

# AVANT PROJET DU MAÎTRE D'OUVRAGE

## Ligne 17 Nord Secteur 1 : Le Bourget RER – Triangle de Gonesse

### Livret 4

### Systemes, exploitation et maintenance

Grand Paris Express  
Réseau de transport public du Grand Paris

Avril 2019





# GRAND PARIS EXPRESS

## LE RÉSEAU DE TRANSPORT PUBLIC DU GRAND PARIS

### AVANT-PROJET DU MAITRE D'OUVRAGE

### LIGNE 17 NORD

## SOMMAIRE GÉNÉRAL

#### Livret 0

#### Livret 1

1. Historique et caractéristiques principales du projet
  - 1.1. Le Grand Paris Express
  - 1.2. Le nouveau Grand Paris
  - 1.3. Le tronçon de la ligne 17 Nord
  - 1.4. Les étapes franchies et à venir
2. Diagnostic transport des territoires concernés
  - 2.1. Périmètre du projet
  - 2.2. Enjeux en termes de déplacement
3. Définition du projet de la ligne 17 Nord
  - 3.1. Les objectifs du projet
  - 3.2. La concertation continue

#### Livret 2

4. Description du projet
  - 4.1. Gares

#### Livret 3

- 4.2. Sections aériennes et souterraines
- 4.3. Ouvrages annexes

#### Livret 4

- 4.4. Systèmes
5. Exploitation et maintenance
  - 5.1. Exploitation
  - 5.2. Maintenance

#### Livret 5

6. Gestion environnementale du projet
  - 6.1. Contexte réglementaire : autorisation environnementale
  - 6.2. Principes directeurs de prise en compte de l'environnement
  - 6.3. Enjeux environnementaux et mesures associées
7. Management et calendrier du projet
  - 7.1. Organisation
  - 7.2. Planification
8. Economie du projet
  - 8.1. Coût de réalisation
  - 8.2. Coûts de fonctionnement de la ligne 17 Nord
  - 8.3. Acquisitions foncières
  - 8.4. Gestion des risques
9. Opérations liées
  - 9.1. Intermodalité
  - 9.2. Interconnexions ferroviaires
  - 9.3. Projets immobiliers connexes
10. Principes de financement
11. Evaluation de l'intérêt socio-économique
  - 11.1. Coûts du projet
  - 11.2. Bilan quantitatif des effets socio-économiques du tronçon  
Le Bourget RER – Le Mesnil-Amelot
  - 11.3. Conclusion





# Sommaire

## 4. Description du projet..... 8

### 4.4. Systèmes..... 9

4.4.1. Matériel roulant à destination des voyageurs .....	9
4.4.1.1. Caractéristiques et performances .....	9
4.4.1.2. Design .....	10
4.4.1.3. Accessibilité .....	10
4.4.1.4. Confort.....	10
4.4.1.5. Développement durable.....	10
4.4.2. Automatismes de conduite des trains.....	11
4.4.2.1. Niveau d'automatisation .....	11
4.4.2.2. Système CBTC .....	12
4.4.2.3. Fonctionnalités .....	12
4.4.2.4. Performances du système .....	13
4.4.3. Alimentation et distribution électrique.....	13
4.4.3.1. Réseau HTA à haute disponibilité : cas général.....	13
4.4.3.2. Réseau BT tunnel.....	14
4.4.3.3. Réseau BT stations.....	16
4.4.3.4. Disponibilité de l'énergie HT/BT.....	18
4.4.3.5. Réseau courant traction .....	19
4.4.3.6. Profil aérien de contact (PAC) pour une haute disponibilité.....	20
4.4.3.7. Conducteurs et câbles .....	21
4.4.3.8. Zone des appareils de voie .....	21
4.4.4. Voie et appareils de voie .....	21
4.4.4.1. Pose de voie en tunnel et tranchée couverte.....	21
4.4.4.2. Pose de voie en tranchée ouverte .....	22
4.4.4.3. Appareils de voie .....	22
4.4.4.4. Types d'appareils de voie en ligne.....	23
4.4.4.5. Autres appareils en voie .....	24
4.4.4.6. Cheminements d'évacuation.....	24
4.4.4.7. Coupes de synthèse en tunnel.....	25

4.4.4.8. Coupes en tranchée ouverte.....	26
4.4.4.9. Coupes en tranchée couverte .....	27
4.4.4.10. Coupes en zone de transition.....	27
4.4.5. Equipements nécessaires à l'exploitation .....	27
4.4.5.1. Façades de quai (FDQ).....	27
4.4.5.2. Equipements des gares et tunnels .....	29
4.4.6. Dossier de sécurité .....	47
4.4.6.1. Règlementation applicable .....	47
4.4.6.2. Dossiers de sécurité .....	47
4.4.6.3. Objectifs de sécurité .....	48
4.4.7. Fiabilité, maintenabilité, disponibilité (FMD) .....	49

## 5. Exploitation et maintenance ..... 50

### 5.1. Exploitation ..... 51

5.1.1. Exploitation en ligne.....	51
5.1.1.1. Ligne 17 Nord .....	51
5.1.1.2. Ligne 17 Nord phase 1 / début 2024.....	51
5.1.1.3. Ligne 17 Nord phase 1 / fin 2024 .....	52
5.1.1.4. Ligne 17 Nord phase 2 (2027 au plus tard) .....	53
5.1.1.5. Ligne 17 Nord phase 3 (2030 et post-2030).....	53
5.1.1.6. Caractéristiques de service .....	54
5.1.2. Exploitation en gare .....	55
5.1.2.1. La relation de service .....	55
5.1.2.2. La supervision des espaces et des équipements .....	56
5.1.2.3. La surveillance des sécurités .....	56
5.1.2.4. L'entretien et la propreté.....	57

### 5.2. Maintenance ..... 57

5.2.1. Maintenance des installations fixes.....	57
5.2.1.1. Organisation des équipes de maintenance de la billettique, du contrôle d'accès et de l'information voyageurs, escaliers mécaniques, ascenseurs, vidéo-surveillance en gare.....	57
5.2.1.2. Organisation des équipes RATP-GI.....	58
5.2.1.3. Site de maintenance pour les infrastructures (SMI) .....	58
5.2.1.4. Véhicules de Maintenance des Infrastructures de type Train d'auscultation .....	59
5.2.1.5. Véhicules de Maintenance des Infrastructures de type Train d'intervention .....	59
5.2.1.6. Stockage des pièces de rechange.....	59
5.2.1.7. Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur (GMAO).....	59

**AVANT-PROJET DU MAITRE D'OUVRAGE**

5.2.1.8.	Systèmes d'aide à la maintenance .....	60
5.2.1.9.	Gestion des travaux en ligne .....	60
5.2.1.10.	Contraintes liées à la proximité des aéroports.....	60
5.2.2.	Maintenance du matériel roulant .....	60
5.2.2.1.	Organisation des équipes .....	60
5.2.2.2.	Parc de réserve et production kilométrique.....	61
5.2.2.3.	Site de maintenance et de remisage des trains (SMR).....	61
5.2.2.4.	Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur (GMAO) .....	61
5.2.2.5.	Système d'aide à la maintenance .....	61



## 4. Description du projet



## 4.4. Systèmes

De façon générale, la définition du matériel roulant, de la maintenabilité et disponibilité des systèmes, de l'exploitabilité de la ligne 17 Nord en particulier et des lignes 15, 16 et 17 plus globalement a été réalisée en associant IDFM et la RATP en sa qualité de futur gestionnaire de l'infrastructure sous forme de groupes de travail ou de comités ad hoc afin de partager les résultats des études et les besoins exprimés notamment en terme d'exploitation et de maintenance.

De plus, les dispositions de principe relatives à la sécurité civile et publique des gares et des tunnels ont été partagées dans le cadre des comités techniques consultatifs mis en place par le préfet de la région Ile-de-France et le préfet de police.

