



*Direction des Routes Ile-de-France*

# Avant-Projet – Note de synthèse

Autoroute A115

Modernisation de la tranchée couverte de Taverny (95)

16/02/18

LOMBARDI INGÉNIERIE  
66 rue Escudier 92100 Boulogne  
Billancourt  
70 rue de la Villette 69003 LYON  
+33 (0)4 26 84 26 10  
[info@lombardi-ing.fr](mailto:info@lombardi-ing.fr)  
[www.lombardi.ch](http://www.lombardi.ch)



**Lombardi**

## SUIVI DES MODIFICATIONS

Version	Date	Rédaction	Vérification
1	16/02/2018	Franceschinis Simone Marc Benazech Desanghère Sylvain	Eric Midali Eric Cesmat

<b>SUIVI DES MODIFICATIONS .....</b>	<b>1</b>
<b>I. PREAMBULE .....</b>	<b>3</b>
I.1. OBJET DU PRESENT DOCUMENT .....	3
I.2. PRESENTATION DE L'OPERATION .....	4
I.3. CARACTERISTIQUES GENERALES DE L'OUVRAGE .....	4
I.4. DOCUMENTS DE REFERENCE.....	9
<b>II. SYNTHESES DE L'ETUDE AVP .....</b>	<b>13</b>
II.1. PRESTATIONS PREVUES DANS LE PROGRAMME .....	13
II.2. PRESTATIONS NON PREVUES DANS LE PROGRAMME .....	17
<b>III. DETAIL DE L'ETUDE AVP .....</b>	<b>19</b>
III.1. ALIMENTATION ELECTRIQUE.....	19
III.2. VENTILATION ET DESENFUMAGE .....	26
III.3. STABILITE AU FEU DES STRUCTURE.....	35
III.4. ISSUES DE SECOURS .....	57
III.5. NICHES DE SECURITE .....	74
III.6. SIGNALISATION HORIZONTALE .....	74
III.7. ECLAIRAGE .....	76
III.8. POSTES D'APPEL D'URGENCE .....	79
III.9. GESTION TECHNIQUE CENTRALISEE .....	81
III.10. ANEMOMETRES .....	84
III.11. CAPTEURS NO2.....	85
III.12. SIGNALISATION STATIQUE VERTICALE .....	85
III.13. COFFRET POMPIERS EN TETE .....	86
III.14. REMPLACEMENT DES CAPTEURS CO ET DES OPACIMETRES .....	87
<b>IV. ANNEXES .....</b>	<b>88</b>
IV.1. ANNEXE 1 - NOTICE ESTIMATION .....	88
IV.2. ANNEXE 2 - NOTICE PLANNING .....	88
IV.3. ANNEXE 3 - NOTICE PROTECTION AU FEU .....	88
IV.4. ANNEXE 4 – NOTICE ALIMENTATION ELECTRIQUE .....	88
IV.5. ANNEXE 5 – NOTICE GTC .....	88
IV.6. ANNEXE 6 – NOTICE ECLAIRAGE .....	88
IV.7. ANNEXE 7 - NOTICE DE MAINTENANCE ET EXPLOITATION DES EQUIPEMENTS .....	88
IV.8. ANNEXE 8 - NOTICE PHASAGE .....	88

## I. PREAMBULE

### I.1. OBJET DU PRESENT DOCUMENT

Les études d'avant-projet, fondées sur la solution retenue (principes généraux indiqués au programme) et le programme précisé à l'issue des études de diagnostic approuvées par le maître de l'ouvrage, ont pour objet de :

- confirmer la faisabilité de la solution retenue ou proposer, le cas échéant, une solution alternative compte tenu des études et reconnaissances complémentaires ;
- préciser la solution retenue, déterminer ses principales caractéristiques, la répartition des ouvrages et leurs liaisons, contrôler les relations fonctionnelles de tous les éléments majeurs du programme ;
- proposer une implantation topographique des principaux ouvrages ;
- vérifier la compatibilité de la solution retenue avec les contraintes du programme et du site ainsi qu'avec les différentes réglementations, notamment celles relatives à l'hygiène et à la sécurité ;
- apprécier, le cas échéant, la volumétrie, l'aspect extérieur des ouvrages, et les aménagements paysagers ainsi que les ouvrages annexes à envisager ;
- proposer, le cas échéant, une décomposition en phases de réalisation, signaler les aléas de réalisation normalement prévisibles, notamment en ce qui concerne le sous-sol et les réseaux souterrains, et préciser la durée de cette réalisation ;
- permettre au maître de l'ouvrage de prendre ou de confirmer la décision de réaliser le projet, d'en arrêter définitivement le programme ainsi que certains choix d'équipements en fonction des coûts d'investissement, d'exploitation et de maintenance, d'en fixer les phases de réalisation et de déterminer les moyens nécessaires, notamment financiers ;
- établir l'estimation du coût prévisionnel des travaux, en distinguant les dépenses par partie d'ouvrage et nature de travaux, et en indiquant l'incertitude qui y est attachée compte-tenu des bases d'estimation utilisées ;
- permettre l'établissement du forfait de rémunération dans les conditions prévues par le CCP.

Notre méthodologie consistera à proposer au Maître d'Ouvrage les analyses multicritères par sujet et synthèses associées, afin d'identifier les réponses optimales aux principaux enjeux du projet. Cette analyse présentera les avantages et inconvénients de chaque solution ainsi que celle préconisée par notre groupement.

L'analyse prendra notamment en compte les critères suivants :

- performance de la solution,
- niveau de sécurité,
- fiabilité et pérennité,
- consommation d'énergie,
- modalités d'accessibilité, d'entretien et de maintenance,
- incidence éventuelle sur les réseaux des concessionnaires,
- impact sur les fonctionnalités urbaines et conséquences socio-économiques associées,
- incidence sur les travaux et leur phasage,
- impact environnemental,
- coût global (investissement, maintenance et exploitation).

Le choix de la solution définitive fera l'objet d'un point d'arrêt pour le Maître d'Ouvrage qui disposera de l'ensemble des éléments lui permettant d'effectuer son choix.

## **I.2. PRESENTATION DE L'OPERATION**

La présente mission de maîtrise d'œuvre s'inscrit dans le cadre de l'opération d'amélioration de la sécurité de la tranchée couverte de Taverny.

Un dossier de sécurité en vue du renouvellement de l'exploitation a été soumis aux autorités préfectorales en 2014 et a fait l'objet d'une évaluation par la CNESOR.

Suite à l'instruction du dossier, un certain nombre de points d'amélioration de la sécurité ont été actés dans les avis correspondants. Le programme de travaux, objet du présent marché, est établi sur la base de l'état de référence défini dans le cadre du dossier de sécurité de la tranchée couverte de Taverny de 2014, réalisé en application de l'annexe 2 à la circulaire 2000-63, des réserves et recommandations de l'avis de la CNESOR et de l'état des lieux actuel des tunnels.

Les dispositions d'améliorations seront décrites dans le détail dans la suite du document.

## **I.3. CARACTERISTIQUES GENERALES DE L'OUVRAGE**

### **I.3.1. Localisation**

La tranchée couverte de Taverny est située à 20 km au Nord-Ouest de Paris, sur l'autoroute A115 qui traverse la commune de Taverny.

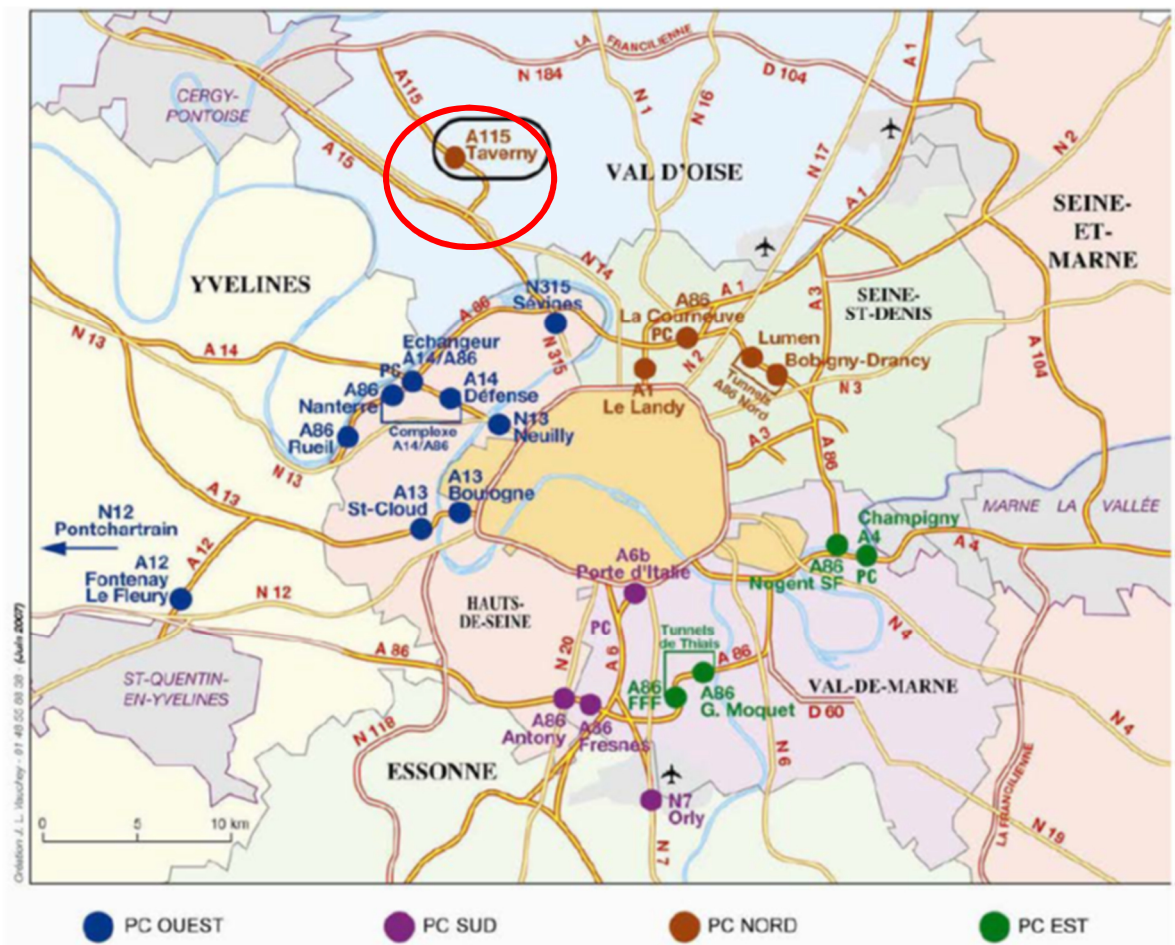


Figure 1 - Localisation ouvrage, sur mappe Ile de France

Orientée dans le sens Sud-Est / Nord-Ouest, elle est encadrée par l'échangeur n°4, à 400 m de la tête Sud de l'ouvrage, et l'échangeur n°5, à 400 m de la tête Nord.

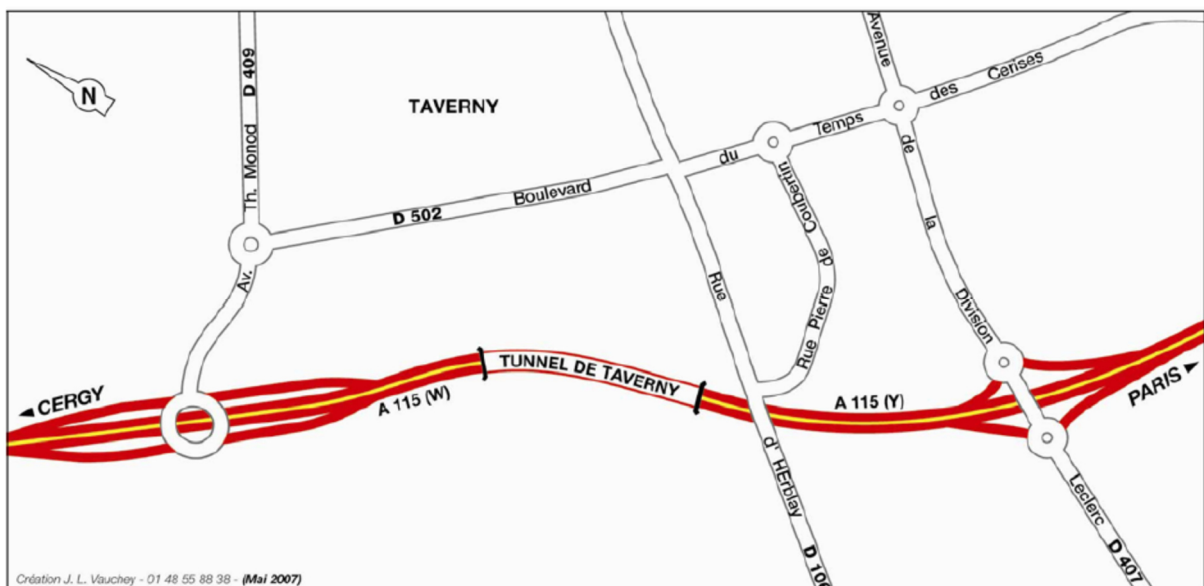
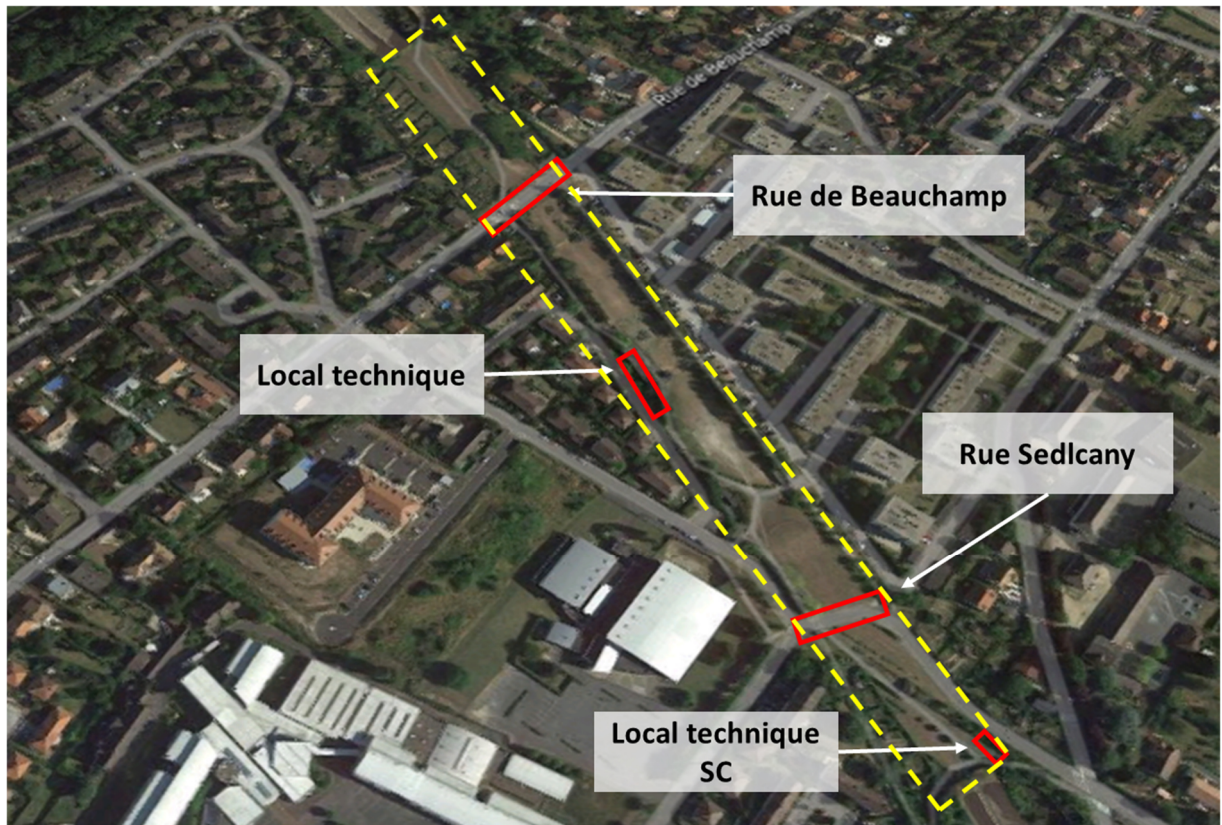


Figure 2 - Localisation échangeurs 4 et 5

La couverture est longée par une piste cyclable à l'Ouest et des voies piétonnes. Deux rues coupent la couverture perpendiculairement : la Rue de Beauchamps et de la Rue de Sedlcany.



*Figure 3 - Localisation ouvrage, rues en surface et le local technique*

Nous avons notamment identifié les avoisinants suivants qu'il nous semble important de prendre en considération dans le projet :

- ouvrages et équipements publics à proximité immédiate de tête Sud de la tranchée couverte,
- le lycée technique et général, et le gymnase, accolés,
- deux écoles maternelles et une école primaire,
- l'aire de jeu au-dessus de l'ouvrage,



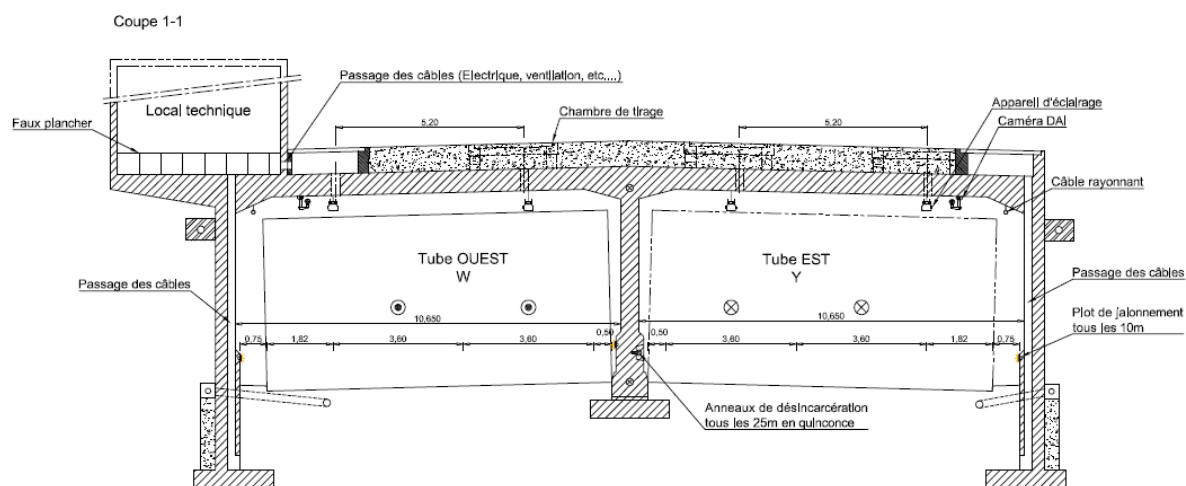
- des quartiers d'habitations individuelles et collectives,



- une piste cyclable, et des aires de jeux pour enfants,



- le local technique « TC Taverny » implanté pour partie au-dessus du tube W, sa structure est toutefois dépendante de celle du tunnel comme représenté dans l'image ci-dessous :



*Figure 4 - Coupe transversale ouvrage au droit du local technique*

- le local technique SC implanté au-dessus de l'ouvrage. La cabine' en matériel préfabriqué, est complètement indépendante de la structure de la tranchée couverte.



*Figure 5 – Local technique SC*

### I.3.2. Classement de l'ouvrage

Au sens de la Circulaire n° 2006-20, le tunnel de Taverny est classé de la manière suivante :

- Urbain,
- A deux tubes unidirectionnels,
- A trafic non faible,
- De gabarit supérieur à 3,5 m,
- De longueur supérieure à 500 m,
- Interdit aux transports de marchandises dangereuses,
- Avec un degré de surveillance D4 correspondant à une surveillance humaine permanente.

### I.3.3. Caractéristiques géométriques

La tranchée couverte de Taverny est constituée de 2 tubes d'environ 507m.

Chaque sens de circulation comporte 2 voies de circulation de 3,60m chacune et un gabarit de 4,85m.

La structure est en béton armé formé par 2 piliers latéraux, une voûte centrale et une dalle de couverture.

La tranchée comporte 4 issues de secours (2 par sens), 4 niches incendie et 4 niches de sécurité (2 par sens).

La section transversale de la tranchée couverte de Taverny ainsi que ses caractéristiques géométriques sont présentées ci-dessous :

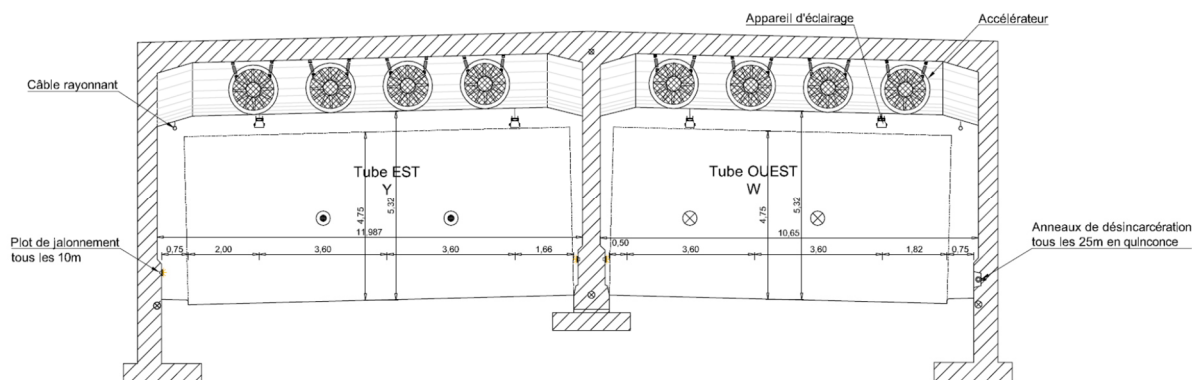


Figure 6 - Section transversale tranchée couverte

Caractéristiques géométriques	
<b>Longueur</b>	507 m de tranchée couverte
<b>Profil en long dans le sens Y</b>	Pente moyenne montante de 0,5%
<b>Tracé en plan dans le sens Y</b>	Section rectiligne sur 250 m puis légère courbe à gauche
<b>Largeur typique entre piédroits</b>	10,30 m
<b>Largeur roulable</b>	9,55 m
<b>Profil en travers pour chaque tube</b>	Un trottoir de 0,75 m de large et de 0,20 m de haut à droite - Une BDD de 1,85 m de large à droite - 2 voies de circulation de 3,60 m de large - Une BDG de 0,5m (s'élargissant à 2 m sur les derniers 200 m du tunnel dans le sens Y uniquement)
<b>Hauteur totale</b>	Hauteur libre sous plafond supérieure à 5 m
<b>Gabarit autorisé</b>	4,75 m
<b>Dévers transversal</b>	Chaussée en toit déversé à 2%

Tableau 1 - Caractéristiques géométriques de l'ouvrage

## I.4. DOCUMENTS DE REFERENCE

Les documents réglementaires ainsi que les documents de projet de référence sont indiqués dans les paragraphes suivants.

### I.4.1. Documents réglementaires

- NFC 15-100 : installations électriques basse tension
- NFC 13-100 : Postes de livraison alimentés par un réseau public de distribution HTA (jusqu'à 33 kV)
- NFC 13-200 : Installations électriques à haute tension

- Décret du 14 Novembre 1988 : Protection des travailleurs dans les établissements qui mettent en œuvre des courants électriques
- Le dossier pilote Eclairage - CETU-
- Annexe 2 à la Circulaire Interministérielle n° 2000-63 relative à la sécurité dans les tunnels du réseau routier national (Instruction Technique)
- NF S 62-200 : Matériel de lutte contre l'incendie – Poteaux et bouche d'incendie - Règles d'installation, de réception et de maintenance - Août 2009
- NF S 61 213/CN : Poteaux incendie - Avril 2007,
- Compléments\_au\_guide\_du\_comportement\_au\_feu, 2011, Cetu,
- Guide\_comportement\_au\_feu, 2005, Cetu,
- Guide\_ProtectionPassive, Cetu.

