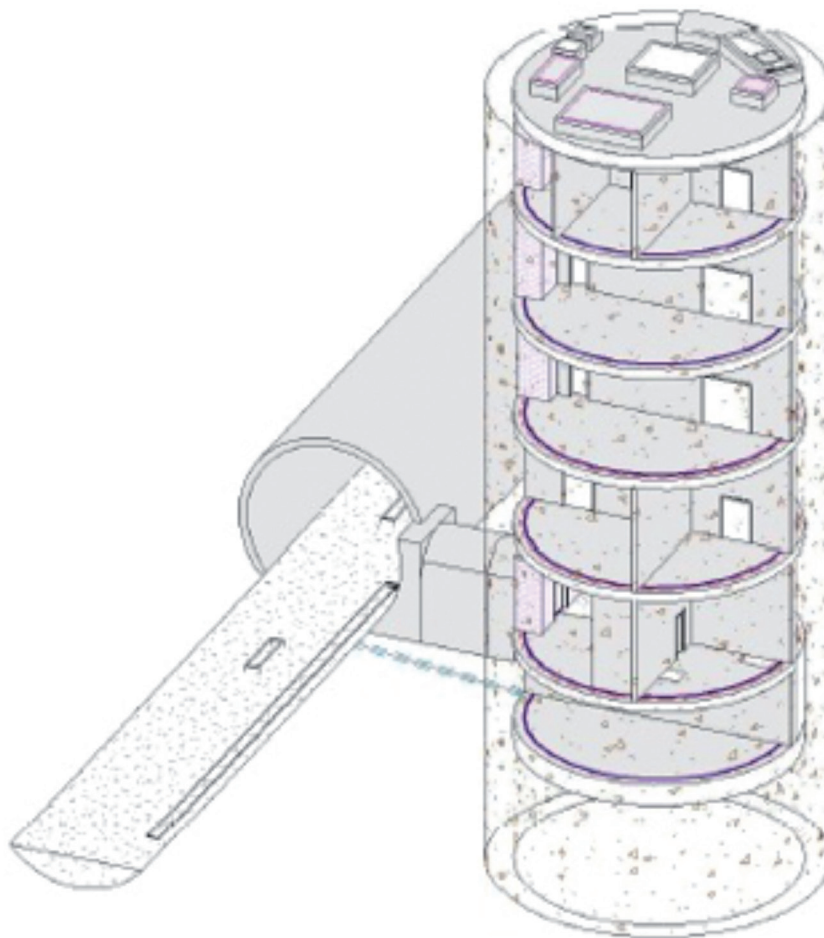


Figure 83 – Vue puits OA 341

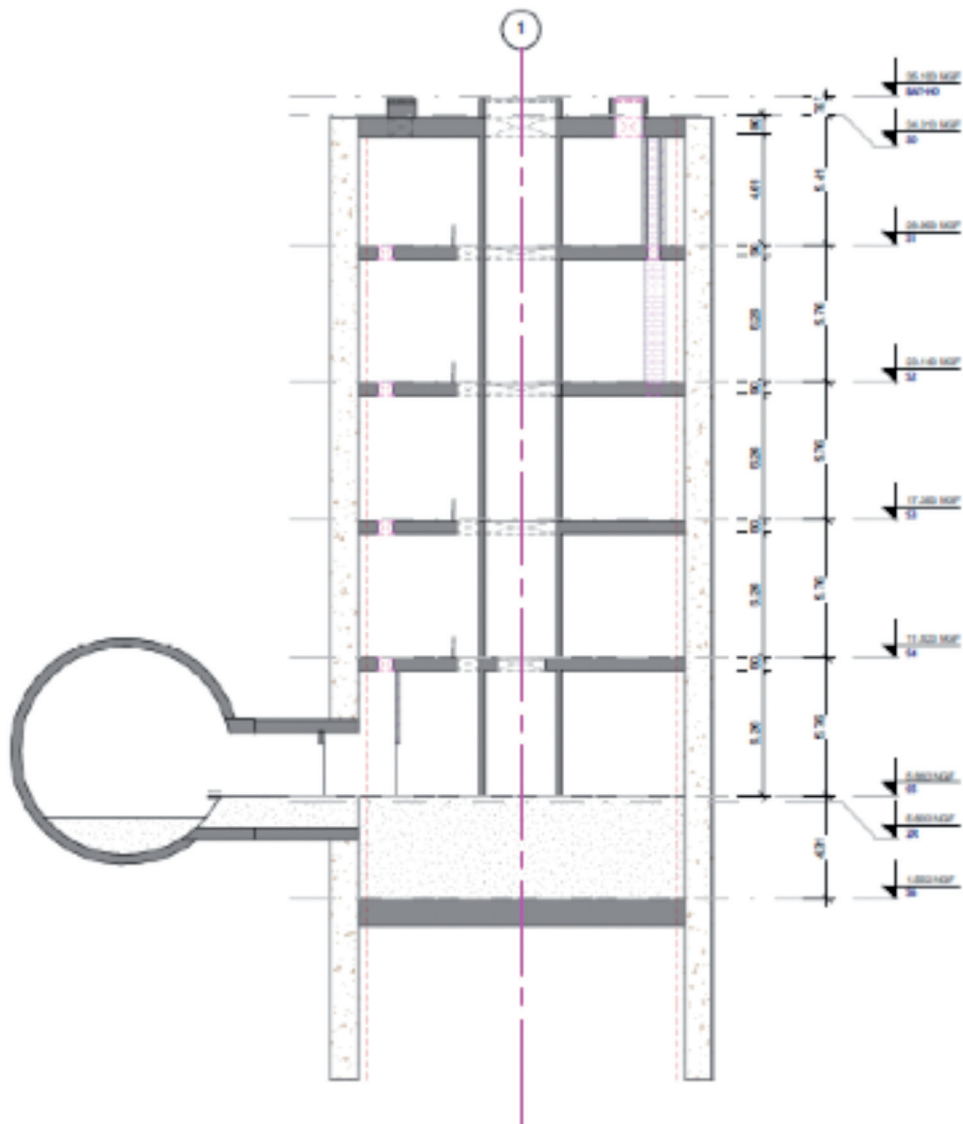


Figure 84 – Coupe du puits OA 341

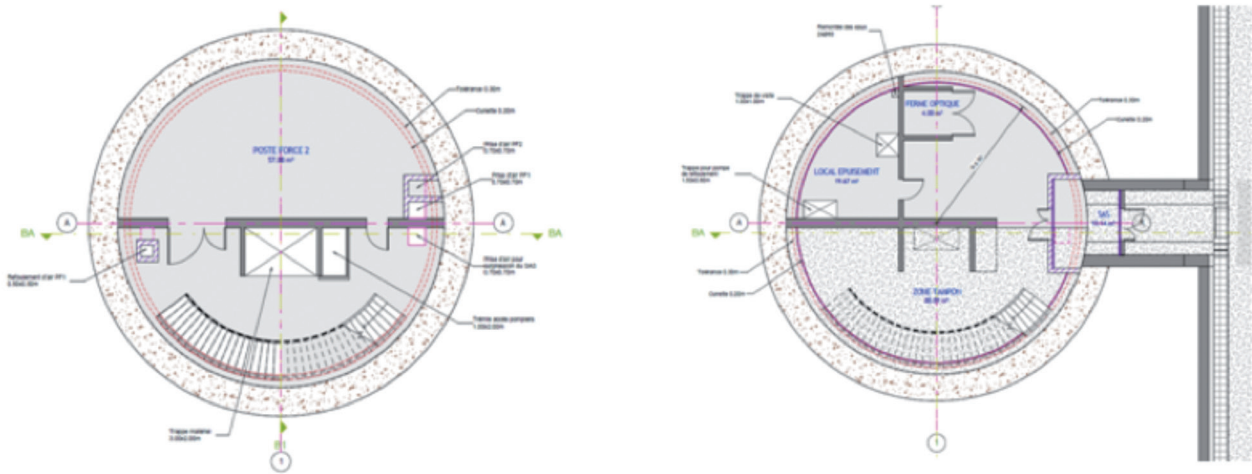


Figure 85 – Vue en plan de niveaux du puits OA 341

- OA 342

Le puits OA 342 jalonnant le tracé de la ligne L16/17, a comme fonctions principales d'assurer la ventilation et le désenfumage du tunnel (L16/17) et de permettre l'accès des secours au tunnel en cas d'incident nécessitant une intervention (L16/17).

Cet ouvrage est de forme circulaire (sans ascenseur), avec une boîte subsurface sur deux niveaux. Un puits avec boîte subsurface permet de placer l'ensemble des locaux techniques

sur les deux premiers niveaux et d'optimiser les dimensions de la partie circulaire allant jusqu'au niveau tunnel. De plus, cette forme convient pour l'insertion dans l'environnement puisque l'emprise disponible est très étroite.

Profondeur : 28,9 mètres.

Longueur rameau : 7,5 mètres.

Section excavée rameau : 59,6 m².

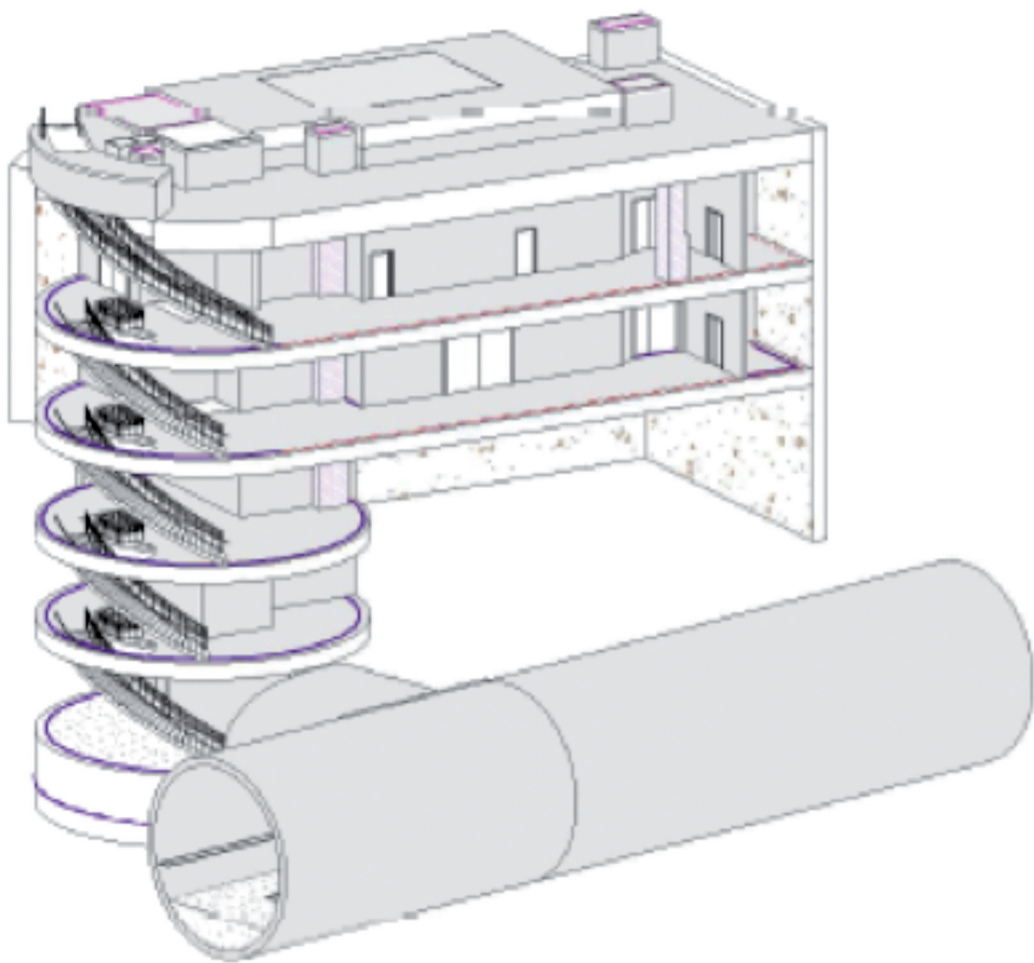


Figure 86 – Vue puits OA 342

4.2.5. PRÉSENTATION GÉNÉRALE DES OUVRAGES ANNEXES



Figure 87 – Coupe du puits OA 342

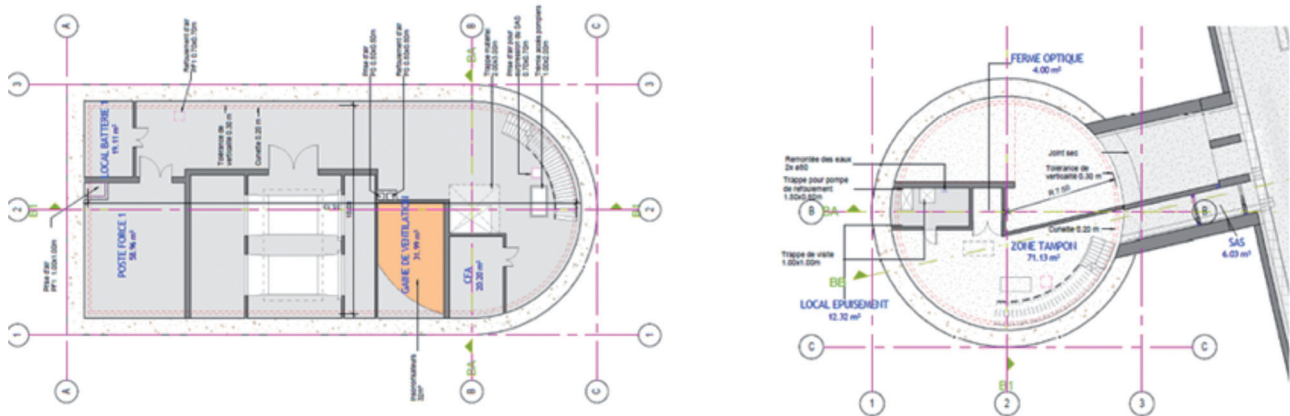


Figure 88 – Vue en plan de niveaux du puits OA 342

- OA 343

Le puits OA 343 jalonnant le tracé du tunnel de la ligne L16/17, a comme fonction principale de permettre l'accès des secours au tunnel en cas d'incident nécessitant une intervention. Il a une forme rectangulaire (sans ascenseur) de 7,4 mètres de largeur utile par 18,5 mètres de longueur utile, et est décentré par rapport au tunnel. Cette forme très peu large est nécessaire

pour l'insertion de l'ouvrage dans une emprise très contrainte, avec la nécessité de respecter une interdistance maximale de 800 m avec l'ouvrage précédent.

Profondeur : 23,5 m².

Longueur rameau : 4,2 mètres.

Section excavée rameau : 23,5 m².

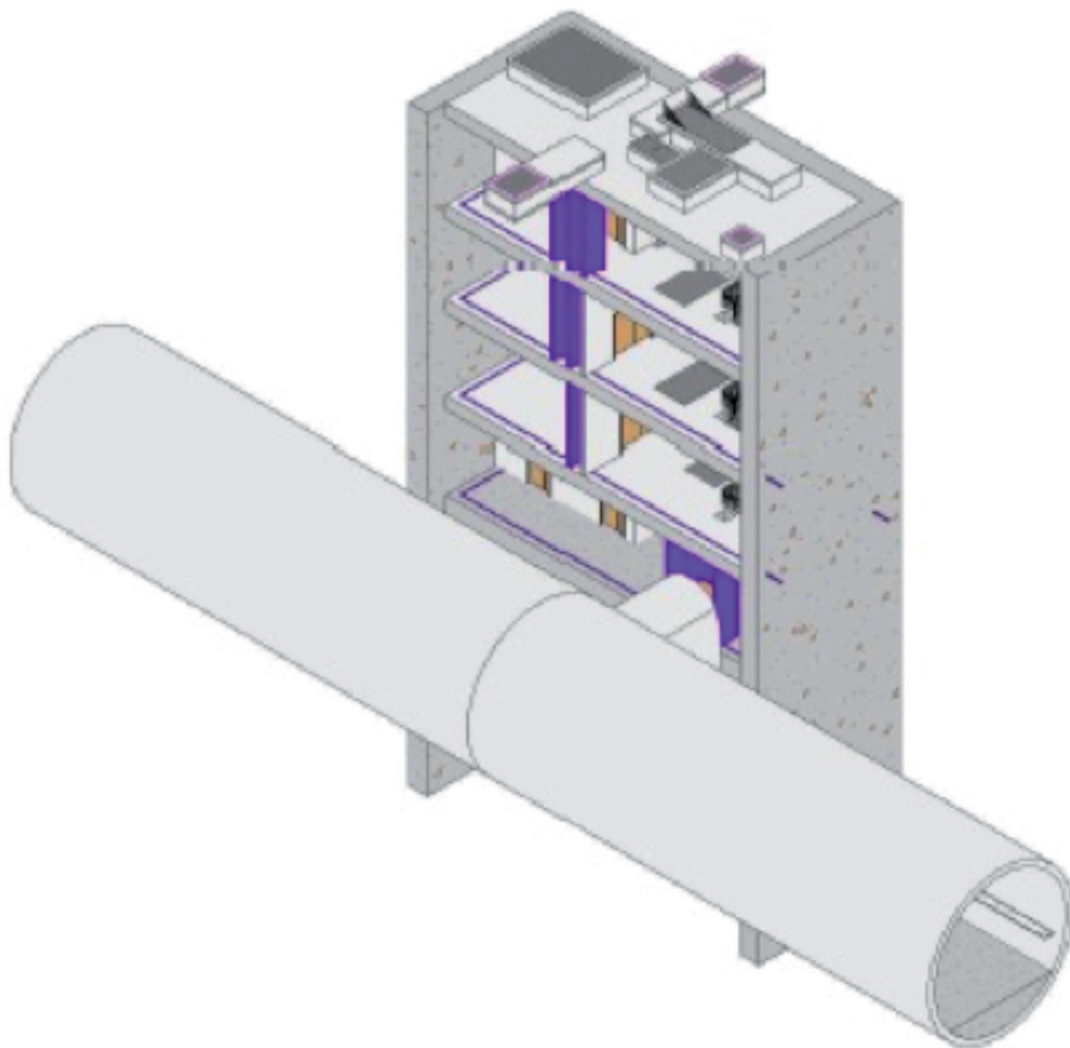


Figure 89 – Vue puits OA 343

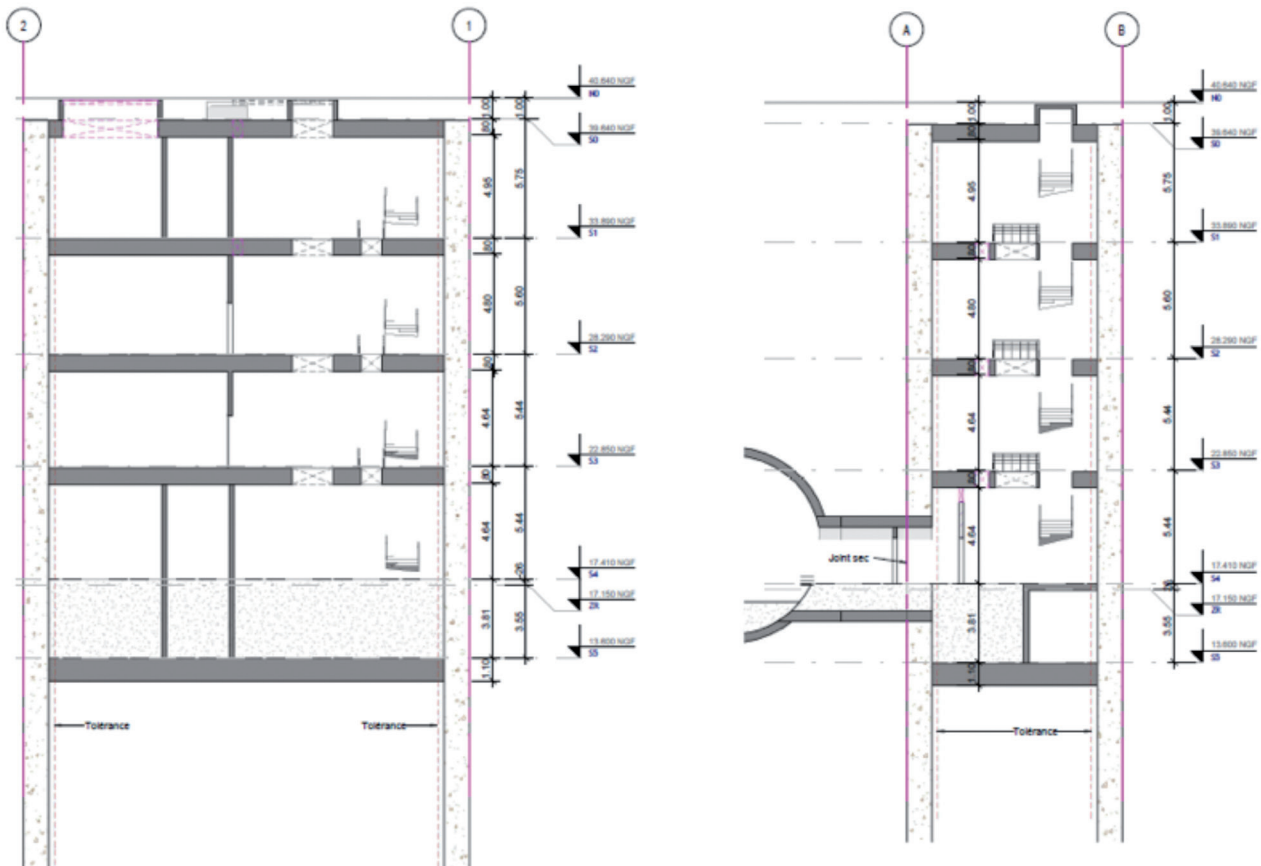


Figure 90 – Coupe du puits OA 343

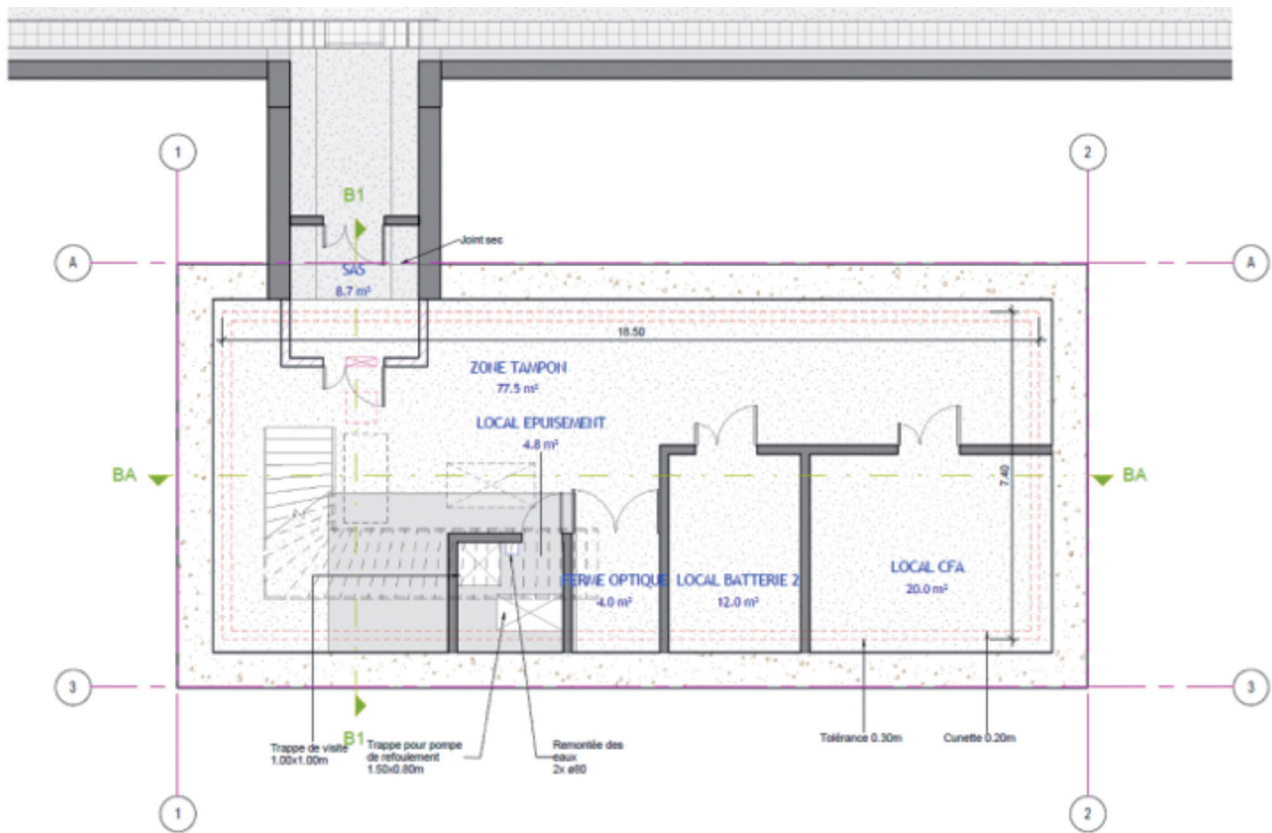


Figure 91 – Vue en plan de niveaux du puits OA 343

- OA 631

Le puits OA 631, communs aux lignes L14 et L15 est a comme fonctions principales d'assurer la ventilation et le désenfumage du tunnel (L15) et de permettre l'accès des secours au tunnel en cas d'incident nécessitant une intervention (L14 & L15).