### 4.4.1. Matériel roulant à destination des voyageurs

Le matériel roulant de la ligne 17 Nord est dérivé de celui de la ligne 15 et fourni par le même industriel via un même marché. A l'issue d'une procédure négociée avec mise en concurrence préalable initiée en 2014, la SGP, en accord avec IDFM, a désigné en septembre 2018 le constructeur ferroviaire Alstom pour la réalisation du marché d'étude et de fourniture du matériel roulant pour les lignes 15, 16 et 17 du métro du Grand Paris Express.

#### 4.4.1.1. Caractéristiques et performances

Les caractéristiques et performances du matériel roulant voyageurs sont issues à la fois du cahier des charges fonctionnel approuvé par IDFM en décembre 2013 et du référentiel de conception de la SGP en conformité avec le schéma d'ensemble du Grand Paris.

Le matériel roulant voyageur de la ligne 17 Nord du Grand Paris est composé de 3 voitures reliées entre elles par de larges intercirculations offrant la libre circulation des passagers d'une extrémité à l'autre. Ce matériel roulant est conçu pour une exploitation automatique sans conducteur à bord. Cependant, un pupitre de conduite de secours et escamotable permet, le cas échéant, une conduite exceptionnelle par un conducteur.

La capacité visée par le matériel roulant est de 500 voyageurs dans les conditions de confort habituelles en France (4 voyageurs debout/m<sup>2</sup>).



Figure 1 : Composition possible d'une rame de trois voitures à titre d'illustration

Les trains voyageurs trois voitures seront composés de deux motrices de tête identiques à celles des lignes 15 et 16. La voiture intermédiaire sera une motrice ou remorque selon la conception proposée par l'industriel pour garantir les performances requises.

Les principales caractéristiques techniques du matériel roulant des voyageurs sont :

- Fonctionnement nominal en mode automatique ;
- Roulement fer et alimentation en courant continu sous 1500 V environ par profil aérien de contact ;
- Trois voitures ;
- Charge à l'essieu inférieure à 13 tonnes avec 6 voyageurs debout/m<sup>2</sup> (EL6) ;
- Longueur utile du train (attelages exclus) : 54 m ;
- Largeur du train : environ 2,8 m ;
- Hauteur du train :
  - o Hauteur hors tout (pantographe non compris) : environ 4 m ;
  - o Hauteur intérieure : minimum 2,15 m ;
  - o Hauteur seuil de porte : environ 1,10 m ;
- Nombre de portes par face par voiture, pour optimiser le temps de montée/descente des voyageurs à quai : 3 ;
- Largeur d'une porte : environ 1,65 m ;
- Hauteur d'une porte : minimum 1,95 m ;
- Nombre de passagers : environ 500 voyageurs par train avec 4 voyageurs debout/m<sup>2</sup> (EL4) :
  - o Taux minimal d'assises fixes d'environ 15% ;
  - o Taux de confort de places assises (y compris relevables) de 20% ;
- Les principales performances du matériel roulant des voyageurs sont déterminées pour assurer une vitesse commerciale élevée et pour permettre l'exploitation de la ligne à pleine capacité à long terme :
  - o Accélération :
    - Accélération instantanée maximale au démarrage : 1,25 m/s<sup>2</sup> ;
    - Accélération maximale de 0 à 60 km/h : environ 0,92 m/s<sup>2</sup> ;
    - Accélération maximale de 0 à 110 km/h : environ 0,65 m/s<sup>2</sup> ;
  - o Décélération :

- Décélération électrique moyenne de 110 à 0 km/h : environ 0,8 m/s<sup>2</sup>. Une décélération d'urgence garantie de 0,80 m/s<sup>2</sup> est prise en compte par les automatismes avec une adhérence dégradée (8% d'adhérence).

La vitesse maximale d'exploitation est de l'ordre de 110 km/h.

Le matériel roulant est doté d'un système anti-enrayeur et d'un autre anti-patinage qui permettent d'éviter tout dommage aux roues et d'exploiter toute l'adhérence disponible.

Les rames sont conçues pour répondre aux conditions d'exploitation de la ligne telles que :

- Les caractéristiques géométriques de la ligne (tracé, profil en long, dévers ...) ;
- Les conditions météorologiques spécifiques de l'Île-de-France pour les zones de stockage des trains ;
- Les vitesses maximales autorisées sur la ligne ;
- La vitesse commerciale élevée ;
- L'alimentation électrique (1500 V par Profil Aérien de Contact) ;
- L'insertion en tunnel ;
- Les circulations en aérien.

#### 4.4.1.2. Design

En association étroite avec IDFM, un soin particulier est apporté à l'image du matériel roulant des voyageurs, à son intégration sur le réseau, à ses fonctionnalités et d'une manière générale à tout ce qui peut concourir à lui assurer une forte attractivité et son succès.

La Société du Grand Paris a recouru aux services d'un designer pour faire une étude de faisabilité et prescrire les grandes orientations de design, le design final étant réalisé par le titulaire du marché. La cohérence entre le design des gares et le design du train sera assurée tout au long du projet.

IDFM valide et reste garant en dernier ressort des principes de design du matériel roulant ainsi que du rendu final de la rame tant à l'extérieur qu'à l'intérieur. IDFM s'appuie sur un comité de sélection, regroupant des représentants de la SGP et d'IDFM ainsi que de son prestataire design.

#### 4.4.1.3. Accessibilité

La conception du train contribue à l'accessibilité du réseau et permet de transporter l'ensemble de la population y inclus les personnes en situation de handicap, et notamment :

- Des usagers de fauteuils roulants (UFR) avec et sans aide ;
- Des malvoyants ainsi que leurs chiens et des malentendants.

Aussi, en ce qui concerne les lacunes horizontales et verticales entre les seuils de portes et les quais, l'Arrêté d'accessibilité du 13 juillet 2009 est appliqué : la plateforme du train est au niveau du

quai et la lacune entre le train et le quai est réduite pour permettre aux personnes l'entrée et la sortie de la voiture.

En ce qui concerne les espaces UFR, les prescriptions de l'Arrêté du 13 juillet 2009 sont respectées, des espaces seront ainsi prévus dans les voitures. De plus, la possibilité de déplacement des UFR entre deux plates-formes du train est prévue : les couloirs sont suffisamment spacieux pour que les UFR puissent y circuler.

#### 4.4.1.4. Confort

Le confort thermique du train sera assuré par un système de chauffage, de ventilation et de rafraîchissement de l'air. Celui-ci assure les fonctions suivantes :

- Renouvellement de l'air à l'intérieur du train par apport d'air neuf ;
- Confort des passagers qui est déterminé par les critères de température, homogénéité de température, hygrométrie et vitesse de l'air, désenbuage de tous les vitrages ;
- En préchauffage : à la température extérieure de -5°C, la température intérieure moyenne de 18°C est obtenue en moins de 60 minutes, sans passager à bord, sans ensoleillement et train à l'arrêt ;
- En pré-réfrigération : à la température extérieure de + 35°C et 40% d'humidité relative, la température intérieure moyenne de 30°C est obtenue en moins de 40 minutes, train à l'arrêt, sans passager à bord, sans éclairage, et avec un ensoleillement frontal théorique de 500 W/m<sup>2</sup> faisant un angle de 30° par rapport à l'horizontale.

La commande générale de fonctionnement du conditionnement de l'air du train est pilotée depuis la commande centralisée, ou de manière automatique par le train à son réveil.

L'ambiance lumineuse à bord du train est assurée par un éclairage artificiel à basse consommation. Les sources lumineuses n'éblouissent pas les voyageurs pour la lecture des informations embarquées et dans le champ horizontal de vision.

En complément de la norme NF EN 13272, § 4.1.2, l'apport lumineux assure un niveau d'éclairement qui est compris entre 300 et 350 lux, à une distance de 0,8 m du niveau du plancher. Le facteur d'uniformité d'éclairement n'est pas inférieur à 0,6. En complément de la norme NF EN 13272, § 4.3.3, l'éclairage moyen de secours est  $\geq 100$  lux.