#### I.4.2. Documents de projet

Documents	Titre
<b>B-TAV-01</b>	Plan de situation
<b>B-TAV-02</b>	Synoptique planche 1
<b>B-TAV-03</b>	Synoptique planche 2
<b>B-TAV-04</b>	Synoptique planche 3
<b>B-TAV-05</b>	Synoptique planche 4
<b>B-TAV-06</b>	Résistance au feu
<b>B-TAV-07</b>	Local technique
<b>B-TAV-08 - Local SC</b>	Local SC
<b>B-TAV-09 - Local radio</b>	Local radio
<b>B-TAV-10 - Schéma HT</b>	Schéma HT
<b>B-TAV-11 - Schéma BT</b>	Schéma BT
<b>B-TAV-12 - Schéma GTC</b>	Schéma GTC
<b>EGT_DS_PCTTN_TAVERNY_Pièce1a_VE</b>	Renouvellement de l'autorisation de l'exploitation Pièce 1a : description de l'ouvrage
<b>DOE ETDE SH001-00</b>	Eclairage public liaison A15 RD109
<b>Pièce 1a VE + annexes</b>	DS – description de l'ouvrage et étude résistance au feu
<b>Renouvellement de l'autorisation d'exploitation</b>	Pièce 1a : description de l'ouvrage ind. E
<b>Renouvellement de l'autorisation d'exploitation</b>	15_Pièce 11_VA_Piece_11 : rapport du maître d'ouvrage
<b>Renouvellement de l'autorisation d'exploitation</b>	Annexe 4_synoptique_EQTS : synoptique des équipement
<b>Renouvellement de l'autorisation d'exploitation</b>	Annexe 5_coupe_type_LT : implantation du LT sur le plot 12

<b>Renouvellement d'exploitation</b>	<b>de</b>	<b>l'autorisation</b>	Annexe 7_issue_en tunnel : plan des issues
<b>Renouvellement d'exploitation</b>	<b>de</b>	<b>l'autorisation</b>	Annexe 9_local_technique
<b>Renouvellement d'exploitation</b>	<b>de</b>	<b>l'autorisation</b>	Annexe 12_schema HT
<b>Renouvellement d'exploitation</b>	<b>de</b>	<b>l'autorisation</b>	Annexe 15_arch_video_dai : distribution en tunnel
<b>Renouvellement d'exploitation</b>	<b>de</b>	<b>l'autorisation</b>	Annexe 17_systeme_GTC : synoptique des réseaux profibus de terrain
<b>Renouvellement d'exploitation</b>	<b>de</b>	<b>l'autorisation</b>	Annexe 18_arch_materielle_transmission : synoptique des réseaux ethernet de terrain
<b>DT8757--_C0044239</b>			Bilan de puissance des PST
<b>DT8780--_C0044240</b>			Carnet de câbles des alimentations
<b>DT3667--_C0037803</b>			Plan d'implantation des équipements du LT
<b>DT8755--_C0044237</b>			Plan d'alimentation des PST
<b>DT8779--_C0048989</b>			Plan de synthèse des PST
<b>27504</b>			Schéma du tableau d'éclairage
<b>11736--_27505</b>			Carnet de câbles éclairage
<b>26594---_S0048853</b>			Schéma d'armoire contrôle commande A115 (GTC locale)
<b>27431---_C0048710</b>			Carnet de raccordement armoire contrôle commande A115
<b>27432---_C0049464</b>			Schéma général de distribution
<b>27435---_C0049320</b>			Plan de distribution MT-BT Schéma unifilaire
<b>27436---_C0049319</b>			Plan de distribution MT-BT Schéma multifilaire
<b>27437---_C0049342</b>			Plan de TGBT Secouru Schéma unifilaire
<b>27438---_C0049341</b>			Plan de TGBT Secouru Schéma multifilaire
<b>27439---_E0048716</b>			Coffrets Niche E1-E2-E3-E4 W1-W2-W3-W4 Schéma unifilaire
<b>27440---_E0048715</b>			Coffrets Niche E1-E2-E3-E4 W1-W2-W3-W4 Schéma multifilaire
<b>27442---_C0049316</b>			Plan de câblage éclairage tube Ouest
<b>27443---_C0049315</b>			Plan de câblage éclairage tube Est
<b>27444---_E0049346</b>			Plan général de distribution ventilation
<b>27445---_E0049345</b>			Plan général de distribution des coffrets niche
<b>finet-a115</b>			Tracé multitubulaire et chambres de tirage
<b>Plot n°11_N°TRF032 C</b>			Plot n°11 Dalle de couverture - armatures
<b>Plot n°12_N°TRF024 F _E0048896</b>		<b>11697---</b>	Locaux électriques sur plot n°12 – plan et coupes

<b>Plot n°12_N°TRF035 D</b>	Plot n°12 Dalle de couverture – armatures – support locaux électriques
<b>Plot n°12_N°TRF075 C</b>	Plot n°12 Local électrique – armatures
<b>11753</b>	Consignes d'exploitation
<b>11746</b>	Paramétrage de l'horloge pilotant l'éclairage
<b>171856--_C0048670</b>	Architecture PAU existante
<b>tav-cf</b>	Architecture réseau de donnée local Taverny LT (document obsolète)
<b>11753</b>	Consignes d'exploitation
<b>C0061989</b>	Schéma de la liaison xDSL de secours

*Tableau 2 – Documents de référence*

## II. SYNTHÈSES DE L'ÉTUDE AVP

### II.1. PRESTATIONS PREVUES DANS LE PROGRAMME

#### II.1.1. Alimentation électrique

La mission comprend :

- L'étude de la mise en œuvre d'une deuxième alimentation de la tranchée couverte à partir d'une seconde source ENEDIS ;
- La vérification de l'état des installations actuelles, notamment avec le bilan de puissance et la capacité des transformateurs actuels à effectivement reprendre 100% des besoins, et les conséquences sur celles-ci de l'installation de la seconde alimentation, y compris les besoins en espace de locaux techniques supplémentaires éventuels et les besoins en ventilation mécanique, climatisation, chauffage, éclairage, détection incendie, etc. qui s'avèreraient nécessaires en conséquence ;
- Les dossiers et demandes à formuler auprès d'ENEDIS ;
- La mise en œuvre des travaux et des équipements définis en phase étude.

L'AVP comprendra les propositions de solutions pour la sécurisation de l'alimentation électrique et pour l'application du schéma directeur d'alimentation DiRIF :

- solutions d'architecture électrique,
- aménagements des locaux à prévoir,
- implantation des équipements et principe des cheminements ;
- l'étude prendra également en compte la possibilité de création et de démantèlement de locaux.

Durant cette phase, la demande de pré-étude de raccordement a également été envoyée à ENEDIS.

#### II.1.2. Ventilation et désenfumage

S'agissant de la ventilation et du désenfumage, la mission comprend :

- la vérification de l'état de la ventilation et de ses capacités de désenfumage ;
- la remise en état éventuelle de l'installation
- Les études réalisées au stade du DIAG ont mis en évidence la fragilité des performances de l'installation de ventilation. Des mesures réalisées sur site ont en effet montré que l'efficacité théorique (ratio entre la poussée installée et les vitesses obtenues) du système de ventilation est faible en comparaison avec les valeurs usuelles pour ce type d'installation.  
Par ailleurs, des calculs 1D montrent que l'atteinte d'une vitesse de 3,0 m/s en toutes circonstances repose sur le non dépassement d'une contrepression atmosphérique de 15 Pa, valeur relativement modeste et qui n'est pas fiabilisée en raison de données météorologiques locales insuffisantes.  
Les capacités actuelles du désenfumage apparaissent donc insuffisantes et nécessitent une remise à niveau. En outre, la stratégie de désenfumage doit intégrer une approche en 2 phases (évacuation des usagers puis intervention des secours) pour respecter les préconisations de l'instruction technique annexée à la circulaire interministérielle n° 2006-20 du 29/03/2006 relative à la sécurité des tunnels routiers d'une longueur supérieure à 300 m.

Le pilotage de la ventilation sanitaire impose également la mise en œuvre de capteurs CO et OPA fiabilisés, ainsi que l'installation de nouveaux capteurs de NO2.

- Les accélérateurs actuellement en place dans le tunnel ne sont pas réversibles. Or, selon l'instruction technique, le sens de soufflage doit pouvoir être inversé (sans nécessairement disposer des mêmes performances en sens inverse que celles demandées en sens direct). L'installation actuelle ne répond donc pas à cette exigence.

### II.1.3. Stabilité au feu des structures

- La mission comprend les études de résistance au feu et la mise en œuvre de protection au feu des ouvrages afin d'atteindre les objectifs et niveaux de résistance au feu prescrits par l'annexe 2 de la circulaire 2000-63.
- Une analyse de la résistance au feu de l'ouvrage ainsi que les solutions de protection passive envisagés sont présentées dans les paragraphes successifs. De manière générale, l'élément dalle sera à protéger avec différents niveaux de résistance au feu dans sa totalité.

### II.1.4. Systèmes d'accrochages/supports des éléments lourds

La mission comprend :

- la vérification de l'état et des performances au feu actuelles des supports des accélérateurs en tunnel,
- la remise en état éventuelle selon les résultats de l'étude.
- Comme évoqué durant la phase DIAG, la résistance au feu des supports d'accrochage actuels est difficile à vérifier. Lorsque la solution de remise à l'état des accélérateurs actuels sera retenue, une protection au feu des supports sera à prévoir.

### II.1.5. Issues de secours

La mission comprend donc :

- L'étude de la faisabilité des aménagements nécessaires pour créer des espaces d'attente conformes aux exigences de la réglementation dans les issues de secours,
- L'étude de la faisabilité de création d'un sas dans les issues existantes ;
- Les études de conception correspondantes ;
- L'étude de la faisabilité pour la réalisation d'un SAS ainsi que pour la réalisation d'une espace d'attente pour les PMR a été réalisé. Des solutions sont présentées dans les paragraphes successifs. Les solutions envisagées, prennent en compte également la problématique liée à l'accès des PMR, notamment la présence de la forte pente à l'entrée du SAS.

### II.1.6. Signalisation horizontale

- Actuellement, la chaussée est décomposée en 2 voies de circulation de 3,60 m de large. En plus des deux voies de circulation se trouve une bande dérasée droite (BDD) de 1,85 m. Il est prévu de revoir ces largeurs et de modifier le marquage de la chaussée afin de porter la largeur de la bande dérasée de droite à 2 m et constituer ainsi une bande d'arrêt d'urgence. La largeur des voies de circulation sera réduite à 3,50 m.
- Une proposition d'aménagement de la voie est proposé dans les paragraphes successifs.

### II.1.7. Eclairage

La mission comprend :

- Le diagnostic du système d'éclairage actuellement en place dans son ensemble (sécurité, normal, renforcement), y compris l'état des raccordements (alimentation électrique, qualité des câbles, etc...).
- L'étude de la mise à niveau de ce système, selon une décomposition du système en trois dispositifs : plots de jalonnement, éclairage de sécurité, l'éclairage normal et l'éclairage de renforcement.
- La formulation de propositions de modernisation et d'économie d'énergie potentielles ;

Le présent AVP :

- Rappellera les résultats du Diagnostics
- Présentera les différentes solutions de remise à niveau de l'éclairage pour les trois domaines suivants :
  - Eclairage normal et de renforcement
  - Eclairage de sécurité
  - Plots de jalonnement
- Etablira une analyse comparative des différentes solutions, y compris en termes d'économies d'énergie.

### II.1.8. Postes d'appel d'urgence

La mission comprend :

- Le diagnostic des installations actuellement en place ;
- L'étude de la mise à niveau de ce système ;
- Les travaux correspondants, y compris les raccordements au système d'alimentation électrique et aux réseaux informatisés.

Le présent AVP :

- rappellera le diagnostic des installations en place
- décrira les préconisations pour la réalisation des travaux
- présentera l'architecture simplifiée du raccordement des PAU

### II.1.9. Gestion Technique centralisée

La mission comprend la modernisation et fiabilisation des automates/GTC avec prise en compte des nouveaux équipements et/ou nouvelles fonctions liés au présent marché :

« Le contrôle des différents équipements pilotés par la GTC est accessible depuis le PCTT de Saint-Denis, poste où sont renvoyées les alarmes de la GTC et à partir duquel sont déclenchés les contrôles – commandes en cas d'incidents techniques, d'accident ou d'incendie.

Le système de gestion centralisée a fait l'objet d'une refonte dans le cadre du programme régional de refonte de toutes les GTC des tunnels d'Ile-de-France afin de disposer d'un système unifié permettant d'assurer une exploitation cohérente de l'ensemble des tunnels franciliens. De plus, suite à l'implantation de nouveaux équipements dans le tunnel, l'architecture de la GTC a été modifiée : l'ancienne GTC a été conservée et a été raccordée à la nouvelle. En ce qui concerne le fonctionnement de la nouvelle GTC, elle gère les équipements de la tranchée couverte de Taverny à partir d'un automate redondant : un automate est implanté dans le local TC Taverny, l'autre dans le local SC Taverny.

Une partie des équipements reste cependant raccordée aux API de l'ancienne GTC (ventilation, éclairage, énergie, capteurs, issues de secours). La tranchée couverte de Taverny est donc gérée par un automate principal redondant : les unités de traitement (CPU) et de communication sont doublées et implantées dans des locaux différents (« TC Taverny » et « SC Taverny ») en baies techniques.

L'objectif des travaux du programme est d'harmoniser et de mettre à niveau les API de l'ancienne GTC, notamment au niveau de la passerelle qui permet la remontée des informations vers les réseaux d'échanges de données, de façon à raccorder tous les équipements à la nouvelle GTC. »

L'AVP comprendra les points suivants à cet égard :

- l'adaptation du système de GTC et les raccordements à la GTC,
- les modalités de la prise en compte des nouveaux équipements (notamment l'architecture électrique) et leur mise à jour dans la GTC ainsi que la supervision
- les schémas décrivant l'évolution de l'architecture GTC

#### II.1.10. Anémomètres

La tranchée couverte de Taverny dispose d'anémomètres, actuellement hors service.

La mission comprend :

- le diagnostic des anémomètres actuellement en place pour étudier leur remise en service éventuelle, y compris l'état des raccordements (alimentation électrique, raccordements et implémentations dans la GTC) ;
- le cas échéant, l'étude et la mise en œuvre de nouveaux anémomètres en remplacement des anciens ;
- les travaux correspondants, y compris leur raccordement au système d'alimentation électrique sécurisé avec des câbles sans halogène et non-propagateurs de la flamme, ainsi que le raccordement pour permettre la remontée de leurs informations et alarmes à la GTC.

L'AVP comprendra les points suivants :

- préconisation de raccordement des anémomètres

#### II.1.11. Capteurs NO

Dans chaque tube, on trouve actuellement :

- 2 détecteurs CO (monoxyde de carbone) ;
- 2 opacimètres ;

Il est envisagé d'ajouter un capteur de détection du dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) dans chaque tube.

La prestation comprend la fourniture des capteurs, leur raccordement au système d'alimentation électrique sécurisée avec des câbles sans halogène et non-propagateurs de la flamme, ainsi que le raccordement pour permettre la remontée de leurs informations et alarmes à la GTC.

#### II.1.12. Signalisation statique verticale

- Quelques panneaux de signalisation verticale, notamment signalisation ou signalétique lumineuse d'évacuation, seront à remplacer. Le Titulaire devra établir un recensement et un diagnostic de l'état de tous les panneaux, statique ou dynamique, ainsi que leur fixation.

Le recensement des panneaux devra permettre au Maître d'ouvrage de mettre à niveau la signalisation existante. Certains panneaux pourraient ne pas être remis en place ou au contraire être ajoutés.

- Nous proposons le remplacement des panneaux lumineux dégradés par du matériel neuf, et la restauration de la communication avec les signalisation commandables et/ou dynamiques lors de la refonte de la GTC.

#### II.1.13. Coffret pompiers en tête

La mission comprend la suppression du coffret pompier situé en tête de tranchée couverte

- Le diagnostic du dispositif existant,
- L'étude de sa dépose, y compris l'impact sur les autres dispositifs de sécurité, notamment la GTC,
- Les travaux correspondants, y compris la suppression des raccordements du coffret

L'AVP comprendra les points suivants :

- Analyse du fonctionnement du coffret existant
- Préconisations pour sa dépose

## II.2. PRESTATIONS NON PREVUES DANS LE PROGRAMME

#### II.2.1. Remplacement des capteurs CO et des opacimètres

Compte-tenu de l'état de vétusté non négligeable des équipements et étant donné que de nouveaux capteurs NO2 vont être installés, nous conseillons de remplacer les capteurs de CO et les opacimètres, afin de disposer de matériel neuf pour la totalité des équipements relatifs à la ventilation.

##### II.2.1. Travaux divers dans les niches de sécurité

Suite au diagnostic de l'installation, des désordres mineurs ont été constatés dans les niches de sécurité : détecteur de décroché arrachés et saleté. Nous recommandons néanmoins d'y remédier.

### II.2.2. Remplacement des automates S7-414-4H rack 0 et rack 1

Il est demandé par la Dirif d'envisager le remplacement des automates de Taverny communiquant avec la supervision du PCTT Nord (2 automates S7-414-4H) par des automates plus récents, de génération 5H.

Cet AVP présentera les principaux points à prendre en considération pour ces travaux.

## III.DETAIL DE L'ETUDE AVP

### III.1.ALIMENTATION ELECTRIQUE

Voir notice technique en annexe 4 « Alimentation électrique HT/BT » pour les détails.

#### III.1.1. Réglementation appliquée

Annexe 2 de l'IT 2000-63	§3	Des prises électriques seront prévues dans les niches de sécurité. Elles comprendront au moins une prise secteur 1P + T + N d'un minimum de 2,5 kVA et une prise de puissance 3P + T + N d'un minimum de 12 kVA.
Annexe 2 de l'IT 2000-63	§3.1.1	Les équipements de sécurité indispensables seront alimentés par une source d'énergie électrique sans coupure (généralement un ensemble chargeur - batterie - onduleur), d'une autonomie d'au moins une demi-heure en cas de défaillance de l'alimentation électrique extérieure.
Annexe 2 de l'IT 2000-63	§3.1.2	<p>Dans tous les tunnels dotés d'une installation de ventilation, le système d'alimentation électrique devra être maintenu en cas de coupure du réseau (par exemple au moyen d'une double alimentation assurée par deux liaisons issues de départs distincts du distributeur ou par la mise en place d'un groupe électrogène d'une autonomie d'au moins quatre heures) ainsi qu'en cas de défaillance partielle du matériel (par exemple en doublant les transformateurs afin d'assurer leur secours mutuel).</p> <p>Cette alimentation électrique devra pouvoir reprendre le fonctionnement des équipements alimentés par la source sans coupure (décrits au paragraphe 3.1.1). Elle devra assurer à pleine puissance le fonctionnement de la ventilation des abris et de leurs cheminements d'accès, de l'installation de désenfumage d'un seul tube (même si le tunnel en compte deux), des équipements nécessaires pour maintenir la surpression du réseau d'eau ainsi que le fonctionnement simultané de deux des prises électriques de puissance installées dans les niches de sécurité. Elle pourra n'assurer qu'une puissance réduite pour le reste de l'installation de ventilation ainsi que pour l'éclairage de base et de renforcement.</p>
Architecture électrique type de la Dirif	§III.1.2	<p>Chaque usine de ventilation dispose d'une puissance électrique fournie pour partie depuis le comptage du local A (comptage local) et pour partie du comptage du local A' (comptage distant). Le transport d'énergie depuis l'usine distante est effectué en HTA (20 kV), sous protection homopolaire spécifique du fait de la distance. Chaque usine dispose donc de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 2 transformateurs,</li> <li>· 2 TGBT.</li> </ul> <p>Toutes les cellules HTA des usines sont à manœuvre manuelle, à l'exception des deux cellules d'arrivée ERDF qui sont intégrées dans le principe de continuité de service à négocier avec le distributeur.</p>
Architecture électrique type de la Dirif	§III.2.2	Chaque transformateur est propre à une usine. En régime normal de fonctionnement, chaque transformateur fournit la moitié de sa puissance nominale. En régime dégradé, un transformateur peut être sollicité à sa puissance nominale (secours total). Il s'en suit que dans chaque usine les transformateurs vont par paire, l'un des transformateurs est alimenté depuis l'alimentation HT locale, l'autre depuis l'alimentation HT de l'autre usine (distante).
Architecture électrique type de la Dirif	§III.2.6.3	<p>Utilisateurs non délestables :</p> <p>Il s'agit d'utilisateurs privilégiés qui vont bénéficier de la latitude que nous laisse le distributeur d'énergie de transférer, sans préavis, une partie de la charge d'un poste ERDF sur un autre. Sont identifiés actuellement comme utilisateurs privilégiés :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· L'amont onduleur,</li> <li>· L'alimentation des PST (Point de Service Tunnel),</li> <li>· L'alimentation de la GTC et du réseau de transmission.</li> </ul>

		Il peut en exister d'autres.
Architecture électrique type de la Dirif	§III.3	<p>L'installation doit être dimensionnée pour un secours total à partir de n'importe quelle des deux arrivées.</p> <p>Lors de la perte ERDF, la moitié des tableaux divisionnaires reste alimentée. Les autres tableaux basculent sur manque tension de la source de repos, après temporisation à l'enclenchement et une éventuelle autorisation GTC induite par une autorisation du distributeur. Bien évidemment, si des mesures de délestage, ou de re-lestage maîtrisé, ne sont pas mises en œuvre, la totalité de la puissance des deux usines est prélevée sur l'arrivée ERDF résiduelle (accord ERDF préalable nécessaire).</p>
Architecture électrique type de la Dirif	§V	<p>Le schéma identifie la localisation des principaux matériels. Un compartimentage des usines est exigé pour limiter les effets d'un éventuel incendie, quant à sa propagation et, surtout, quant aux dégâts induits par la corrosion des fumées. L'idéal serait que chaque tableau soit dans un local séparé mais il est possible d'édicter les règles suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· A et B sont obligatoirement distincts et indépendant</li> <li>· E et F sont de préférence distincts (puisque F est optionnel)</li> <li>· E et G sont obligatoirement distincts</li> <li>· G et H sont obligatoirement distinct (utilisateurs redondants)</li> <li>· M et Q sont obligatoirement distincts</li> <li>· F et H peuvent être dans le même local</li> </ul> <p>Les locaux R et S sont très spécifiques et évidemment isolés entre eux et des autres locaux.</p> <p>Les locaux doivent être équipés d'une détection d'incendie.</p>

### III.1.1. Situation existante

L'architecture existante est indiquée dans l'image ci-dessous :

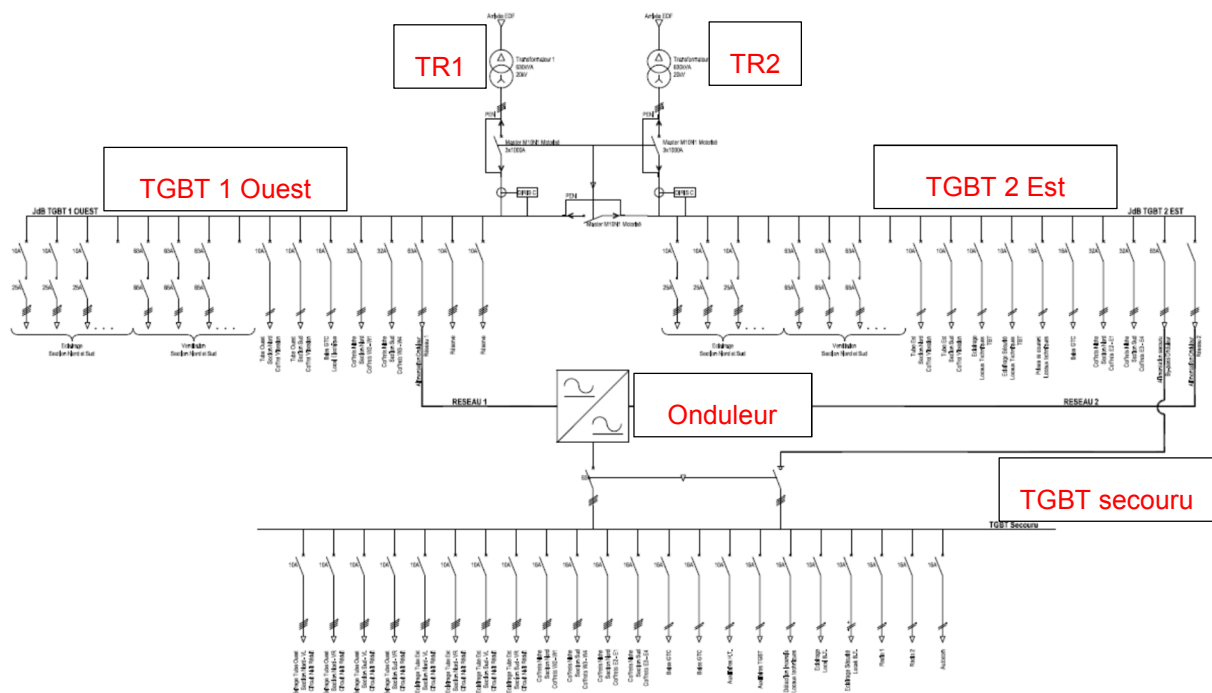


Figure 7 - Architecture existante

- Le dimensionnement des transformateur HTA/BT semble adapté pour répondre aux nouveaux besoins exprimés dans le projet de rénovation.
- L'architecture électrique actuellement mise en œuvre n'est pas conforme à l'IT et au schéma directeur de la Dirif. Une deuxième source HTA doit être mise en œuvre, les PST doivent être secourus, l'architecture de distribution doit être reprise pour être en conformité avec le schéma directeur en modifiant la répartition des consommateurs dans différentes armoires afin d'assurer une meilleure disponibilité des équipements.
- Une attention particulière devra être apportée au plan de phasage des travaux lors de l'ajout de la deuxième alimentation ENEDIS et la reprise de la distribution électrique BT. Des coupures 20kV, des indisponibilités d'utilisateurs pendant les basculements sont prévisibles.
- Nous proposons le remplacement du tableau HTA existant. (note : une autre solution sera également proposée dans cet AVP).
- Le local technique existant est trop exigu pour permettre la mise en place de la nouvelle architecture électrique. Un nouveau local technique doit être créé.
- Les contraintes d'exploitation engendrent des problématiques concernant le phasage des opérations qui doivent être traitées soigneusement afin de limiter le temps d'indisponibilité des équipements, et de fermeture du tunnel.