Cet ouvrage est de forme circulaire, avec une boîte subsurface sur deux niveaux. Un puits avec boîte subsurface permet de placer l'ensemble des locaux techniques sur les deux premiers niveaux et d'optimiser les dimensions de la partie circulaire allant jusqu'au niveau tunnel. Les tunnels de la L14 et L15

sont respectivement reliés à la partie circulaire via un rameau (les deux rameaux de la L14 et L15 arrivent sur deux niveaux différents).

Profondeur : 29,5 m (L14) / 43,4 m (L15).

Longueur rameau (L14) : 21,5 mètres.

Section excavée rameau (L14) : 23,5 m².

Longueur rameau (L15) : 13 mètres.

Section excavée rameau (L15) : 59,6 m².

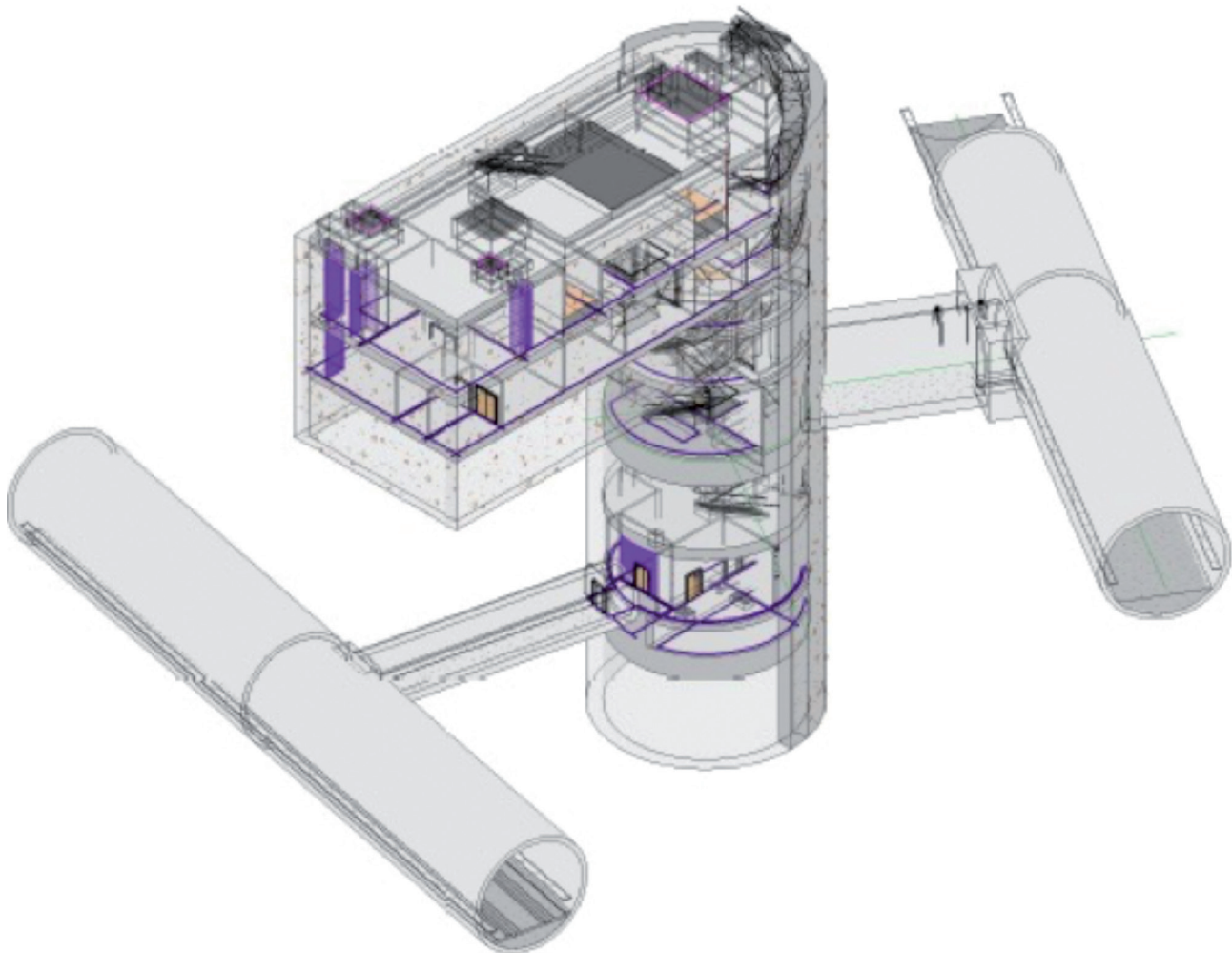


Figure 92 – Vue puits OA 631

4

DESCRIPTION DU PROJET

4.2.5. PRÉSENTATION GÉNÉRALE DES OUVRAGES ANNEXES

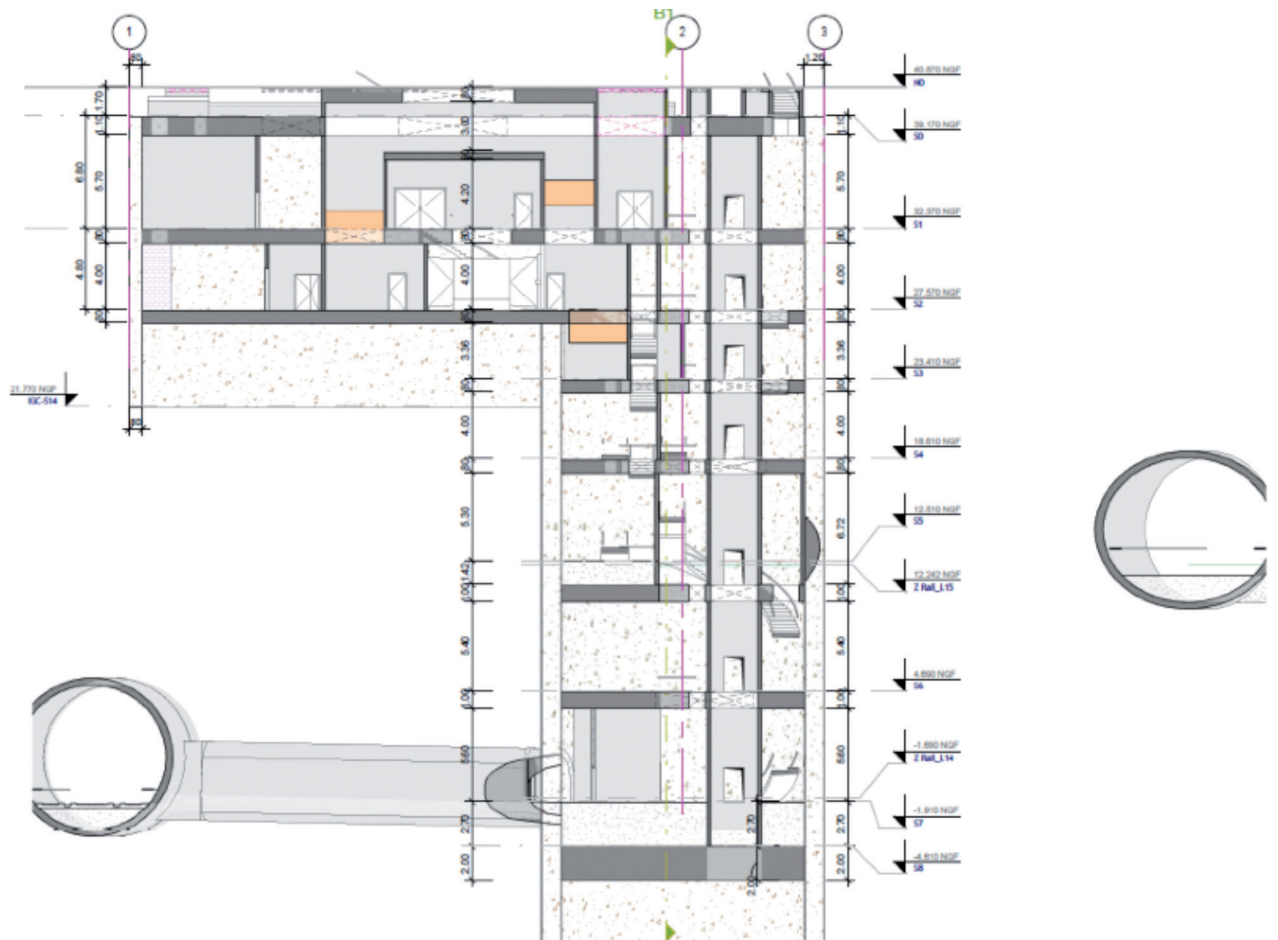


Figure 93 – Coupe du puits OA 631

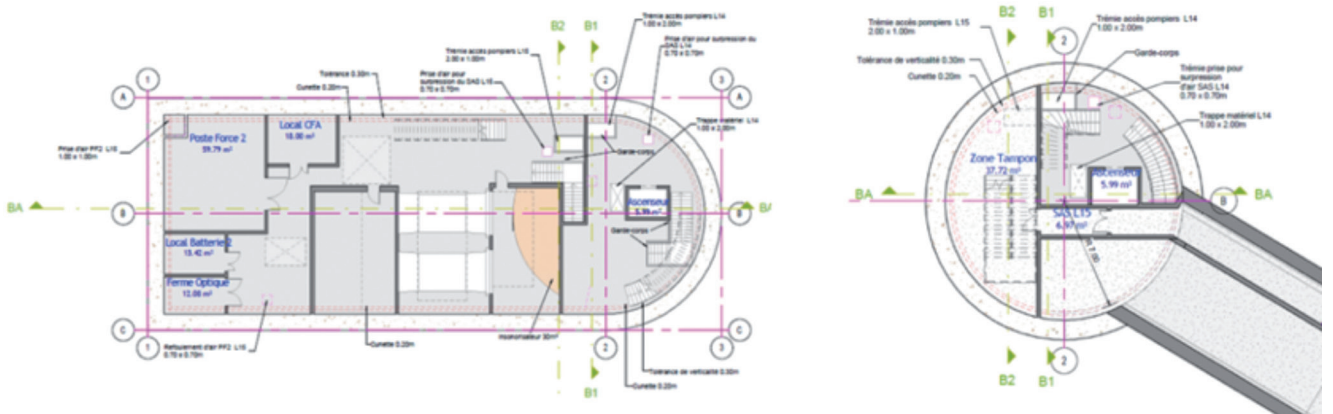


Figure 94 – Vue en plan de niveaux du puits OA 631

- OA 632

Le puits OA 632 (ou puits Cachin) sera réalisé par la RATP dans le cadre des travaux d'extension de la ligne 14 entre Saint-Lazare et Mairie de Saint-Ouen. Ce puits aura une fonction d'accès secours, de désenfumage et de pompage. En phase travaux du tronçon 5a il permettra l'extraction du tunnelier ayant servi à l'excavation de la section 332-632 (TBM 1). Lorsque le tunnelier débouchera dans le puits, l'extension de la ligne 14 à Mairie de Saint-Ouen sera achevée et mise en service. Par conséquent le puits sera en partie en fonctionnement.

Des réservations (trémie de démontage, armature des parois moulées en fibre de verre) ont été prévues dans la conception

du puits pour permettre l'arrivée et le démontage du tunnelier. Cependant, la gestion de l'arrivée du tunnelier reste difficile du fait du manque de place pour la mise en œuvre d'une virole d'étanchéité et de la nécessité de faire plonger le tunnelier pour qu'il soit aligné à la réservation. De ce fait, le profil en long de conduite du tunnelier sera différent du profil en long de la ligne à cet endroit.

Le puits assurera aussi la fonction de ventilation / désenfumage et de pompage de la section de ligne jusqu'à la gare de Saint-Denis Pleyel. Un redimensionnement des équipements sera nécessaire pour tenir compte du linéaire supplémentaire. Ce redimensionnement sera réalisé au cours de la phase PRO.

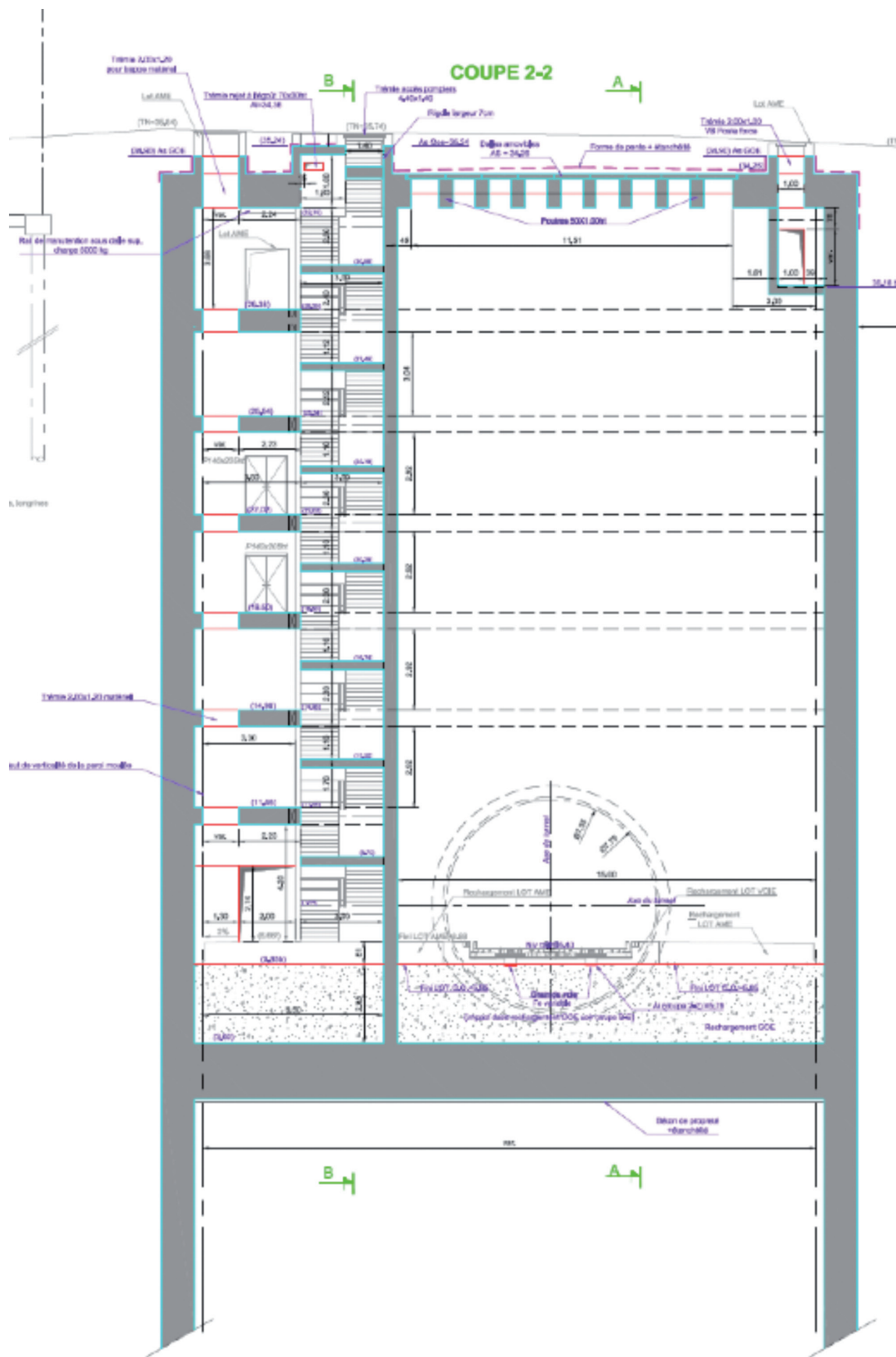


Figure 95 - Puits Pleyel - Vue en coupe

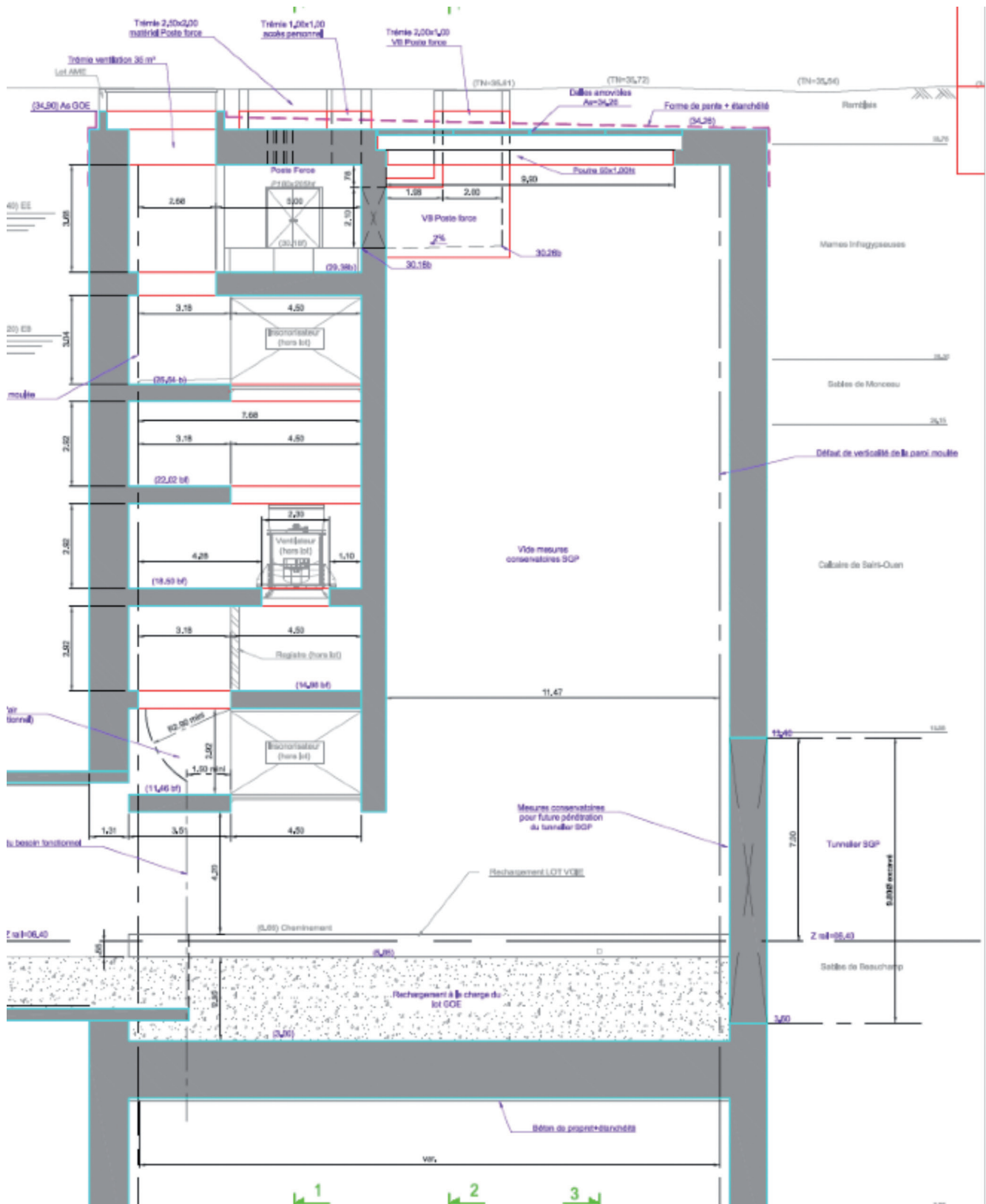


Figure 96 - Puits Pleyel – Vue en coupe

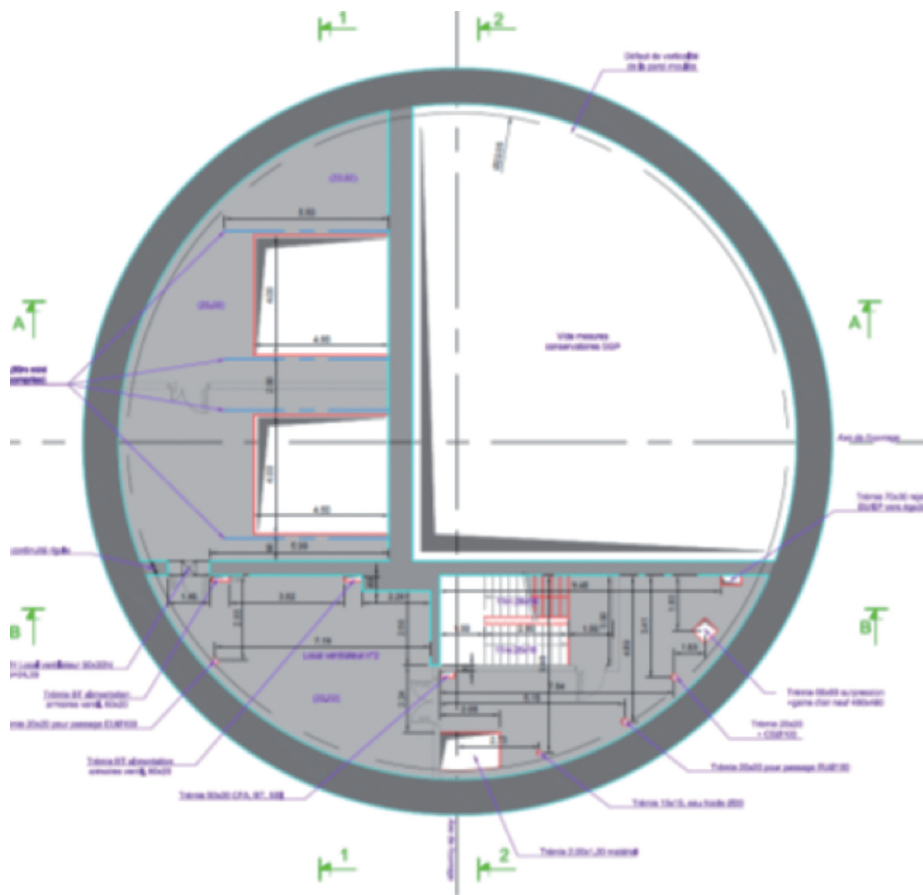


Figure 97 - Puits Pleyel – Vue en plan de la trémie de démontage du tunnelier, niveau intermédiaire

Tronçon 1

Les puits du tronçon sont classés suivant plusieurs familles (des variantes étant possibles au sein d'une même famille, comme la présence d'un Poste de Sectionnement) :

- le puits 0101P (type 1) ;
- les puits de secours, circulaires et décentrés (type 2) ;
- les puits de secours, circulaires avec boîte subsurface et décentrés (type 3) ;
- les puits de secours, circulaires et centrés (type 4) ;
- les puits de ventilation, circulaires et décentrés (type 5) ;
- les puits de ventilation, circulaires et centrés (type 6) ;
- les puits de ventilation, circulaires avec boîte en surface et décentrés (type 7) ;
- les puits de ventilation, rectangulaires toute hauteur et décentrés (type 8) ;

Puits	Type	Profondeur rail (m)
0100P - Entonnement Ouest	Ouvrage Particulier	
Gare Bourget		
0101P - Entonnement Est	Ouvrage Particulier	
0101P	Type 1	37,9 (L16) / 23,3 (L17)
0102P	Type 2	25,6
0103P	Type 7	22,9
0104P	Type 6	28,4
Gare Blanc-Mesnil		
0201P	Type 7	27,7
0202P	Ouvrage Particulier	
0210P	Type 2	24,6
0220P	Ouvrage Particulier	
Gare Aulnay		
0301P	Type 8	18,2
0302P	Type 3	23,5
0303P	Type 5	29,9
Gare Sevrans-Beaumont		
0401P	Type 6	27,9
Gare Sevrans-Livry		
0501P	Type 4	21,3
0502P	Type 5	28,7
0503P	Type 2	30,2*
0504P	Type 6	29,7
Gare Clichy-Montfermeil		
0601P	Type 5	29,9
0602P	Type 3	51,7
0603P	Ouvrage Particulier	
0604P	Type 2	25,3
0605P	Type 5	29,9
Gare Chelles		
0701P	Type 2	28,7
0702P	Type 5	26,6
0703P	Type 2	27,1
0704P	Type 5	27,5

Figure 98 – Tableau : Répartition des puits du tronçon par type

* : la profondeur est inférieure à 30 m (recharge), donc puits sans ascenseur.