Une attention particulière est apportée à la conception du matériel roulant des voyageurs au niveau du confort acoustique (aussi bien à l'intérieur de la rame que vers l'extérieur) ainsi qu'au niveau vibratoire. Afin de réduire les bruits de roulement et limiter, dans les courbes, tout risque de bruit de crissement, des solutions techniques constituées notamment par des roues équipées de résonateurs et des graisseurs de boudin sont mises en place sur le train.

#### 4.4.1.5. Développement durable

Afin de réduire les besoins énergétiques, différentes pistes sont étudiées :

**Le freinage électrique des trains à haute vitesse**

Dans les phases de freinage, les trains deviennent producteurs d'énergie en réinjectant l'énergie de freinage vers la caténaire. Le freinage électrique des trains à haute vitesse permet d'augmenter la part de l'énergie de freinage électrique pouvant être récupérée de 30% environ. Cela limite également la production de particules liées au freinage mécanique et permet ainsi de limiter les conséquences sur la qualité de l'air.

**La marche sur l'erre**

La marche sur l'erre désigne le fait de rouler traction coupée à l'approche d'un point d'arrêt ou d'une zone à vitesse réduite. La marche sur l'erre est de fait moins énergivore que la marche tendue en raison d'une quantité d'énergie cinétique mise en jeu moins importante de 20% environ.

**Améliorer le rendement de la chaîne traction**

La portion d'énergie dissipée (pertes) dans la chaîne de traction est un poste de consommation d'énergie important (20 à 25% de l'énergie injectée dans la caténaire).

**Optimiser la circulation des trains**

Dans les phases d'accélération, les trains sont consommateurs d'énergie. A l'inverse au freinage, ils deviennent producteurs d'énergie. En faisant correspondre les phases d'accélération et de freinage des trains, les échanges énergétiques naturels entre trains sont favorisés, les postes de redressement ne venant alors qu'en complément. Les automatismes de conduite des trains permettront de gérer la circulation des trains en temps réel, en ajustant les départs des trains et en synchronisant au mieux les phases d'accélération et de freinage sur l'ensemble du parcours. L'optimisation des échanges énergétiques entre trains sera ainsi obtenue par la génération de programme d'exploitation théorique qui permet notamment la synchronisation des marches des trains.

**Postes de redressement réversibles**

En certains points de la ligne, là où elle n'est pas suffisamment réceptive, c'est-à-dire lorsqu'il y a plus de trains en freinage que de trains en accélération, l'énergie de freinage se retrouve en excès sur la caténaire. La mise en œuvre de postes de redressement réversibles permet de réinjecter l'énergie de freinage non récupérée vers le réseau de distribution amont pour, de préférence, une réutilisation interne.

**Optimiser le confort visuel et thermique**

Les différents systèmes mis en place pour l'ambiance lumineuse et le confort thermique sont économes en énergie.

**Recycler les trains**

Le recyclage en fin de vie du matériel roulant est un élément pris en compte dans la conception de ce dernier.

**4.4.2. Automatismes de conduite des trains**

**4.4.2.1. Niveau d'automatisation**

La ligne 17 Nord fonctionne en « automatisme sans conducteur et sans personnel à bord » en mode nominal. Ceci correspond au niveau d'automatisation pour l'exploitation des trains voyageurs défini par la norme IEC 62290-1 sous la dénomination GOA4.

Niveau d'automatisation	Exploitation du train	Contrôle du train	Arrêt du train	Ouverture / Fermeture des portes	gestion des situations dégradées
GOA 1	ATP + conducteur	conducteur	conducteur	conducteur	conducteur
GOA 2	ATP et ATO + conducteur	automatique	automatique	conducteur	conducteur
GOA 3	sans conducteur mais avec agent	automatique	automatique	agent	agent
GOA 4	sans personnel	automatique	automatique	automatique	automatique

Figure 2 : Niveau d'automatisation- norme IEC 62290-1

La circulation des trains en mode automatique sans conducteur est effective sur l'ensemble du domaine d'exploitation avec voyageurs et la plupart des zones sans voyageurs :

- Voies principales ;
- Voies secondaires (voies de remisage des terminus, raccordement au SMR/SMI) ;
- Zone de remisage et certaines voies de maintenance des SMR.

Pour permettre la transition entre des zones de conduite automatique et des zones non équipées pour la conduite automatique, il est nécessaire de passer par des zones de transfert ;

Des zones de transfert sont implantées :

- Devant les voies d'ateliers de maintenance du matériel roulant SMR ;
- Au sein du SMR, entre les voies de raccordement aux lignes 16 et 17 et le faisceau de voies du SMI.

En situation dégradée, du personnel habilité peut reprendre la conduite des trains voyageurs en mode manuel via un pupitre escamotable de secours situé dans le train.

Nota : Cas particulier des VMI d'intervention (voir §5.2.1.5) :

La circulation des trains de maintenance type VMI se fait en mode contrôlé avec un équipement en CBTC adapté selon les périodes de circulation (voir §4.4.2.2). Pour ces véhicules, il est prévu à ce stade du projet un niveau d'automatisation de niveau GOA1 (conduite manuelle supervisée et signalisation en cabine) qui permet notamment :

- La protection vis-à-vis des circulations de trains voyageurs (lors de l'acheminement des VMI en fin de service voyageurs, lors de l'ouverture de la ligne à la reprise de l'exploitation voyageurs) ;
- La détection d'un mouvement non autorisé du VMI sur une zone de manœuvre, conduisant à générer au minimum des alarmes au PCC et sur le train, et la coupure automatique du courant d'alimentation de traction ;
- La supervision des mouvements du VMI à partir des moyens de supervision au PCC et/ou au SMI ;
- L'assistance à sa conduite (cab-signal) en mode de conduite manuelle supervisée, au travers du concours de ses équipements embarqués de sécurité, permettant un acheminement de/vers sa zone de chantier en un temps minimal ;
- La protection automatique des zones de chantiers (i.e. : gestion centralisée des zones de chantiers, contrôle de non pénétration d'un train sur une zone de chantier, contrôle de vitesse plafond, contrôle de la sortie de la zone de chantier).

#### 4.4.2.2. Système CBTC

Les automatismes de conduite mis en place sur la ligne 17 Nord répondent aux caractéristiques d'un système CBTC (Communication Based Train Control) tel que défini par la norme IEEE1474-1. Ces caractéristiques sont principalement basées sur :

- Une localisation des trains précise (dénommé localisation primaire). Cette localisation primaire est basée sur un système odométrique embarqué (roue phonique) complété par un dispositif de relocalisation dénommé Système de Localisation par Point de Référence (ou appelé Système de Localisation par Balise) ;
- Une communication bord/sol bidirectionnelle, permanente et continue des données (Système de Transmission des Données STD) ;
- Le traitement des fonctions de sécurité par des calculateurs embarqués dans le train et/ou fixes au sol.

Un exemple d'architecture d'un système CBTC est donné dans la figure suivante.