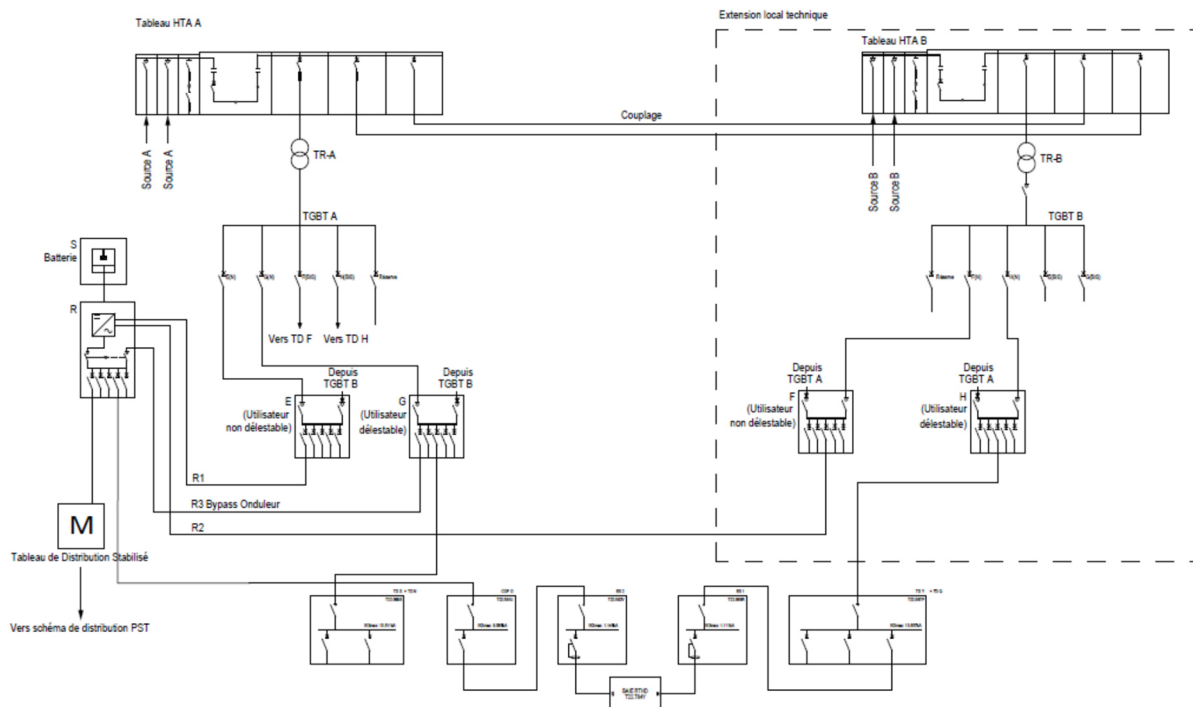
### III.1.2. Objectifs de la mission

La mission comprend :

- L'étude de la mise en œuvre d'une deuxième alimentation de la tranchée couverte à partir d'une seconde source ENEDIS ;
- La vérification de l'état des installations actuelles, notamment avec le bilan de puissance et la capacité des transformateurs actuels à effectivement reprendre 100% des besoins, et les conséquences sur celles-ci de l'installation de la seconde alimentation, y compris les besoins en espace de locaux techniques supplémentaires éventuels et les besoins en ventilation mécanique, climatisation, chauffage, éclairage, détection incendie, etc. qui s'avèreraient nécessaires en conséquence ;
- Les dossiers et demandes à formuler auprès d'ENEDIS ;
- La mise en œuvre des travaux et des équipements définis en phase étude.

### III.1.1. Solutions envisagées

#### Architecture proposée



L'architecture de la distribution proposée permet d'atteindre les objectifs fixés par l'IT 2000-63 et le schéma directeur de la Dirif.

#### Proposition pour le tableau HTA

La gamme industrielle du tableau HTA existant n'est plus produite.

Le tableau existant ne pourra pas être adapté pour être raccordé par éclissage du jeu de barre 20kV sur le nouveau tableau. Son espérance de vie est estimée à environ 15 ans.

Deux solutions sont envisageables :

- conservation du tableau HTA existant et raccordement par liaison câble aux nouvelles cellules requises pour l'application du schéma directeur électrique via cellule disjoncteur existante et nouvelle cellule remontée de barre côté extension
- remplacement complet du tableau HTA

	Conservation du tableau HTA existant	Remplacement du tableau HTA existant
Prix	2 cellules neuves à installer dans le local technique existant, utilisation de la cellule existante du TR2 pour protéger la liaison câble aux deux nouvelles cellules	Remplacement complet des cellules
Phasage des travaux	Pas de consignation au poste d'Herblay de la LS lors de l'extension du tableau existant, remise en service immédiate de la tranche A après	Consignation obligatoire de la LS au poste d'Herblay lors du remplacement, essais à réaliser sur la totalité du nouveau tableau (installation et

	raccordement des nouvelles cellules (1 nuit)	mise en service longue : 8-10 jours minimum)
Encombrement dans le local technique	-	+
Homogénéité des matériels	-	+
Maintenance	-	+
Conformité au schéma directeur	non (ajout d'une cellule intermédiaire dans le tableau)	oui

Le gain estimé pour la première solution (sans prise en compte de l'amélioration du phasage général du projet apportée par cette solution), est estimé à 90 000€.

#### Dimensionnement des transformateurs

Les transformateurs existants de 630kVA sont suffisamment dimensionnés dans le cadre de la mise en œuvre d'un éclairage à LED qui permet d'apporter des gains en énergie qui viennent partiellement compenser la mise en œuvre d'accélérateurs plus puissants.

Si l'éclairage existant est conservé et la puissance de ventilation augmentée, les transformateurs peuvent subir une surcharge de 5% dans certains cas d'exploitation très dégradés, limités en théorie à 30 minutes qui est le temps d'évacuation du tunnel. Cette surcharge est admissible et peut être prolongée au-delà, sans risque autre qu'une légère dégradation de la durée de vie estimée du transformateur devant supporter cette surcharge.

Les transformateurs peuvent rester en service pendant encore au moins 25 ans.

#### Dimensionnement de l'onduleur

L'onduleur actuel a une puissance de 60kVA en changeant son départ d'alimentation BT, 40kVA maximum aujourd'hui car départ BT sous-dimensionné,

Cet onduleur est aujourd'hui sous-dimensionné pour reprendre la puissance des PST. Il est en revanche en bon état.

Le bilan de puissance de l'onduleur qui reprendra les PST en plus des consommateurs existants est de 105,7kVA ou de 115,6kVA suivant les cas, ce qui nous positionne sur le standard industriel de 120kVA.

Deux approches sont possibles pour obtenir cette puissance de 120kVA : soit remplacer l'onduleur existant de 60kVA par un onduleur de 120kVA, soit conserver l'onduleur de 60kVA et en ajouter un deuxième de 60kVA avec un deuxième tableau ondulé.

	Mise en place d'un deuxième onduleur 60kVA	Mise en place d'un onduleur général de 120kVA
Prix matériel	Prix de l'onduleur inférieur, mais deuxième tableau ondulé à mettre en œuvre	Prix de l'onduleur plus élevé, pas de deuxième tableau ondulé à mettre en œuvre
Prix GC	Agrandissement de l'extension du local pour mise en œuvre cloisonnement coupe-feu pour le deuxième onduleur	pas de modification du local technique due au changement de puissance
Disponibilité	++	+
Equilibrage des puissances sur les deux transformateurs A et B	+	-
Maintenance	=	=
Conformité au schéma directeur	non (amélioration)	oui

Le surcoût global de la mise en œuvre d'un deuxième onduleur est estimé à 30 000€, par rapport au remplacement simple de l'onduleur existant, principalement du fait de la mise en œuvre d'une surface de local technique plus importante, environ 10m<sup>2</sup> supplémentaires dû à la mise en place de l'onduleur et du cloisonnement coupe-feu

### Local technique

La mise en œuvre du schéma d'architecture de distribution prescrit par la Dirif impose de réaliser une extension des locaux techniques. Le tableau HTA de la tranche B est l'élément le plus dimensionnant pour la réalisation de cette extension. Différentes gammes industrielles existent, et certaines ne permettent pas une implantation dans les 4500mm d'espace intérieur libre du petit côté du bâtiment.

Le tableau HTA devra alors être implanté dans la grande longueur de l'extension du local technique, ce qui conduira à une extension de bâtiment de 41m<sup>2</sup> par rapport à la version de base de 34m<sup>2</sup> (espace intérieur libre).

Nous préconisons de ne pas prendre de décision à ce stade car les deux solutions peuvent être très proches en termes de coût suivant les conditions tarifaires appliquées à telle ou telle gamme de cellule, et de laisser la porte ouverte aux deux solutions lors de la consultation des entreprises.

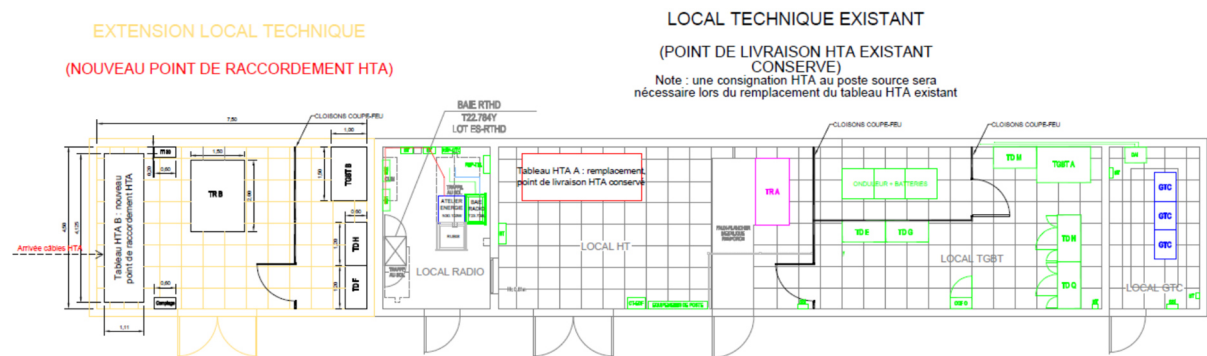


Figure 8 - Implantation avec tableau HTA de 4125mm de long

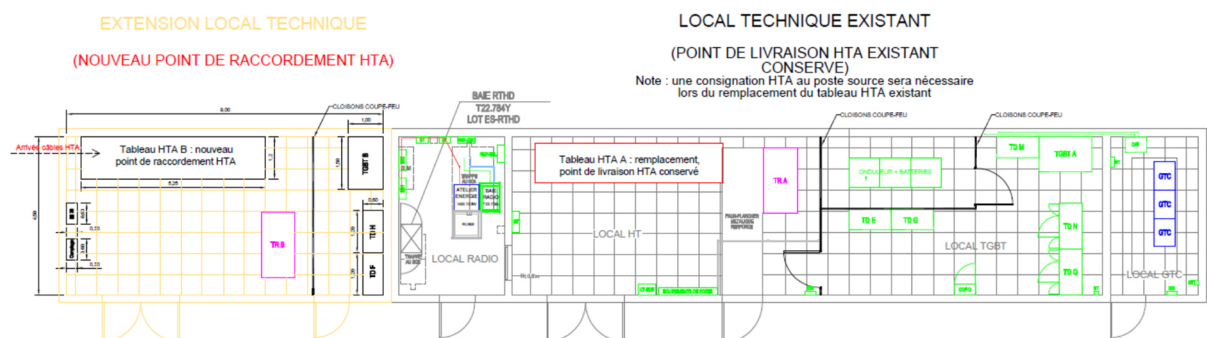


Figure 9 - Implantation avec tableau HTA de 5250mm de long

Le local technique est implanté sur le piédroit de la tranchée couverte (plot n°12), en appui sur la route côté parc et soutenu côté rue Verlaine par une casquette prenant appui sur le piédroit.

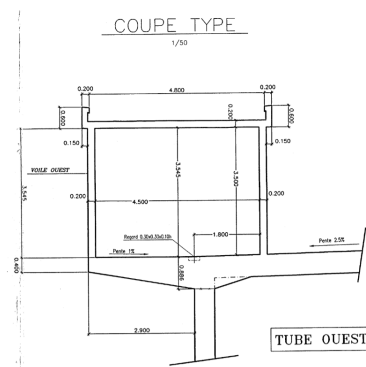


Figure 10 -Implantation en coupe du local technique

Deux solutions peuvent être envisagées pour l'extension du local technique :

- reconduction de la méthode employée pour le local existant, avec prolongement de la casquette soutien sur le plot n°11 et mise en place éventuelle d'un joint entre casquettes des plots n°11 et n°12.
- traitement du sol et mise en place de fondations classiques



Figure 11 -vue aérienne du local technique existant

Les aménagements à prévoir seront les suivants :

- modification du tracé de la piste cyclable
- modification de l'aménagement paysager
- accès par la rue Verlaine

L'extension du local technique étant supérieur à 20m<sup>2</sup>, une déclaration de travaux devra être effectuée et un architecte choisi.

## III.2. VENTILATION ET DESENFUMAGE

### III.2.1. Réglementation applicable

- [1] Dossier pilote ventilation, CETU, 2003
- [2] Circulaire interministérielle n° 2006-20 du 29/03/2006 relative à la sécurité des tunnels routiers d'une longueur supérieure à 300 m
- [3] Instruction technique relative aux dispositions de sécurité dans les nouveaux tunnels routiers (conception et exploitation)
- [4] Guide des dossiers de sécurité des tunnels routiers, Fascicule 4 : les études spécifiques des dangers, CETU, 2003
- [5] Le traitement de l'air des tunnels routiers, état des connaissances sur les études et les réalisations, CETU 2016
- [6] Note d'information n° 26, la détection et le contrôle du dioxyde d'azote dans les tunnels routiers, CETU 2017

Au sens de la réglementation, la tranchée couverte de Taverny est un ouvrage urbain bitubes à circulation monodirectionnelle, à trafic non faible, de gabarit routier autorisé supérieur à 3,5 m, de longueur supérieure à 500 m, interdit aux transports de matières dangereuses, de degré de surveillance D4.

Pour un tunnel urbain monodirectionnel de moins de 500 m de longueur, l'instruction technique [3] autorise le recours à une installation de désenfumage par ventilation longitudinale, capable d'assurer une vitesse moyenne du courant d'air de 3,0 m/s dans la section du tunnel en amont du foyer et dans le sens de la circulation routière.

En raison du risque de congestion en aval d'un incendie, l'instruction technique recommande de ne pas appliquer le principe de ventilation longitudinale au-delà d'une longueur de 500 m. Toutefois, la longueur de la tranchée couverte de Taverny est très proche de cette valeur et, selon le dossier de sécurité de l'ouvrage, « les phénomènes de congestion et les ralentissements dans cet ouvrage sont extrêmement rares et ne surviennent qu'après un évènement exceptionnel du type accident situé en aval de l'ouvrage ». Le principe de désenfumage actuel peut, de notre point de vue, être conservé, sous réserve que le système soit en mesure de gérer efficacement une situation exceptionnelle de trafic congestionné, comme décrit plus loin.

En cas d'incendie, la ventilation doit être mise en marche le plus rapidement possible à un régime permettant d'atteindre 3,0 m/s dans la section du tunnel en amont du foyer dans le sens de la circulation afin de protéger les usagers bloqués derrière le sinistre. Cette vitesse doit pouvoir être obtenue y compris en présence de véhicules arrêtés dans le tunnel et des conditions adverses dues aux effets atmosphériques défavorables mais non exceptionnelles, c'est-à-dire par convention dépassées pendant moins de 5 % du temps. L'effet adverse de la pente du tunnel : « effet cheminée » doit également être pris en compte dans le dimensionnement de la poussée nécessaire.

En cas de congestion, la ventilation doit autant que possible maintenir dans une première phase un courant d'air réduit, de l'ordre de 1,0 à 2,0 m/s, dans le sens de la circulation. Dans une seconde phase, une fois les usagers en aval du foyer mis à l'abri, la ventilation doit permettre d'obtenir une vitesse de balayage de 3,0 m/s au moins. Pour mettre en œuvre cette stratégie de désenfumage en 2

phases, le tunnel doit être équipé d'anémomètres indiquant en temps réel la vitesse longitudinale dans l'ouvrage.

Le désenfumage doit faire l'objet de régimes de fonctionnement préprogrammés pour faire face rapidement dès les premières minutes après l'alerte. La surveillance étant ici de degré D4, le désenfumage peut être déclenché par l'opérateur de surveillance du trafic. Le régime de désenfumage doit être pleinement opérationnel en quelques minutes seulement après le lancement de la commande.

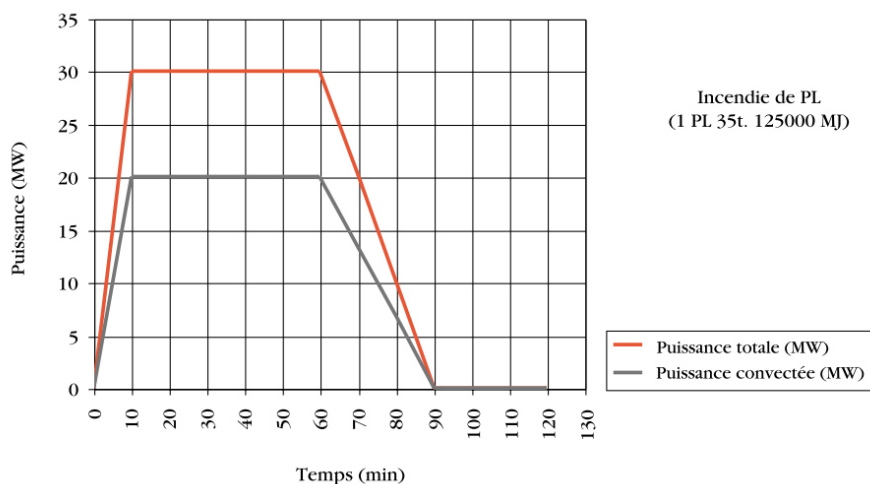
Les accélérateurs situés à proximité immédiate d'un incendie violent ne peuvent résister à la chaleur pendant toute la durée de l'incendie. Pour le dimensionnement de l'installation, on considérera le scénario d'un incendie situé près d'une batterie entraînant la perte de celle-ci. Il convient également de s'assurer que les accélérateurs puissent fonctionner au moins 120 min à 200 °C et être disposés selon plusieurs batteries, de façon à ne pas être tous détruits simultanément par un unique sinistre.

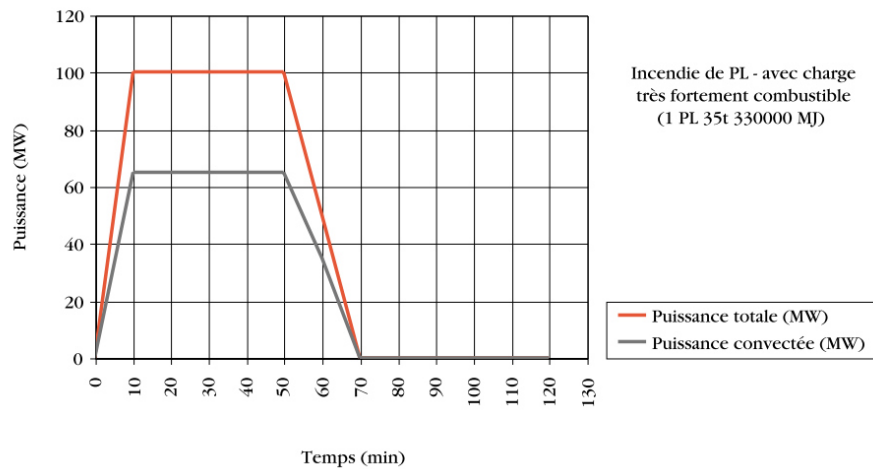
La direction normale de désenfumage est celle de la circulation routière. Toutefois, le sens de soufflage des accélérateurs devra pouvoir être inversé, la commande pouvant être réalisée sur demande des services de secours.

Selon le guide des ESD du CETU [4], le tunnel étant autorisé aux PL hors TMD, les termes sources standardisés représentant les incendies de dimensionnement à prendre en compte sont :

- l'incendie d'un PL (puissance maximale de 30 MW) ;
- l'incendie d'un PL avec chargement liquide ou facilement liquéfiable à haut potentiel calorifique (puissance maximale de 100 MW).

Ces termes sources sont représentés sur les figures qui suivent.





Concernant la ventilation sanitaire, les valeurs maximales autorisées selon la réglementation sont les suivantes [5] :

Polluant	Paramètre	Durée d'observation	Niveau réglementaire ou recommandé	Référence
Monoxyde de carbone	en situation d'accident, en tout point du tunnel	valeur instantanée	<b>150 ppm</b> [171 mg/m <sup>3</sup> ]	Instruction technique du 25/08/00
	teneur moyenne sur toute la longueur de l'ouvrage	15 minutes	<b>90 ppm</b> [103 mg/m <sup>3</sup> ]	Circulaire du 08/06/99
		30 minutes	<b>50 ppm</b> [57 mg/m <sup>3</sup> ]	
Dioxyde d'azote	teneur moyenne sur toute la longueur de l'ouvrage	15 minutes	<b>0,4 ppm</b> [752 µg/m <sup>3</sup> ]	Circulaire du 08/06/99
Particules opacité	en situation d'accident, en tout point du tunnel	valeur instantanée	<b>9 · 10<sup>-3</sup> m<sup>-1</sup></b> [≈ 900 µg/m <sup>3</sup> (PM <sub>10</sub> )]	Instruction technique du 25/08/00
	en situation non-exceptionnelle, en tout point du tunnel	valeur instantanée	<b>5 · 10<sup>-3</sup> m<sup>-1</sup></b> [≈ 500 µg/m <sup>3</sup> (PM <sub>10</sub> )]	Recommandation CETU

## III.2.2. Situation existante

### III.2.2.1. Désenfumage

En l'état actuel, la ventilation est constituée dans chaque tube de 2 batteries de 4 accélérateurs non réversibles, positionnés à environ 130 m des têtes. Chaque machine présente une poussée en champ libre de 1 100 N, pour une puissance électrique absorbée de 26 kW. Le régime de fonctionnement

unitaire n'est pas variable. En cas d'incendie, toutes les machines du tube incendié sont activées, tandis que celles du tube sain sont mises à l'arrêt pour éviter le recyclage de la fumée.

### III.2.2.2. Ventilation sanitaire

La ventilation sanitaire est pratiquement intégralement obtenue par le pistonnement des véhicules (trafic important et vitesse autorisée de 90 km/h dans l'ouvrage). Si les mesures de CO et d'opacité atteignent malgré tous des niveaux élevés, alors la GTC active un certain nombre d'accélérateurs selon le tableau suivant. Il n'y a pas de mesure de concentration en NO<sub>2</sub>.

	Moyenne CO 15 min (ppm)	Moyenne CO 30 min (ppm)	CO instantané (ppm)	Opacité instantanée (km <sup>-1</sup> )	Action sur le niveau de commande
<b>Hystérésis</b>	5	2	10	0,2	
<b>Seuil bas</b>	30	25	-	-	- 10%
<b>Seuil haut</b>	60	35	120	4,0	+ 10%
<b>Seuil très haut</b>	70	39	-	-	+ 20%
<b>Seuil très très haut</b>	80	45	-	-	= 100%
<b>Seuil CME</b>	90	50	150	5,0	Alarme opérateur

<b>Niveau commande</b>	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
<b>Nb. accél. activés</b>	0	1	2	3	4	4	5	6	7	8	8
<b>Puissance réelle</b>	0%	12,5%	25%	37,5%	50%	50%	67,5%	75%	87,5%	100%	100%

### III.2.3. Solutions envisagées

Nous présentons ci-dessous quatre solutions destinées à conférer à l'installation le niveau de performances requis. Il est à noter que le traitement de l'obsolescence des machines est également un critère pris en considération dans l'analyse des solutions proposées.

#### Solution 1 : ajout d'un accélérateur par batterie

Cette première solution consiste à déposer tous les accélérateurs et les replacer afin d'ajouter une machine par batterie. Ceci permet d'augmenter théoriquement la poussée installée de 25 % si la machine ajoutée présente des caractéristiques similaires à celles déjà en place.

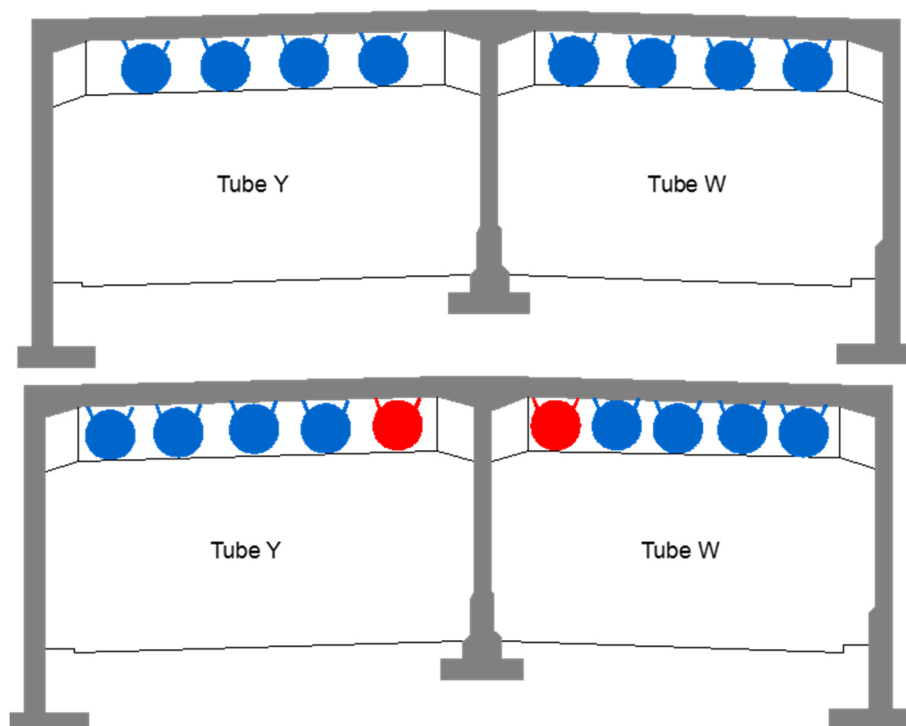


Figure 12 - Emprise des accélérateurs (en haut : état actuel, en bas : solution avec 5 machines par batterie)

Cette solution impose de refixer toutes les machines existantes en les rapprochant. Les gabarits globaux présentés sur la figure précédente sont compatibles avec ce repositionnement mais il conviendra de bien vérifier que l'espace autour des machines est suffisant pour les ancrer et pour assurer leur maintenance.

Pour disposer d'une certaine poussée en sens inverse, la machine ajoutée à chaque batterie serait de type réversible à 100 %. La poussée en sens inverse serait alors de l'ordre de 20 % de la poussée en sens direct.