Puits type 1 - OA 0101P

Il s'agit d'un puits commun à deux lignes (16 et 17 Sud), assurant pour chacune d'entre elles, la fonction de ventilation et d'accès secours distinct. Cet ouvrage est de forme circulaire de 16 mètres de diamètre et équipé d'un ascenseur pour la ligne 16 (37,9 mètres de profondeur).

Le rameau vers la ligne 16 assure la fonction d'accès secours avec un SAS surpressé et la fonction ventilation/décompression

de 20 m² de section minimale. La jonction vers la ligne 17 Sud est réalisée avec deux rameaux distincts : l'un pour l'accès secours, l'autre pour la ventilation.

L'ensemble des locaux techniques (hors Poste de sectionnement pour la ligne 16) et les systèmes de ventilation se trouvent dans l'entonnement est. Les différents niveaux de ce puits sont traversés par les gaines de ventilation des deux lignes, qui sont connectées au reste du système de ventilation dans l'entonnement est par des galeries souterraines (niveau -1)



Figure 99 – Coupes d'un puits type 1

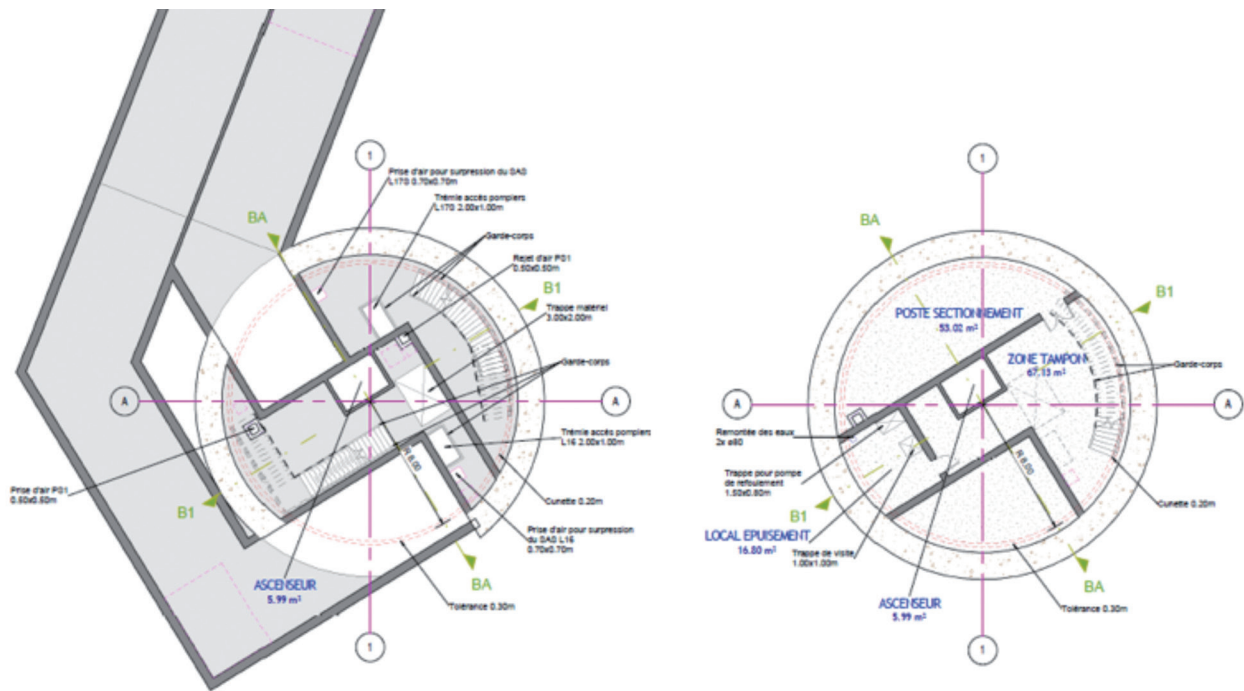


Figure 100 – Vues en plan de plusieurs niveaux d'un puits type 1

Puits type 2 – Puits de secours, circulaires et décentrés

Il s'agit d'un puits de secours, de forme circulaire et décentré par rapport au tunnel (donc avec rameau de jonction). La conception de cet ouvrage tient compte de l'intégration de locaux techniques et de leurs contraintes (en particulier leur surface utile minimum sans prise en compte des espaces perdus),

d'espaces de circulation pour les escaliers, les couloirs, et les trappes pompier et matériel. Aucun puits de ce tronçon n'est équipé d'un ascenseur.

Un puits circulaire permet une meilleure reprise des poussées de terre et d'eau mais également d'obtenir des émergences plus regroupées en surface.

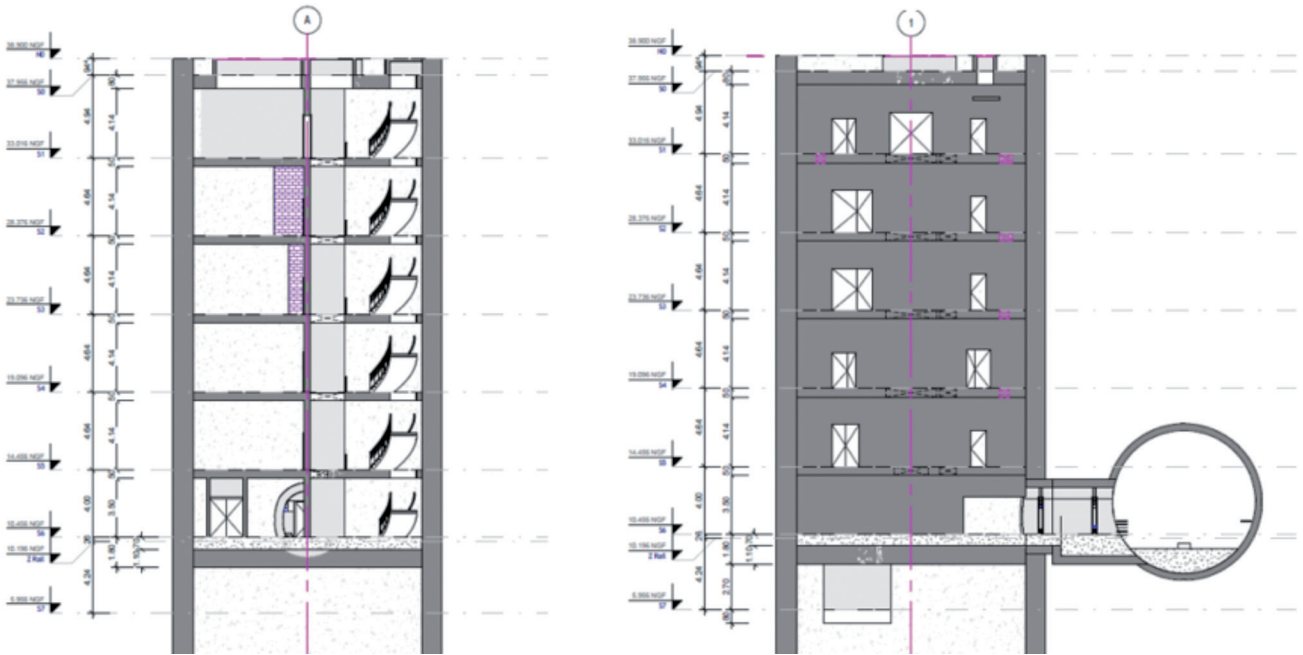


Figure 101 – Coupes d'un puits type 2

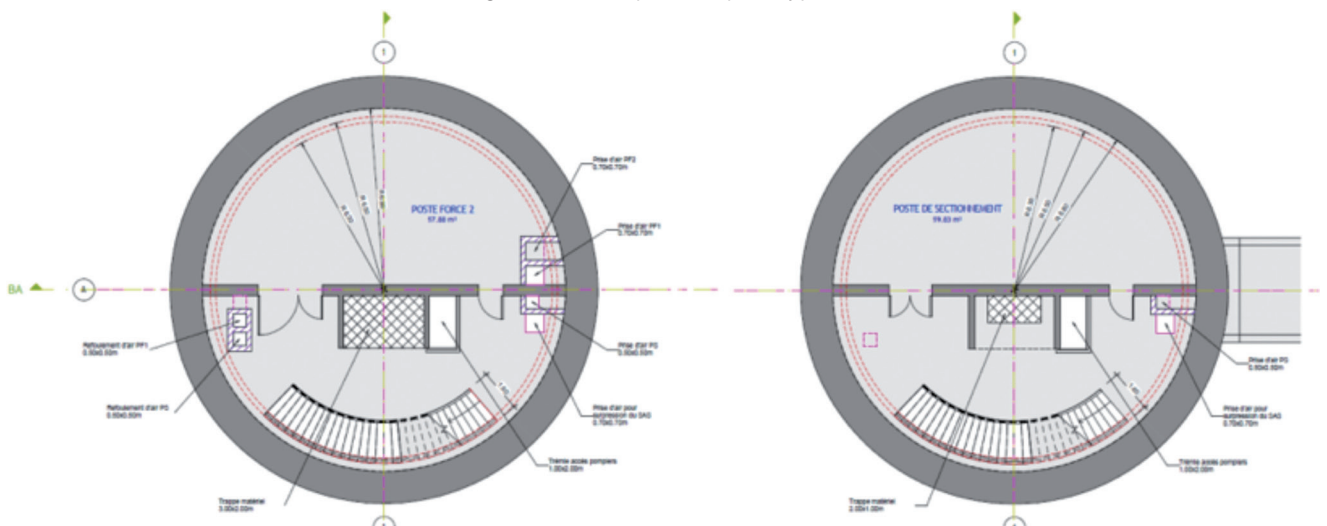


Figure 102 – Vues en plan de plusieurs niveaux d'un puits type 2

Puits type 3 – Puits de secours, circulaires avec boîte subsurface et décentrés

Il s'agit d'une variante du puits de type 3 avec une boîte subsurface sur les deux premiers niveaux de sous-sols. Un puits

avec boîte subsurface permet de regrouper le maximum de locaux techniques volumineux dans celle-ci et ainsi d'optimiser les dimensions de la partie circulaire. Cela est particulièrement utile dans les ouvrages très profonds tels que le puits 0602P.

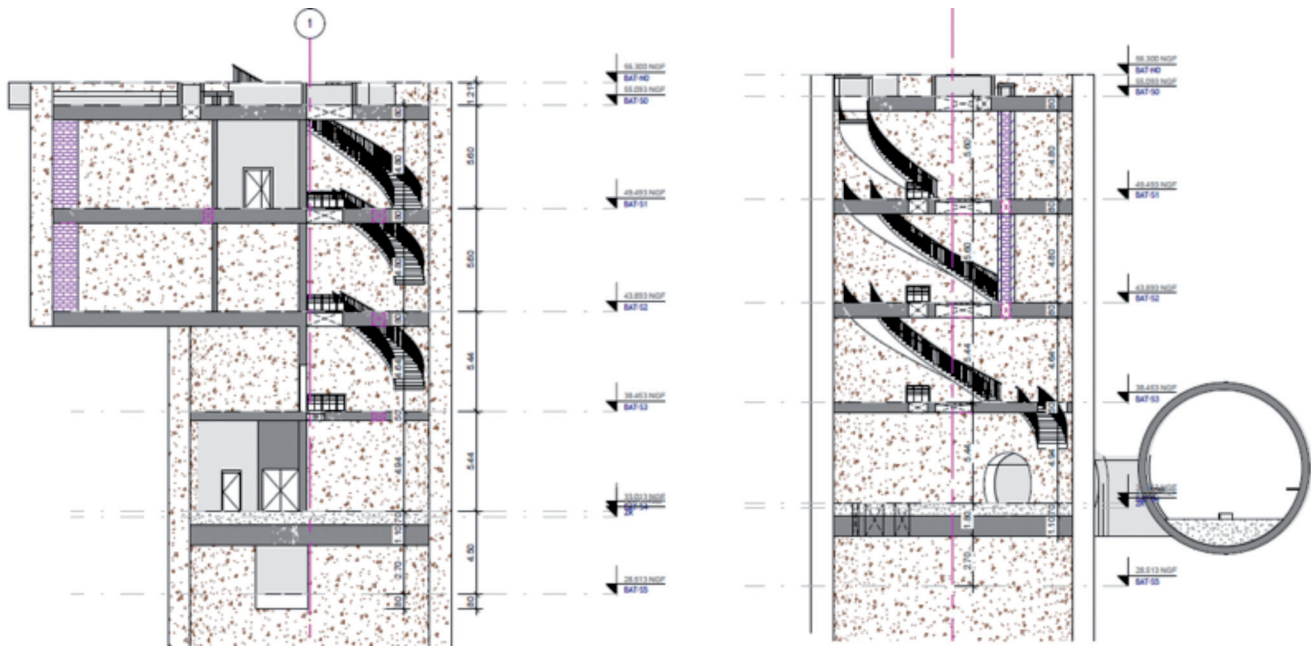


Figure 103 – Coupes d'un puits type 3

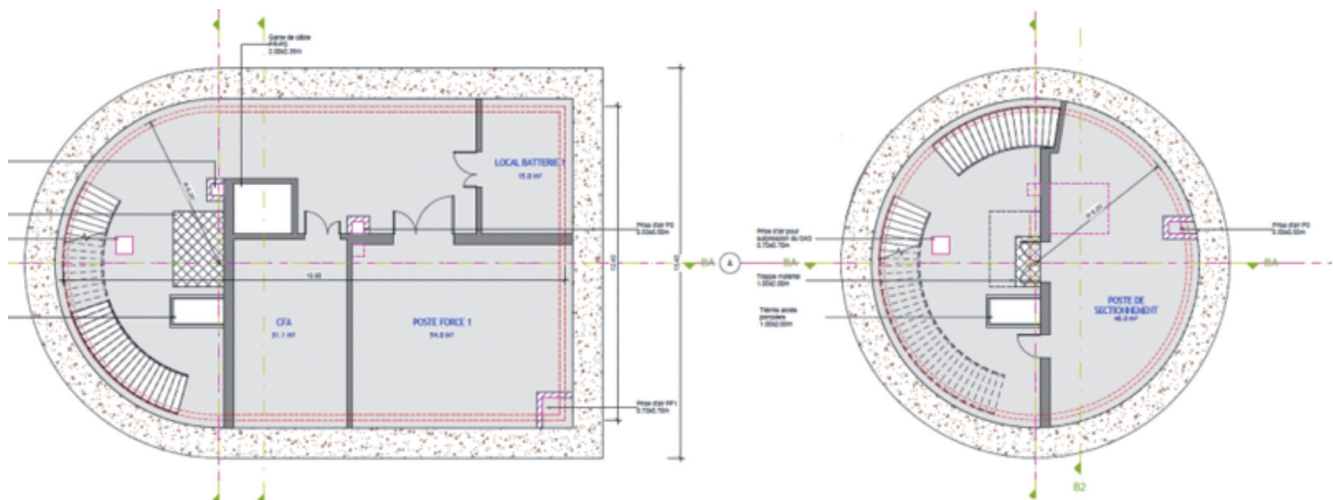


Figure 104 – Vues en plan de plusieurs niveaux d'un puits type 3

Puits type 4 – Puits de secours, circulaires et centrés

Il s'agit d'un puits de secours de forme circulaire, centré sur le tunnel (pour permettre la sortie du tunnelier). Les locaux techniques volumineux sont répartis sur les deux premiers niveaux de sous-sols, le troisième (dernier) niveau étant traversé par le tunnel.

Du fait de la dimension importante du puits et de la configuration du dernier niveau, un voile porteur est prévu et fait office de séparation entre la zone « tunnel » et la zone « fonctionnelle ». Pour obtenir une zone « fonctionnelle » la plus vaste possible, la zone « tunnel » a été légèrement décentrée par rapport à l'axe des puits.

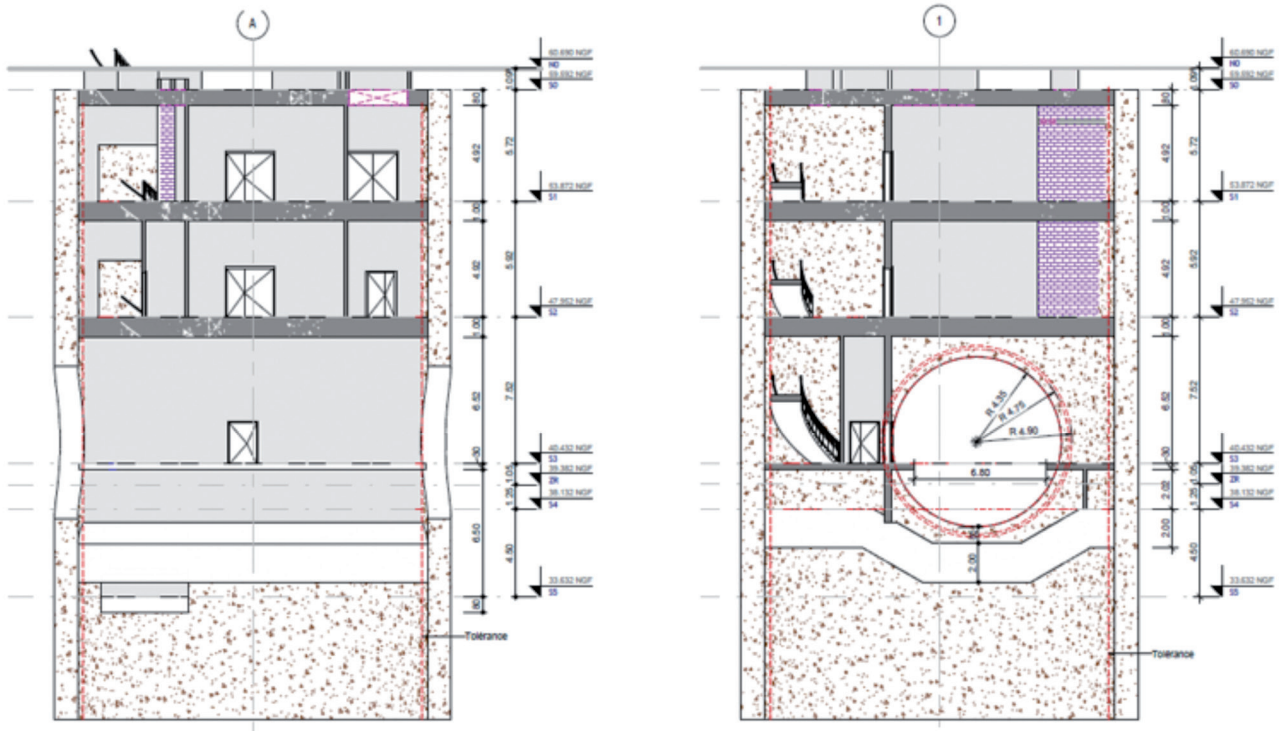


Figure 105 – Coupes d'un puits type 4

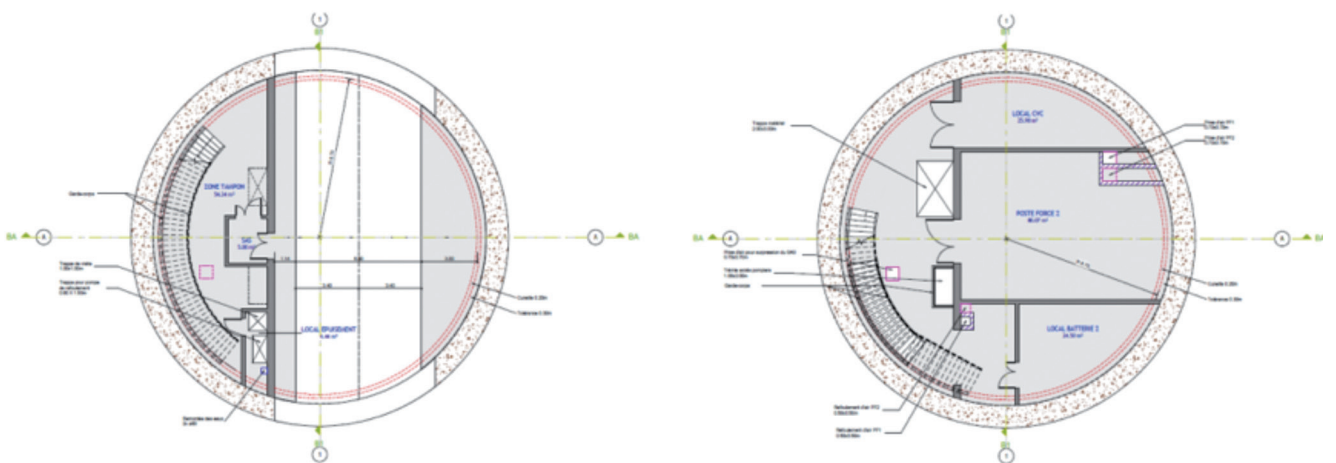


Figure 106 – Vues en plan de plusieurs niveaux d'un puits type 4

Puits type 5 – Puits de ventilation, circulaires et décentrés

Il s'agit d'un puits de ventilation, de forme circulaire et décentré par rapport au tunnel (donc avec rameau de jonction). La conception de cet ouvrage tient compte de l'intégration du système de ventilation/décompression et des locaux techniques avec leurs contraintes respectives (en particulier leur surface

utile minimum sans prise en compte des espaces perdus), d'espaces de circulation pour les escaliers, les couloirs, et les trappes pompier et matériel. Aucun puits de ce tronçon n'est équipé d'un ascenseur.