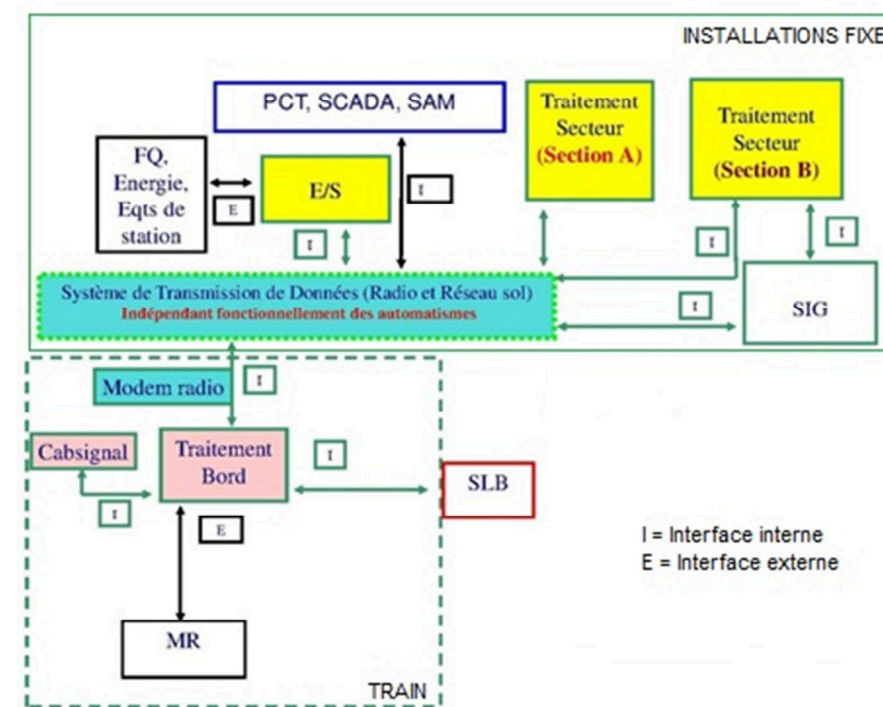


Figure 3 : Exemple d'architecture typique d'un CBTC

Le système d'automatisme de conduite se compose principalement des éléments suivants :

- ACT (Automatisme de Contrôle des Trains) : ce système permet le contrôle automatique des trains (mouvement, autorisations, régulation, protection) ;
- PCT (Poste de Contrôle des Trains) : ce système supervise les trains pour réaliser le programme d'exploitation. Il est en charge notamment de la régulation et de l'aide à l'exploitation. Ce système est traité au § « Poste de Commande du Transport » ;
- STD (Système de Transmission de Données). Ce système permet la transmission des données entre les équipements au sol et les échanges de données sol-bord.

De plus, la répartition géographique des différents équipements d'une ligne de transport (gares, matériel roulant, tunnel, site de maintenance,...) dont la supervision doit être réalisée depuis un Poste de Commandes Centralisées (Cf. § « Poste de Commandes Centralisées » §4.4.5.2), nécessite la mise en œuvre de moyens de communications performants et à haut niveau de disponibilité. Le Système de Transmission des Données des automatismes de conduite des trains assure l'acheminement de ce flux de communication en assurant notamment les échanges d'information entre les équipements embarqués des AC dans le matériel roulant, les automatismes de conduite au sol et les équipements centralisés du PCC. Toutes les données critiques pour les fonctions transport (contribuant directement au mouvement des trains) transitent par le STD.

#### 4.4.2.3. Fonctionnalités

La sécurité des circulations des trains est assurée à partir des automatismes de conduite des trains. Les équipements sont répartis à bord des trains et au sol.

Les fonctions des automatismes de conduite sont :

- Garantir la sécurité du mouvement des trains ;
- Conduire le train ;
- Superviser la voie ;
- Superviser le transfert des voyageurs ;
- Exploiter un train ;
- Vérifier la détection et la gestion des situations d'urgence.

#### 4.4.2.4. Performances du système

Les principales performances définies pour le système d'automatisme de conduite doivent permettre :

- De gérer l'exploitation 7j/7, 24h/24 ;
- Une circulation dans les deux sens sur chaque voie ;
- Un intervalle entre 2 trains successifs, n'incluant pas le temps de stationnement pour l'échange voyageurs (intervalle dynamique)  $\leq 40$  s ;
- Un intervalle théorique (intervalle dynamique augmenté du temps de stationnement pour l'échange voyageurs)  $\leq 80$  s ;
- Un intervalle minimal pratique (intervalle théorique augmenté d'une marge d'exploitation)  $< 90$  s ;
- Une précision de calcul des heures de régulation de 1 s ;
- Un temps d'établissement d'un service provisoire (qui inclut le temps de basculement des aiguilles)  $\leq 7$  s ;
- Un temps de suppression d'un service provisoire  $\leq 7$  s.

#### 4.4.3. Alimentation et distribution électrique

L'alimentation et la distribution électrique du réseau de transport du Grand Paris recouvrent trois aspects :

- Réseau HTA : transport et distribution de l'énergie électrique HTA ;
- Réseau BT : transformation du courant alternatif HTA dans les postes éclairage ou force (PEF ou PF), transport et distribution de l'énergie électrique BT jusqu'aux équipements ;
- Réseau courant traction : transformation et redressement du courant alternatif HTA dans les postes de redressement (PR), transport et distribution de l'énergie électrique de traction en courant continu jusqu'aux trains via la ligne de contact constituée d'un profilé aérien (PAC).

#### 4.4.3.1. Réseau HTA à haute disponibilité : cas général

La distribution HTA depuis le réseau ENEDIS (ex-ERDF) est réalisée en 20 kV à partir de points de livraison dissociés pour les besoins en énergie électrique BT et en énergie de traction. Les PR sont alimentés en antenne directement depuis des postes sources ERDF dédiés à l'alimentation traction, tandis qu'une énergie BT de disponibilité élevée est obtenue par transformation de l'énergie HTA distribuée en coupure d'artère au travers de 2 câbles (double artère) cheminant en site propre au métro et alimentés aux deux extrémités par des points de livraison ENEDIS indépendants.