Cette solution nécessite de prévoir le câblage de la machine supplémentaire et disposer d'une puissance électrique supérieure de 25 %.

En revanche, les machines vétustes sont conservées, ce qui impliquerait leur remplacement dans un avenir proche.

### Analyse pondérée

<b>Avantages de la solution</b>	Peu de nouvelles machines nécessaires Peu de câblage supplémentaire Puissance électrique supplémentaire faible Possibilité de protéger la structure au feu dans la zone des accélérateurs pendant la dépose des machines
<b>Inconvénients de la solution</b>	Déplacement de l'ensemble des machines Conservation des machines vétustes Réduction de l'espace autour des machines Poussée inverse faible

### Solution 2 : remplacement d'une machine sur deux

Pour améliorer plus significativement les performances avec un impact limité sur les coûts de matériel et de travaux, cette solution envisage de remplacer la moitié des machines par des accélérateurs plus performants dont la poussée en champ libre est plus importante et présentant par ailleurs des performances réversibles.

L'inconvénient de cette approche est de mixer des machines neuves avec des machines vétustes, ce qui contraint l'exploitation et impose une stratégie de maintenance par groupe d'équipements.

Par ailleurs, le remplacement des machines vétustes serait à programmer dans un avenir proche.

Les travaux sont relativement limités mais il conviendra de veiller à ne pas endommager les machines conservées pendant la dépose des accélérateurs à remplacer.

### Analyse pondérée

<b>Avantages de la solution</b>	8 nouvelles machines nécessaires Pas de câblage supplémentaire (sous réserve d'un dimensionnement suffisant) Peu de travaux nécessaires Puissance électrique supplémentaire modérée
<b>Inconvénients de la solution</b>	Conservation de 50 % de machines vétustes Poussée inverse moyenne

### Solution 3 : remplacement de toutes les machines

Cette solution considère le remplacement de la totalité des 12 machines, en installant des équipements de plus forte capacité compatibles avec le gabarit de l'ouvrage.

Les performances des accélérateurs ayant évoluées depuis l'installation des machines existantes, il existe en effet aujourd'hui des accélérateurs offrant une poussée supérieure tout en conservant le même diamètre, moyennant une augmentation de la puissance électrique consommée (voir la flèche verte de la figure suivante).

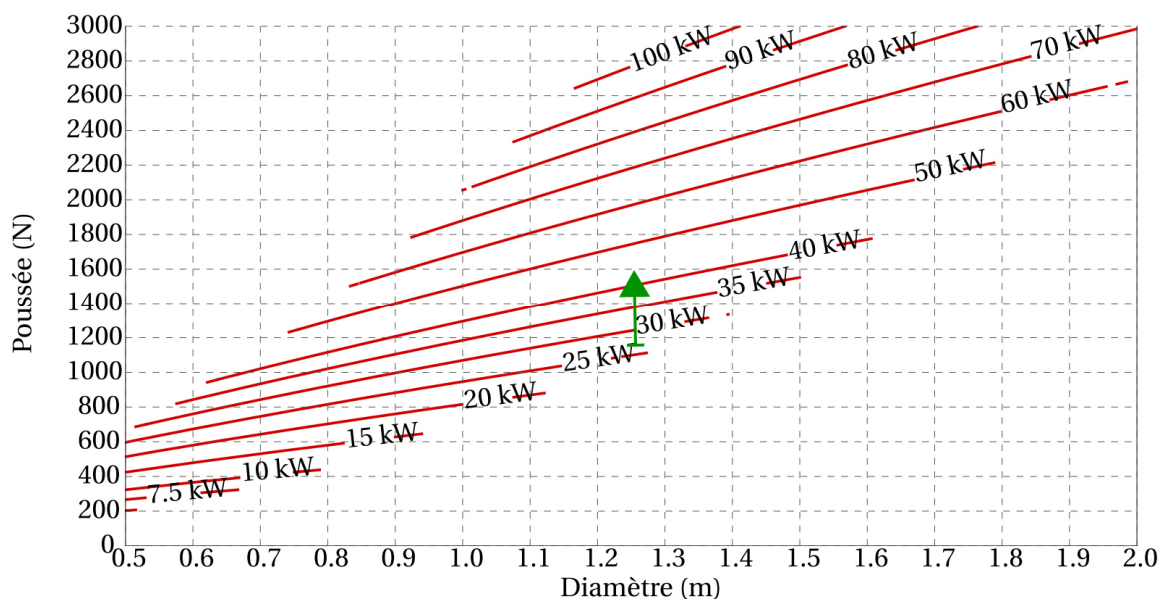


Figure 13 - Ordres de grandeur de la puissance électrique d'un accélérateur en fonction de son diamètre et de sa poussée

Cette solution offre naturellement la plus grande souplesse dans la mise à niveau de l'installation de désenfumage.

Elle permet également de traiter le problème d'obsolescence des accélérateurs existants, qui sont vétustes et dont le remplacement serait, dans tous les cas, à programmer dans un avenir proche.

#### Analyse pondérée

<b>Avantages de la solution</b>	Pas ou peu de câblage supplémentaire (sous réserve d'un dimensionnement suffisant) Peu de travaux nécessaires Possibilité de protéger la structure au feu dans la zone des accélérateurs pendant la dépose des machines
<b>Inconvénients de la solution</b>	Coût du remplacement de toutes les machines Travaux de dépose et pose de l'ensemble des machines Puissance électrique supplémentaire (+ 50 % environ)

#### Solution 4 : implantation d'une troisième batterie dans chaque tube

Cette solution considère la mise en œuvre d'une 3ème batterie dans chaque tube. Il serait nécessaire pour cela de reconstituer un bossage au niveau de la dalle de la tranchée couverte, afin d'y loger la batterie supplémentaire.

La réalisation de ce bossage induirait des travaux de génie civil très lourds, qui auraient un impact extrêmement fort sur les conditions d'exploitation de l'ouvrage et induirait des surcoûts très lourds.

A l'évidence, cette solution serait hors de portée technico-économique.

### Analyse pondérée

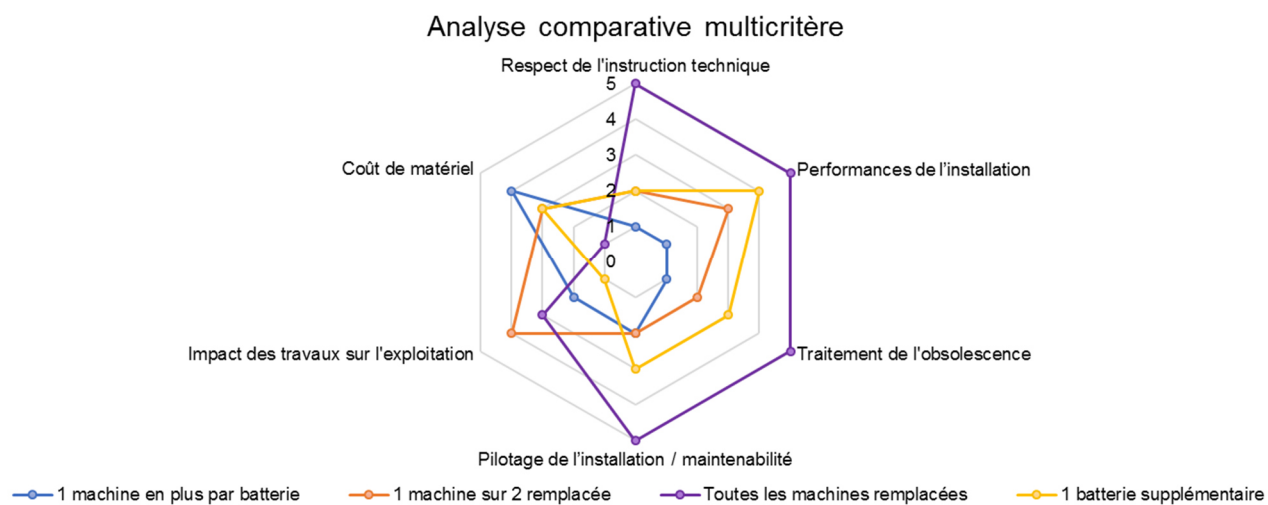
<b>Avantages de la solution</b>	<p>Seulement 8 nouvelles machines nécessaires</p> <p>Performances maîtrisées en sens direct</p>
<b>Inconvénients de la solution</b>	<p>Surcoûts et durée des travaux de génie civil pour aménager les bossages supplémentaires</p> <p>Impact fort sur l'exploitation</p> <p>Câblages supplémentaires</p> <p>Puissance électrique supplémentaire de 50 % environ</p> <p>Risque de ne pas disposer de poussée inverse si incendie sous la nouvelle batterie</p>

### III.2.4. Analyse comparative des quatre solutions

Le diagramme suivant montre une comparaison des 4 solutions envisagées, sur la base de la notation mise en place dans les sections précédentes.

	<b>Solution 1</b> Ajout d'un accélérateur par batterie	<b>Solution 2</b> Remplacement d'une machine sur deux	<b>Solution 3</b> Remplacement de toutes les machines	<b>Solution 4</b> Implantation d'une troisième batterie dans chaque tube
<b>Respect de l'instruction technique</b>	Poussée inverse très faible	Poussée inverse juste suffisante	Respect à 100 %	Toutes les machines réversibles sont groupées sur une batterie
<b>Performances de l'installation</b>	Faible amélioration	Amélioration suffisante	Performances maîtrisées	Performances maîtrisées
<b>Traitement de l'obsolescence</b>	Conservation de 75 % de machines vétustes	Parc constitué à 50 % de machines neuves et 50 % de machines vétustes	Parc neuf à 100 %	Parc neuf à 30 %
<b>Pilotage de l'installation / maintenabilité</b>	Conservation de machines sans variation de régime 2 types d'accélérateurs qui cohabitent	Conservation de machines sans variation de régime 2 types d'accélérateurs qui cohabitent	Machines avec variation de régime Uniformité du parc	Conservation de machines sans variation de régime 2 types d'accélérateurs qui cohabitent
<b>Impact des travaux sur l'exploitation</b>	Déplacer toutes les machines	Déposer uniquement les machines à remplacer	Déposer toutes les machines et les remplacer	Dépose d'aucune machine existante Travaux GC complexes
<b>Coût de matériel</b>	Seulement 4 machines supplémentaires	8 machines supplémentaires	16 machines supplémentaires	8 machines supplémentaires

Il ressort de l'analyse comparative multicritères que la solution consistant à remplacer les accélérateurs aujourd'hui vétustes, et dont le remplacement serait, dans tous les cas, à programmer dans un avenir proche, est la solution optimale. Cette solution permet notamment d'atteindre le niveau de performance requis par l'instruction technique, au moyen d'équipements dont la fiabilité et la maintenabilité sont assurées.



### III.3. STABILITE AU FEU DES STRUCTURE

Voir notice technique en Annexe 3 - Notice protection au feu pour les détails

#### III.3.1. Réglementation appliquée

- Annexe 2 – Circulaire interministérielle n°2000 – 63 du 25 Août 2000
- Guide du CETU : Comportement au feu des tunnels routiers

Pour répondre aux objectifs de sécurité des usagers, des riverains, des services de secours, ainsi que de pérennité des ouvrages, l'Instruction Technique 2000 définit quatre niveaux de résistance au feu, d'exigences croissantes :

- niveau N0 : « Ce niveau correspond à la vérification de l'absence de risque d'effondrement en chaîne en cas de rupture locale. Il est appliqué lorsqu'une rupture locale au droit du foyer n'a pas de conséquence dommageable sur la sécurité des usagers ou des services de secours. »
- niveau N1 : « Ce niveau garantit la résistance de la structure considérée pendant le temps pour l'action des secours. »
- niveau N2 : « Ce niveau s'applique aux installations qui doivent être préservées quelle que soit la violence de l'incendie pendant les temps pour l'évacuation des abris et l'action des secours. »
- niveau N3 : « Ce niveau s'applique aux installations qui doivent résister à l'incendie le plus violent pendant la durée maximale d'incendie. »
- Les niveaux de résistance au feu définis par l'instruction technique 2000 sont les suivants :

Définition des niveaux de résistance au feu pour les tunnels routiers	
Niveaux de résistance	Gabarit $\geq 3,50\text{m}$
N0	absence de risque d'effondrement en chaîne
N1	CN120
N2	HCM 120
N3	CN 240 + HCM 120

Figure 14 - Niveaux de résistance au feu - IT2000

Les courbes CN et HCM appliquées sont décrites dans le diagramme suivant

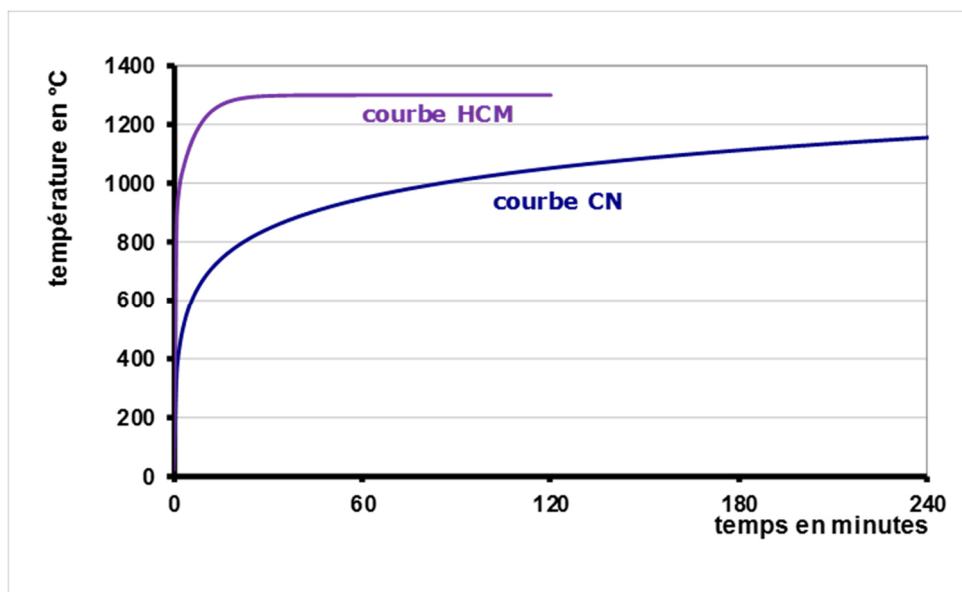


Figure 15 - Courbe t/T CN et HCM

### III.3.1.1. Prise en compte de l'écaillage du béton

L'écaillage est un phénomène qui se matérialise par un détachement progressif et continu, de petits morceaux de béton expulsés avec force du parement exposé au feu. Ces écaillages de quelques centimètres de diamètre et de quelques millimètres d'épaisseur, assimilables à des copeaux minces, sont observés dès les premiers instants d'exposition aux effets du feu et pendant toute la durée de l'incendie. Ainsi, l'épaisseur de l'élément en béton diminue de manière permanente et quasi linéaire durant toute la durée de l'exposition au feu, étant précisé que la présence d'armatures métalliques ne modifie en rien les effets observés. Ce phénomène, extrêmement complexe, dépend de nombreux paramètres telles que la composition du béton, la nature des granulats, sa teneur en eau, sa compacité, mais également la géométrie des éléments structuraux, les contraintes mécaniques qui s'exercent ainsi que les actions thermiques qui s'exercent sur l'ouvrage.

Comme le précisent l'Instruction technique et les guides méthodologiques du CETu relatifs au comportement au feu des tunnels routiers, il n'existe pas, dans l'état actuel des connaissances scientifiques, de modèles prédictifs de l'écaillage du béton dont la fiabilité soit démontrée. Ainsi, seuls des essais de performance permettent de déterminer les épaisseurs de béton écaillé à prendre en considération. Ceci étant, ces essais étant très lourds à mettre en œuvre, une approche pragmatique consiste à procéder à l'évaluation des performances de résistance au feu, dans un premier temps sans prise en compte de l'écaillage, puis avec prise en compte d'une épaisseur forfaitaire, étant précisé que dans le cas où le niveau de résistance au feu prescrit par la réglementation est atteint, un essai de performance doit être effectué afin de vérifier la pertinence de la valeur forfaitaire retenue, et si besoin, reprend les calculs avec les données mesurées lors des essais. Bien que ces valeurs ne reposent sur aucun fondement scientifique, il est communément admis en première approche, pour des bétons traditionnels peu compacts, de retenir une valeur d'écaillage du béton comprise entre 30 et 50 mm, ces valeurs devant ensuite être confirmées par des essais. Ainsi, la méthodologie d'évaluation proposée, qui s'appuie sur une démarche progressive destinée à éviter autant que possible la réalisation d'essais très lourds, est illustrée sur le logigramme ci-dessous.

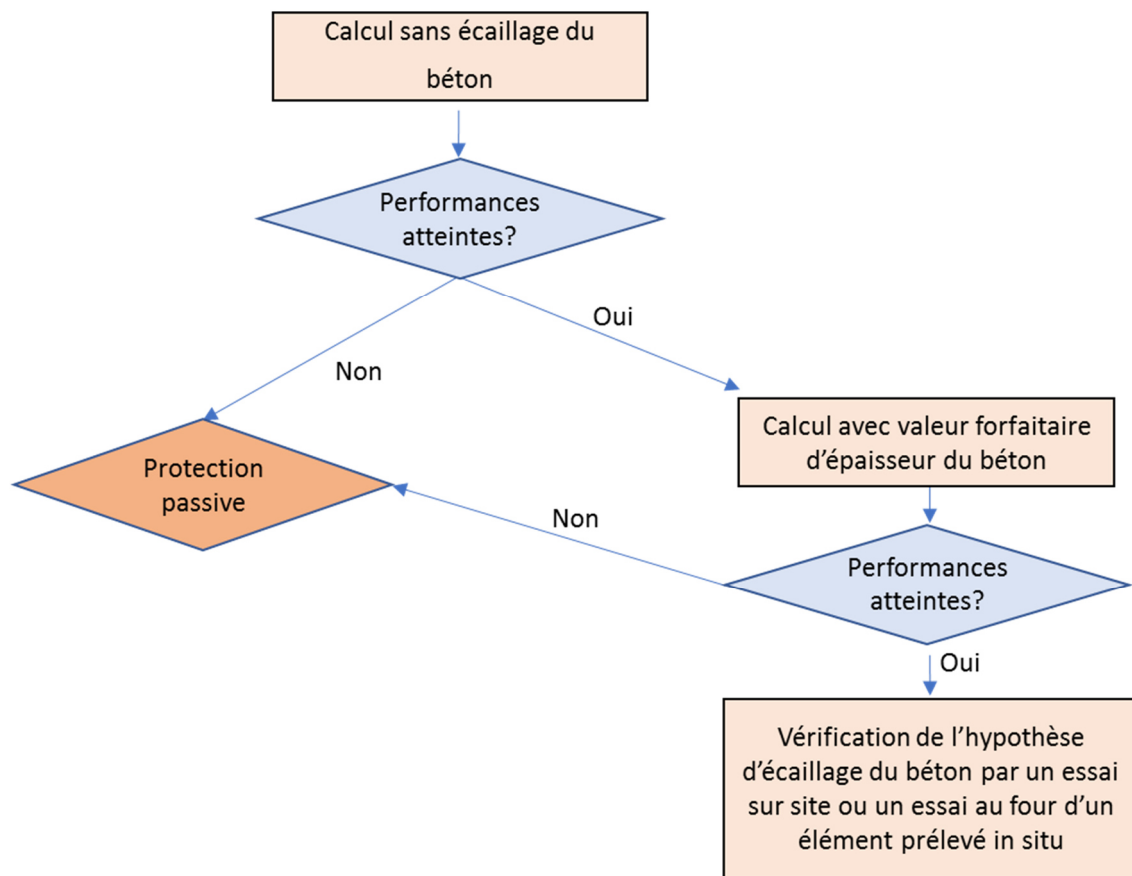


Figure 16 - Prise en compte de l'écaillage

### III.3.2. Objectifs de la mission

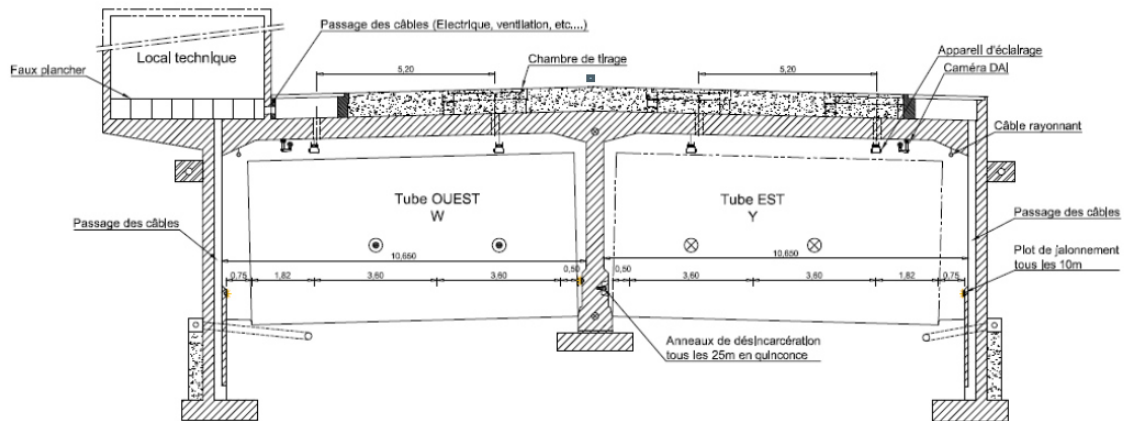
La mission comprend les études de résistance au feu et la mise en œuvre de la protection au feu des ouvrages destinées à conférer aux ouvrages les performances de résistance au feu requises par l'Instruction Technique, annexée à la circulaire 2000-63.

La mission comprend :

- les études pour évaluer la résistance au feu des structures des ouvrages sous courbes température/temps CN et HCM ;
- la définition des zones à protéger et leur niveau de protection ;
- la mise en œuvre des protections définies en phase étude.

### III.3.3. Situation existante

La Tranchée couverte de Taverny est constituée d'un double portique avec trois piédroits qui reposent chacun sur une semelle. Ceux-ci supportent une dalle de couverture d'une épaisseur de béton d'environ 60 cm d'épaisseur. L'épaisseur du piédroit central est d'au moins 50 cm et celles des piédroits latéraux de l'ordre de 0,60 m et 0,68 m.



La tranchée couverte de Taverny supporte essentiellement des espaces publics, et intercepte localement deux voiries locales orthogonales à l'ouvrage :

- la rue de Sedlcany, au Sud,
- la rue de Beauchamp au Nord,



- La Tranchée couverte de Taverny comprend donc une section courante et trois sections singulières qui nécessitent une analyse spécifique.
- Le Programme indique qu'a priori le niveau N1 est requis à l'exception des points singuliers, sous les voiries de surface traversantes et au droit du local technique, qui requièrent un niveau N3. Par ailleurs, la pièce 3 du Dossier de Sécurité recommande un niveau de résistance au feu N2 au droit des issues de secours.

### III.3.4. Niveaux de résistance au feu attendus

Nous avons procédé à une analyse approfondie des différents éléments de l'Ouvrage et les exigences de résistance au feu à atteindre vis-à-vis de la réglementation (§4.2 de la Circulaire Interministérielle n.2000-63 du 25.08.2000) . Les différents éléments sont présentés ci-dessous.

#### III.3.4.1. Structures supportant des espaces publics

En section courante, les structures principales de la tranchée couverte supportent principalement des espaces verts et des zones de détente et de promenade accessibles au public, en particulier une aire de jeux pour enfants.



*Figure 17 - Aire de jeu au-dessus de la tranchée couverte*

Nous souscrivons pleinement à l'analyse figurant dans le programme de l'opération, qui conclut à la nécessité d'atteindre le niveau N1 pour les ouvrages de la section courante.

Toutefois, nous attirons également l'attention du Maître d'ouvrage, sur l'existence d'une forme de « jurisprudence » induite par les avis du Comité d'Évaluation de la Sécurité des Tunnels Routiers (CESTR) et ceux de la Commission Nationale d'Évaluation de la Sécurité des Ouvrages Routiers (CNESOR) qui considère, pour des configurations structurales équivalentes à celle de la Tranchée couverte de Taverny, **que le niveau N1 (CN 120) est acceptable sous réserve que la durée des stabilité au feu des structures sous un feu développement rapide (HCM) soit supérieure à la durée de fermeture et d'évacuation des zones en interfaces.**

A titre d'exemple, si la durée de fermeture et d'évacuation des espaces accessibles au public situés au-dessus de la tranchée couverte est de 45 min, alors la CNESOR préconisera une durée de stabilité au feu minimale CN 120 (N1) et HCM 45.

C'est la raison pour laquelle la durée de stabilité au feu sous courbe HCM doit également être déterminée lors des études d'avant-projet.