Un puits circulaire permet une meilleure reprise des poussées de terre et d'eau mais également d'obtenir des émergences plus regroupées en surface.

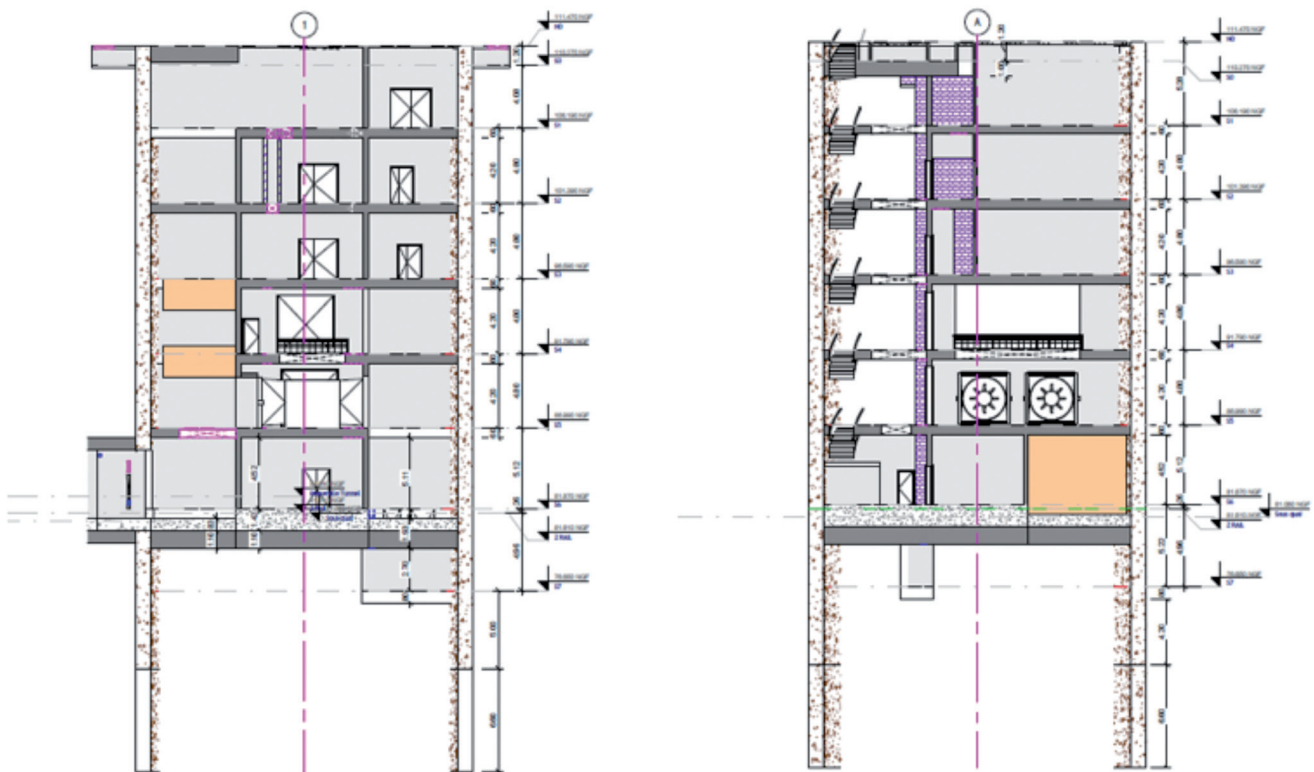


Figure 107 – Coupes d'un puits type 5

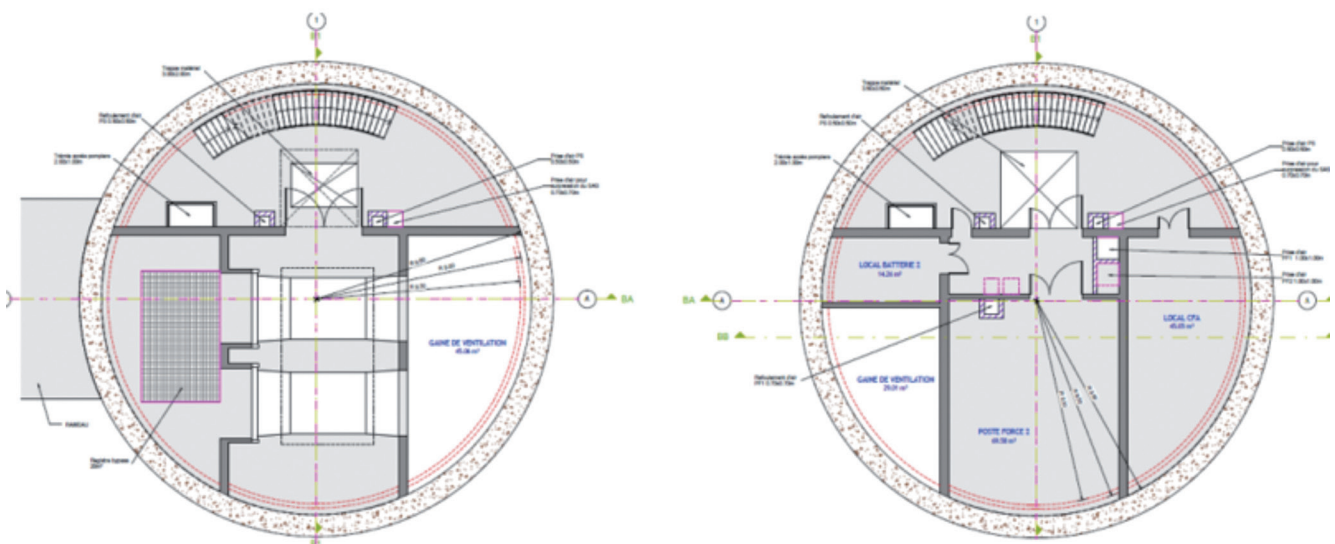


Figure 108 – Vues en plan de plusieurs niveaux d'un puits type 5

Puits type 6 – Puits de ventilation, circulaires et centrés

Il s'agit d'un puits de ventilation de forme circulaire, centré sur le tunnel et sans ascenseur. Outre les espaces de circulation, de locaux techniques et de système de ventilation/décompression, son diamètre utile doit prendre en compte l'espace pour :

- une trémie de dimension 20 x 8 mètres (centrée sur le tunnel) ;
- une lierne de 1 mètre de large minimum au niveau de l'ouverture du tunnel (entre l'intrados de la paroi moulée et l'extrémité de la trémie).

Une trémie de largeur minimum 8 mètres est nécessaire dans les puits de lancement et/ou sortie des tunneliers. Dans les puits centrés, utilisés uniquement pour l'approvisionnement des chantiers de rechargement et de systèmes en tunnel, la largeur de la trémie pourrait être réduite à 6 mètres. L'étude a montré que les contraintes liées au phasage de réalisation du puits

(réalisation des structures internes avant l'arrivée du tunnelier) conditionnent l'implantation des voiles porteurs. Il n'est donc pas possible de bénéficier d'une réduction éventuelle de largeur de trémie pour optimiser les dimensions du puits. En effet, c'est l'implantation des voiles porteurs qui conditionne la conception fonctionnelle du puits et donc sa dimension, la trémie étant rebouchée en grande partie pour la réalisation des structures internes du puits (cf. ci-dessous).

Le diamètre utile minimum sans prise en compte des contraintes d'aménagement des locaux techniques, des trappes et des circulations, est de 25 mètres pour une trémie de 20 x 8 mètres.

Cette trémie est réduite dans un second temps à une dimension minimum de 8 x 8 mètres (ou 10 x 6 mètres), permettant ainsi l'acheminement dans le tunnel d'équipements moins volumineux, en même temps que la réalisation des structures internes du puits.

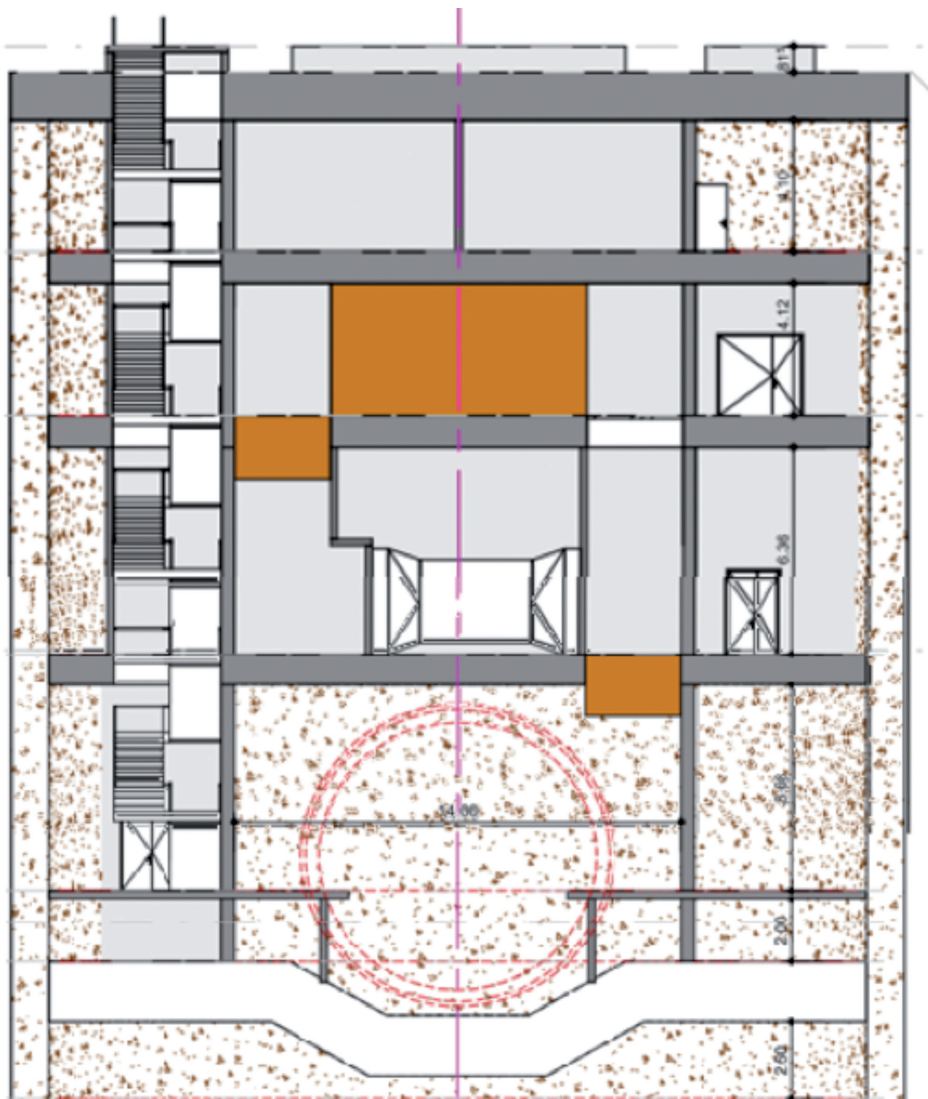


Figure 109 – Coupes d'un puits type 6

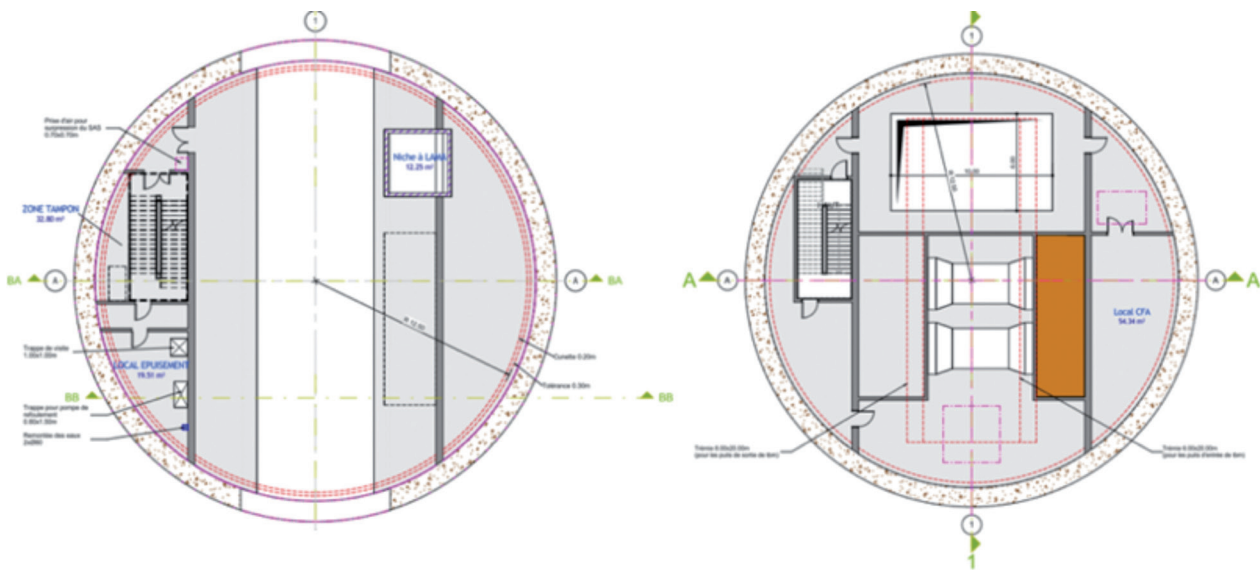


Figure 110 – Vues en plan de plusieurs niveaux d'un puits type 6

Puits type 7 – Puits de ventilation, circulaires avec boîte en surface et décentrés

Il s'agit d'un puits de ventilation avec une partie circulaire enterrée et une partie en surface. La partie « Boîte en surface »

permet d'accueillir le maximum de locaux techniques et les ventilateurs ainsi que leur aire de maintenance, afin d'optimiser les dimensions de la partie circulaire enterrée.

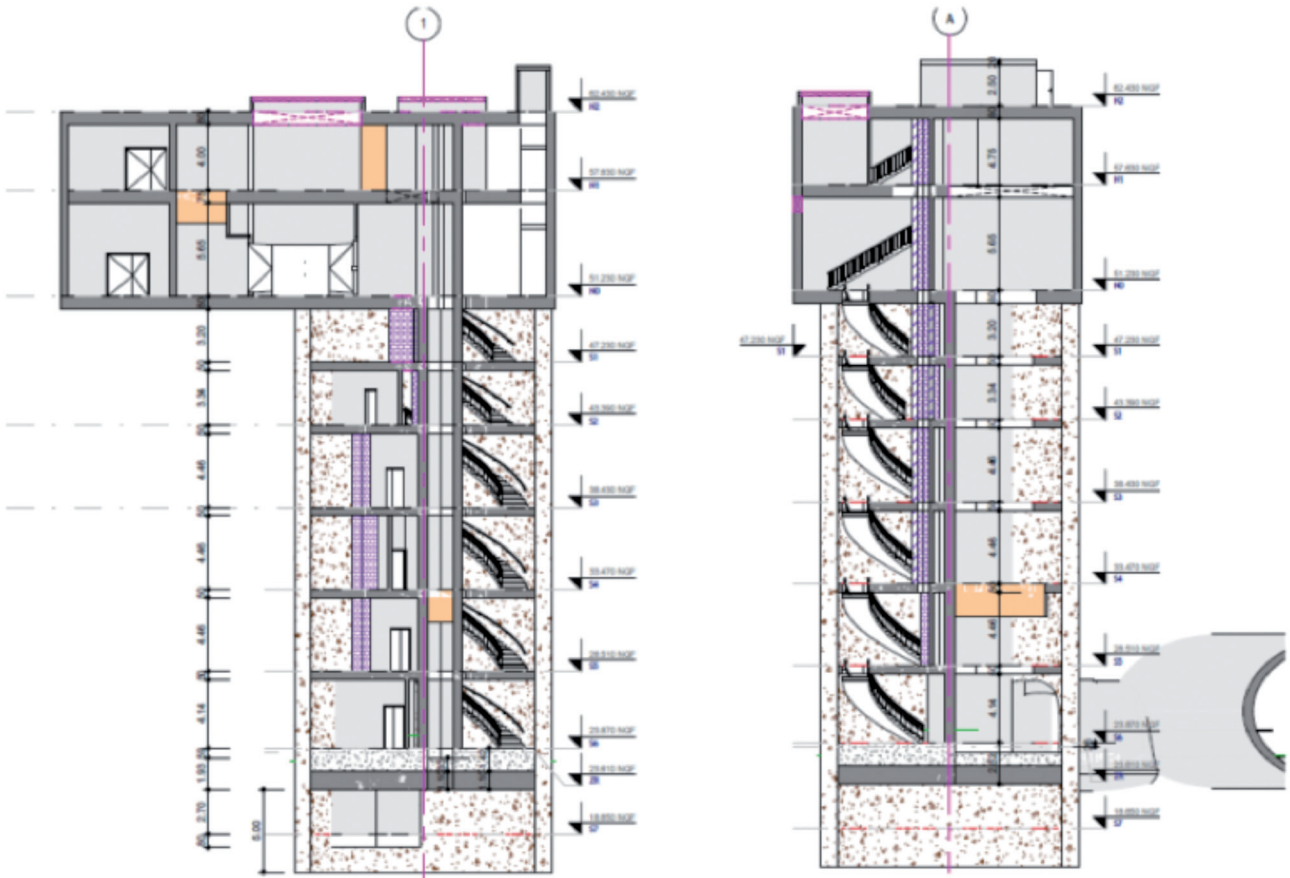


Figure 111 – Coupes d'un puits type 7

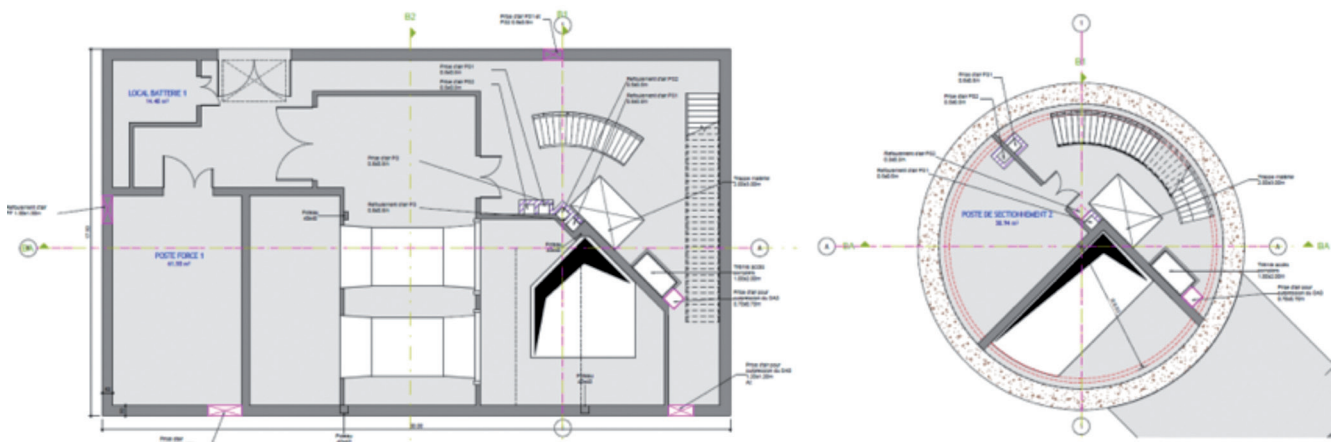


Figure 112 – Vues en plan de plusieurs niveaux d'un puits type 7

Puits type 8 – Puits de ventilation, rectangulaire toute hauteur et décentrés

Il s'agit d'un puits de ventilation, rectangulaire toute hauteur et décentré par rapport au tunnel (rameau de jonction entre le tunnel et le puits). Cette configuration est adaptée aux puits très peu profonds, n'offrant pas assez de niveaux pour accueillir

l'ensemble des locaux techniques et le système de ventilation/décompression. Une forme rectangulaire a été préférée à une forme circulaire afin de limiter les dimensions de l'ouvrage, en optimisant les espaces et en limitant les surfaces perdues du fait d'angles ou de forme arrondie.

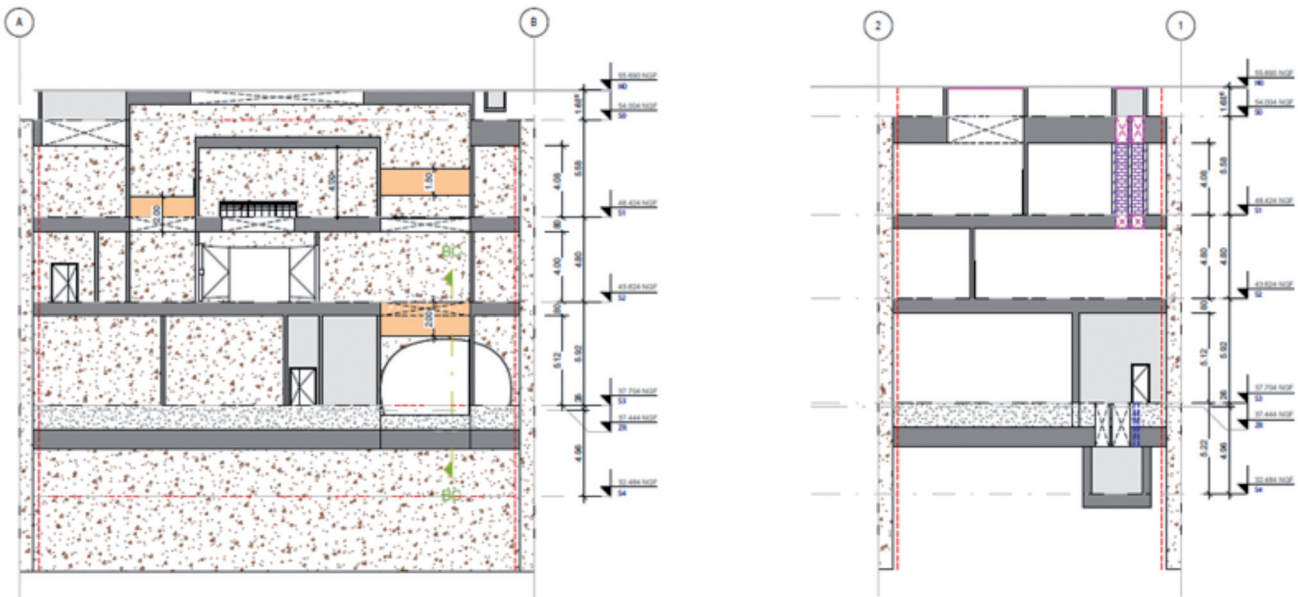


Figure 113 – Coupes d'un puits type 8

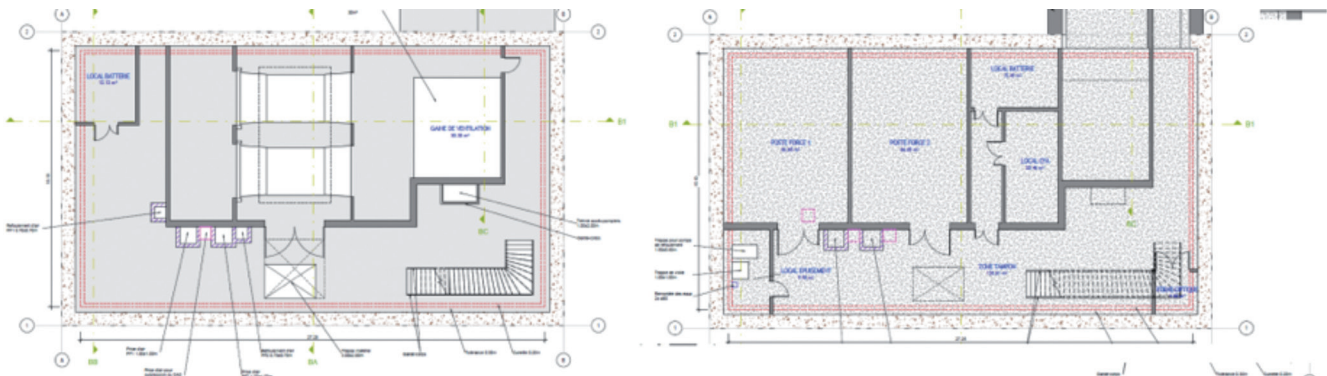


Figure 114 – Vues en plan de plusieurs niveaux d'un puits type 8

OA 0101P

Le puits 0101P est un puits de ventilation et d'accès secours pour les lignes 16 et 17 Sud. Il s'agit d'un ouvrage de forme circulaire de 16 mètres de diamètre utile. La grande partie des équipements de ventilation de ce puits étant dans l'entonnement est, il a été possible d'optimiser les dimensions de l'ouvrage. La forme circulaire offre une répartition des émergences en surface plus compacte et une meilleure reprise de la poussée des terres et des eaux.