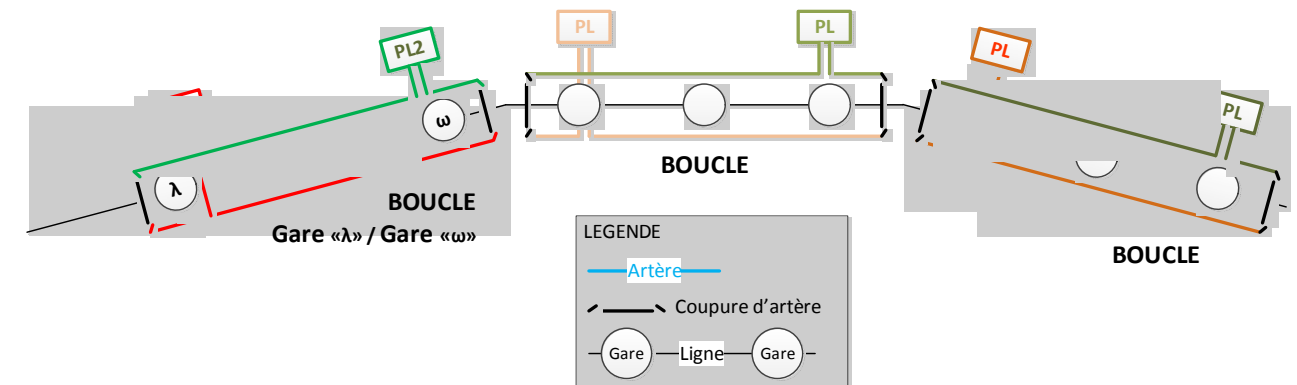
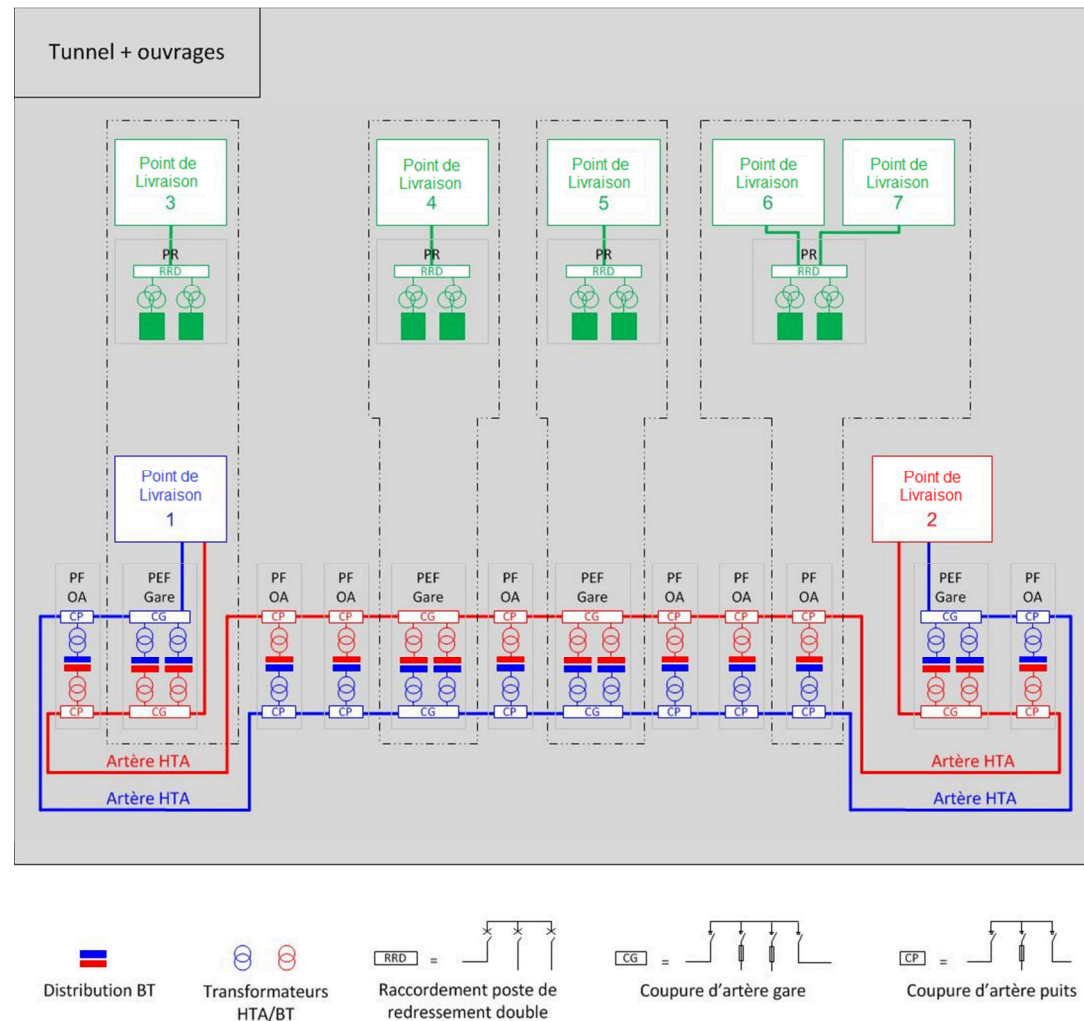


Figure 4 : Boucles d'alimentation sur une ligne

Chaque câble HTA chemine sous la voie ferrée et dessert un ensemble de gares (ou sites de maintenance) et ouvrages annexes entre les deux extrémités et peut fournir jusqu'à 10 MVA environ en régime nominal.

Le passage en tunnel des câbles permet de réduire drastiquement les risques d'arrachage par rapport à un passage en voirie ainsi que l'impact environnemental des chantiers en voirie.

Cette architecture HTA permet de garantir l'indépendance d'alimentation entre l'énergie électrique de traction et l'énergie électrique « basse tension » et une disponibilité élevée de cette énergie électrique.



**Figure 5 : Représentation de la solution technique de distribution HTA sur une portion du tracé**

Le réseau d'énergie HTA est conçu de telle sorte que la défaillance d'un quelconque équipement électrique le constituant n'entraîne pas de perturbation de l'exploitation.

#### 4.4.3.2. Réseau BT tunnel

La distribution BT en tunnel assure les fonctions suivantes :

- Alimentation électrique des équipements électriques en tunnel depuis les TGBT (Tableaux Généraux Basse Tension) ;
- Alimentation électrique des équipements électriques dans les ouvrages annexes.

La distribution BT en tunnel est assurée au travers des Postes Force (PF) situés dans chaque ouvrage annexe. Chaque PF est constitué de deux 1/2 PF physiquement indépendants, avec un poste de transformation HT/BT pour chaque 1/2 Poste Force (PF) et des départs dédiés depuis le TGBT vers les équipements.

Chaque transformateur alimente un TGBT dit permanent (TGBT-NR). Chacun de ces deux TGBT peut être réalimenté depuis l'autre TGBT permanent de l'autre 1/2 PF. Les TGBT-NR sont alimentés en 400V.

Chaque TGBT-NR dispose d'un jeu de barres pour alimenter les équipements nécessaires à l'exploitation, à la sécurité des tunnels et des gares au sens ERP. Ce jeu de barres peut être alimenté par plusieurs sources (transformateurs HT/BT). Lors de la perte d'une source (transformateur HT/BT), le système bascule automatiquement sur une autre source (le TGBT-NR couplé) afin de réalimenter les équipements. Aucun délestage n'est prévu sur ces deux TGBT de par le fait que les installations électriques ont la capacité de couvrir la totalité des besoins en puissance en mode dégradé d'alimentation (N-1).

Les éléments liés à la sécurité ou nécessitant une forte disponibilité sont alimentés systématiquement en double attache depuis deux TGBT.

Ces éléments sont les suivants :

- Le désenfumage du tunnel ou les mises en pression de certaines zones ;
- Les escaliers mécaniques ;
- Les sources autonomes de sécurité pour l'éclairage de sécurité ;
- Les servitudes de l'ouvrage annexe ;
- Les ascenseurs et leur interphonie ;
- Les pompes de relevage d'eaux d'exhaure.

Chaque TGBT alimente également un TGBT Secouru via une ASI (Alimentation Sans Interruption), elle-même alimentée en secours par l'autre TGBT, permettant de maintenir en fonctionnement certains équipements sensibles, notamment courants faibles, en cas de dysfonctionnement de la distribution BT. Les départs BT dits « sans interruption » ne sont pas délestables pendant une durée adaptée à chaque besoin de disponibilité ou de sécurité : un délestage par fonction pourra être mis en place au niveau des TGBT secourus.

L'Alimentation Sans Interruption (ASI) est assurée de la façon suivante :

- Source d'entrée 400/230 V~,
- Sortie 400/230 V~,
- Autonomie par batterie au plomb étanche (la durée d'autonomie est en cours de définition, elle se base sur la criticité des fonctions à maintenir pendant la gestion des incidents électriques),
- Les équipements choisis devront présenter un by-pass statique,
- La présence d'un by-pass externe manuel est nécessaire à la maintenance.