### III.3.4.2. Structures concourant à la stabilité du tube sain

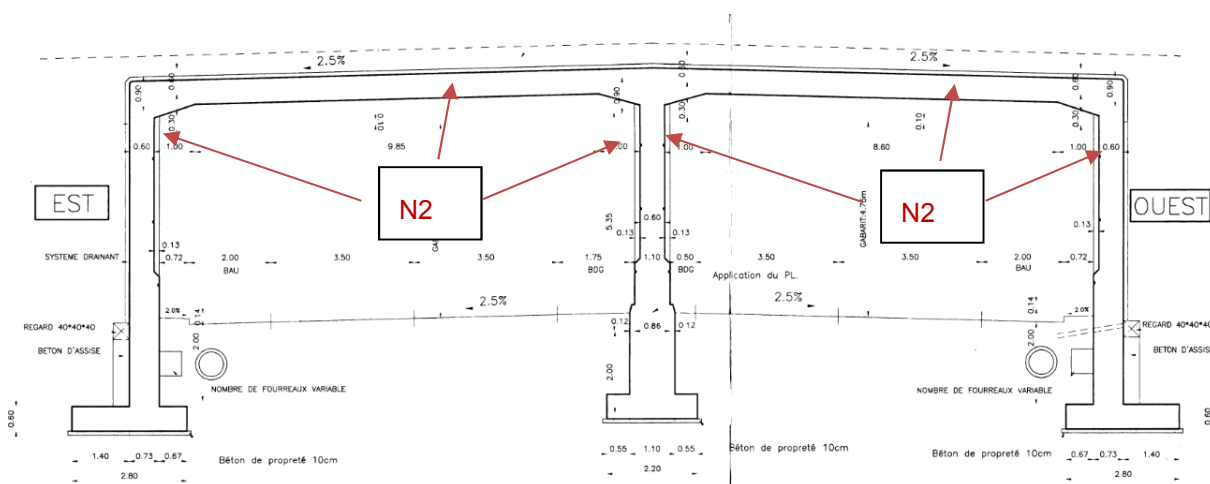
L'Etude Spécifique de Dangers (cf. Pièce 3 du Dossier de Sécurité) prescrit, en cas d'incendie, de maintenir le tube sain en exploitation, celui-ci pouvant être emprunté par les forces de lutte contre l'incendie.

C'est la raison pour laquelle la **structure principale qui assure la stabilité du tube sain et la séparation inter-tubes doivent être préservée au niveau N2 (HCM 120)** afin de répondre à l'exigence formalisée au paragraphe 4.3.1 de l'Instruction Technique :

« ...

*Le niveau N1 s'applique aussi lorsque la structure est nécessaire pour maintenir la stabilité d'un autre tube ou la séparation avec celui-ci, lorsqu'il existe par ailleurs des communications directes avec l'extérieur. La structure devra alors présenter respectivement une stabilité au feu ou un degré coupe-feu de ce niveau.*

*Dans tous les cas ci-dessus, il sera nécessaire de prévoir des mesures pour interdire en un temps court la circulation sur la voie portée ou dans le second tube. **Si cela n'est pas possible, ou si la stratégie d'intervention nécessite de préserver la voie portée ou le second tube, un niveau plus élevé de résistance au feu sera retenu.***



### III.3.4.3. Zones singulières (Rue Beauchamp et Rue Sedlcany)

Le Programme indique que les structures principales de la tranchée couverte doivent permettre au droit des sections singulières qui croisent la rue de Beauchamp et la Rue de Sedlcany, de préserver ces voiries au niveau de résistance au feu N3 (CN 240 et HCM 120).

Effectivement, ces voiries situées au-dessus du tunnel pouvant être utilisées par les services de secours, il est nécessaire de pouvoir les maintenir en service ; dans ce cas, l'Instruction Technique prescrit le niveau N2 comme précisé au paragraphe 4.2.2 de l'Instruction technique :

« La résistance au feu exigée des structures et des équipements vise les principaux objectifs suivants : ....

- ne pas mettre en danger les services de secours, et notamment les pompiers, pendant le temps pour l'action des secours, fixé à 120 minutes.

*Niveau N2 : Ce niveau correspond à l'exigence HCM 120. Il s'applique aux installations qui doivent être préservées quelle que soit la violence de l'incendie pendant les temps pour l'évacuation des abris et l'action des secours.*

Les structures principales de la tranchée couverte doivent donc permettre, au droit des sections singulières, qui croisent la rue de Beauchamp et Sedlcany de préserver ces voiries. C'est la raison pour laquelle nous préconisons un niveau de résistance au feu à **minima N2 (HCM 120)** pour les plots 5 et 18.

#### III.3.4.4. Section au droit du local technique

Les structures principales de la tranchée couverte sont en interaction avec celles du local technique, lequel abrite des installations, notamment l'alimentation en énergie, nécessaire au fonctionnement des équipements de sécurité de l'ouvrage. Ces installations devant résister à l'incendie le plus violent pendant la durée maximale du feu, les structures principales **doivent répondre à l'exigence de niveau N3, à savoir une résistance d'une durée de 240 min** sous un feu à développement progressif représenté par la courbe température/temps **CN** et **une 120 min** sous un feu à développement rapide, représenté par la courbe HCM.

#### III.3.4.5. Zones au droit des issues de secours

La pièce 3 du Dossier de Sécurité recommande un niveau de **résistance au feu N2** au droit des issues de secours.

III.3.4.6. Synthèse des exigences

A la vue de l’analyse réalisée, les exigences identifiées sont identifiées ci-dessous :

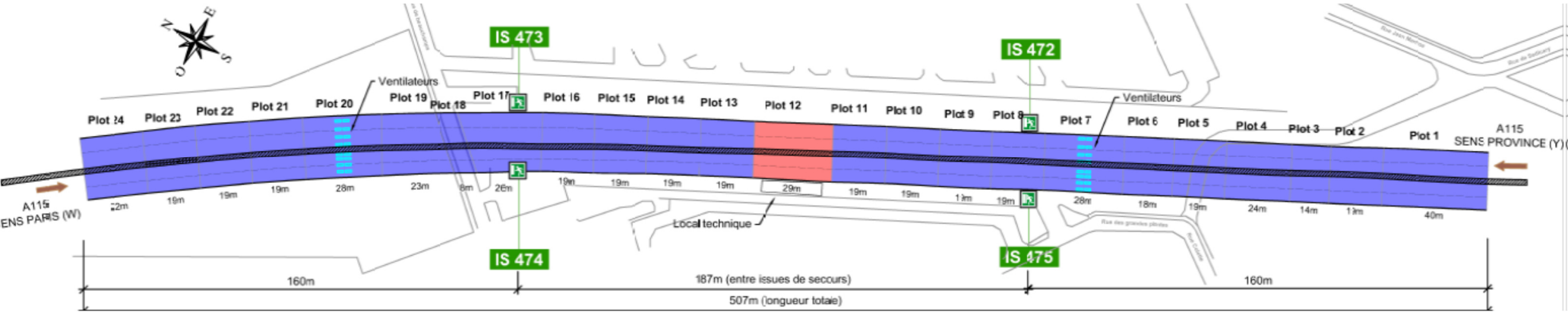


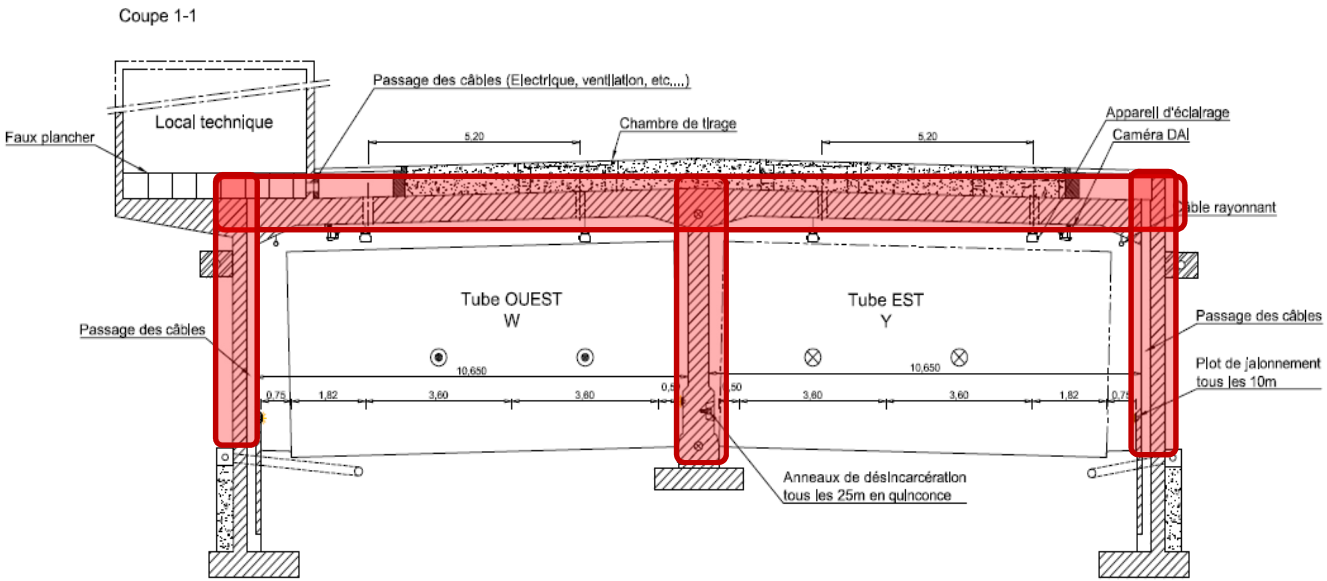
Figure 18 - zones à protéger

Section	Partie de l'ouvrage	Préconisation MOE
Section courante (17 plots sur 24)	Plafond	N2
	Piédroits latéraux	
	Piédroit central	
Section au-dessous de la rue Beauchamp (plot n.18)	Plafond	N2
	Piédroits	
Section au-dessous du local technique (plot n.12)	Plafond	N3
	Piédroits	
Section au-dessous de la rue Sedlcany (plot n.7)	Plafond	N2
	Piédroits	
Section au droit des issues de secours (plot n. 8 et 17)	Plafonds	N2
	Piédroits	

LEGENDE	
	Niveau de résistance inconnu
	Niveau N0 (CN60/HCM40)
	Niveau N1 (CN120)
	Niveau N2 (HCM120)
	Niveau N3 (CN240/HCM120)

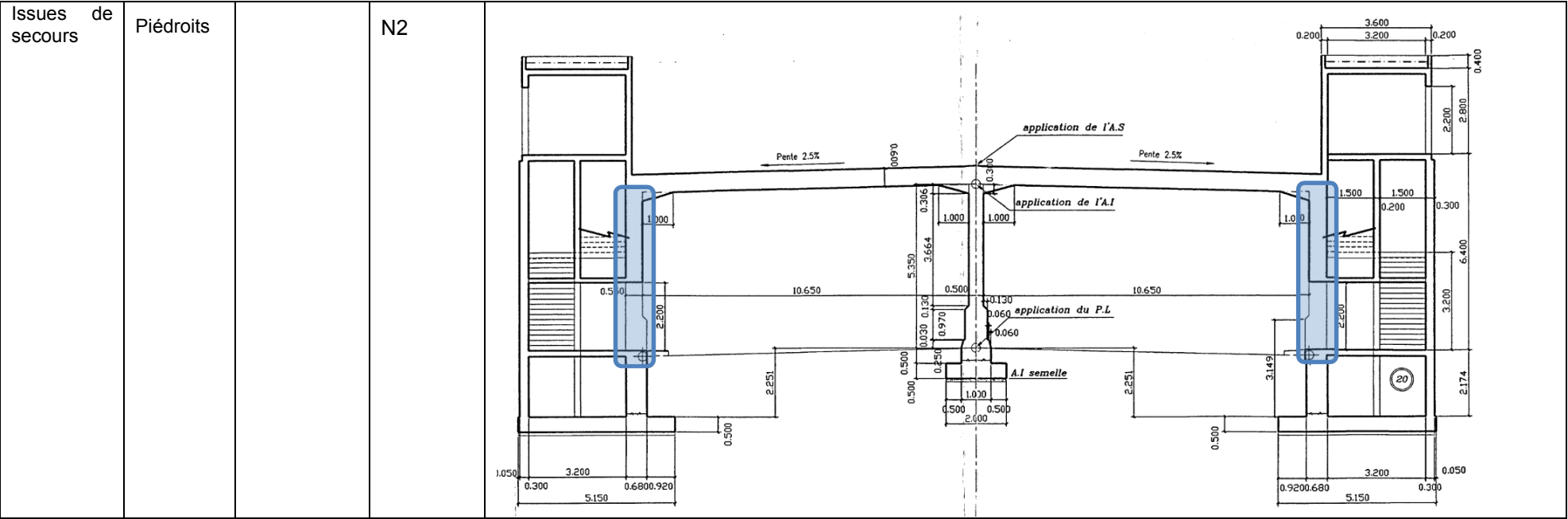
Ouvrage à protéger	Eléments	Localisation incendie	Niveau de protection exigé	Coupes
Tunnel et espaces verts au-dessus de l'ouvrage	Plafond + pignons latéraux		N2	

Tunnel – deuxième tube	Piédroit central	Incendie dans le tunnel	N2	
	Rue Beauchamp		N2	

Local technique (plot n.12)	Plafond + Piédroits		N3	

Rue  
Sedlcany

Plafond



### III.3.5. Etudes antérieures

Dans le cadre de la rédaction du DS de la tranchée couverte de Taverny, deux études concernant la résistance au feu de l'ouvrage ont été réalisées :

- Etude de résistance au feu de la tranchée couverte de Taverny - Aout 2005 - M.Pasquier,
- Etude de résistance au feu de la tranchée couverte de Taverny - Juillet 2014 - P. Peyrac.

Nous avons pris connaissance de ces études qui respectent les dispositions du Guide Comportement au feu des tunnels routiers du Cetu et nous les avons analysés dans le cadre de la mission DIAG.

Les résultats sont indiqués dans le tableau ci-dessous :

Section	Partie de l'ouvrage	Impact	Scénario étudié	Durée de stabilité au feu CN [min]	Durée de stabilité au feu HCM [min]	Exigence de résistance au feu
Section courante (17 plots sur 24)	Plafond	-	Incendie généralisé	60	40	N2
	Piédroits latéraux	-		60	40	N2
	Piédroit central	-		60	40	N2
Section au-dessous de la rue Beauchamp (plot n.18)	Plafond	Rue Beauchamp		Non évalué	Non évalué*	N2
	Piédroits			Non évalué	Non évalué	N2
Section au-dessous du local technique (plot n.12)	Plafond	Local technique		60	40	N3
	Piédroits			60	40	N3
Section au-dessous de la rue Sedlcany (plot n.7)	Plafond	Rue Sedlcany		60	40	N2
	Piédroits			60	40	N2
Section au droit des issues de secours (plot n. 8 et 17)	Plafonds	Issues de secours		60	40	N2
	Piédroits			60	40	N2
Section au droit des accélérateurs (plots n. 7 et 20)	Plafonds	-		Non évalué	Non évalué	N2
	Piédroits	-		Non évalué	Non évalué	N2

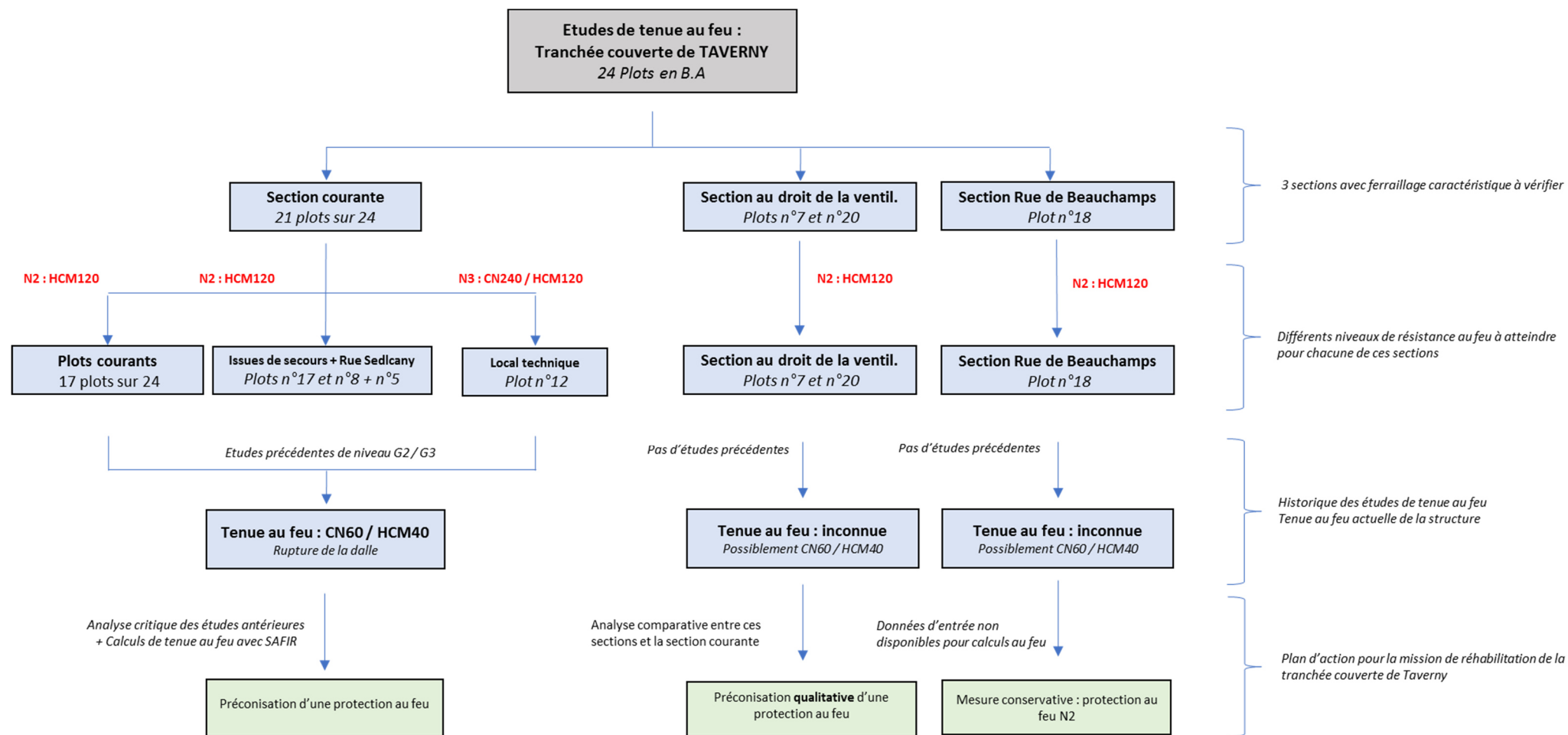
Tableau 3 - Résultats études antérieures

\*Absence de plans concernant la nomenclature du ferrailage du plot n.18

Les plans de ferrailage concernant la section au droit de la rue Beauchamp n'ont pas été repérés dans les archives de la DIRIF.

Nous avons procédé donc à une analyse des études antérieures validées par le biais de contre calculs au moyen du logiciel Safir.

Le plan d'action mis en place dans le cadre de l'AVP est présenté dans le logigramme suivant :



### III.3.6. Etudes réalisées par Lombardi

Les études sont présentées sous forme de notes de calcul en annexe du présent rapport. Les notes présentent notamment :

- Une analyse comparative entre les études antérieures et la présente mission afin de valider les hypothèses et les résultats précédents,
- Réalisation de calculs par le biais du logiciel Safir,
- Résultats et conclusions de l'étude présentés dans le tableau :

Section	Partie de l'ouvrage	Impact	Scénario	Durée de stabilité au feu CN [min]	Durée de stabilité au feu HCM [min]	Niveau requis	Protection au feu
Section courante	Plafond	-	Incendie généralisé dans un tube	60	40	N2	Oui
	Piédroits	-		240	<120 avec écaillage	N2	Oui
	Mur central	-		240	120	N2	Non
Section au-dessous de la rue Beauchamp	Plafond	Rue Beauchamp		Non évalué	Non évalué	N2	Oui
	Piédroits			Non évalué	Non évalué	N2	Oui
	Mur central			Non évalué	Non évalué	N2	Non
Section au-dessous du local technique	Plafond	Local technique		60	40	N3	Oui
	Piédroits			240	<120 avec écaillage	N3	Oui
	Mur central			240	120	N3	Non
Section au-dessous de la rue Golette	Plafond	Rue Sedlcany		60	40	N2	Oui
	Piédroits			240	120	N2	Oui
	Mur central			240	<120 avec écaillage	N2	Non
Section au droit des issues de secours	Plafonds	Issues de secours		60	40	N2	Oui
	Piédroits			240	120	N2	Oui
	Mur central			240	<120 avec écaillage	N2	Non

Tableau 4 - Résultats études résistance au feu

### III.3.7. Solutions envisagées

Les solutions envisagées pour les différentes parties de l'ouvrage sont représentées par la typologie de protection passive à mettre en place :

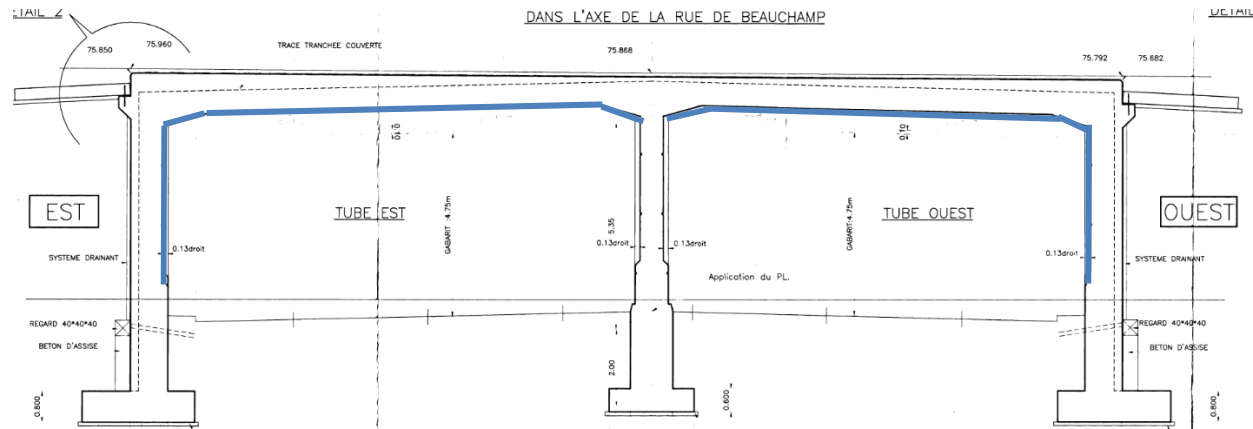
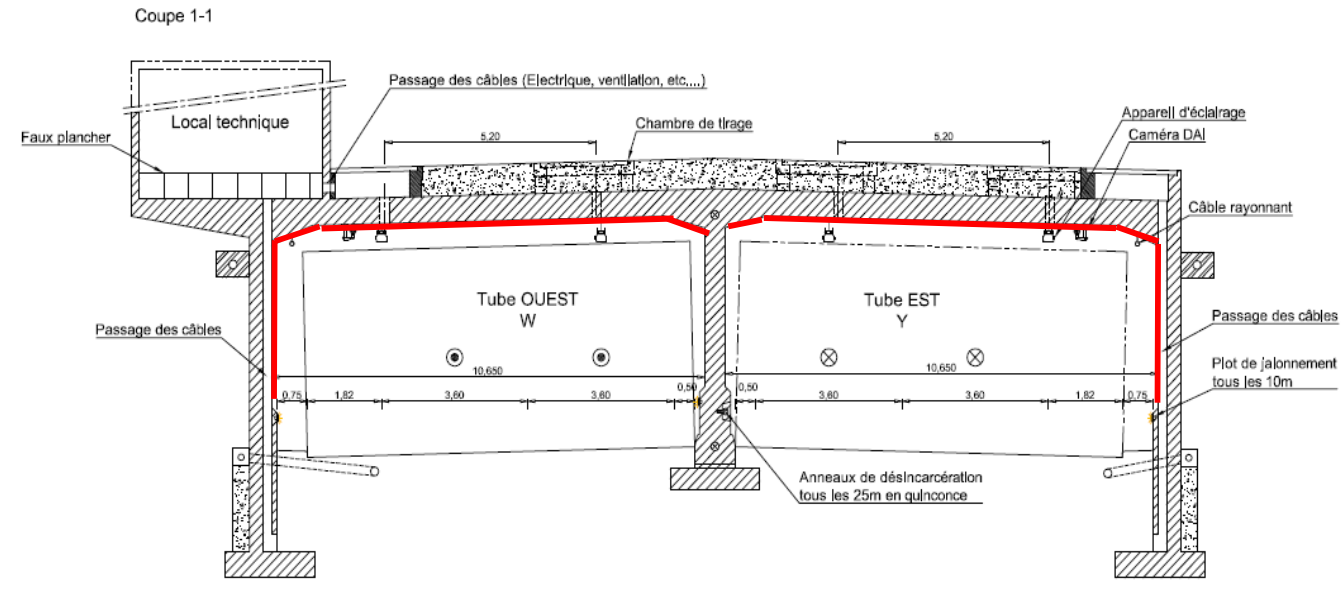
- protection passive au moyen de plaque de parement en alumino-silicate de calcium ou équivalent,
- mortier projeté, à base de ciment, mis en œuvre par voie humide.