Deux galeries souterraines (niveau -1) permettent de relier le puits à l'entonnement Est. Longueur rameau L17 (AS) : 11 mètres.

Section excavée rameau L17 (AS) : 23,5 m².

Longueur rameau L17 (V) : 4 mètres.

Section excavée rameau L17 (V) : 23,5 m².

Longueur rameau L16 (AS + V) : 7 mètres.

Section excavée rameau L16 (AS + V) : 59,6 m².

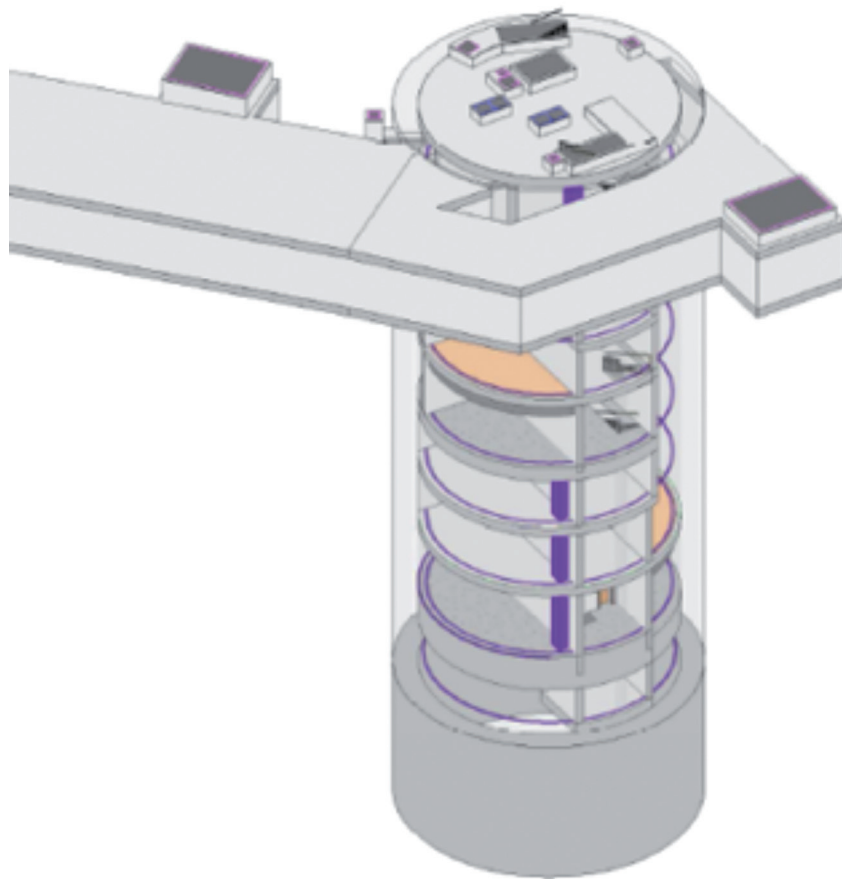


Figure 115 – Vue puits 0101P

OA 0102P

Le puits 0102P est un puits de secours, sans ascenseur. Il a une forme circulaire de diamètre utile de 13 mètres et est décentré par rapport au tunnel. Outre le coût, cette configuration a été choisie pour limiter l'impact sur la parcelle d'implantation

(activité industrielle) : dimensions et répartition des émergences compactes, forme circulaire offrant une meilleure reprise de la poussée des terres et des eaux.

Longueur rameau : 6,8 mètres.

Section excavée rameau : 23,5 m².

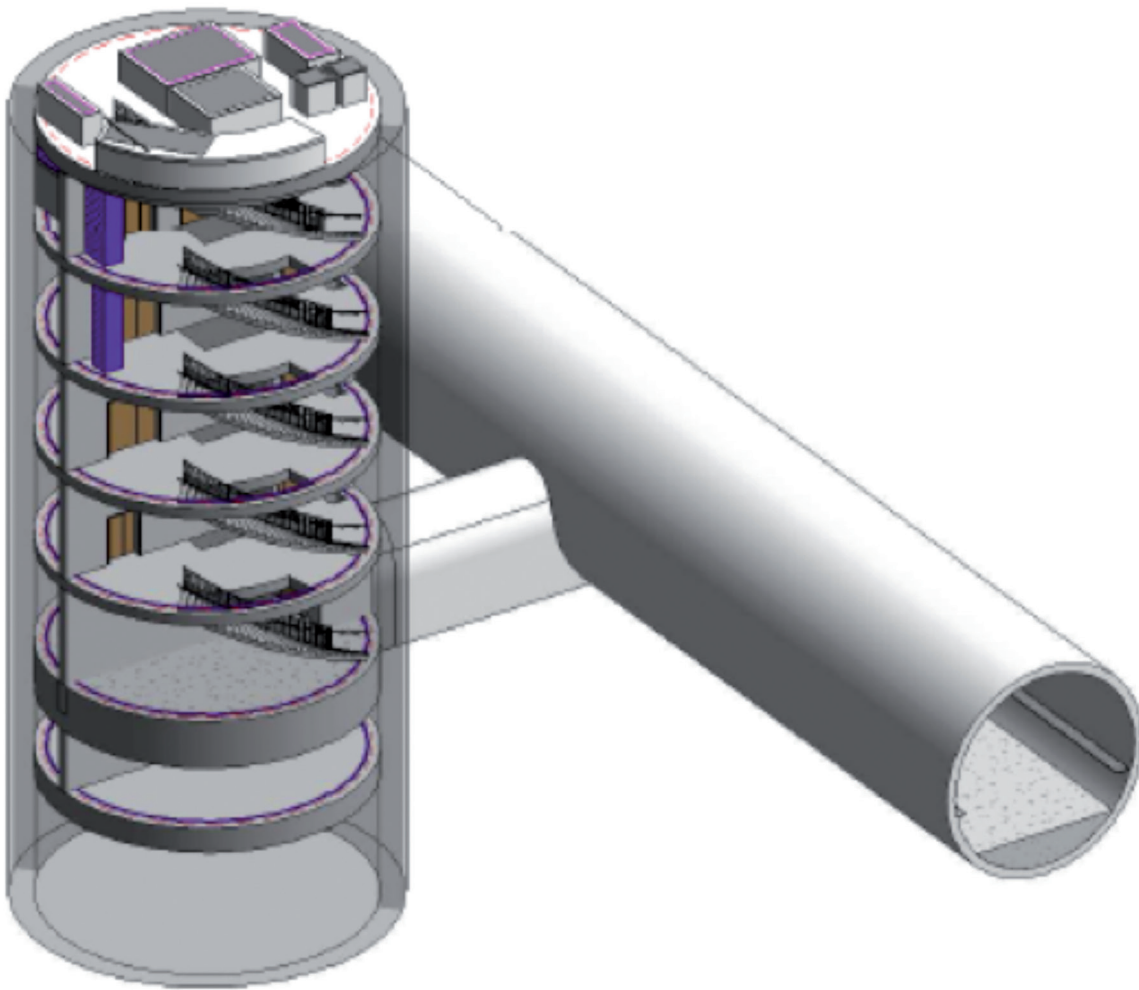


Figure 116 – Vue puits 0102P

OA 0103P

Le puits 0103P est un puits de ventilation circulaire (partie enterrée), avec une boîte en surface (impact esthétique limité car le puits est situé en fond de parcelle d'une activité industrielle) et sans ascenseur.

La boîte en surface (de 16,5 mètres x 29 mètres en dimension interne) permet d'accueillir le maximum de locaux techniques volumineux et optimiser les dimensions de la partie circulaire (13 mètres de diamètre utile).

Longueur rameau : 4,1 mètres.

Section excavée rameau : 59,6 m².

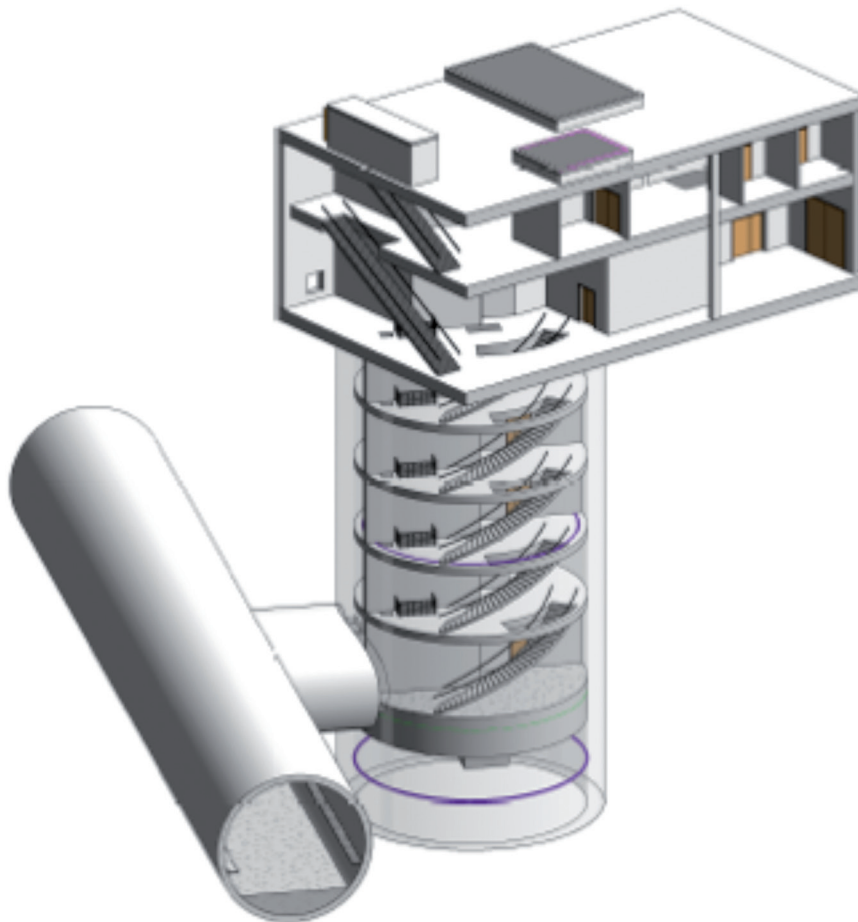


Figure 117 – Vue puits 0103P

OA 0104P

Le puits 0104P est un puits de ventilation centré sur le tracé, sans ascenseur. Il a une forme circulaire, de diamètre utile de

25 mètres. Le centrage du ce puits permet la sortie de deux tunneliers et ultérieurement, d'approvisionner le chantier d'installation des équipements de systèmes.

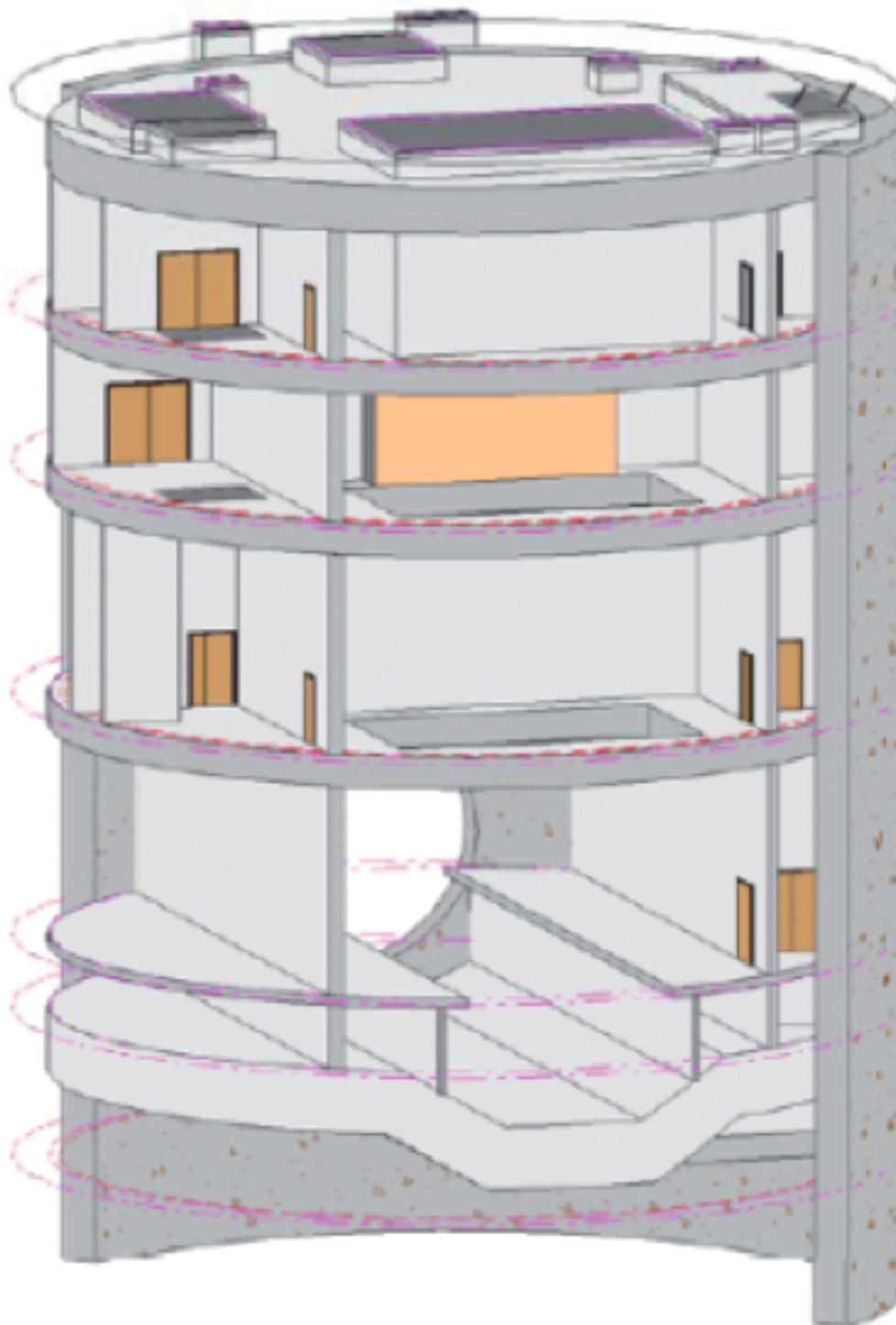


Figure 118 – Vue puits 0104P

OA 0201P

Le puits 0201P est un puits de ventilation circulaire (partie enterrée), avec une boîte en surface (impact esthétique limité car le puits est situé sur un délaissé végétalisé, au milieu d'un échangeur d'autoroute) et sans ascenseur.

La boîte en surface (de 16,5 mètres x 29 mètres en dimension interne) permet d'accueillir le maximum de locaux techniques volumineux et d'optimiser les dimensions de la partie circulaire (13 mètres de diamètre utile).

Longueur rameau : 4,3 mètres.

Section excavée rameau : 59,6 m².

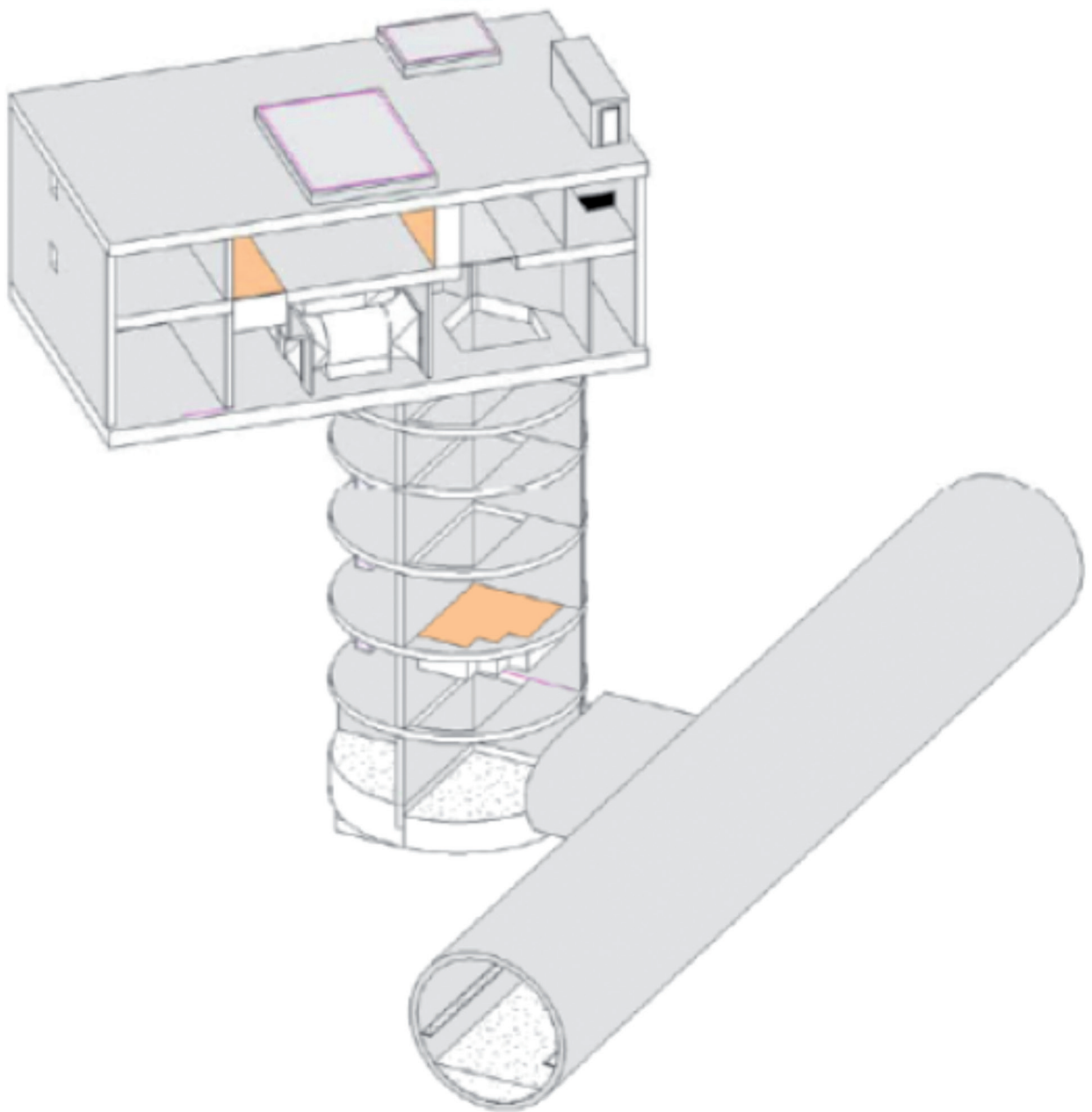


Figure 119 – Vue puits 0201P

OA 0210P – Raccordement SMI/SMR

Le puits 0210P est un puits de secours, sans ascenseur. Il a une forme circulaire de diamètre utile de 13 mètres et est décentré par rapport au tunnel. Outre le coût, cette configuration a été choisie pour limiter l'impact sur la parcelle : dimensions et

répartition des émergences compactes, forme circulaire offrant une meilleure reprise de la poussée des terres et des eaux.

Longueur rameau : 4,2 mètres.

Section excavée rameau : 23,5 m².

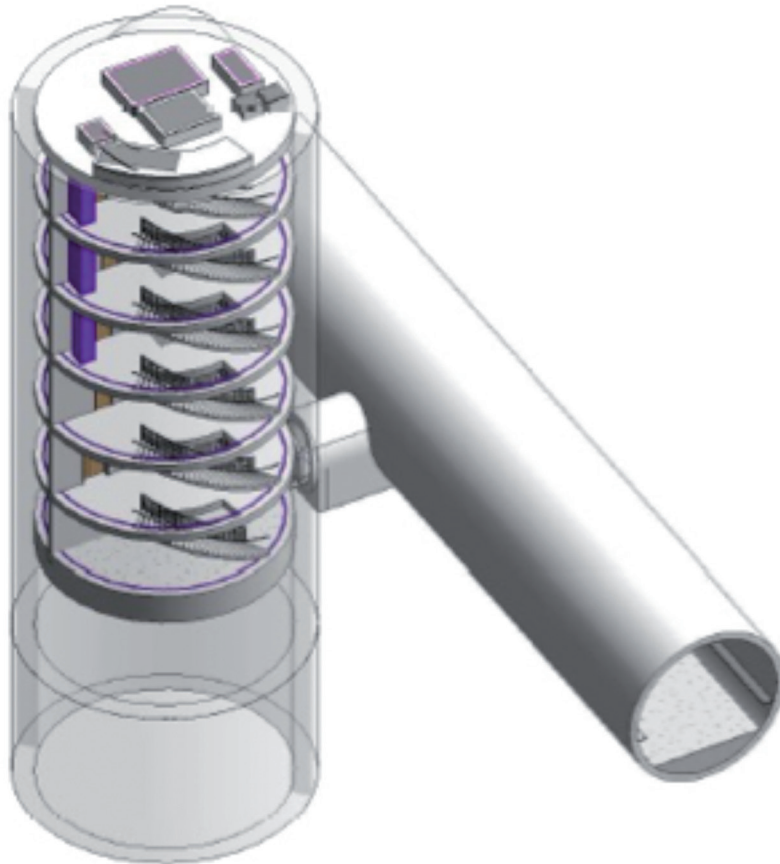


Figure 120 – Vue puits 0210P

OA 0220P – Raccordement SMI/SMR

L'ouvrage est situé à Aulnay. L'ouvrage composé des ouvrages suivants :

- puits d'entrée du tunnelier (0220P) ;
- tranchée couverte ;
- tranchée ouverte butonnée ;
- tranchée ouverte autostable.

Le soutènement de cet ouvrage est de type paroi moulée. L'épaisseur de la paroi moulée est de 0,8 à 0,6 mètres. Un percement de la paroi de soutènement est nécessaire pour le passage du tunnelier.