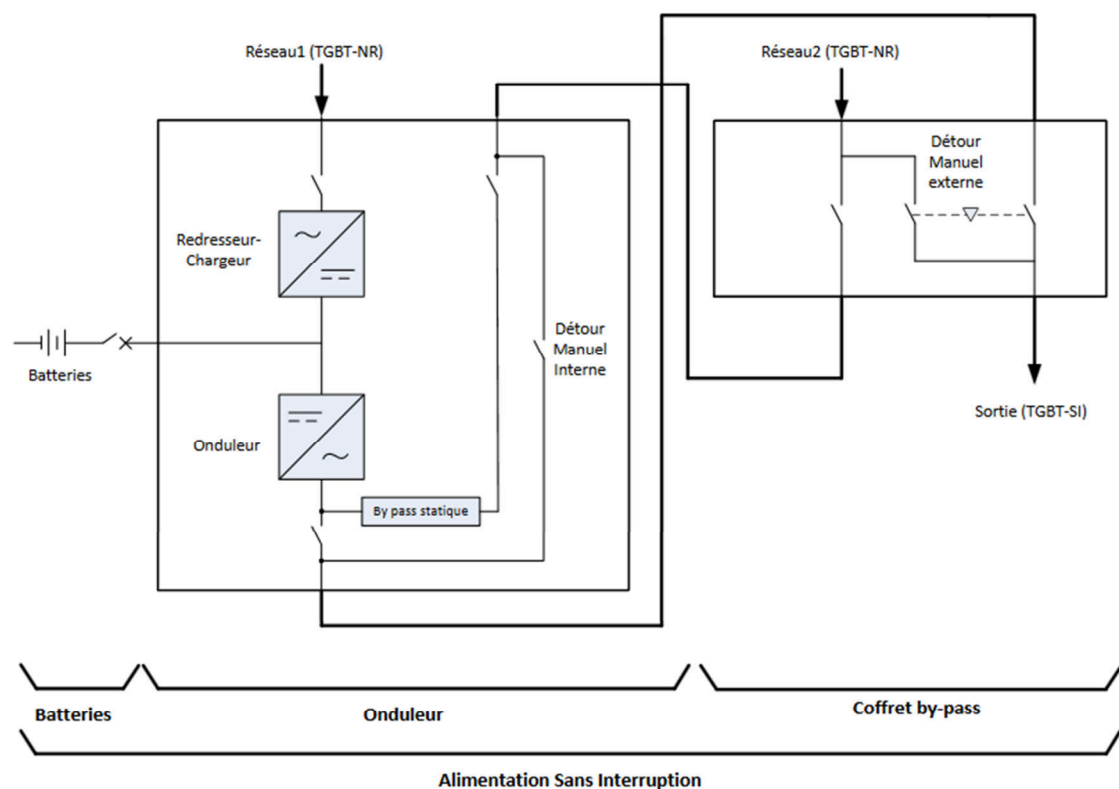


Figure 6 : Modes de fonctionnement de l'alimentation sans interruption

Le schéma suivant présente l'architecture de principe de la distribution HTA/BT en tunnel.

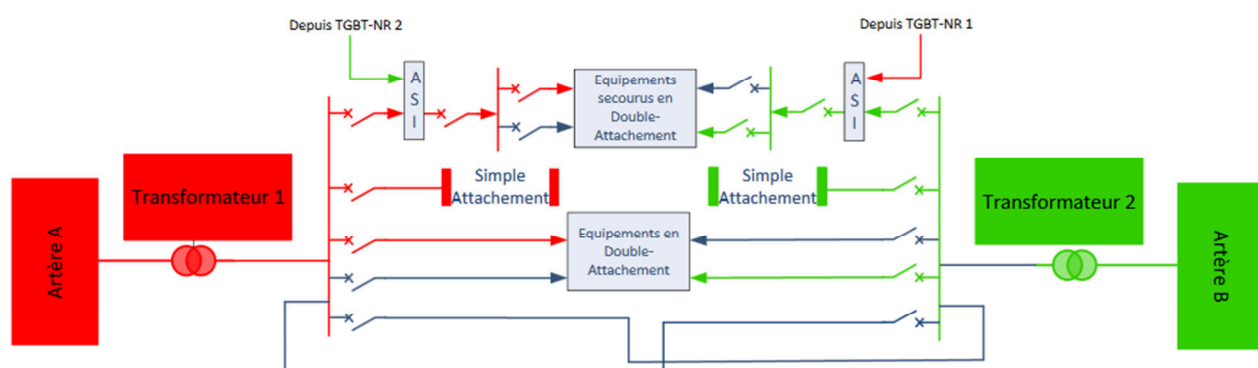


Figure 7 : Architecture de distribution au sein d'un PF

Sur le schéma, les trois types d'alimentation électrique basse tension pour les équipements sont :

- Equipement en simple attachement (si la fonction réalisée par des équipements en simple attachement est une fonction sécuritaire alors il y a redondance entre deux équipements simple attachement alimentés par des TGBT-NR différents) ;
- Equipement en double-attachement (alimentés par des TGBT-NR différents) ;
- Equipement sans interruption en double attachement (alimentés par des TGBT-SI différents).

Les principes, pour un 1/2 PF, sont présentés dans le schéma suivant :

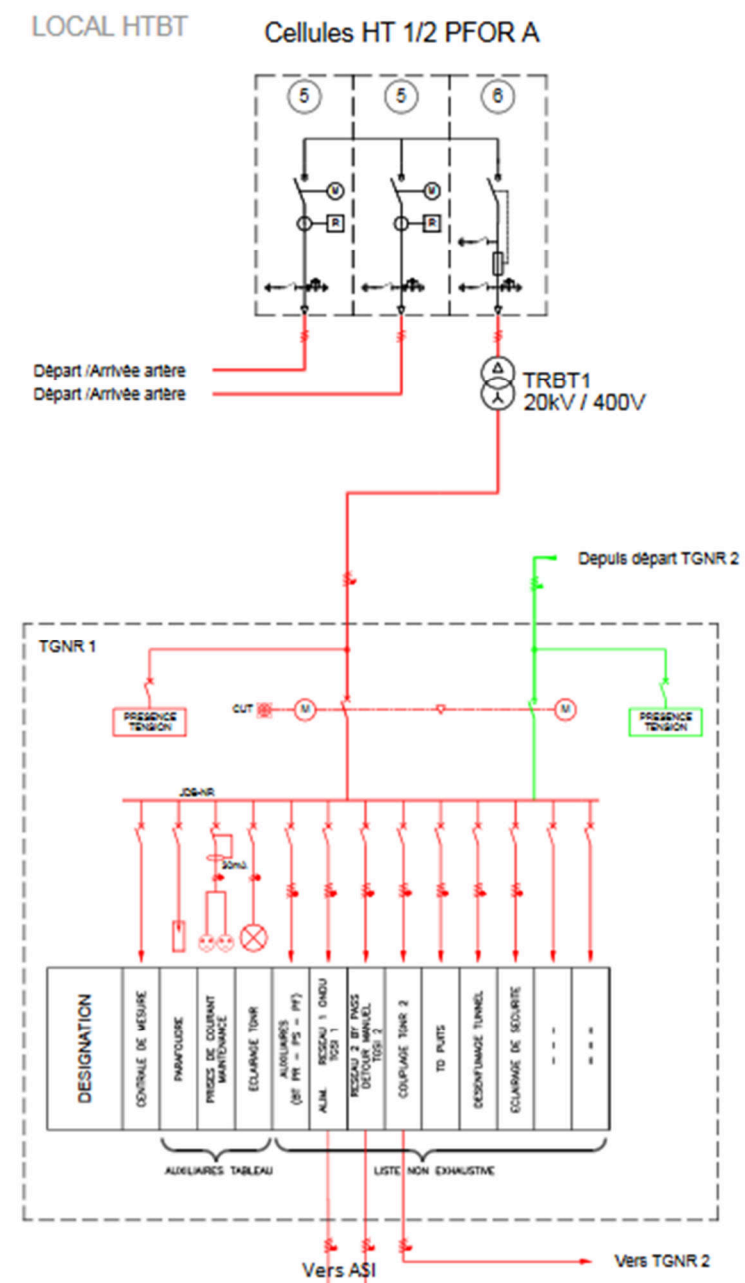


Figure 8 : Principes BT - TGBT-NR en tunnel pour un 1/2 PF

Les TGBT-SI alimentent les équipements qui ne supportent pas d'interruption d'alimentation BT (microcoupure ou perte totale d'alimentation générale) ou qui doivent être maintenus sous tension en cas de perte d'alimentation.

Ce tableau est alimenté par des Alimentations Sans Interruption sur batteries et comprend plusieurs jeux de barres « Sans Interruption » permettant le délestage des équipements.