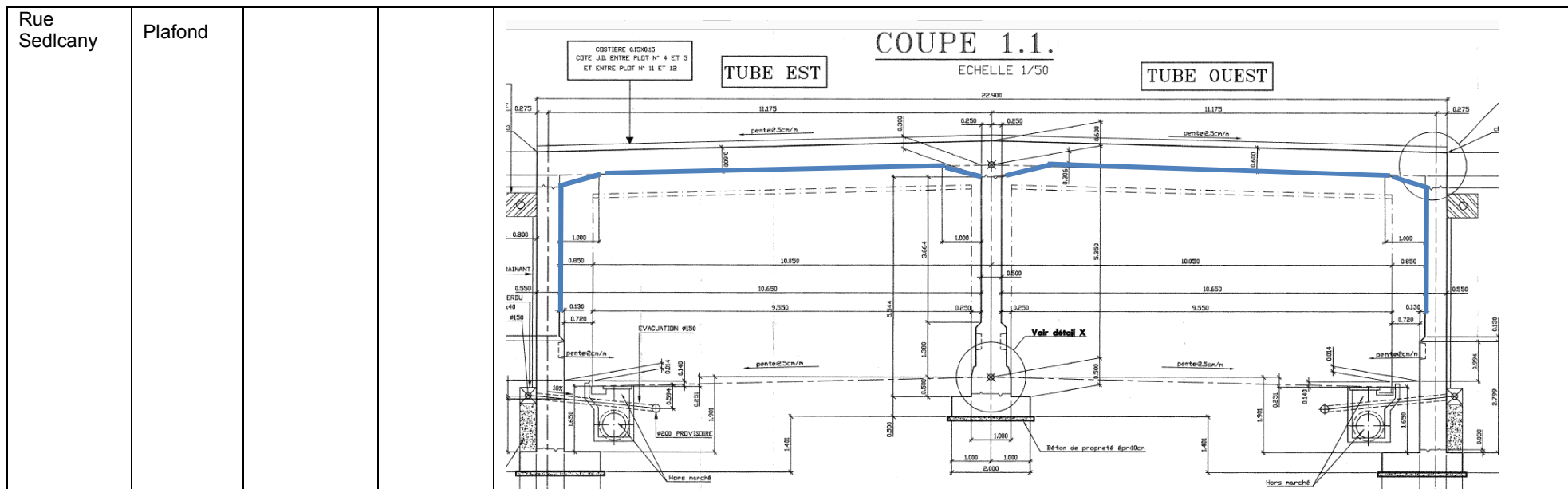
	<b>Sol 1 (Plaques alumino-silicate de calcium)</b>	<b>Sol2 (mortier projeté)</b>
<b>Conformité IT</b>	Respecte l'IT	Respecte l'IT
<b>Complexité technique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'épaisseur de la plaque est simple à contrôler</li> <li>- Pas besoin de décaper ou nettoyer la surface</li> <li>- pas de temps de séchage"</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Difficulté dans le contrôle de l'épaisseur mis en place par l'ouvrier.</li> <li>- Nécessaire une préparation de la surface</li> <li>- temps de séchage du béton à prévoir"</li> </ul>
<b>Impact exploitation lors des travaux</b>	Rapidité de mise en place sous coupure de voie	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rapidité de mise en place sous coupure de voie.</li> <li>- Temps de séchage à prévoir"</li> </ul>
<b>Maintenance</b>	En cas de besoin, il est facile et rapide de déposer et remplacer une plaque sans créer de désordre. L'incidence financière est réduite au minimum	La réparation et/ou le renforcement de la protection sont compliquées. Il s'agit de remettre en place le chantier, préparer le produit avec les mêmes caractéristiques et le projeter
<b>Contraintes techniques/mécaniques</b>	Aucune	Aucune
<b>Coût</b>	+	++

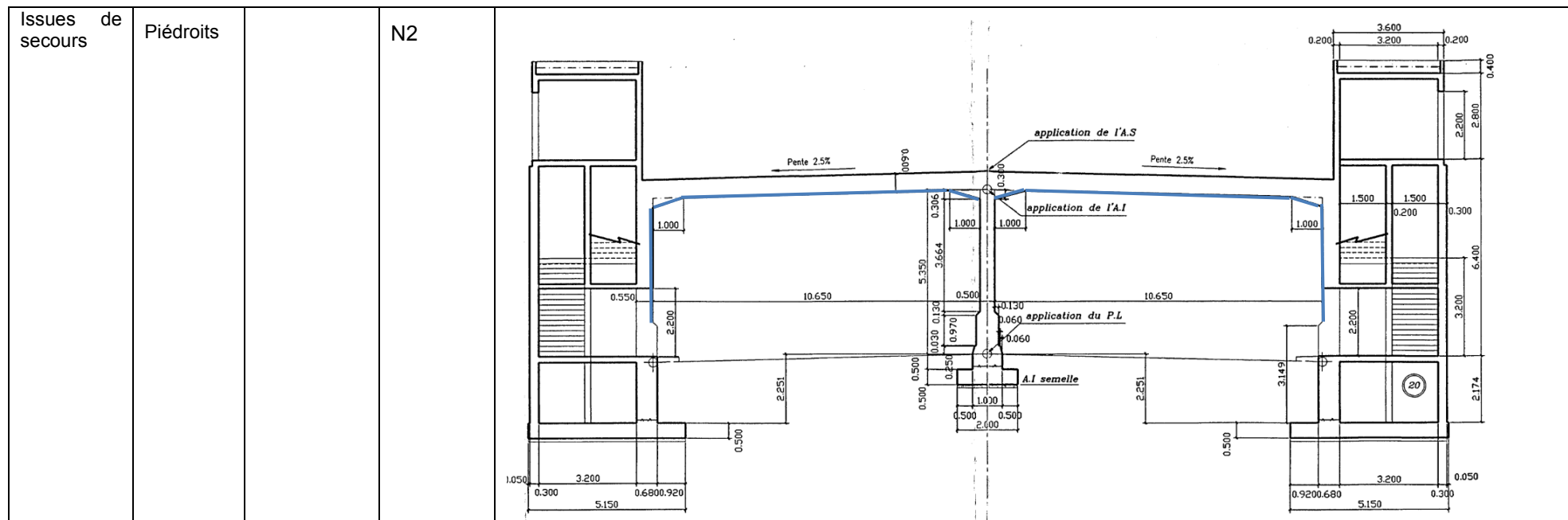
Vu la forme simple et régulière de la structure à protéger nous préconisons l'utilisation d'une protection passive par plaques. La rapidité d'exécution permet de coupures de voies limitées et d'écarter la problématique concernant le séchage du mortier.

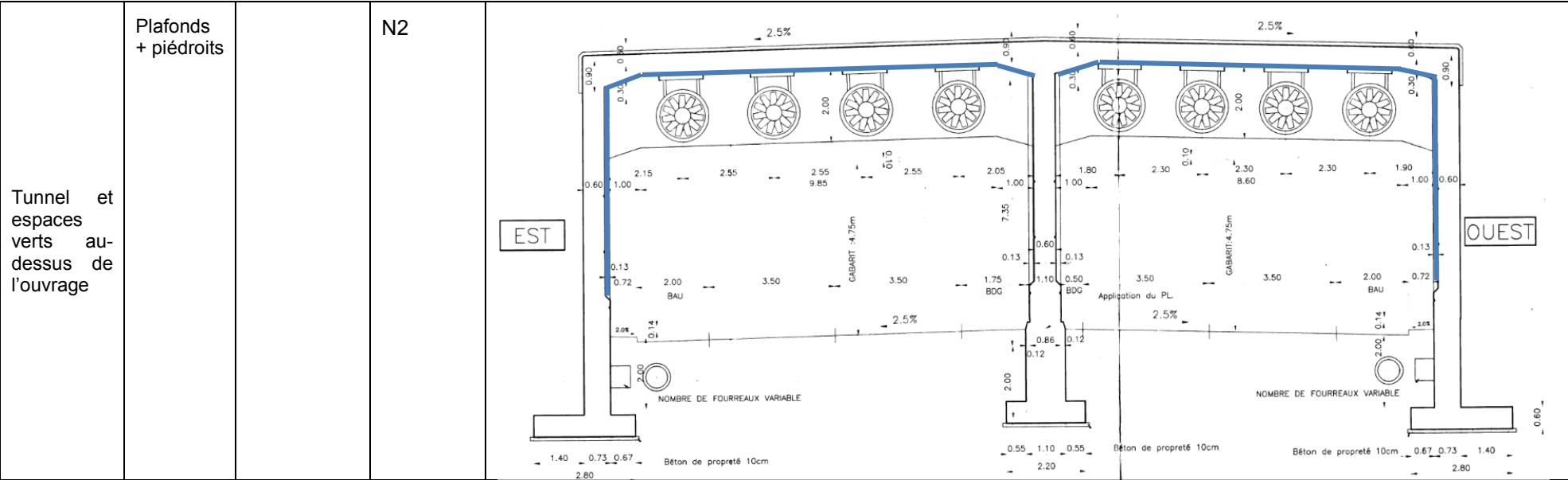
Les éléments structuraux protégés sont indiqués dans le tableau suivant :

Ouvrage à protéger	Eléments	Localisation incendie	Niveau de protection exigé	Coupes
Tunnel et espaces verts au-dessus de l'ouvrage	Plafond + pignons latéraux		N2	

Rue Beauchamp	Plafond + Piédroits	Incendie dans tunnel	N2	
Local technique (plot n.12)	Plafond + Piédroits		N3	







### III.4. ISSUES DE SECOURS

#### III.4.1. Réglementation appliquée

- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>- Annexe 2 – Circulaire interministérielle n°2000 – 63 du 25 Août 2000</li><li>- Guide du CETU : Ventilation des ouvrages d'évacuation et d'accès des secours en tunnel routier</li><li>- CETU : Amélioration de la prise en compte des PMR. Eléments de réflexions</li></ul> |
|---|
- Pour les tunnels dont la chaussée est à moins de 15 m de la surface du sol, notamment les tranchées couvertes, les aménagements pour l'évacuation et la protection des usagers et l'accès des secours seront constitués par des communications directes avec l'extérieur.
  - Accessibles aux seuls piétons, ces communications devront avoir au minimum une largeur de 1,40 m et une hauteur de 2,20 m. Elles seront séparées du tunnel par un sas d'au moins 5 m<sup>2</sup> de surface au sol. Les portes dégageront au moins une largeur de 0,90 m et une hauteur de 2 m et s'ouvriront toutes dans le sens tunnel vers extérieur.
  - Communications et sas devront permettre le passage d'un brancard de 0,70 m de largeur et 2,30 m de longueur. Les deux portes du sas pourront être ouvertes simultanément pour permettre le passage d'un brancard.
  - Les communications ne devront pas pouvoir être empruntées depuis l'extérieur par des personnes non autorisées.

Concernant la valeur de la surpression qui sera établie dans les issues de secours, nous recommandons de se conformer au guide CETu qui justifie la dérogation à l'IT :

« L'instruction technique [1] demande une surpression de « 80 Pa environ ». Cependant, en pratique, une telle surpression rend assez difficile l'ouverture des portes par une personne aux moyens physiques limités. De plus, la surpression effective peut différer de celle mesurée à la mise en service. Les conditions de ventilation du tunnel, mais aussi la dégradation de l'état général et du réglage des différents équipements peut faire varier la surpression dans les deux sens, et éventuellement conduire à des valeurs trop élevées. La dégradation du fonctionnement de la serrurerie peut également accroître la difficulté d'ouverture de la porte au cours du temps. En conséquence, il est préférable de dimensionner les équipements sur la base d'une surpression nominale de 40 à 50 Pa, en prenant en compte une augmentation possible jusqu'à 80 Pa. La valeur de 40 Pa dimensionnera les clapets de décompression et celle de 80 Pa le ventilateur (voir ci-dessous).

Cette réduction de la surpression ne dégrade pas le niveau de sécurité car la pénétration ou non de fumée dans l'issue dépend du débit de ventilation, et non de la surpression. ».

##### III.4.1.1. Aménagements PMR

En l'absence de réglementation spécifique relative à l'accessibilité des issues de secours aux personnes à mobilité réduite, nous préconisons d'appliquer le guide du CETU relatif l'amélioration de la prise en compte des PMR. L'enjeu ici est d'améliorer le passage des personnes en fauteuil roulant.

Les différentes configurations présentées dans le guide du CETU sont présentées ci-dessous :

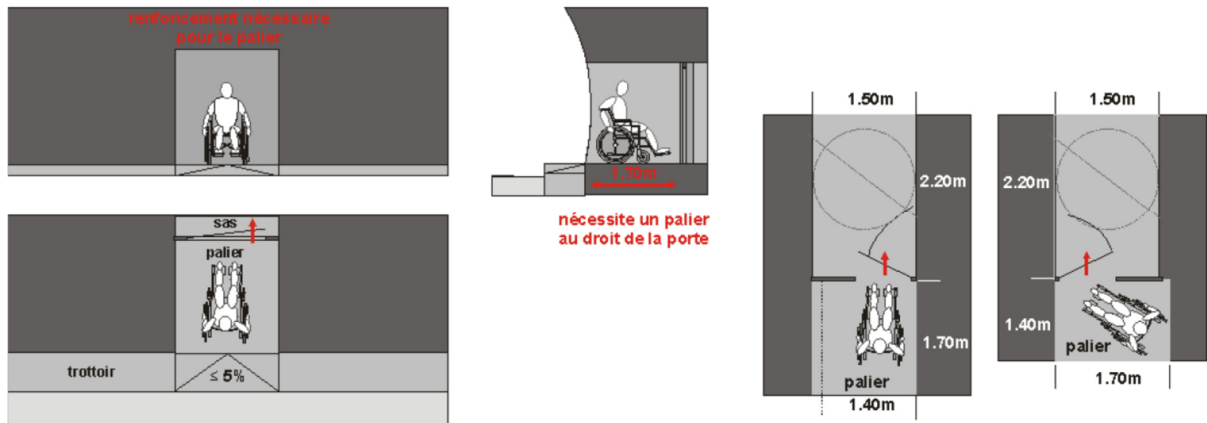


Figure 19 - Guide CETU: Configurations PMR

Les hypothèses que nous avons pris en considération concernant la pente d'accès sont les suivantes :

- 12% sur 50cm
- 8% sur 2m

### III.4.2. Objectifs du programme

La mission comprend :

- l'étude de la faisabilité des aménagements nécessaires pour créer des espaces d'attente conformes aux exigences de la réglementation dans les issues de secours ;
- l'étude de la faisabilité de la création d'un sas dans les issues existantes ;
- les études de conception correspondantes ;
- la mise en œuvre des aménagements suite aux études effectuées, y compris la nouvelle entrée des locaux techniques et la réfection des portes ;
- la mise en place d'un système de sécurité renforcé d'accès des issues de secours par l'extérieur.

Dans le cadre de notre mission, l'objectif est donc de concevoir un SAS pressurisé afin d'améliorer les conditions d'accessibilité pour les personnes en fauteuil roulant en créant une zone d'attente à l'intérieur du SAS et faciliter l'accès en abaissant la pente au droit de l'entrée.

### III.4.3. Situation existante

La tranchée couverte de Taverny compte 2 issues de secours par sens à l'intérieur de l'ouvrage. Elles sont situées à 160 m des têtes et sont donc inter-distances de 187 m. Les 4 issues présentes à l'intérieur de l'ouvrage (deux issues sont présentes à l'extérieur de l'ouvrage et ne font pas partie de la présente mission sont nommées IS 472, IS473 IS474 et IS475. Elles sont indiquées dans le plan ci-dessous :

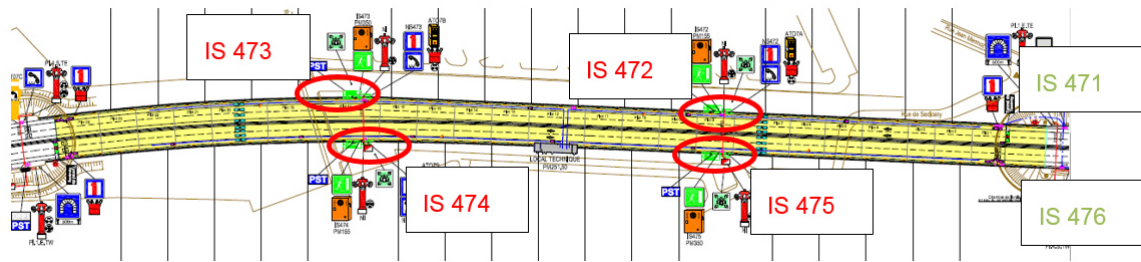


Figure 20 - Plan de situation des Issues

#### III.4.3.1. Accessibilité des PMR

Les issues de secours sont accessibles aux PMR. Les trottoirs ont été rabaissés au droit des portes d'évacuation par la création de « bateaux ». Néanmoins, dans son avis du 29 janvier 2015, la CNESOR a émis une réserve et demande « d'améliorer les conditions d'accessibilité aux issues de secours pour les personnes à mobilité réduite (PMR) utilisatrices de fauteuil roulant ». Il s'agit donc d'analyser différentes solutions pour :

- Créer un espace d'attente pour les PMR,
- Améliorer l'accessibilité du PMR dans l'issue.

#### III.4.3.2. Génie civil

Les quatre issues de secours ont une configuration similaire et seront traitées dans leur ensemble. Les solutions présentées dans la suite du paragraphe sont valables pour les quatre issues.

En général la configuration standard de l'issue est la suivante :

- Largeur : 1,50m,
- Profondeur : 3,50m,
- H : 2,20m (sous dalle).



### III.4.3.3. Equipements

#### Travaux envisagés dans l'IS472 :

- Déplacement des TD PST vers le fond du local (suivant la solution retenue pour la création de la zone d'attente PMR)
- Démolition du mur de séparation existant entre l'issue de secours et le local PST pour créer l'espace d'attente PMR (suivant la solution retenue)
- Rebouchage de la moitié de la trémie existante dans le local PST (suivant la solution retenue)
- Création du SAS avec mise en place des portes
- Mise œuvre du surpresseur et des gaines et création de la prise d'air et des ouvertures associées
- Création d'une ouverture entre le SAS et la niche incendie et mise en place du clapet de décompression N2 sur celle-ci côté niche incendie.
- Remplacement du néon situé au niveau du linteau de la porte d'accès à l'issue de secours
- Remplacement des joints d'étanchéités des portes

#### Travaux envisagés dans l'IS 473 :

- Idem IS 472
- Remplacement d'une colonne verte de balisage de la porte d'accès à l'issue de secours
- Réglage de la porte donnant sur l'extérieur à prévoir, pour éviter que celle-ci ne frotte sur le sol

#### Travaux envisagés dans l'IS 474 :

- Idem IS 472
- Remplacement complet des colonnes vertes de balisage de la porte d'accès à l'issue de secours.

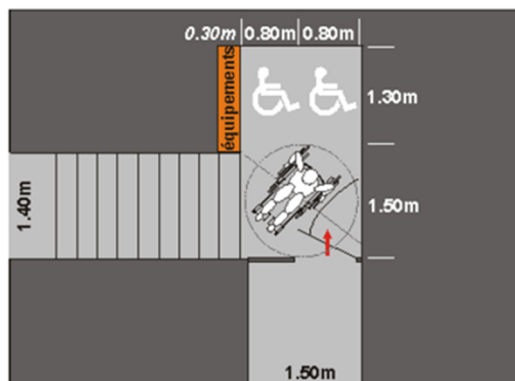
#### Travaux envisagés dans l'IS 475 :

- Idem IS472
- Remise en état des chevrons de signalisation lumineux
- Remise en état de l'éclairage général de balisage et d'entrée de l'issue de secours.

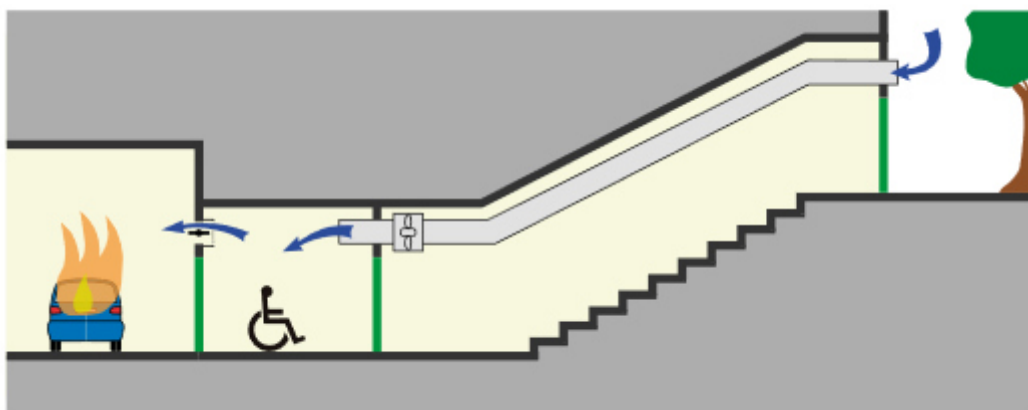
### III.4.4. Solutions et configurations proposées

Nous avons analysé trois solutions différentes afin d'atteindre les exigences de l'IT2000 ainsi que celles du programme de l'opération. Les solutions proposées doivent atteindre les objectifs suivants :

- Création d'une espace d'attente pour une personne en fauteuil roulant dans le respect des normes concernant les PMR. La configuration à respecter afin de garantir l'espace de manœuvre est la suivante :



- Création d'un SAS en surpression :



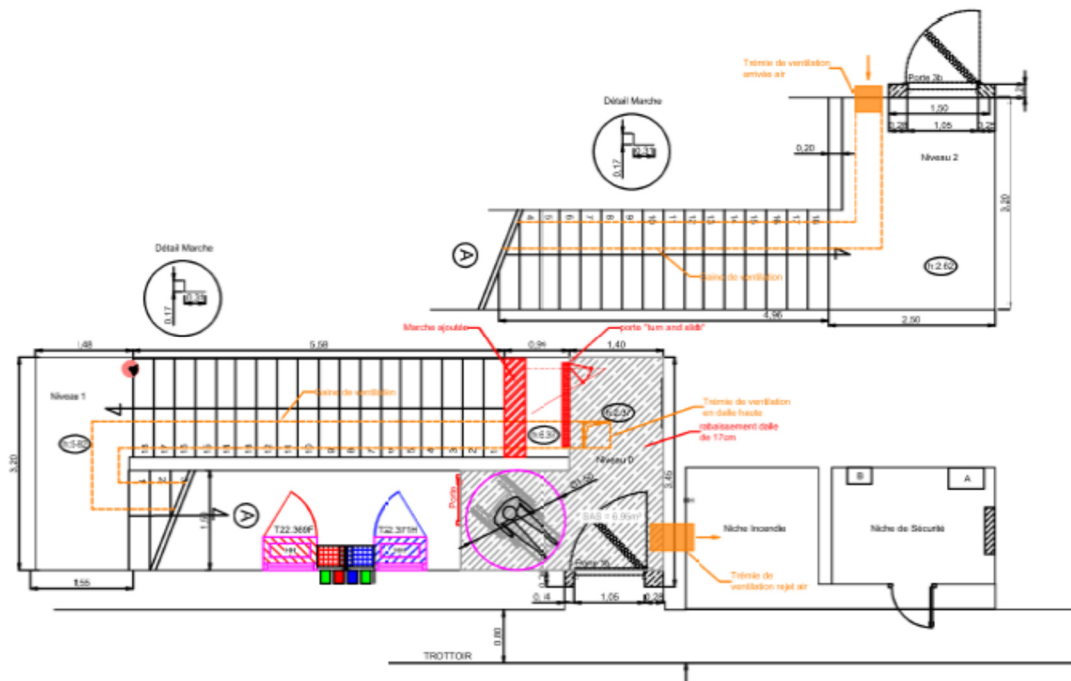
- Améliorer l'accès d'une personne en fauteuil roulant dans l'issue de secours en diminuant la pente à l'entrée. La pente existante est d'environ le 23%. Afin d'améliorer l'accessibilité de personnes en fauteuil roulant, la pente devrait être du 8% sur 2m et 12% sur 0,50m.



Figure 22 Entrée issue de secours

### Solution n. 1 - Création d'une zone d'attente pour les PMR + sas

Cette solution permet d'atteindre les exigences de l'IT2000 en créant un sas surpression ainsi que la zone d'attente pour les PMR.

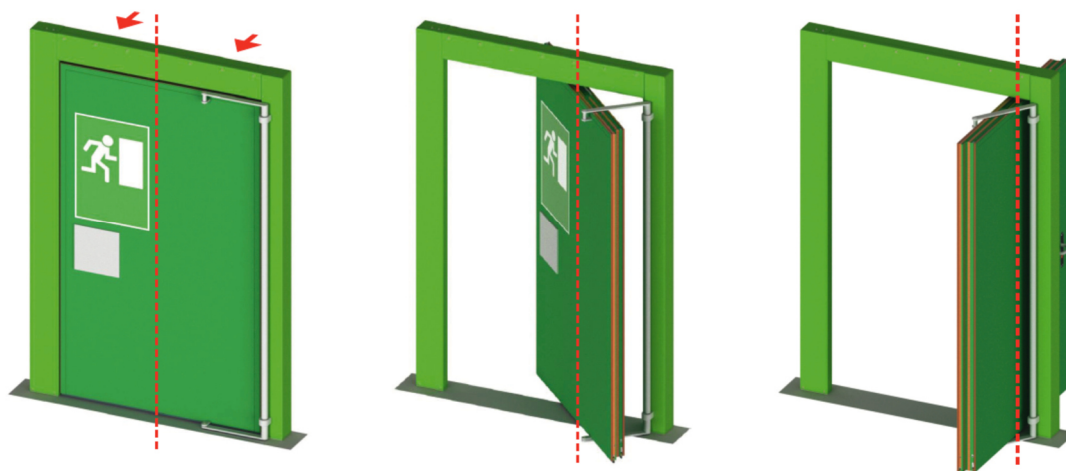


Les travaux à prévoir sont les suivants :

- Démolition et création du mur du local technique. La nouvelle porte à installer devra être étanche à l'air afin de permettre la mise en surpression du sas,
- Prolongation de la dalle du sas afin de créer un espace étanche,
- Dépose de la grille métallique et rebouchage de la moitié de la trémie,



- Mise en place d'une deuxième porte étanche à l'air pour la sortie du SAS. Cette porte, vu l'espace restreint à cause de la prolongation des escaliers sera de type « turn and slide ».



- Création des ouvertures pour le passage des gaines de ventilation

Zone de sortie de l'issue de secours



Zone de sortie su SAS. Percement de la dalle du SAS.



Clapet de décompression installé entre le SAS et la niche incendie.