OA 0301P

Le puits 0301P est un puits de ventilation de forme rectangulaire (toute hauteur) et décentré. Du fait de sa faible profondeur, cette forme permet d'accueillir l'ensemble des locaux techniques et système de ventilation en limitant les espaces perdus par forme arrondie ou coincés entre deux murs formant un angle très aigu. Cette forme convient particulièrement à la configuration de l'emprise disponible pour les travaux et l'insertion définitive (conservation de la noue, éloignement du réseau EU 1800).

Longueur rameau : 13,2 mètres.

Section excavée rameau : 59,6 m².

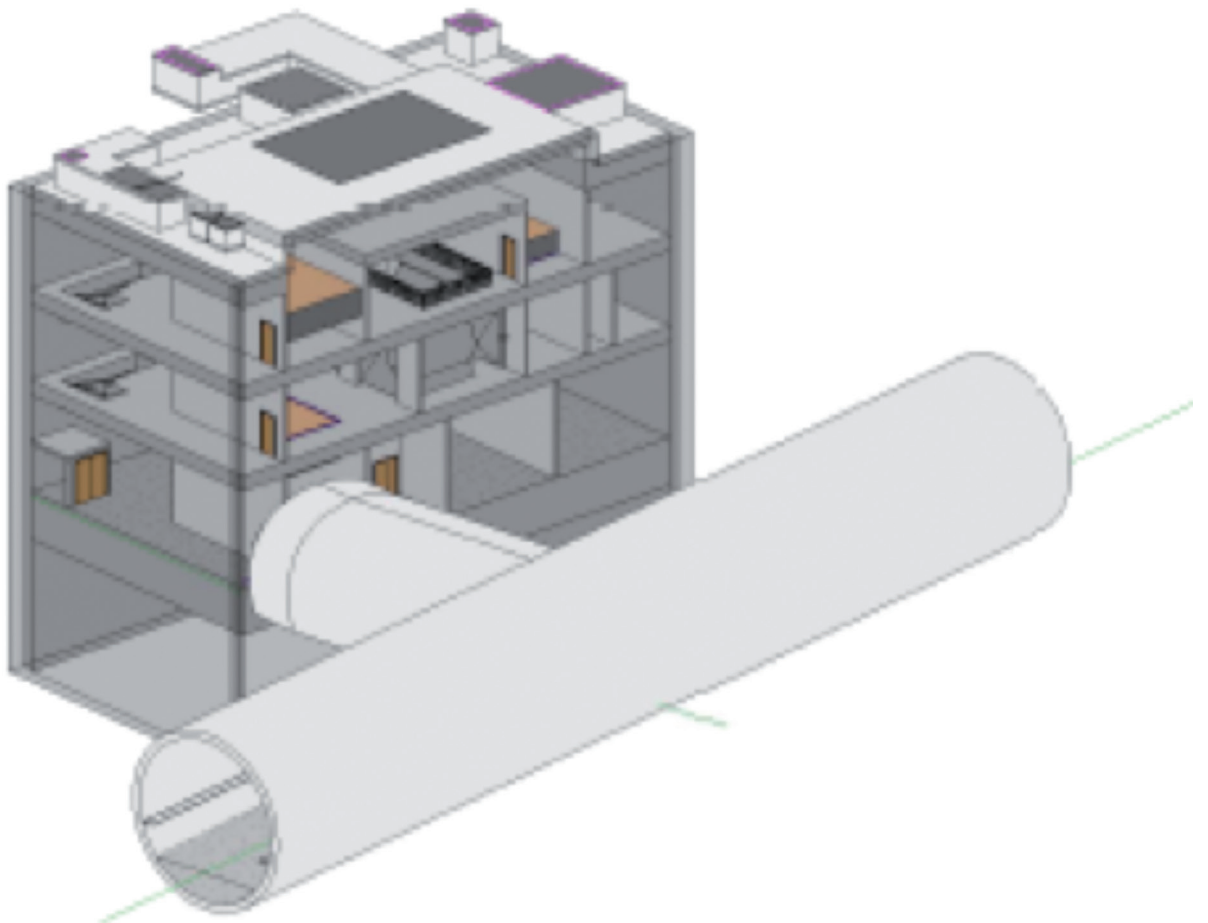


Figure 121 – Vue puits 0301P

OA 0302P

Le puits 0302P est un puits d'accès secours circulaire, avec une boîte subsurface sur deux niveaux. Cette configuration est retenue car la profondeur du niveau des voies n'est que de 23,5 mètres (le puits n'est pas équipé d'un ascenseur). En effet, un puits avec boîte subsurface permet de placer le maximum des locaux techniques volumineux sur les deux premiers

niveaux et optimiser les dimensions de la partie circulaire allant jusqu'au niveau tunnel. La partie circulaire a un diamètre utile de 12,4 mètres et la boîte subsurface a 12,4 mètres de largeur utile et 19,9 mètres de longueur utile.

Longueur rameau : 4,3 mètres.

Section excavée rameau : 23,5 m².

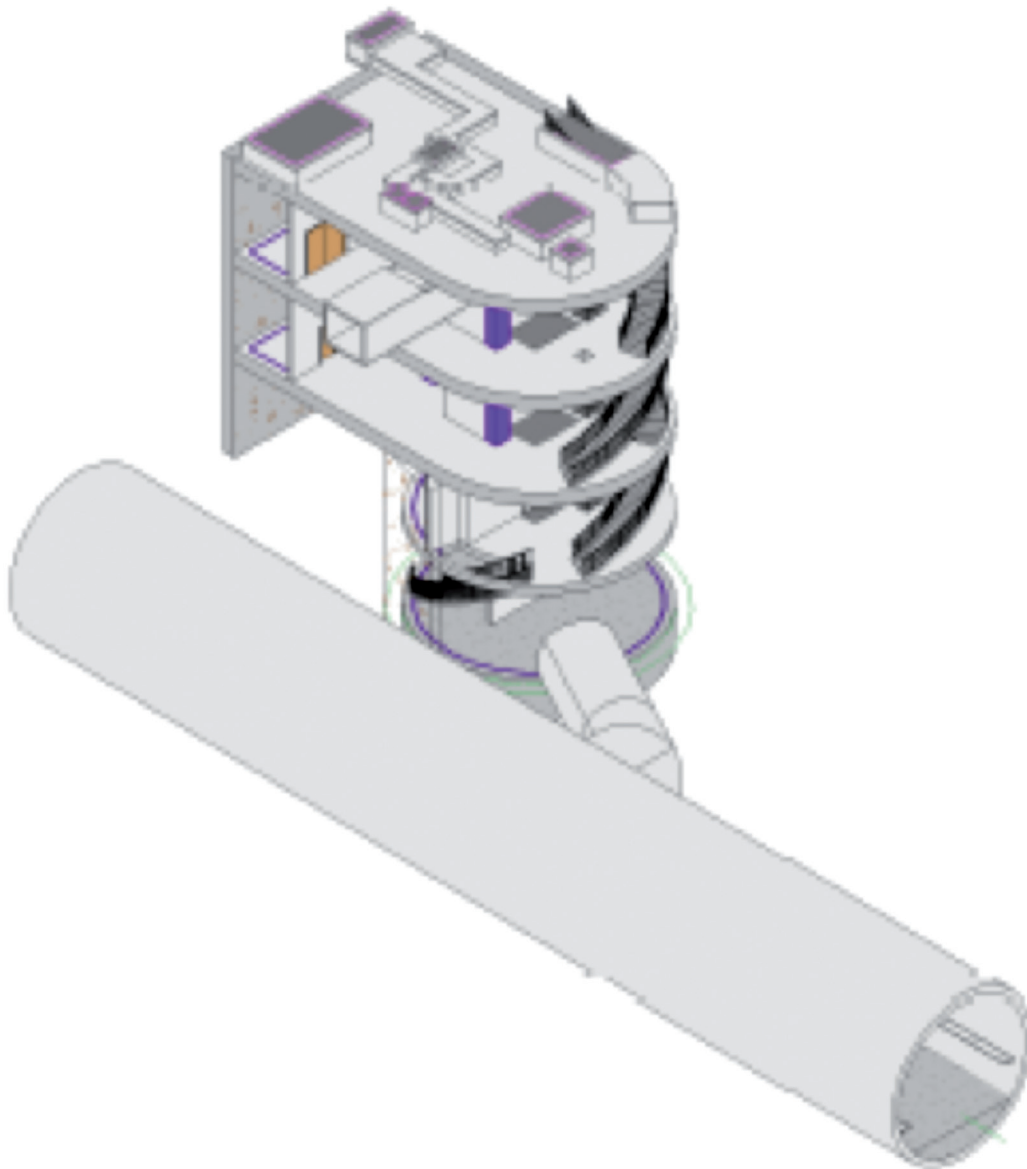


Figure 122 – Vue puits 0302P

OA 0303P

Le puits 0303P est un puits de ventilation circulaire. La profondeur du niveau des voies est de 29,9 mètres, aucun ascenseur n'est prévu. Ce puits est un puits circulaire de diamètre utile de 19 mètres. Outre le coût, cette configuration a été retenue car elle limite l'impact foncier sur la parcelle

(ensemble de garages de type box privés) : dimensions et répartition des émergences compactes, forme circulaire offrant une meilleure reprise de la poussée des terres et des eaux.

Longueur rameau : 4,2 mètres.

Section excavée rameau : 59,6 m².

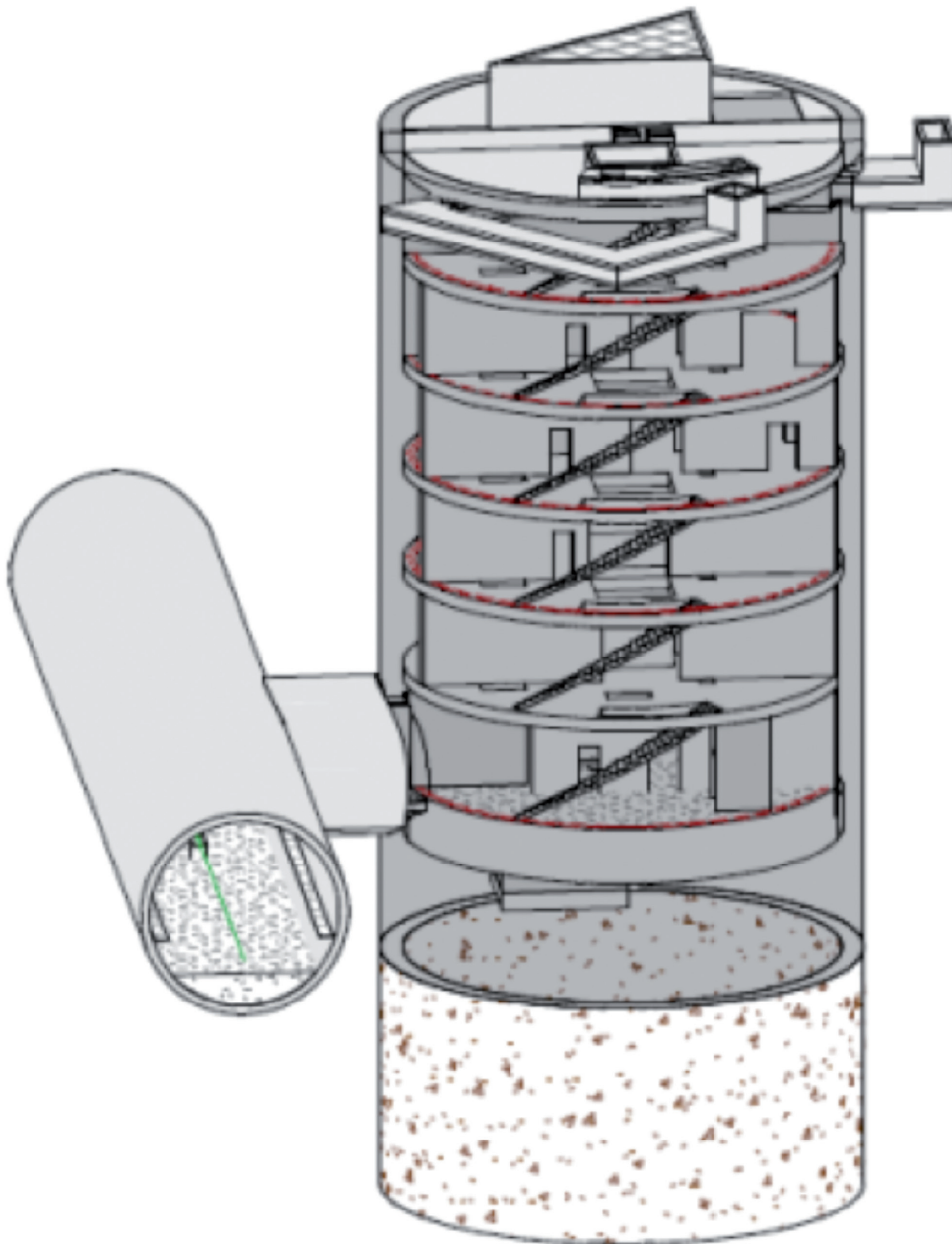


Figure 123 – Vue puits 0303P

OA 0401P

Le puits 0401P est un puits de ventilation dont la profondeur au niveau des voies est de 27,7 mètres, aucun ascenseur n'est prévu. Il s'agit d'un ouvrage circulaire centré sur le tracé, de

25 mètres de diamètre utile. Cette configuration (circulaire et centré) a été retenue pour l'approvisionnement des voussoirs et du béton de remplissage dans le tunnel, ainsi que les équipements systèmes.

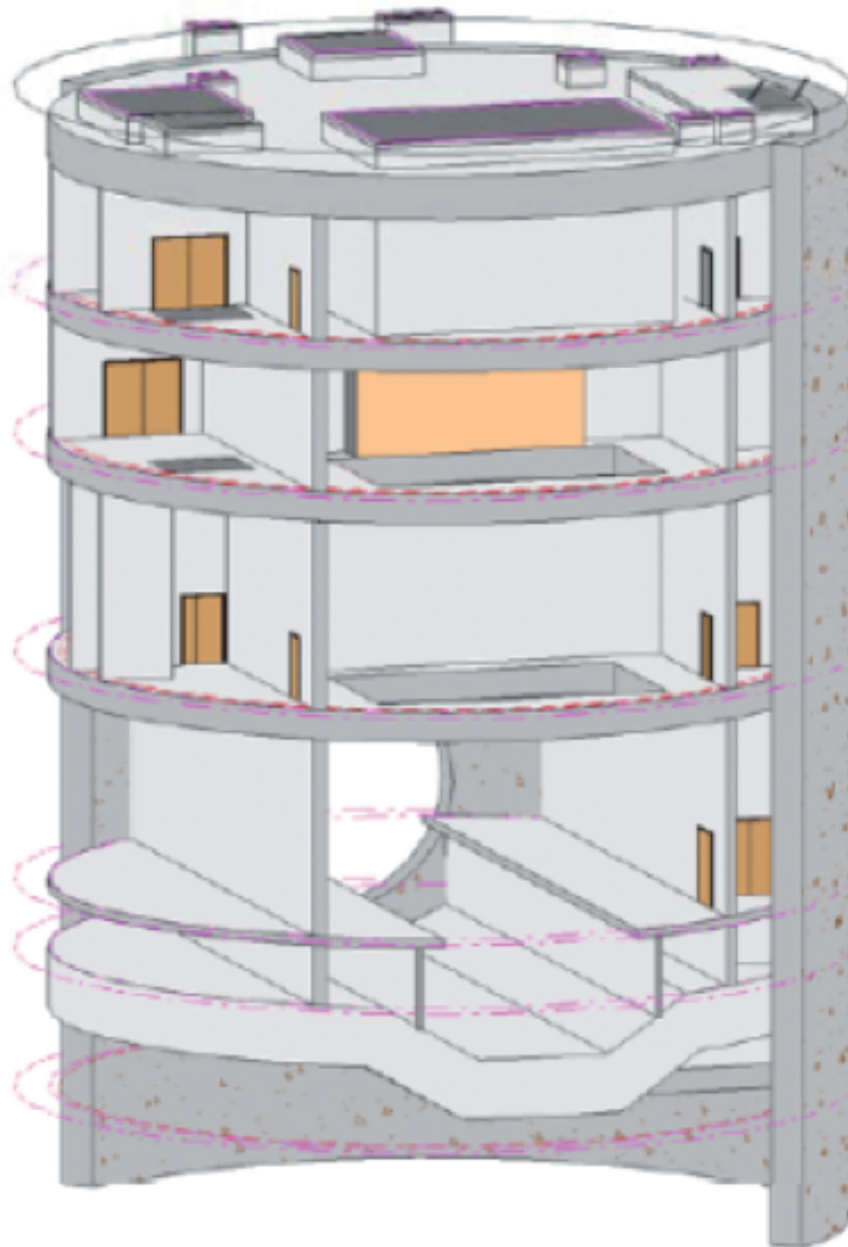


Figure 124 – Vue puits 0401P

OA 0501P

Le puits 0501P est un puits d'accès secours circulaire, centré sur le tracé, servant de puits de sortie à deux tunneliers (T3 et T8). La

profondeur du niveau des voies est de 21,3 mètres. Le diamètre utile de cet ouvrage est de 17,4 mètres.

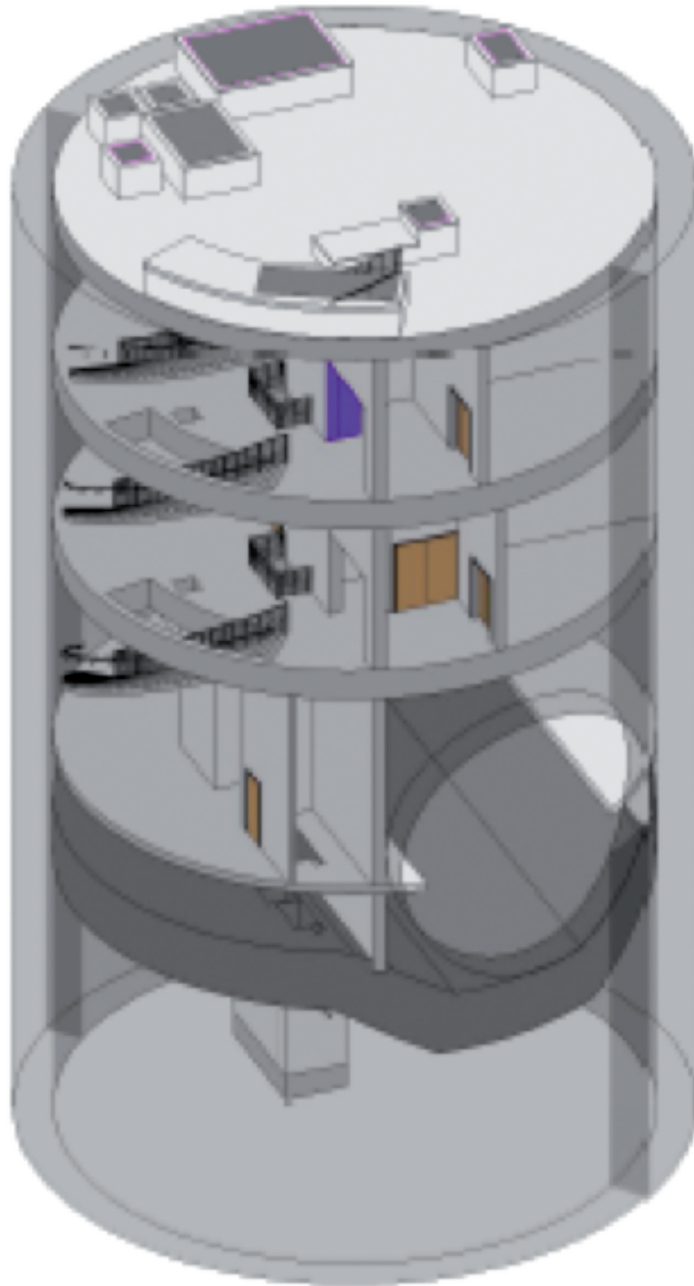


Figure 125 – Vue puits 0501P

OA 0502P

Le puits 0502P est un puits de ventilation dont la profondeur au niveau des voies est de 28,7 mètres, aucun ascenseur n'est prévu. Il s'agit d'un ouvrage circulaire de 19 mètres de diamètre utile. La forme compacte de cette configuration permet une

meilleure insertion dans son environnement: dimensions et répartition des émergences compactes, forme circulaire offrant une meilleure reprise de la poussée des terres et des eaux.

Longueur rameau : 4,3 mètres.

Section excavée rameau : 59,6 m².

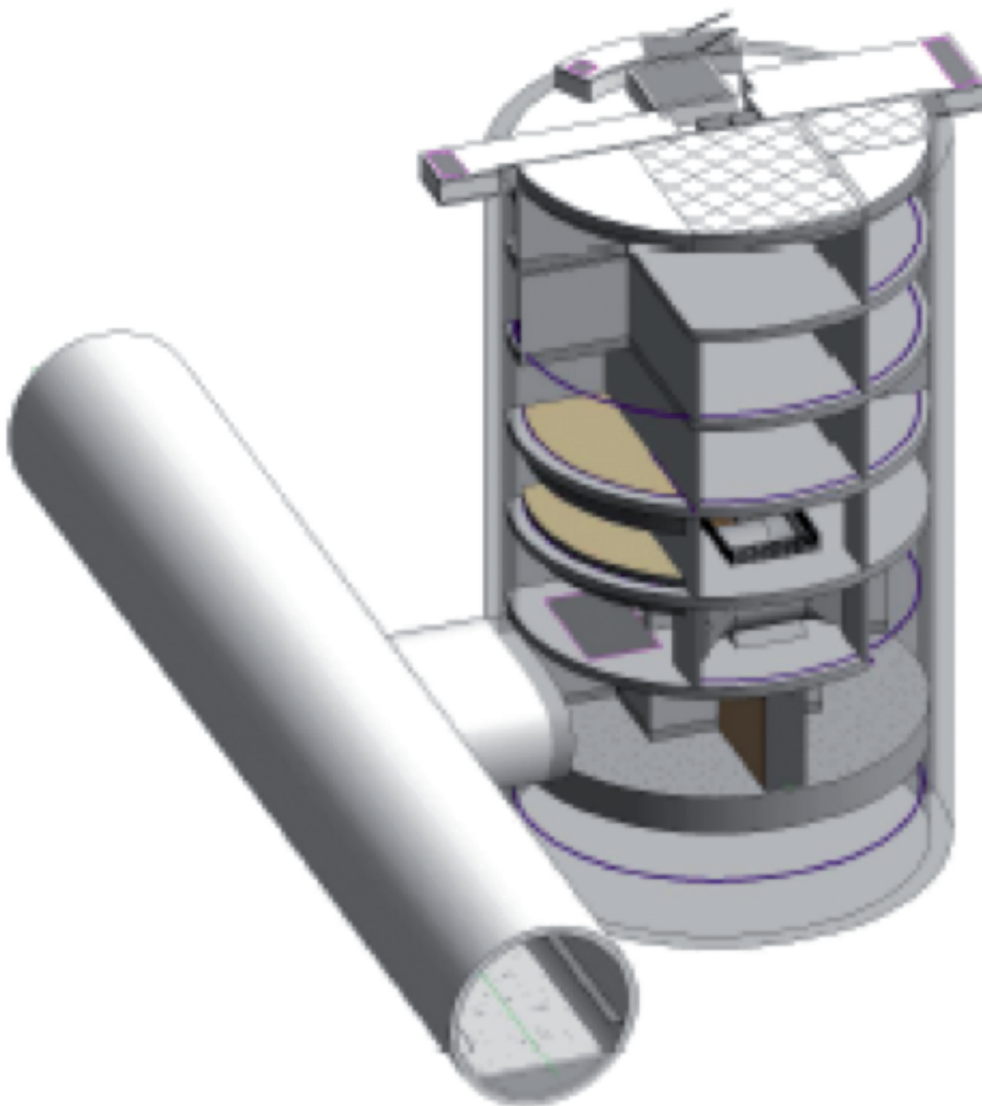


Figure 126 – Vue puits 0502P

OA 0503P

Le puits 0503P est un puits d'accès secours circulaire. Le niveau du plan de circulation des secours est à moins de 30 mètres de profondeur, ce qui signifie que le puits n'est pas équipé d'un ascenseur. Le diamètre utile de cet ouvrage est de 13 mètres.