Les principes pour le TGBT-SI sont présentés dans le schéma suivant :

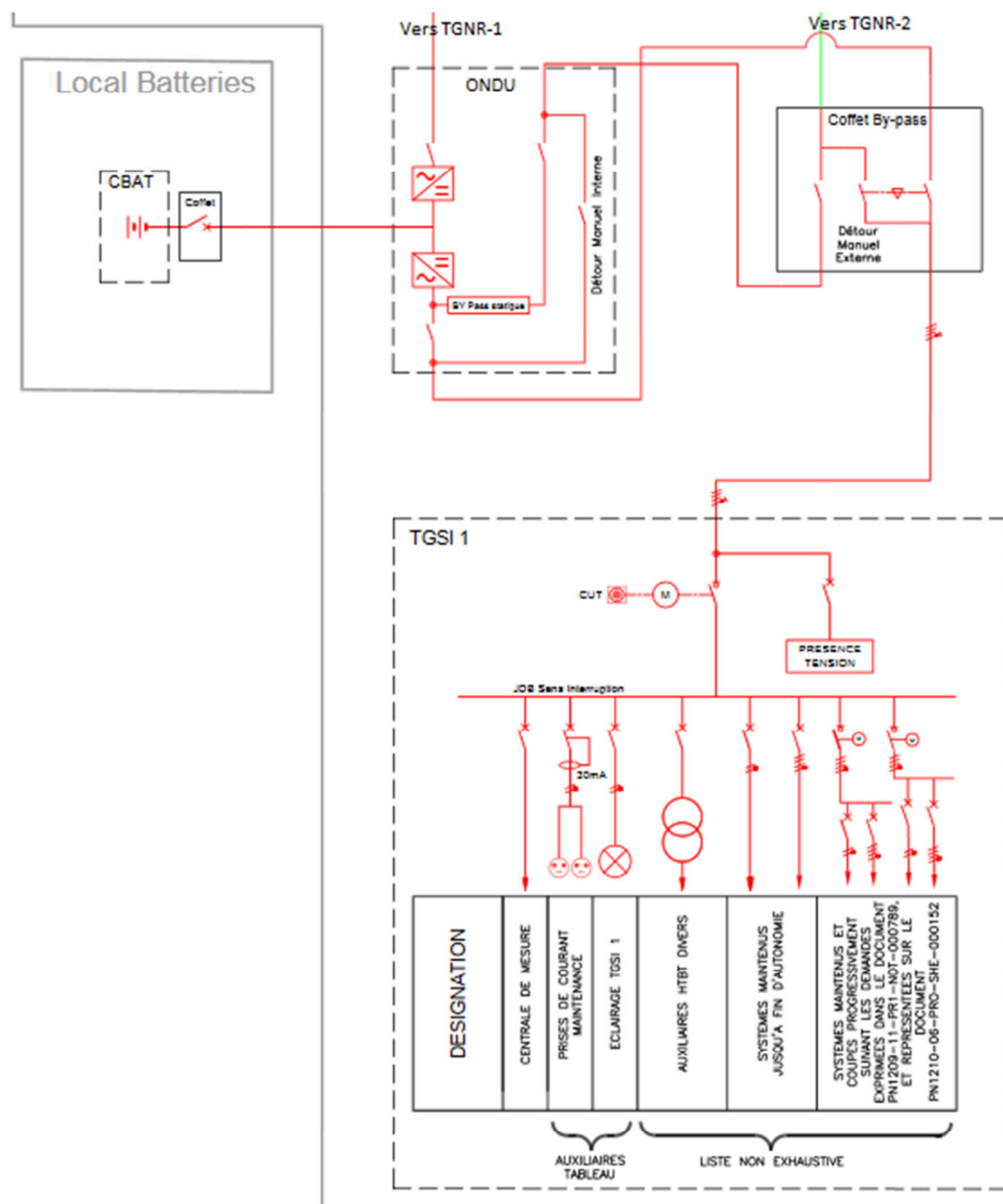


Figure 9 : Principes BT – ASI et TGBT-SI en tunnel

L'architecture BT est liée aux choix définis pour l'architecture HT.

Un couplage des TGBT des demi-PF est mis en place pour permettre l'alimentation secours des équipements, au sens de l'arrêté du 22 novembre 2005 (éclairage d'évacuation / ventilation de désenfumage / prise de courant pompier / etc.) en cas de coupure au niveau HTA, en complément de la disponibilité apportée par les schémas de distribution en « double attache » exposée ci-avant.

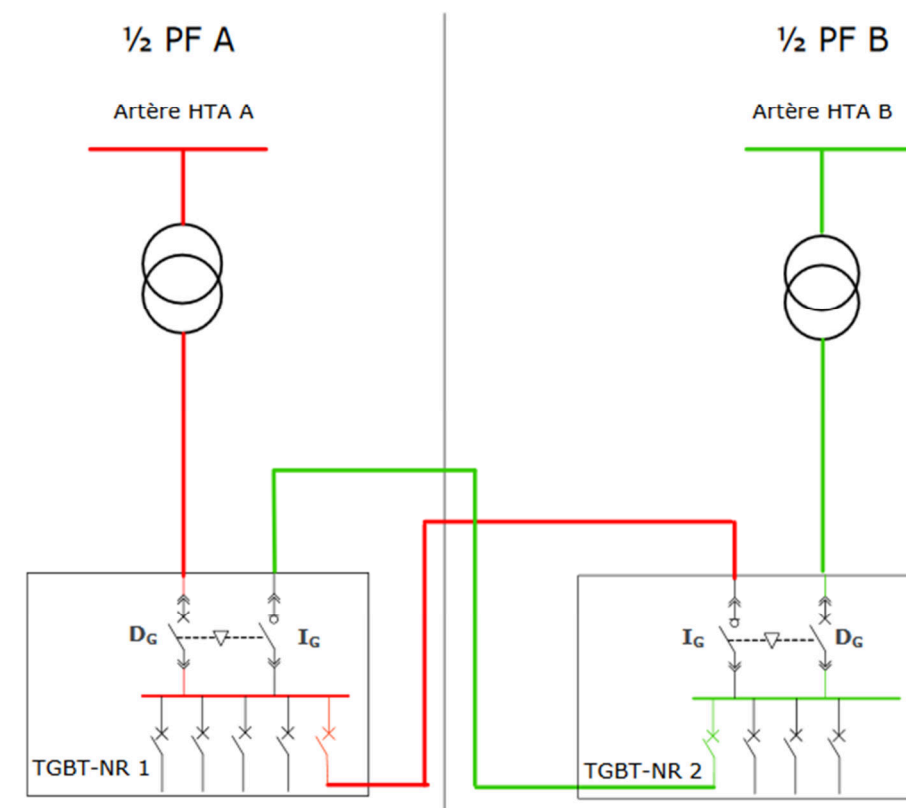


Figure 10 : Présentation du couplage TGBT-NR

#### 4.4.3.3. Réseau BT stations

La transformation HT/BT et distribution BT en station est assurée par un Poste Eclairage-Force (PEF) constitué de deux 1/2 PEF physiquement indépendants.

Selon les besoins de puissance des équipements en station et en tunnel (sur la zone d'action de la station), chaque 1/2 PEF comprend deux transformateurs triphasés 20 kV/400 V~ de puissance pouvant atteindre chacun 1600 kVA.

La distribution BT des départs individuels est répartie dans chaque 1/2 PEF dans un local BT composé des éléments suivants :

- 2 TGBT-NR (Tableau Général Basse Tension – Normal Remplacement) de puissance totale 800 kVA chacun ;
- 1 batterie de condensateurs par TGBT-NR ;
- 1 Alimentation Sans Interruption (ASI) ;
- 1 TGBT Sans Interruption (TGBT-SI) ;
- 1 Armoire de contrôle-commande.

L'ASI et le TGBT-SI sont cloisonnés vis-à-vis des autres équipements du local BT.



Le local BT est complété par un local batteries composé des éléments suivants :

- 2 chantiers batteries ;
- 2 coffrets disjoncteur batteries pour la protection du système en cas de défaut au niveau des batteries.

Chaque TGBT-NR est alimenté par un transformateur en fonctionnement nominal et chaque transformateur fonctionne avec une charge correspondant environ à la moitié de la puissance installée. En mode de fonctionnement dégradé (N-1), chaque TGBT-NR peut alimenter ou être alimenté par un des TGBT-NR de l'autre 1/2 PEF, la puissance de chaque transformateur permettant d'alimenter ces deux TGBT-NR couplés du PEF considéré sans délestage.