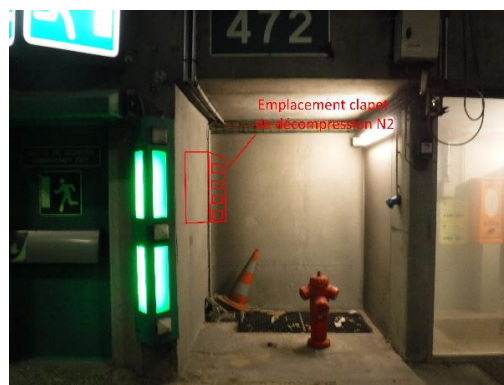
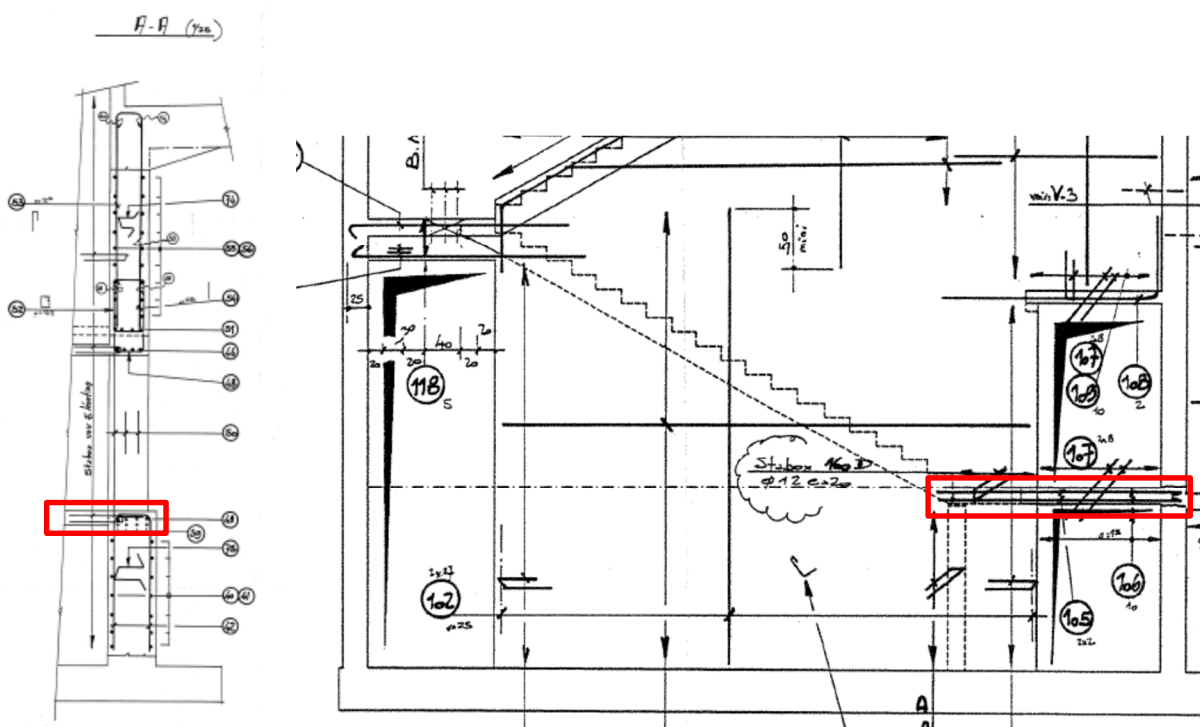


Tableau 5 - Localisation clapets de ventilation

- Démolition/reconstruction de la dalle du sas afin d'annuler la pente à l'entrée. Les travaux engendrés sont lourds comme indiqué dans les images suivantes. L'espace restreint oblige à mettre en place une méthodologie de travail ciblée pour ce type d'opération.



Cette opération permet de s'affranchir de la problématique liée au passage de personnes en fauteuil roulant. Toutefois, cette solution sera validée à la réception des plans concernant les issues de secours. Ces plans sont en cours de réalisation par la DIRIF.

[illegible]

- Démolition et création du mur du local technique. La nouvelle porte à installer devra être étanche à l'air afin de permettre la mise en surpression du sas,
- Prolongation de la dalle du sas afin de créer un espace étanche,
- Dépose de la grille métallique et rebouchage de la moitié de la trémie,
- Substitution de la porte de l'issue de secours existante au niveau 2 avec une porte étanche à l'air. Cette porte afin de garantir la surpression de l'issue devra rester le plus possible fermée. Cette condition est difficile à atteindre lors du passage des services de secours. La présence du vérin pour la fermeture automatique de la porte sera essentielle.
- Création des ouvertures pour le passage des gaines de ventilation

Ouverture à créer pour la prise d'air de la gaine de mise en surpression

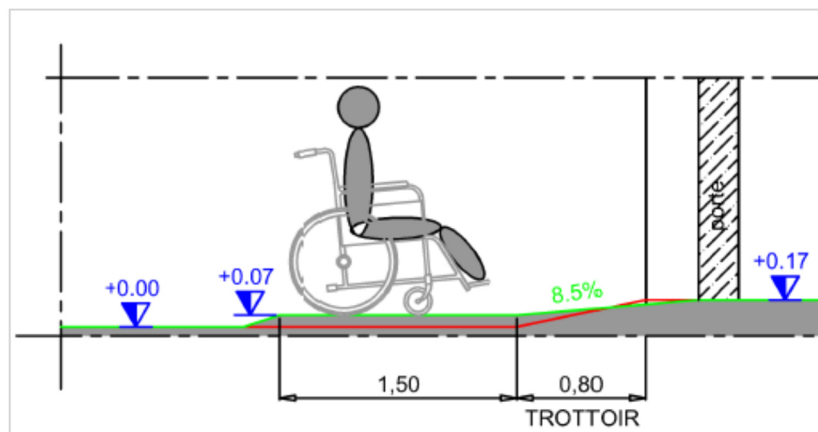
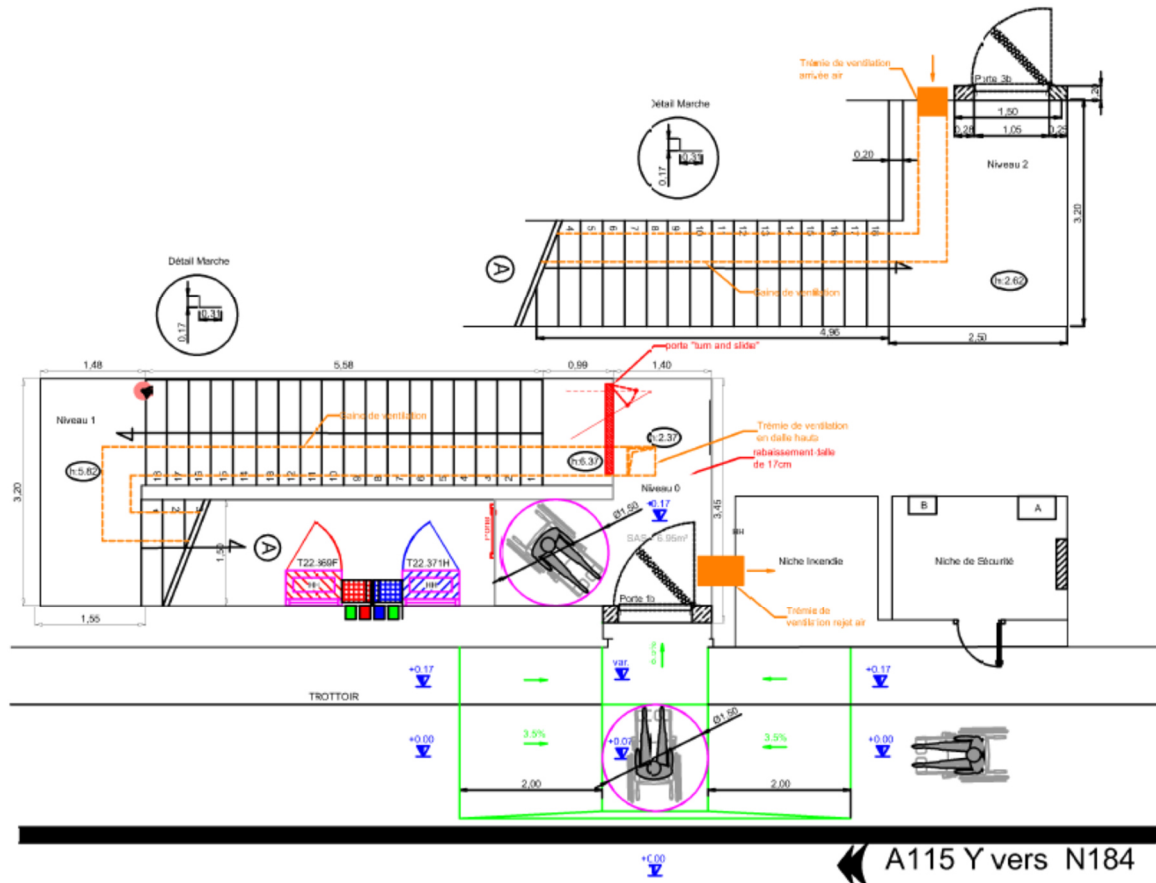
Clapet de décompression installé entre le sas et la niche incendie.



*Figure 23 - Localisation clapets de ventilation*

- Démolition/reconstruction de la dalle du sas afin d'annuler la pente à l'entrée. Les travaux engendrés sont lourds comme indiqué dans les images suivantes. L'espace restreint oblige à mettre en place une méthodologie de travail ciblée pour ce type d'opération.

Toutefois la création de la rampe avec un palier pour permettre le passage d'une personne en fauteuil roulant devra se faire dans l'espace prévu pour la BAU. Les pentes seront en tout cas faibles pour ne perturber pas le passage des services de secours.



16/02/2018

- Démolition et création du mur du local technique. La nouvelle porte à installer devra être étanche à l'air afin de permettre la mise en surpression du sas,
- Prolongation de la dalle du sas afin de créer un espace étanche,
- Dépose de la grille métallique et rebouchage de la moitié de la trémie,



- Mise en place d'une deuxième porte étanche à l'air pour la sortie du SAS,
- Création des rampes et du palier dans le BAU,
- Création des ouvertures pour le passage des gaines de ventilation.

Les rampes à l'extérieur de l'issue de secours seront à faible pente afin de ne perturber pas le passage des services de secours. Dans la solution actuelle, afin d'atteindre le palier (+7cm), les rampes sont prévues avec une pente du 3,5%.

L'estimation de cette solution est d'environ 10k€ inférieure par rapport à la solution 1 (pour une issue de secours).

Toutefois cette solution est soumise à validation de l'expert CNESOR et sera étudiée dans le détail en phase PRO suite à la réception des plans topographiques.

### Solution n. 3 - Création d'une zone d'attente pour les PMR + Mise en surpression de l'issue de secours + amélioration passage des PMR

Cette solution permet d'atteindre les exigences de l'IT2000 avec la création d'un sas de 5m<sup>2</sup> et la mise en surpression ainsi que d'améliorer le passage des PMR et de leur créer un espace d'attente dans le SAS.

La configuration envisagée avec la modification de la pente au 13% pour accéder au palier de 1,50m est la suivante :

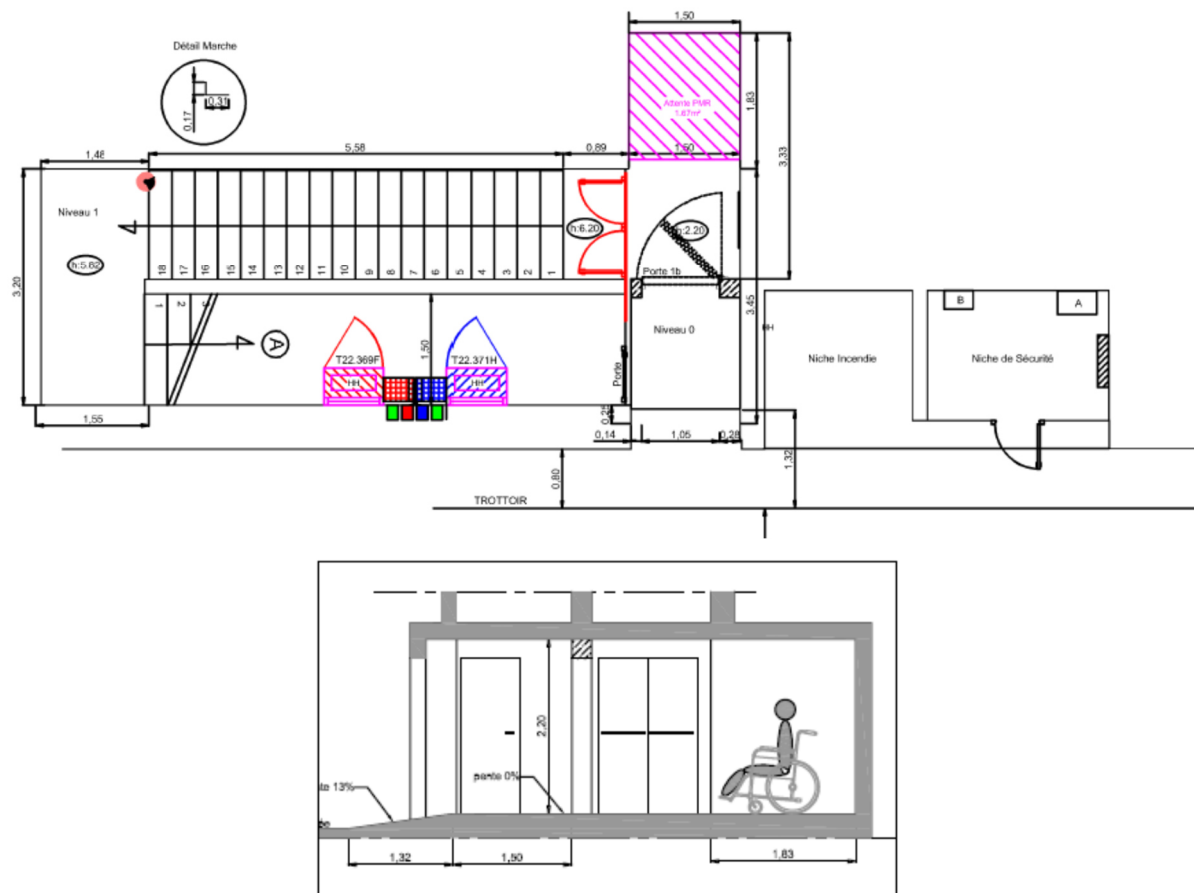


Figure 24 - Configuration solution 4

Cette solution par rapport aux premières deux, permet de s'affranchir des travaux de démolition/reconstruction de la dalle. Toutefois, les travaux pour la création d'un espace PMR restent assez compliqués.

Les travaux à prévoir sont les suivants :

- Création de l'espace PMR. Des travaux de creusement depuis la surface ainsi que d'ouvrages de soutènement seront à prévoir,
- Déplacement de la porte d'accès du sas afin de créer le palier d'attente pour les PMR et d'abaisser la pente à l'entrée.
- Mise en place d'une porte étanche dans le sas afin de créer une surpression confinée.
- Renforcement de la résistance au feu du mur du local technique ainsi que de la porte d'accès.

La pente du 13% n'atteint pas les exigences d'accessibilité des PMR (Recommandations CETU : 8% sur 2m). Une mesure compensatoire pourrait être la mise en place de mains courants afin de faciliter le passage d'une personne en fauteuil roulant.



Figure 25 - Mise en place main courante accès PMR

La mise en surpression de l'issue (comme indiqué dans la solution n.1Bis) afin de s'affranchir de la mise en place de la deuxième porte du sas peut être également envisagé.

L'estimation de cette solution est d'environ 10k€ supérieure par rapport à la solution 1.

#### III.4.4.1. Ventilation

Le système de ventilation qui sera mis en place pour les différentes solutions devra respecter les dispositions du guide du CETU : Ventilation des ouvrages d'évacuation et d'accès des secours en tunnel routier.

Deux possibilités sont envisageables : Mise en surpression du sas et mise en surpression de l'issue de secours :

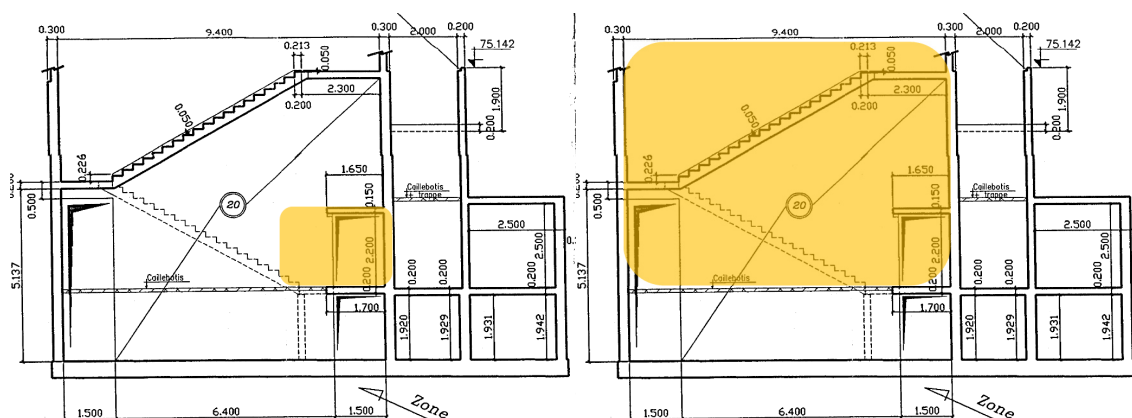


Figure 26 - Volume en surpression

Le volume à mettre en surpression est identifié dans les images précédentes, notamment pour la solution 1 (env. 43m<sup>3</sup>) et pour la solution 2 (env. 615m<sup>3</sup>).

Le ventilateur ne sera pas positionné dans le sas mais dans l'issue afin de limiter le bruit lors de l'utilisation du téléphone de secours, comme préconisé dans le guide du CETU. Un clapet de décompression coupe-feu N2 sera installé entre le sas et le tunnel.



Figure 27 - Clapets de décompression coupe-feu N2

La mise en place de système d'assistance à l'ouverture des portes par vérins électriques pour contrebalancer l'effet de la surpression lors de l'ouverture de la porte d'accès au sas depuis le tunnel devra être prévu.



Figure 28 - système d'assistance à l'ouverture des portes par vérin électrique

### III.4.5. Comparaison des solutions

Une analyse comparative entre les différentes solutions est indiquée dans le tableau ci-dessous :

	<b>Sol1 (Rabaissement dalle + Création du SAS en surpression + Zone PMR)</b>	<b>Sol 1Bis (Rabaissement dalle + Mise en surpression Issue complète + Zone PMR)</b>	<b>Sol 2 (Création rampes extérieures + Mise en surpression Issue complète + Zone PMR)</b>	<b>Sol 3: Création zone PMR hors tunnel + surpression SAS</b>
<b>Conformité IT</b>	Respecte l'IT	Respecte l'IT.	Respecte l'IT.	Respecte l'IT
<b>Faisabilité vis-à-vis de l'espace restreint</b>	Espace restreint. La mise en place de la deuxième porte est compliquée à cause de l'espace à disposition.	Réalisable	Réalisable	Réalisable
<b>Accessibilité PMR</b>	La pente est annulée	La pente est annulée	La pente d'accès est réduite au 8,5% Toutefois cette solution prévoit l'occupation partielle du BAU	Le déplacement de la porte d'entrée permet de diminuer la pente au 13% La mise en place de mesures compensatoires est à prévoir
<b>Complexité technique</b>	Solution moyennement compliquée: - La démolition/reconstruction de la dalle engendre de travaux de GC compliqués - la mise en surpression du SAS oblige à installer une gaine de ventilation depuis l'extérieur	Solution moyennement compliquée: - La démolition/reconstruction de la dalle engendre de travaux de GC compliqués - la mise en place d'une surpression totale de l'issue oblige à mettre en place un moteur puissant	Solution simple.	Solution compliquée - La création de la zone PMR doit se réaliser depuis la surface (env7m de couverture) - Renforcement de la structure de l'issue
<b>Entretien</b>	- Entretien de la deuxième porte du SAS - système de ventilation	Entretien du système de ventilation	- Entretien de la deuxième porte du SAS - système de ventilation	Entretien de la deuxième porte du SAS + système de ventilation
<b>Exploitation lors d'un incendie</b>	Exploitation simple	La porte d'accès pour les services de secours côté extérieur, doit rester fermé. Cela est difficile garantir	Exploitation simple	Exploitation simple
<b>Impact exploitation lors des travaux</b>	Fermeture complète de l'issue pour toute la durée des travaux	Fermeture complète de l'issue pour toute la durée des travaux	Fermeture complète de l'issue pour une partie des travaux	Fermeture complète de l'issue pour toute la durée des travaux
<b>Coût</b>	++	++	+	+++

Figure 29 - Analyse comparative

A la lumière des résultats de l'analyse comparative, la meilleure solution à mettre en place afin d'atteindre les exigences de l'IT2000 et de s'affranchir des problématiques liées au passage des PMR est la solution numéro 1.

Lorsque là démolition/reconstruction de la dalle ne sera pas possible, la solution n.3 sera à retenir.

Si suite aux échanges avec l'expert CNESOR, la possibilité d'occuper le BAU est envisageable, la solution n.2 pourrait être retenue.

### III.5. NICHES DE SECURITE

Suite au diagnostic de l'installation, seuls des travaux mineurs sont nécessaires dans les niches de sécurité. Ceux-ci sont présentés ci-après :

- Niche 472 : Remise en service des détecteurs de décroché
- Niche 473 : nettoyage de la niche à prévoir
- Niche 474 : Remise en service des détecteurs de décroché
- Niche 475 : Remise en service des détecteurs de décroché

Les travaux sont d'ampleur très limitée et peuvent être réalisés simultanément à d'autres travaux plus conséquents.

### III.6. SIGNALISATION HORIZONTALE

#### III.6.1. Réglementation appliquée

- |  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>- ICTAL : l'instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison</li><li>- Guide du CETU : Dossier pilote des Tunnels</li></ul> |
|--|

« En tunnel, la valeur normale de la bande d'arrêt d'urgence (à droite) est de 2m permettant ainsi l'arrêt d'un VL »

#### III.6.2. Objectifs du programme

Actuellement, la chaussée est décomposée en 2 voies de circulation de 3,60 m de large. En plus des deux voies de circulation, se trouve une bande dérasée droite (BDD).

Il est prévu de revoir ces largeurs et de modifier le marquage de la chaussée afin de porter la largeur de la bande dérasée de droite à 2 m et de constituer ainsi une bande d'arrêt d'urgence. La largeur des voies de circulation serait ainsi réduite à 3,50 m

#### III.6.3. Situation existante

Les dimensions constatées lors de l'inspection sont indiquées ci-dessous :

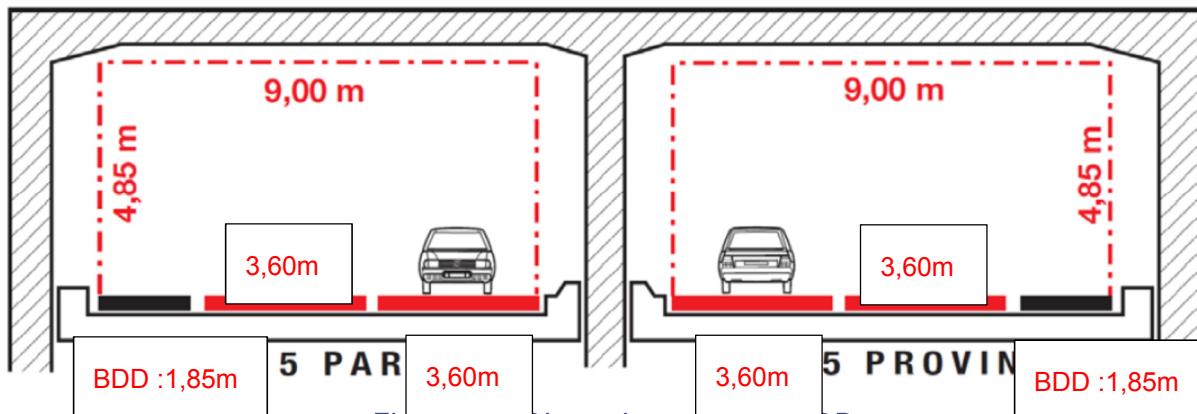
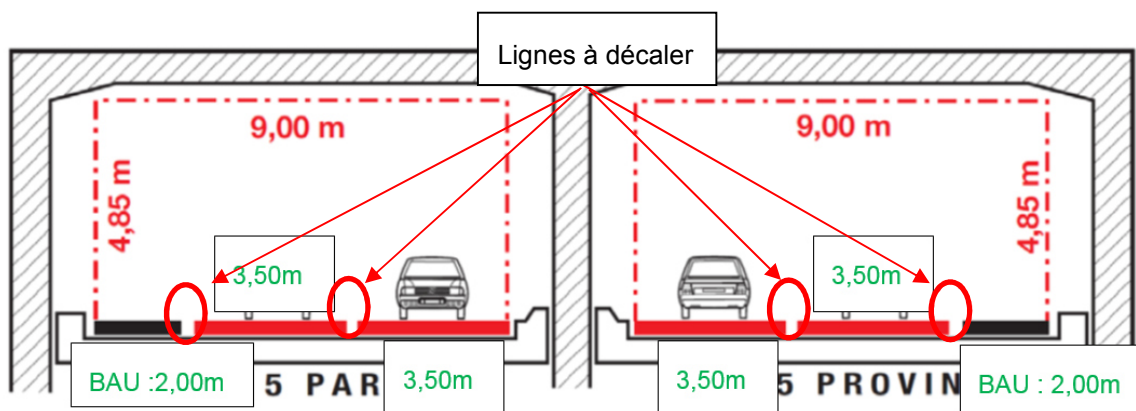


Figure 30 - Dimensions voies et BDD

Les dimensions ont été vérifiées par moyen du disto-laser sur site lors de l'inspection. Elles seront validées sur la base des levés topographiques, durant les études d'AVP.

### III.6.4. Solutions envisagées

En accord avec le programme de l'opération, suite aux modifications de la signalisation horizontale, le profil de la voie ainsi que ses dimensions seront les suivantes :



Les lignes qui seront décalées sont celle centrale et celle latérale coté BAU comme indiqué dans l'image précédente. Les travaux à prévoir sont les suivants :

- Effacement des lignes horizontales existantes y compris les zones de raccordement situées à l'extérieur de la tranchée couverte : 807m x 4
- Nouvelle signalisation.