Outre le coût, la forme circulaire (plus compacte) a été retenue au détriment d'une boîte subsurface, afin de limiter l'impact foncier sur la parcelle.

Longueur rameau : 3,6 mètres.

Section excavée rameau : 23,5 m².

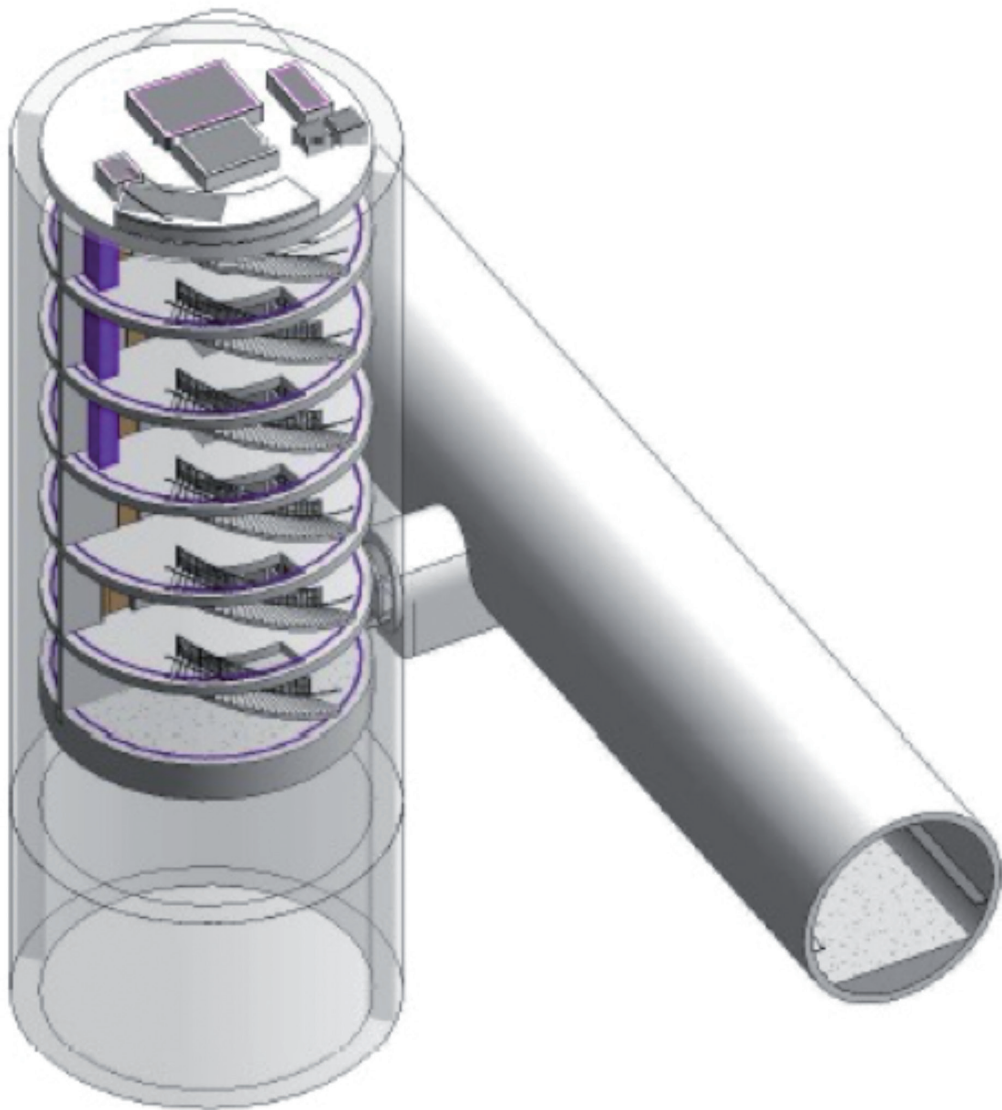


Figure 127 – Vue puits 0503P

OA 0504P

Le puits 0504P est un puits de ventilation dont la profondeur au niveau des voies est de 29,7 mètres, aucun ascenseur n'est prévu. Il s'agit d'un ouvrage circulaire centré sur le tracé, de

25 mètres de diamètre utile. Cette configuration (circulaire et centré) a été retenue pour l'approvisionnement des voussoirs et du béton de remplissage dans le tunnel, ainsi que les équipements systèmes.

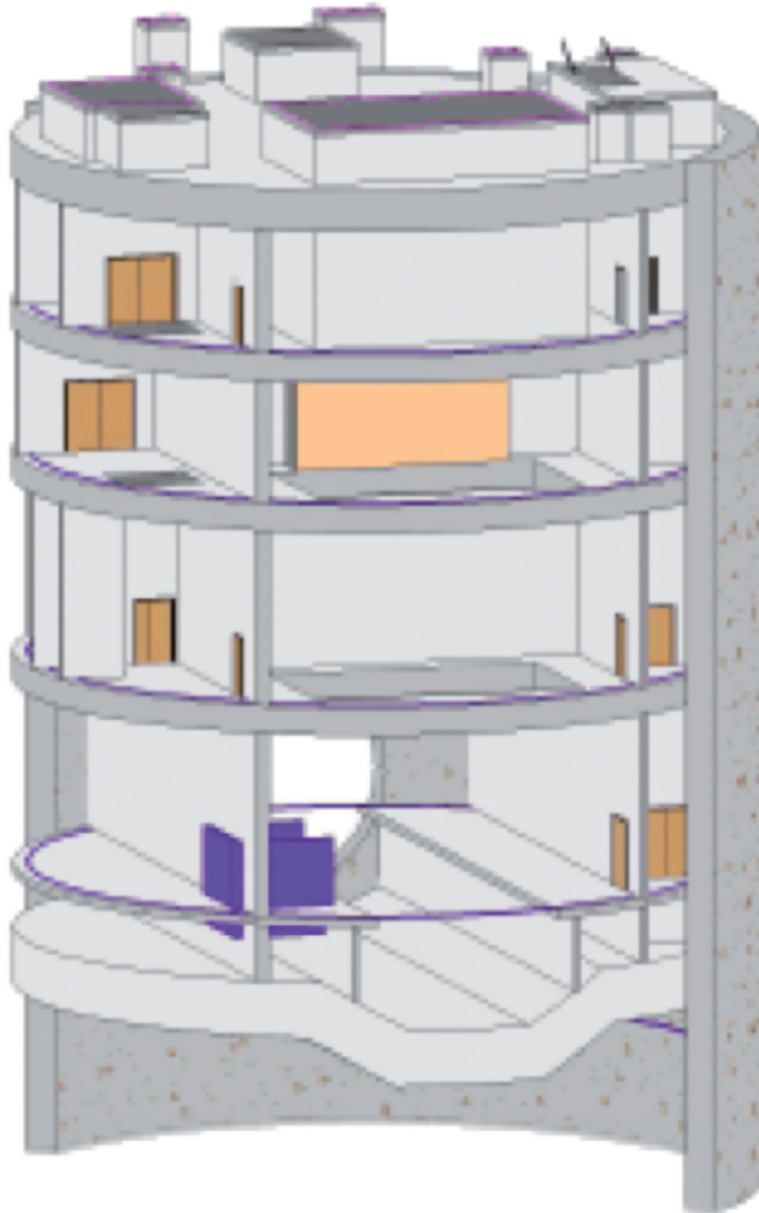


Figure 128 – Vue puits 0504P

OA 0601P

Le puits 0601P est un puits de ventilation circulaire. La profondeur du niveau des voies est de 29,9 mètres, aucun ascenseur n'est prévu. Ce puits est un puits circulaire de diamètre utile de 19 mètres. Il a été choisi une configuration de puits circulaire, une boîte subsurface ayant un impact foncier plus

important sur la parcelle. Par ailleurs, une étude architecturale est en cours pour l'insertion d'un puits circulaire avec une boîte en surface.

Longueur rameau : 4,1 mètres.

Section excavée rameau : 59,6 m².

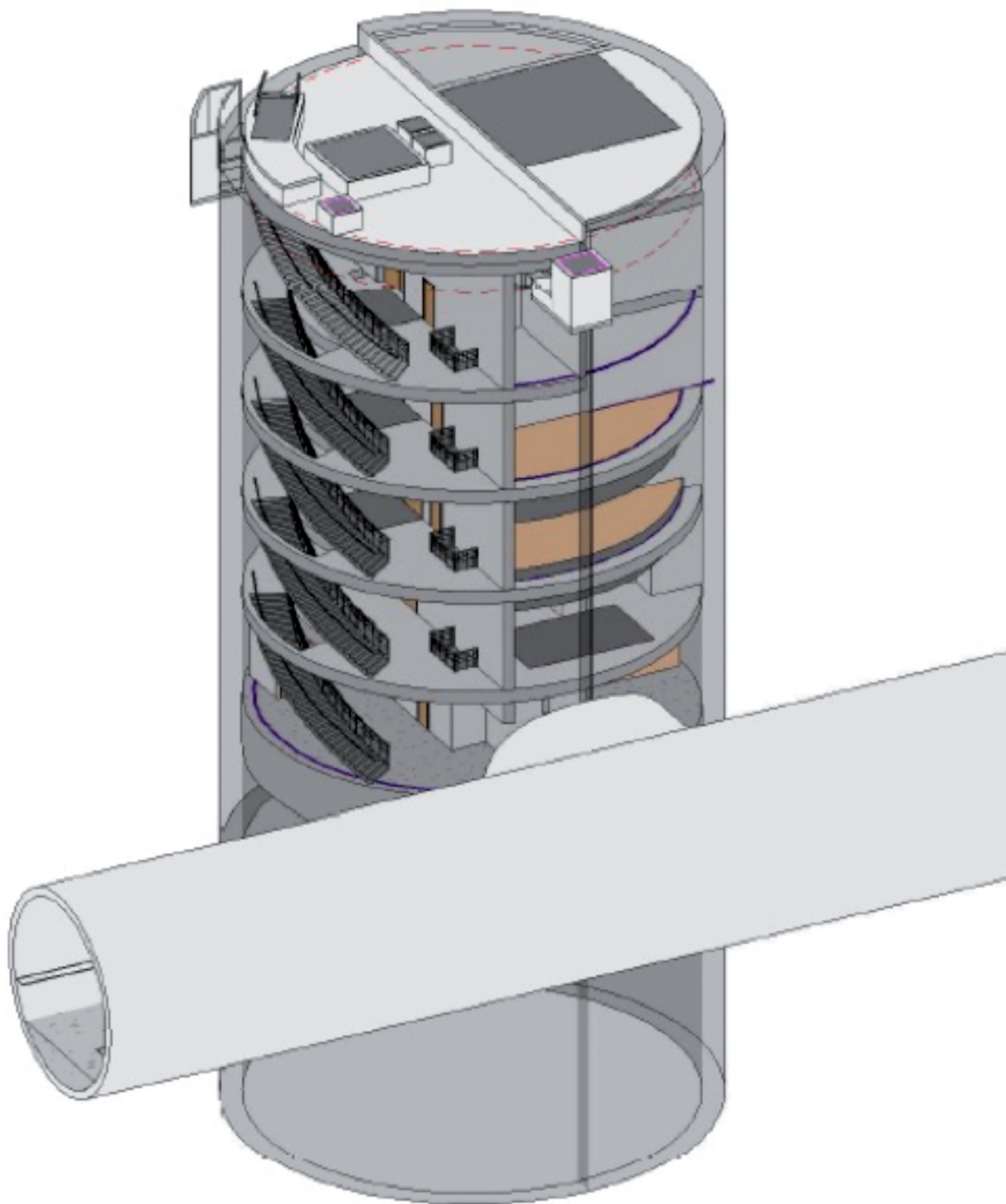


Figure 129 – Vue puits 0601P

OA 0602P

Le puits 0602P est un puits d'accès secours circulaire, avec une boîte subsurface sur deux niveaux. La profondeur du niveau des voies est de 51,7 mètres, le puits est équipé d'un ascenseur. Ce puits a une partie circulaire de 8,4 mètres de diamètre utile et une boîte subsurface de 8,4 mètres de largeur utile et 23,13 mètres de longueur utile. Un puits avec boîte subsurface permet de placer l'ensemble des locaux techniques sur les

deux premiers niveaux et optimiser les dimensions de la partie circulaire allant jusqu'au niveau tunnel. Ce puits étant très profond, une telle optimisation est particulièrement recherchée. De plus, la forme étroite de l'emprise disponible pour le chantier et l'insertion définitive de l'ouvrage oriente vers un choix d'un puits moins large et plus long.

Longueur rameau : 6,2 mètres.

Section excavée rameau : 23,5 m².

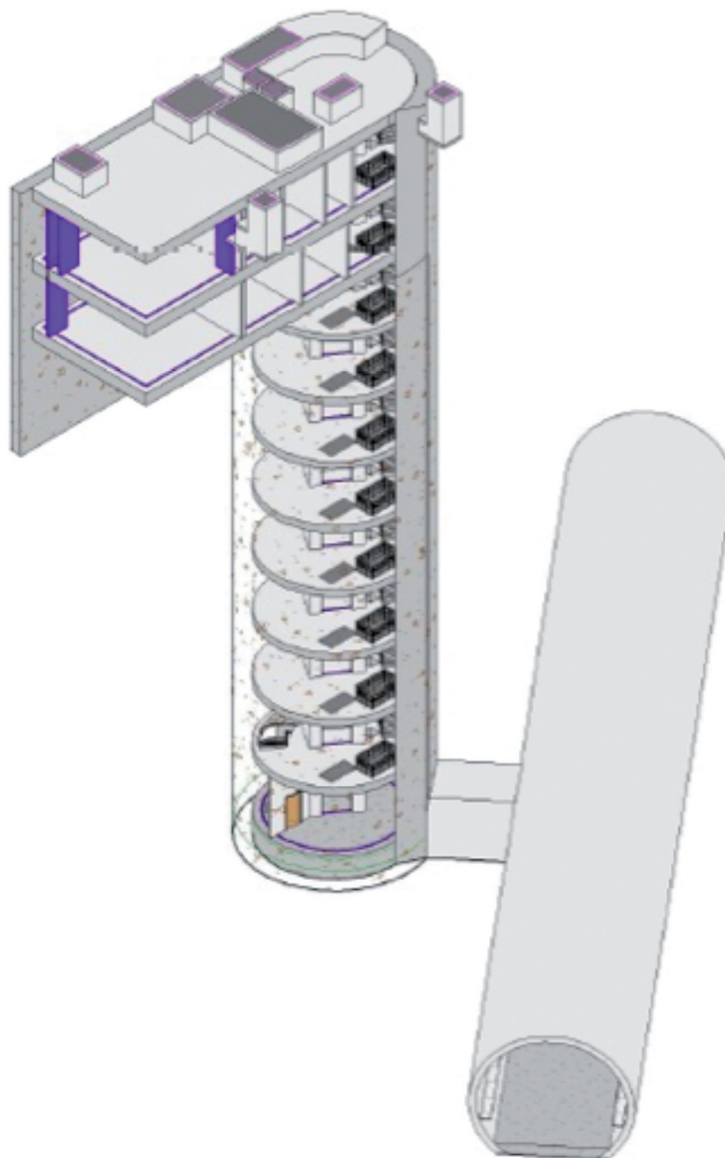


Figure 130 – Vue puits 0602P

OA 0603P

L'ouvrage 0603P est un ouvrage de ventilation en phase définitive. Il est également un puits d'entrée/sortie de tunnelier en phase travaux.

L'ouvrage 0603P est de forme rectangulaire, de largeur utile 17 mètres et de longueur utile 45 mètres. L'ouvrage 0603P

découle de nombreuses contraintes : sa géométrie est régie par le tracé de la ligne 16, la pente imposée par le bâti au pied du versant sud de la butte de Clichy et la méthode de réalisation des tunnels. Les dimensions sont imposées par la phase travaux (puits d'entrée/sortie de tunnelier et chantier « systèmes »).

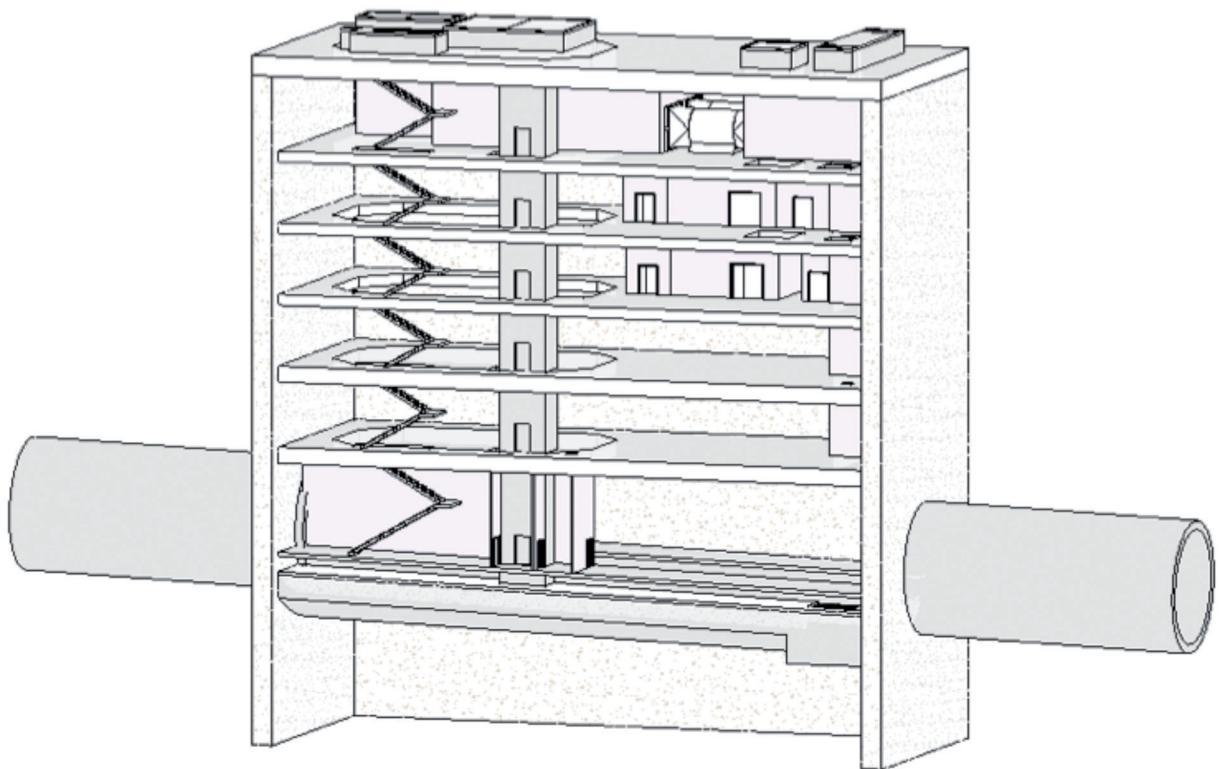


Figure 131 – Vue puits 0603P

OA 0604P

Le puits 0604P est un puits d'accès secours circulaire, décentré. La profondeur du niveau des voies est de 25,4 mètres, aucun ascenseur n'est prévu. Le diamètre utile de cet ouvrage est de 13 mètres.

Longueur rameau : 4,5 mètres.

Section excavée rameau : 23,5 m².

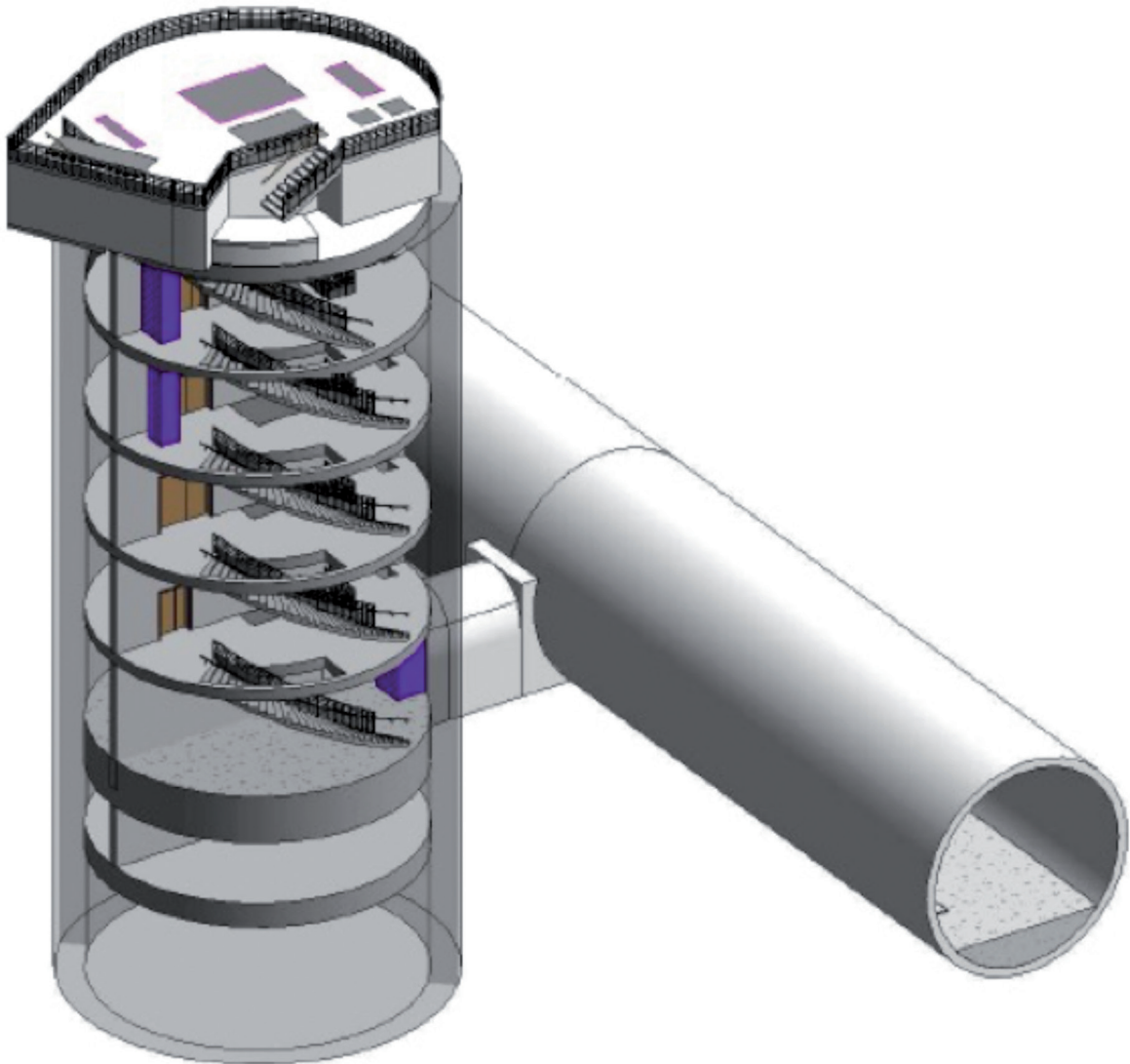


Figure 132 – Vue puits 0604P

OA 0605P

Le puits 0605P est un puits de ventilation circulaire. La profondeur du niveau des voies est de 29,9 mètres, aucun ascenseur n'est prévu. Ce puits est un puits circulaire de diamètre utile de 19 mètres. Outre le coût, l'impact foncier plus important sur la parcelle d'une solution boîte subsurface ainsi que

le contexte géotechnique, ont orienté le choix d'une configuration circulaire. Par ailleurs, une étude d'insertion architecturale est en cours pour une solution de puits avec une boîte en surface. Longueur rameau : 4,2 mètres.

Section excavée rameau : 59,6 m².

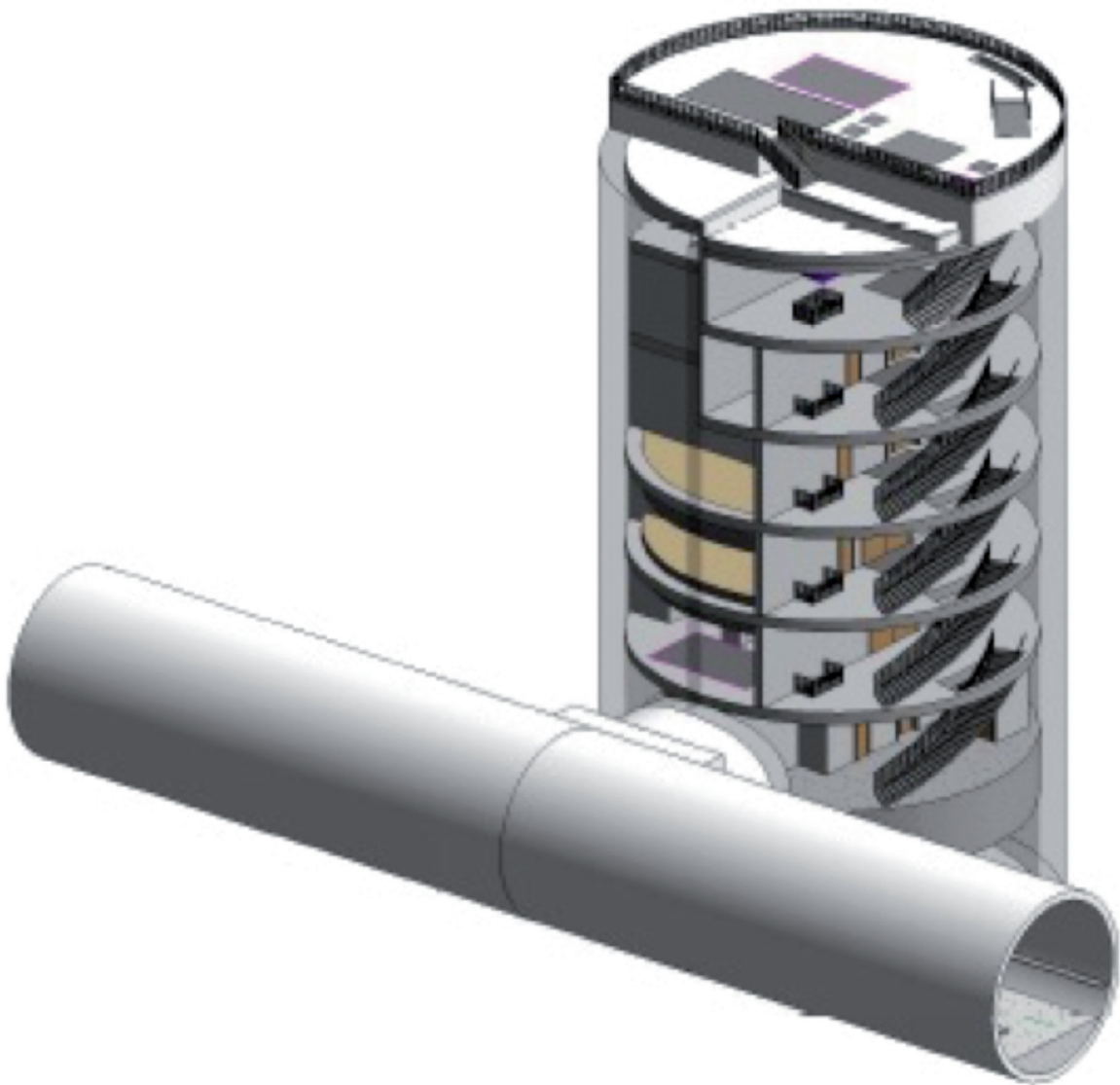


Figure 133 – Vue puits 0605P

OA 0701P

Le puits 0701P est un puits de secours. La profondeur du niveau des voies est de 28,70 mètres, aucun ascenseur n'est prévu. Ce puits est conçu avec une forme circulaire, de diamètre utile de

13 mètres. Cette configuration a été choisie car la forme est plus compacte et a un impact foncier moindre sur les parcelles qu'une boîte subsurface. Longueur rameau : 4 mètres.

Section excavée rameau : 23,5 m².

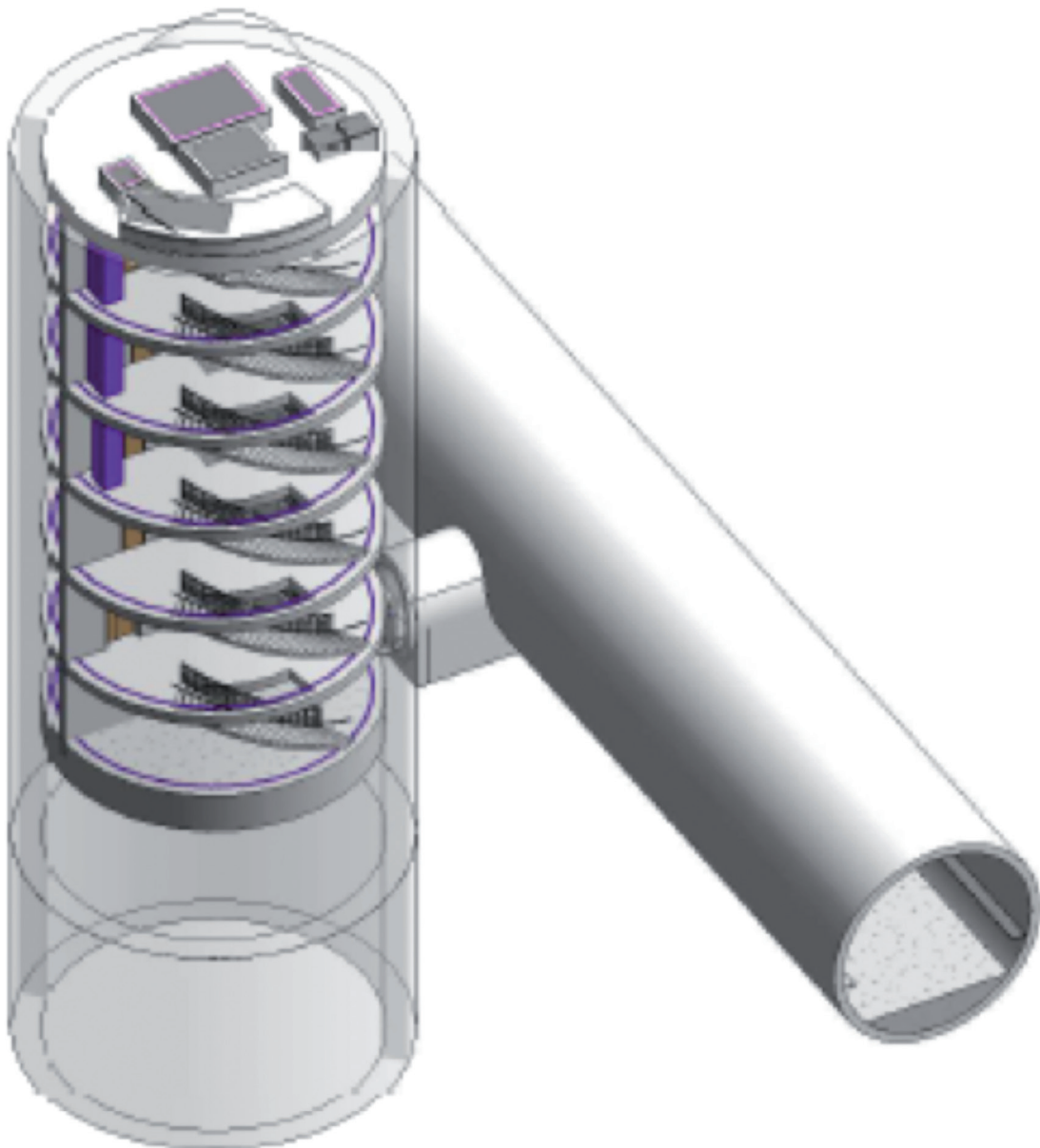


Figure 134 – Vue puits 0701P

OA 0702P

Le puits 0702P est un puits de ventilation circulaire. La profondeur du niveau des voies est de 26,58 mètres, aucun ascenseur n'est prévu. Pour être le plus compact possible, et

impacter au minimum le terrain de pétanque et les arbres, ce puits est conçu avec une forme circulaire, de diamètre utile de 19 mètres. Longueur rameau : 4,1 mètres.

Section excavée rameau : 59,6 m².

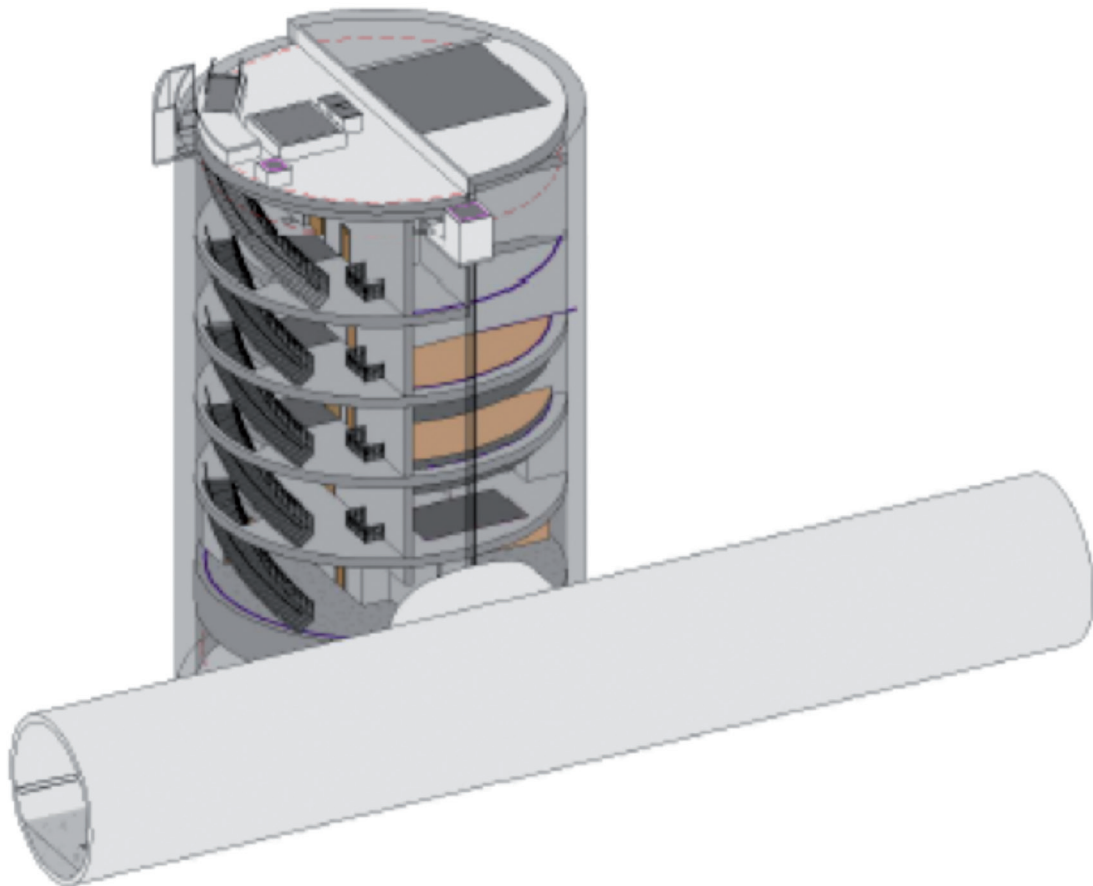


Figure 135 – Vue puits 0702P

OA 0703P

Le puits 0703P est un puits de secours. La profondeur du niveau des voies est de 27,1 mètres, aucun ascenseur n'est prévu. Ce puits est conçu avec une forme circulaire, de diamètre utile de 13 mètres : dimensions et répartition des émergences compactes

(zone d'implantation très contraintes), forme circulaire offrant une meilleure reprise de la poussée des terres et des eaux. Longueur rameau : 4,5 mètres.

Section excavée rameau : 23,5 m².

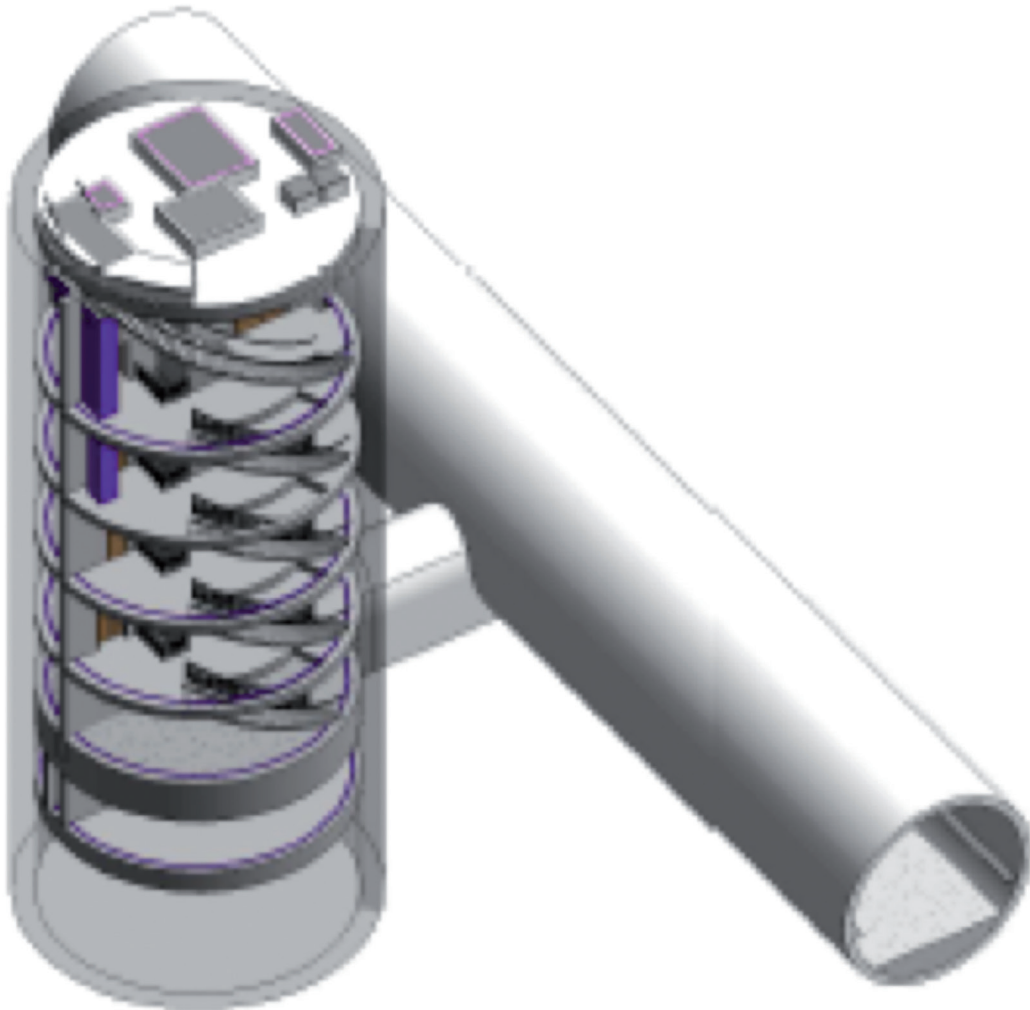


Figure 136 – Vue puits 0703P

OA 0704P

Le puits 0704P est un puits de ventilation circulaire. La profondeur du niveau des voies est de 27,48 mètres, aucun ascenseur n'est prévu. Ce puits est un puits circulaire de diamètre utile de 19 mètres.

La configuration de ce puits et son implantation pourront être amenées à évoluer en fonction des concertations menées avec le projet de l'EPA Marne autour de la gare Noisy-Champs. Longueur rameau : 2,9 mètres.

Section excavée rameau : 59,6 m².

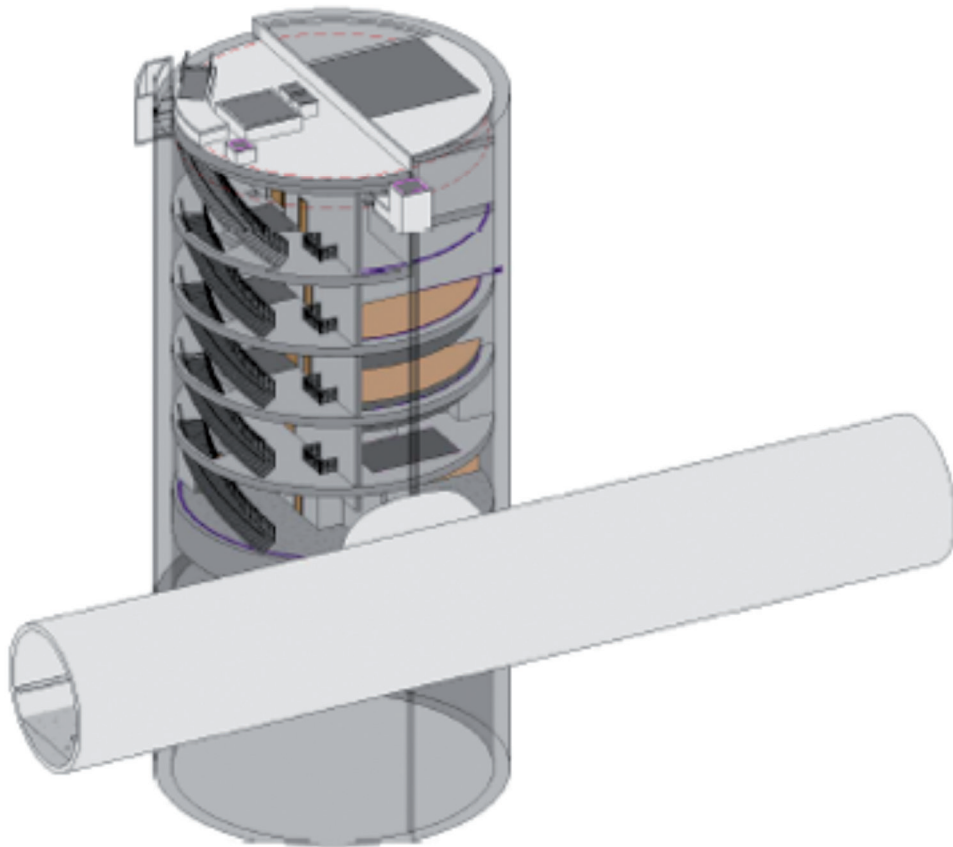


Figure 137 – Vue puits 0704P

Glossaire

AE	Acte d'Engagement
AO	Autorité Organisatrice / Appel d'Offre
APUR	Atelier Parisien d'Urbanisme
AVP	Avant-Projet
AMO	Assistant à Maîtrise d'Ouvrage
AMOG	Assistance à Maîtrise d'Ouvrage Générale
ASC	Ascenseur
BHNS	Bus à Haut Niveau de Service
BSPP	Brigade des Sapeurs-Pompiers de Paris
BTP	Bâtiment et Travaux Publics
CDT	Contrat de Développement Territorial
CNDP	Commission Nationale du Débat Public
CTCSC	Comité Technique Consultatif Sécurité Civile du Grand Paris
CCDSA	Commissions Consultatives Départementales de Sécurité et d'Accessibilité
DEUP	Dossier d'Enquête préalable à la déclaration d'Utilité Publique
DOI	Dossier d'Opération d'Investissement
DCE	Dossier de Consultation des Entreprises
DRIEA	Direction Régionale et Interdépartementale de l'Équipement et de l'Aménagement d'Île-de-France
DUP	Déclaration d'Utilité Publique
DEA	Département Eau et Assainissement
EGT	Exhaust Gas Temperature
EP	Équipements de Protection
EM	Escaliers mécaniques
EF	Escaliers fixes
ETFE	Ethylene tetrafluoroethylene
ERP	Etablissement Recevant du Public
GA	Gare Accessible au public
GC	Génie Civil
GED	Gestion Électronique des Documents
GPE	Grand Paris Express
HP	Heure de pointe
HPM	Homme par minute
HPH	Heures de pointe du matin
INSEE	Institut National de la Statistique et des Études Économiques
IGSI	Inspections Générales de Sécurité Incendie
ITC	Interruption temporaire de circulation
L	Ligne
LBG	Gare Le Bourget
LVP	Limitation de vitesse permanente
M	Minute
MOA	Maîtrise d'ouvrage ou Maître d'ouvrage
MOE	Maîtrise d'œuvre ou Maître d'œuvre
NGF	Nivellement Général de la France

NGP	Nouvelle Gestion Publique
OCDE	Organisation de Coopération et de Développement Économique
OPC	Ordonnancement, Pilotage et Coordination
OIN	Opération d'Intérêt National
PCC	Poste de Commande et de contrôle Centralisé
PASO	Passage souterrain
PPM	Période de pointe du matin
PPS	Période de pointe du soir
PRO	Etudes de Projet (Phase des Etudes)
QSE	Qualité-Sécurité-Environnement
RATP	Régie Autonome des Transports Parisiens
RATP-GI	Régie Autonome des Transports Parisiens - Gestionnaire d'Infrastructure
RER	Réseau Express Régional
RFF	Réseau Ferré de France
RFN	Réseaux Ferrés Nationaux
RTPGP	Réseau de Transports Publics du Grand Paris
SDRIF	Schéma Directeur de la Région Ile-de-France
SDIS	Services Interministériels de Défense et de Protection Civile
SOE	Second Œuvre
SOA	Second Œuvre Architectural
SGP	Société du Grand Paris
SIV	Système d'aide à l'exploitation d'Informations Voyageurs
SIDPC	Services Interministériels de Défense et de Protection Civile
SMI	Site de Maintenance Infrastructure
SMR	Site de Maintenance et de Remisage
SNCF	Société Nationale des Chemins de fer Français
STIF	Syndicat des transports d'Île-de-France
T	Tramway
TER	Train Express Régional
TCSP	Transport Collectif en Site propre
LVP	Limitation de vitesse permanente
TLN	Tangentielle Légère Nord
SMQSE	Système de management de la Qualité Sécurité Environnement
SDQSE	Schéma directeur qualité sécurité environnement
PAQSE	Plan Assurance Qualité Sécurité Environnement
GOE	Gros œuvre étendu
RATP	Régie Autonome des Transports Parisiens
PMR	Personne à mobilité réduite
RDC	Rez-de-chaussée
RN	Route Nationale
SSI	Système de sécurité incendie
WE	Week-end
ZAC	Zone d'Aménagement Concerté

Notes

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