## III.7.ECLAIRAGE

### III.7.1. Réglementation appliquée

Texte législatif :

- Directive n° 2004/54/CE du 29 avril 2004 concernant les « exigences de sécurité minimales applicables aux tunnels du réseau routier transeuropéen »
- Loi n° 2006-10 du 5 janvier 2006 relative à la « sécurité et au développement des transports »
- Décret n° 2005-701 du 24 juin 2005 relatif à la « sécurité d'ouvrages du réseau routier »
- Décret n° 2006-1354 du 8 novembre 2006 relatif à la « sécurité d'ouvrages du réseau routier et modifiant le code de la voirie routière »
- CCTG applicables aux marchés publics de travaux (notamment Fascicules 31, 32, 62, 65, 70 et 71)
- Circulaire n° 2000-63 du 25 août 2000, et ses annexes, relative à la « sécurité dans les tunnels du réseau routier national »
- Texte normatif
- C 17-200 – « Installations d'éclairage extérieur – Règles » – Mars **2007**
- NF C 32-070 – « Conducteurs et câbles isolés pour installations – Essais de classification des conducteurs et câbles du point de vue de leur comportement au feu » – Janvier 2001 – Complété par l'additif A1 et les fiches d'interprétation F1 à F3
- NF EN 60598-1 (C71-000) – « Luminaires – Partie 1 : exigences générales et essais » – Mars 2009 –
- NF EN 60598-2-2 (C71-002) – « Luminaires – Partie 2 : règles particulières – Section 2 : luminaires encastrés » – Juin 1997 – Complété par l'additif A1 (C71-002/A1) – Juillet 1999
- NF EN 60598-2-3 (C71-003) – « Luminaires – Partie 2-3 : règles particulières – Luminaires d'éclairage public » – Juin 2003
- NF EN 62262 – « Degrés de protection procurés par les enveloppes de matériels électriques contre les impacts mécaniques externes (code IK) » – Avril 2004 Complété par l'additif A11 (C71-000/A11) – Octobre **2009**
- Recommandations
- Recommandations et documents techniques du CETU (notamment Dossiers Pilote des tunnels, Guide des dossiers de sécurité des tunnels routiers, Guide du comportement au feu des tunnels routiers et Guide pour la surveillance, l'entretien, la conservation des tunnels routiers)
- Recommandations de l'AFTES, de l'AIPCR, de l'AFE et de l'UTENF

### III.7.2. Objectifs de la mission

La mission comprend :

- Le diagnostic du système d'éclairage actuellement en place dans son ensemble (sécurité, normal, renforcement), y compris l'état des raccordements (alimentation électrique, qualité des câbles, etc...).
- L'étude de la mise à niveau de ce système, selon une décomposition du système en trois dispositifs : plots de jalonnement, éclairage de sécurité, l'éclairage normal et l'éclairage de renforcement.
- La formulation de propositions de modernisation et d'économie d'énergie potentielles ;

### III.7.3. Situation existante

La situation existante du système d'éclairage est décrite dans l'IV.6Annexe 6 – Notice éclairage.

### III.7.4. Solutions envisagées

Les solutions envisagées analysées dans le cadre de l'AVP sont décrites dans l'IV.6Annexe 6 – Notice éclairage. Dans les paragraphes suivant une description succincte des solutions envisagées ainsi qu'une analyse comparative sont présentées.

#### III.7.4.1. Descriptions des solutions envisagées

Plusieurs solutions d'implantation sont envisagées :

- Rénovation de l'éclairage tel que l'existant,
- Rénovation de l'éclairage par des luminaires LED,
- Rénovation de l'éclairage par des luminaires LED pour l'éclairage de base et par des luminaires SHP pour l'éclairage de renforcement.

Deux solutions de contrôle et de commande peuvent être également être envisagés :

- Contrôle par alimentation/extinction de circuit tel que l'existant,
- Contrôle par gradation.

Le cumul des solutions d'implantation et de contrôle/commande permette donc d'avoir 5 scénarios d'éclairage potentiels présentés dans l'Annexe concernant l'éclairage.

### III.7.4.2. Synthèse comparative des solutions

Analyse multicritère	Scénario 1 : Existant	Scénario 2 (Led commande par circuit)	Scénario 3 (Led commande par gradation)	Scénario 4 LED SHP commande par circuit	Scénario 5 LED SHP commande par gradation
Respect Réglementation	++	++	+	+	+
Consommation électrique	--	++	++	++	+
Dimensionne onduleur	--	+	++	+	++
Confort usager (IRC et uniformité)	--	+	++	--	-
Phasage travaux	--	+	+	+	+
Cout d'investissement	--	-	+	-	+
Cout de fonctionnement	--	+	++	-	-
Bilan					

En conclusion, il est préconisé d'étudier en phase PRO la solution 3 de remplacement de l'ensemble des luminaires par une solution entièrement LED avec un contrôle/commande de l'installation par un système de gradation.

### III.7.4.3. Descriptions des solutions envisagées Plots de Jalonnement

Les plots de jalonnement actuels ne sont pas fonctionnels (plots manquants, défectueux...).

Nous recommandons donc la rénovation complète des plots de jalonnement et de leur distribution électrique terminale

- Les plots seront positionnés à environ 1 mètre de hauteur, tous les 10 mètres
- Les câbles des alimentations terminales circulant en tunnel doivent être de câble CR1-C1-SH.

D'une manière générale, les plots seront de couleur ambre.

Un plot sur 5 pourra être de couleur bleue pour que les usagers est une perception des distances facilitée

## III.8. POSTES D'APPEL D'URGENCE

### III.8.1. Réglementation appliquée

Annexe 2 de l'IT 2000-63	§3.4	<p>Des postes d'appel d'urgence seront placés dans les niches de sécurité prévues au paragraphe 2.4 et dans les aménagements pour l'évacuation et la protection des usagers prévus au paragraphe 2.2.</p> <p>Les postes d'appel d'urgence installés dans les aménagements pour l'évacuation et la protection des usagers devront être utilisables par les personnes handicapées se déplaçant en fauteuil roulant. Il est recommandé qu'il en soit de même pour les postes placés dans les niches de sécurité situées dans les garages, s'il en existe (cf. paragraphe 2.9).</p> <p>Les abris disposeront en outre d'un dispositif séparé de sonorisation (haut-parleur).</p>
--------------------------	------	--

### III.8.2. Objectifs de l'opération

La mission comprend :

- Le diagnostic des installations actuellement en place ;
- L'étude de la mise à niveau de ce système ;

Les travaux correspondants, y compris les raccordements au système d'alimentation électrique et aux réseaux informatisés

### III.8.3. Installation existante et rappel succinct du dossier DIA

Suite au diagnostic de l'installation, il a été constaté que les PAU des niches sont totalement hors-services.

Les téléphones de sécurité situés dans les issues établissent la connexion à la CRS, mais ne permettent pas la communication avec l'utilisateur.

### III.8.4. Solution envisagée

Nous proposons le remplacement des PAU analogiques des niches 472, 473, 474, 475 qui sont défectueux par des PAU sur IP.

Le RAU doit être modifié, pour passer d'une technologie analogique à une technologie sur IP conformément au programme du maître de l'ouvrage. Les PAU pourront être raccordés sur les réseaux IET1 et IET2 existants qui possèdent un point d'accès à proximité immédiate des niches de sécurité.

Les téléphones de sécurité des issues 472, 473, 474, 475 ont déjà été passés sur IP, nous supposons qu'un problème de paramétrage ou la défaillance d'un équipement réseau est à l'origine du dysfonctionnement constaté.

Nous préconisons de les conserver et de mener les investigations nécessaires à l'identification de la panne qui les affecte et le cas échéant à leur re-paramétrage ou au remplacement de l'équipement en cause.

Les travaux d'installation des PAU sont d'ampleur limitée et peuvent être réalisés pendant les fermetures liés à la rénovation de l'éclairage ou de la ventilation dans le tunnel.

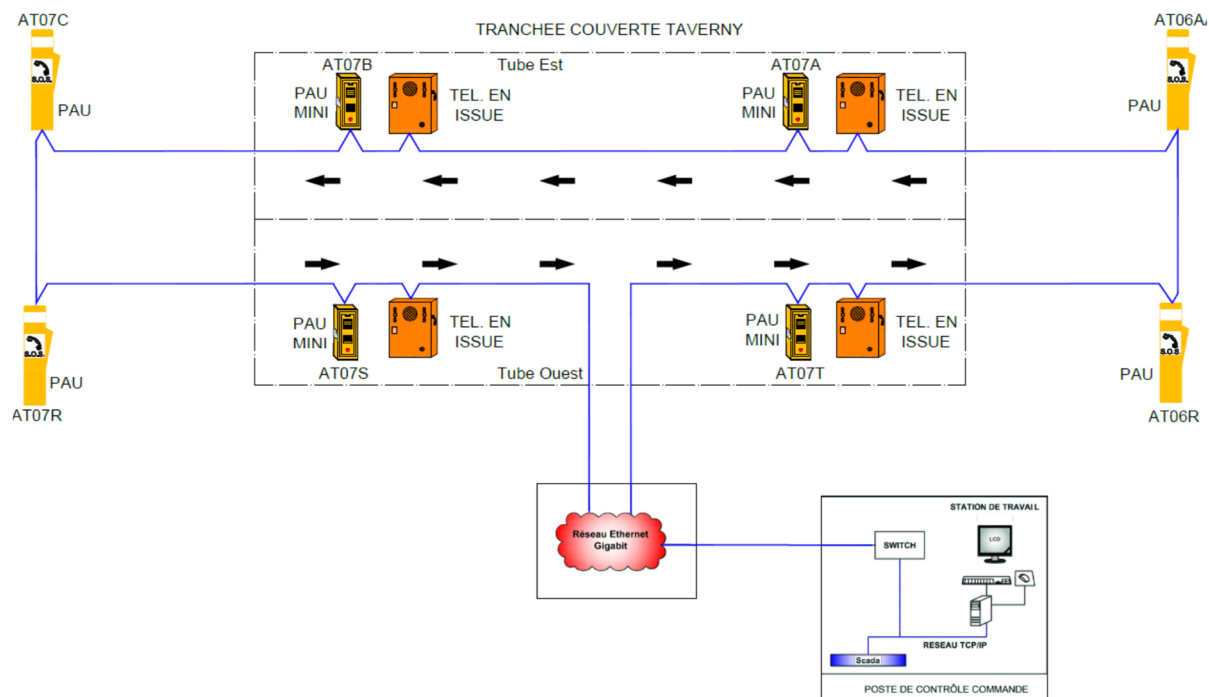


Figure 31 -Synoptique du RAU

### III.9. GESTION TECHNIQUE CENTRALISEE

**Voir notice technique en annexe 5 « GTC » pour les détails.**

#### III.9.1. Réglementation appliquée

Sans objet

#### III.9.2. Objectifs opération

La mission comprend la modernisation et fiabilisation des automates/GTC avec prise en compte des nouveaux équipements et/ou nouvelles fonctions liés au présent marché :

L'objectif des travaux du programme est d'harmoniser et de mettre à niveau les API de l'ancienne GTC, notamment au niveau de la passerelle qui permet la remontée des informations vers les réseaux d'échanges de données, de façon à raccorder tous les équipements à la nouvelle GTC.

#### III.9.3. Travaux envisagés

##### Prise en compte de la nouvelle architecture de la distribution électrique

La nouvelle architecture électrique devra être prise en compte par les nouveaux API et les informations remontées au PCTT Saint-Denis.

Cela entraînera une modification des API reliés au réseau THD pour ajouts et modifications de termes de communication, et qui entraînera également une modification de la supervision au PCTT Saint-Denis.

Cette solution peut s'effectuer de façon relativement simple par la mise en place de MESD et leur raccordement soit aux automates « géographique multi métier » soit aux automates S7.

##### Prise en compte des anémomètres

Les nouveaux anémomètres seront raccordés à un des réseaux existants, leurs informations seront remontées à la GTC

##### Prise en compte des accélérateurs (optionnel)

Dans le cadre de leur remplacement, les nouveaux accélérateurs seront probablement pilotés par variation de fréquence qui est le standard actuel du marché, ce qui entraînera la production d'un module de programme adapté au pilotage de ces équipements. Ce module pourra être mis en œuvre dans les nouveaux API installés. La gradation de la ventilation sanitaire pourra se faire par variation de fréquence de chaque unité, sans exclusion d'autres méthodes.

**Les capteurs NO2** seront intégrés dans la logique de pilotage des accélérateurs pour déclencher la ventilation sanitaire en cas de dépassement de seuils prédéterminés.

Cette mise à niveau du pilotage due au remplacement des accélérateurs peut être effectuée de façon à être transparente pour un opérateur au PCTT Saint-Denis, la communication entre Taverny et Saint-Denis, ainsi que la supervision, ne seront pas nécessairement modifiées pour ce sous-système dans ce cas.

##### Prise en compte de l'éclairage (optionnel)

La mise en œuvre de LED peut conduire à une gestion plus fine de l'éclairage par variation de l'intensité circulant dans les LED. Néanmoins cette gestion peut rester locale au site.

Le coffret local de gestion de l'éclairage pourra être déposé, seul le luminancemètre étant conservé et raccordé au réseau existant via un MESD. Les fonctionnalités de gradation de l'éclairage de renforcement pourront ainsi être pilotées par les nouveaux automates géographique multi métier, ou bien les S7 existants qui intégreront ces nouvelles fonctionnalités.

Cette mise à niveau du pilotage due au remplacement des éclairages peut être effectuée de façon à être transparente pour un opérateur au PCTT Saint-Denis, la communication entre Taverny et Saint-Denis, ainsi que la supervision, ne seront pas modifiées pour ce sous-système dans ce cas.

#### Mise à jour de la supervision

La mise à jour de la GTC et de la supervision au PCTT Saint-Denis (et au PCTT Nanterre) devra permettre de prendre en compte les nouvelles informations et, d'effectuer les commandes de l'installation rénovée.

Une adaptation de la table d'échange avec les PCTT est à prévoir, ainsi que l'ajout des nouveaux capteurs et remontées d'informations liées sur les visualisations et les alarmes associées :

- distribution électrique rénovée
- anémomètres
- capteurs NO2
- ventilation (si requis)
- éclairage (si requis)
- coffret pompier (suppression des remontées d'information)

#### Remplacement des automates S7 414-4H rack 0 et rack 1

Le remplacement des automates S7 414-4H rack 0 et rack 1 ne posent pas de problèmes particuliers.

Dans le scénario du remplacement des automates Allen Bradley par des nouveaux automates dédiés, les CPU 4H peuvent être encore supportées pendant environ 10 ans, de préférence avec constitution d'un stock de pièces de rechange ou réassort du stock de pièces de rechange existantes. La mise en place de CPU de génération 5H peut être effectuée dès maintenant ou bien dans les 10 prochaines années.

Dans le scénario d'une intégration dans les automates rack 0 et rack 1 des fonctions actuellement dévolues aux automates Allen Bradley, nous préconisons la mise en œuvre de CPU de génération 5H au début de l'opération de rénovation du site, car cela permettra :

- la montée en gamme de la CPU pour gérer le programme qui sera plus lourd

La mise en place d'une CPU récente qui sera supportée longtemps par son fabricant.

### III.9.4. Synthèse des solutions envisagées pour le remplacement des automates Allen Bradley

	Remplacement automate pour automate avec conservation des liaisons filaires	Remplacement automate pour automate avec mise en place de MESD	Intégration des fonctionnalités existantes dans les S7-414-4H
Coût matériel	-	-	+
Coût du basculement	-	+	+
Facilité de basculement	--	++	+
Souplesse d'exploitation en phase travaux	-	++	+
Adaptabilité aux nouveaux équipements	-	+	+
Homogénéité avec les architectures GTC Dirif	-	-	+

Nous recommandons la solution de remplacement automate pour automate avec mise en place de MESD sur réseau profibus dédié pour les nouveaux automates géographique multi métier, avec une réserve notable cependant, qui est l'obligation de créer les réseaux profibus dédiés à ces automates. La difficulté et le coût de mise en œuvre de ces réseaux dépend de l'existence ou non de fibres optiques de réserve.

A noter que dans sa démarche, cette solution est très proche de l'intégration des fonctionnalités existantes dans les S7.

Quelque soit la solution retenue, nous évoquons les points suivants qui nous paraissent importants :

- nous recommandons la mise en place d'une plateforme automatisme « en atelier » par l'entreprise qui sera chargée de la réalisation des travaux. Cette plateforme simulera l'architecture réelle du réseau de la TC Taverny, et simulera la communication au PCTT-N. Cette plateforme permettra de réduire les aléas rencontrés lors de la mise en œuvre sur site et de valider les écritures des programmes intermédiaires
- toute modification du phasage en cours de projet (ordre de mise en œuvre des sous-systèmes rénovés) aura un impact sur les programmes d'automatisme intermédiaires (réécriture des programmes)
- il sera nécessaire de mettre à disposition de l'entreprise qui réalisera les travaux, la totalité des programmes automates existants et leur environnement logiciel (pas uniquement les « binaires »)
- la supervision sera à modifier également au PCTT de Nanterre puisque celui-ci sert de back-up au PCTT de Saint-Denis

## III.10.ANEMOMETRES

### III.10.1. Réglementation appliquée

L'Annexe 2 de l'IT 2000-63 n'impose pas la mise en place d'anémomètres dans les tubes unidirectionnels dans lesquels sont mis en œuvre une ventilation longitudinale qui ne possède qu'un régime de fonctionnement en mode désenfumage.

### III.10.2. Objectifs de l'opération

La mission comprend :

- Le diagnostic des anémomètres actuellement en place pour étudier leur remise en service éventuelle, y compris l'état des raccordements (alimentation électrique, raccordements et implémentations dans la GTC) ;
- Le cas échéant, l'étude et la mise en œuvre de nouveaux anémomètres en remplacement des anciens ;
- Les travaux correspondants, y compris leur raccordement au système d'alimentation électrique sécurisé avec des câbles sans halogène et non-propagateurs de la flamme, ainsi que le raccordement pour permettre la remontée de leurs informations et alarmes à la GTC.
- 

### III.10.3. Installation existante et rappel succinct du dossier DIA :

Les anémomètres qui devraient être présents ont été déposés, ou bien n'ont jamais été mis en place. Il n'en est pas fait mention dans les documents du DOE de 1999.

### III.10.4. Solution envisagée

Bien que la mise en place d'anémomètres ne soit pas une obligation réglementaire dans le tunnel de Taverny, nous proposons la mise en place de deux anémomètres par tubes pour les raisons suivantes :

- mesure de l'effet de pistonement
- vérification de la vitesse de déplacement d'air induite par le fonctionnement des accélérateurs depuis le PCC

Ils pourront être raccordés à la GTC via l'intermédiaire d'un MESD équipé d'une entrée analogique soit :

- sur les switches des réseaux IET1 ou IET2 localisés dans l'issue la plus proche
- sur l'un des deux réseaux locaux Profibus (PSTsc ou PST/DFP).

L'alimentation pourra être effectuée depuis les coffrets de niches.

Les travaux à prévoir sont de faible ampleur, ils pourraient être réalisés en même temps que la rénovation de l'éclairage dans le tunnel.

### III.11.CAPTEURS NO2

Il est proposé d'installer 2 capteurs NO2 de type électrochimique dans chaque tube (à environ 100 m des têtes, pour assurer redondance de la mesure et évaluer le profil de la concentration le long de l'ouvrage), présentant les caractéristiques minimales suivantes, issues de la référence « Note d'information n° 26, la détection et le contrôle du dioxyde d'azote dans les tunnels routiers, CETU 2017 »

Étendue de mesure	0 à 2 ppm (à adapter éventuellement pour des cas de tunnels très spécifiques)
Seuil de détection	≤ 0,05 ppm (50 ppb)
Sensibilité	≤ 0,05 ppm (50 ppb)
Temps de réponse	300 secondes maxi
Reproductibilité du zéro	≤ ± 0,05 ppm (50 ppb)
Dérive à long terme	≤ ± 0,05 ppm (50 ppb) / mois
Influence de l'humidité sur le zéro	≤ ± 0,005 ppm (5 ppb) / %HR
Influence de la température sur le zéro	≤ ± 0,005 ppm (5 ppb) / °C
Intervalles entre deux calibrations ou entre deux maintenances	Souhaitable : 12 mois Minimum : 3 mois

La mise en œuvre de mesure de NO2 donnera lieu à la définition de nouveaux seuils à intégrer dans le pilotage de la ventilation sanitaire.

### III.12.SIGNALISATION STATIQUE VERTICALE

#### III.12.1. Réglementation appliquée

Sans objet

#### III.12.2. Objectifs de l'opération

- Quelques panneaux de signalisation verticale, notamment signalisation ou signalétique lumineuse d'évacuation, seront à remplacer. Le Titulaire devra établir un recensement et un diagnostic de l'état de tous les panneaux, statique ou dynamique, ainsi que leur fixation.

Le recensement des panneaux devra permettre au Maître d'ouvrage de mettre à niveau la signalisation existante. Certains panneaux pourraient ne pas être remis en place ou au contraire être ajoutés.

#### III.12.3. Installation existante et rappel succinct du dossier DIA

La signalisation routière est en bon état et conforme, toutes les informations sont présentes. Les panneaux de police nécessitent un nettoyage.

Deux anomalies ont été constatées :

- certains panneaux de police et feux R24 lumineux sont dégradés (LEDS éteintes). Ils assurent toujours leur fonction car l'information reste compréhensible
- impossibilité de commander une grande partie des équipements de signalisation lumineuse, comprenant : feux R24, SAV, PMV

#### III.12.4. Solution envisagée

Nous proposons le remplacement des panneaux lumineux dégradés par du matériel neuf, et la restauration de la communication avec les signalisation commandables et/ou dynamiques lors de la refonte de la GTC.

En ce qui concerne la validation des points d'incendie situés en tête, la solution suggérée de mettre en place des glissières béton armée hachurée en rouge nous semble pertinente et nous la recommandons.

### III.13. COFFRET POMPIERS EN TÊTE

#### III.13.1. Réglementation appliquée

Sans objet

#### III.13.2. Objectifs de l'opération

La mission comprend la suppression du coffret pompier situé en tête de tranchée couverte

- Le diagnostic du dispositif existant,
- L'étude de sa dépose, y compris l'impact sur les autres dispositifs de sécurité, notamment la GTC,

#### III.13.3. Situation existante

##### Fonctionnement des coffrets pompiers

Les coffrets pompiers permettent de commander la ventilation de désenfumage en tête de tunnel sans tenir compte des commandes effectuées par la supervision en agissant directement sur la GTC locale.

En retour la GTC renvoie sur des témoins lumineux du coffret l'état de fonctionnement de la ventilation.

##### Nature des travaux envisagés

On procédera à la dépose des coffrets pompiers en tête et des câbles de contrôle commande qui lui sont raccordés. Les entrées de la GTC existante seront shuntées préalablement à l'opération ou inhibées le temps de la mise œuvre de la nouvelle GTC qui ne prendra pas en compte ces informations.

##### Phasage des travaux

Les travaux sont de faible ampleur, ils pourraient être réalisés pendant la rénovation de l'éclairage ou de la ventilation dans le tunnel.

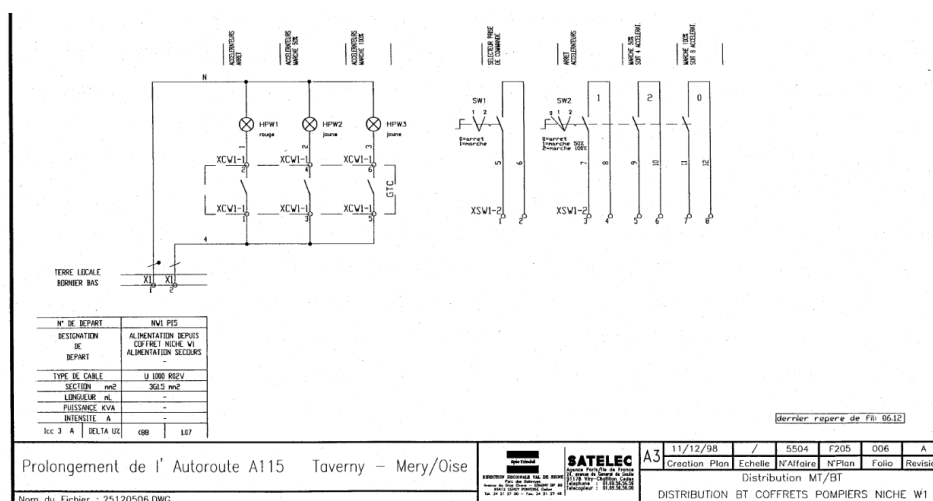


Figure 32 -commande du coffret pompier

### III.14.REMPLACEMENT DES CAPTEURS CO ET DES OPACIMETRES

Compte-tenu de leur vétusté, il est préconisé de procéder au remplacement des capteurs de CO et des opacimètres existants, afin de disposer d'un matériel fiabilisé pour la mesure des conditions dans l'ouvrage.

## **IV. ANNEXES**

### **IV.1. ANNEXE 1 - NOTICE ESTIMATION**

### **IV.2. ANNEXE 2 - NOTICE PLANNING**

### **IV.3. ANNEXE 3 - NOTICE PROTECTION AU FEU**

### **IV.4. ANNEXE 4 – NOTICE ALIMENTATION ELECTRIQUE**

### **IV.5. ANNEXE 5 – NOTICE GTC**

### **IV.6. ANNEXE 6 – NOTICE ECLAIRAGE**

### **IV.7. ANNEXE 7 - NOTICE DE MAINTENANCE ET EXPLOITATION DES EQUIPEMENTS**

### **IV.8. ANNEXE 8 - NOTICE PHASAGE**