Un TGBT-NR par 1/2 PEF alimente un TGBT-SI via un onduleur afin de permettre l'alimentation des équipements « sans interruption » en cas de dysfonctionnement de la distribution BT.

Le schéma suivant présente l'architecture de principe de la distribution HTA/BT en station.

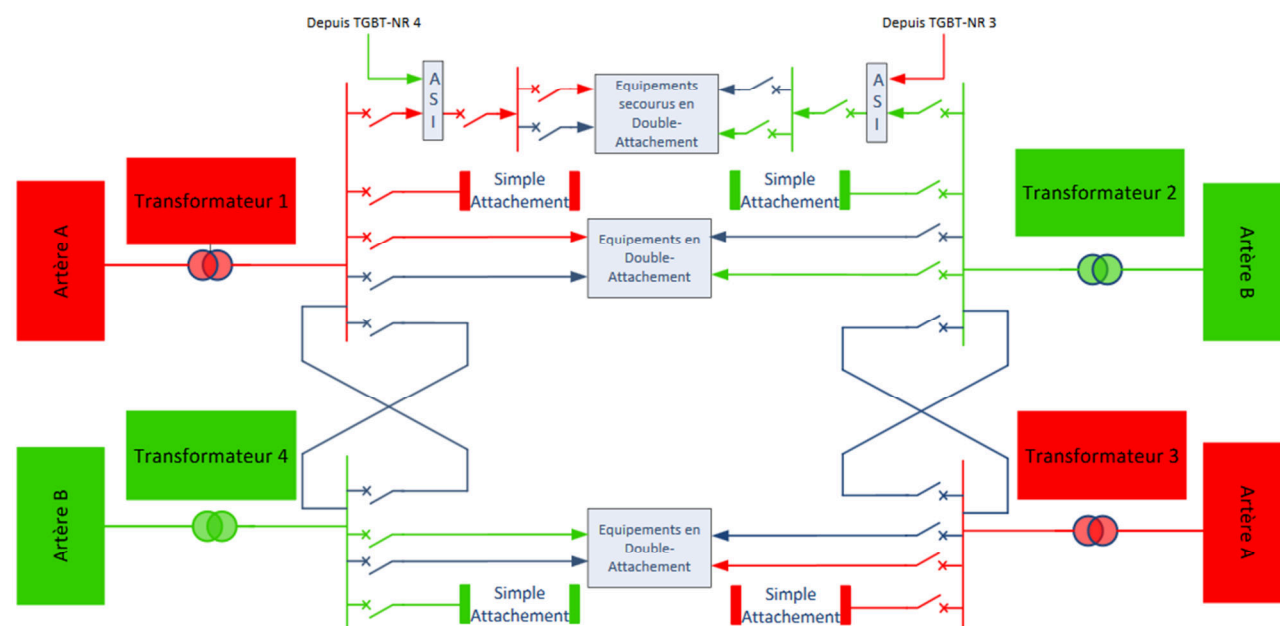


Figure 11 : Architecture de distribution au sein d'un PEF

Sur le schéma, les trois types d'alimentation électrique basse tension pour les équipements sont :

- Equipement en simple attachement (si la fonction réalisée par des équipements en simple attachement est une fonction sécuritaire alors il y a redondance entre deux équipements simple attachement alimentés par des TGBT-NR différents) ;
- Equipement en double-attachement (alimentés par des TGBT-NR différents) ;
- Equipement sans interruption en double attachement (alimentés par des TGBT-SI différents).

Les TGBT-NR alimentent les équipements nécessaires à l'exploitation, à la sécurité des gares au sens ERP. Chaque TGBT dispose de deux jeux de barres :

- Jeu de barres NR : ce jeu de barres est déconnecté lors d'une action sur la coupure d'urgence générale du tableau (CUT) (raison technique). Il n'est pas affecté par une action sur la coupure d'urgence Pompiers (CUP) ;
- Jeu de barres NR coupé sur coupure d'urgence pompier : ce jeu de barres est déconnecté lors d'une action sur la coupure d'urgence Pompiers (raison technique ou action pompiers) ou sur action de la coupure d'urgence générale du tableau (raison technique).

Aucun délestage n'est prévu sur ces deux TGBT. Les installations électriques ont la capacité de couvrir la totalité des besoins en puissance en mode dégradé d'alimentation (N-1).

Les principes, pour un 1/2 PEF, sont présentés dans le schéma suivant :

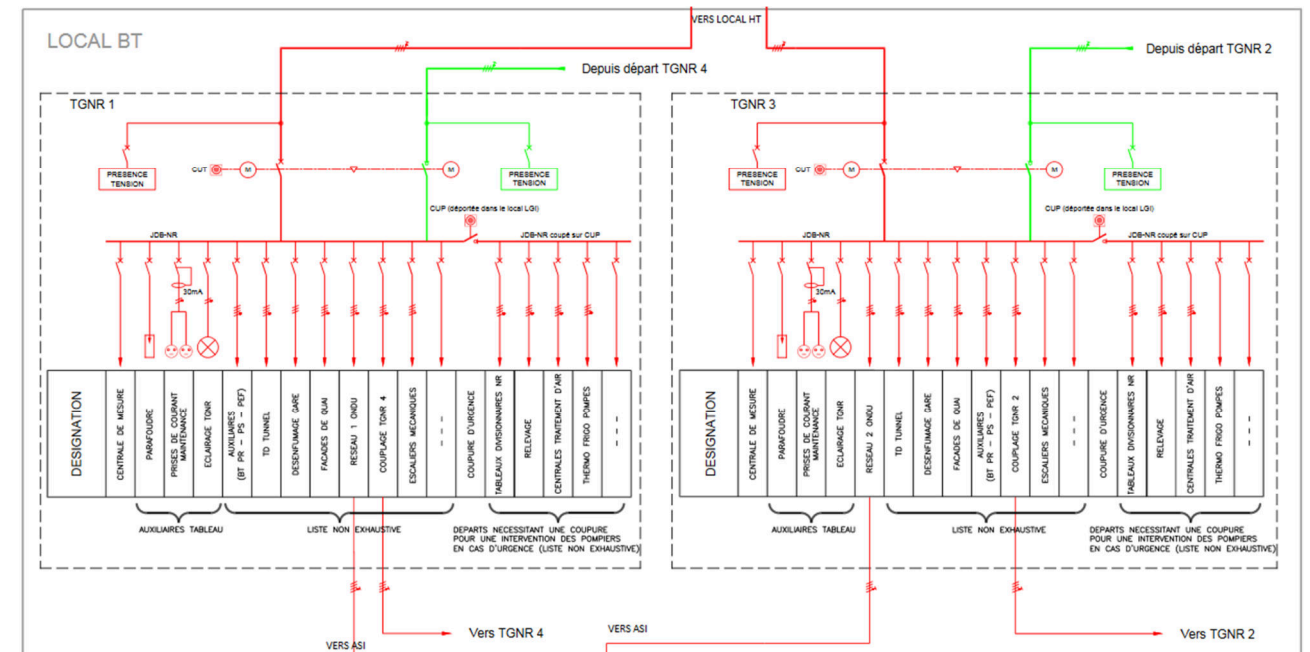


Figure 12 : Principes BT - TGBT-NR en station pour un 1/2 PEF

Les TGBT-SI alimentent les équipements qui ne supportent pas d'interruption d'alimentation BT (microcoupure ou perte totale d'alimentation générale) ou qui doivent être maintenus sous tension en cas de perte d'alimentation.

Ce tableau est alimenté par des Alimentations Sans Interruption sur batteries et comprend plusieurs jeux de barres « Sans Interruption » permettant le délestage des équipements.

Ces principes pour le TGBT-SI d'un 1/2 PEF sont représentés par la figure suivante.

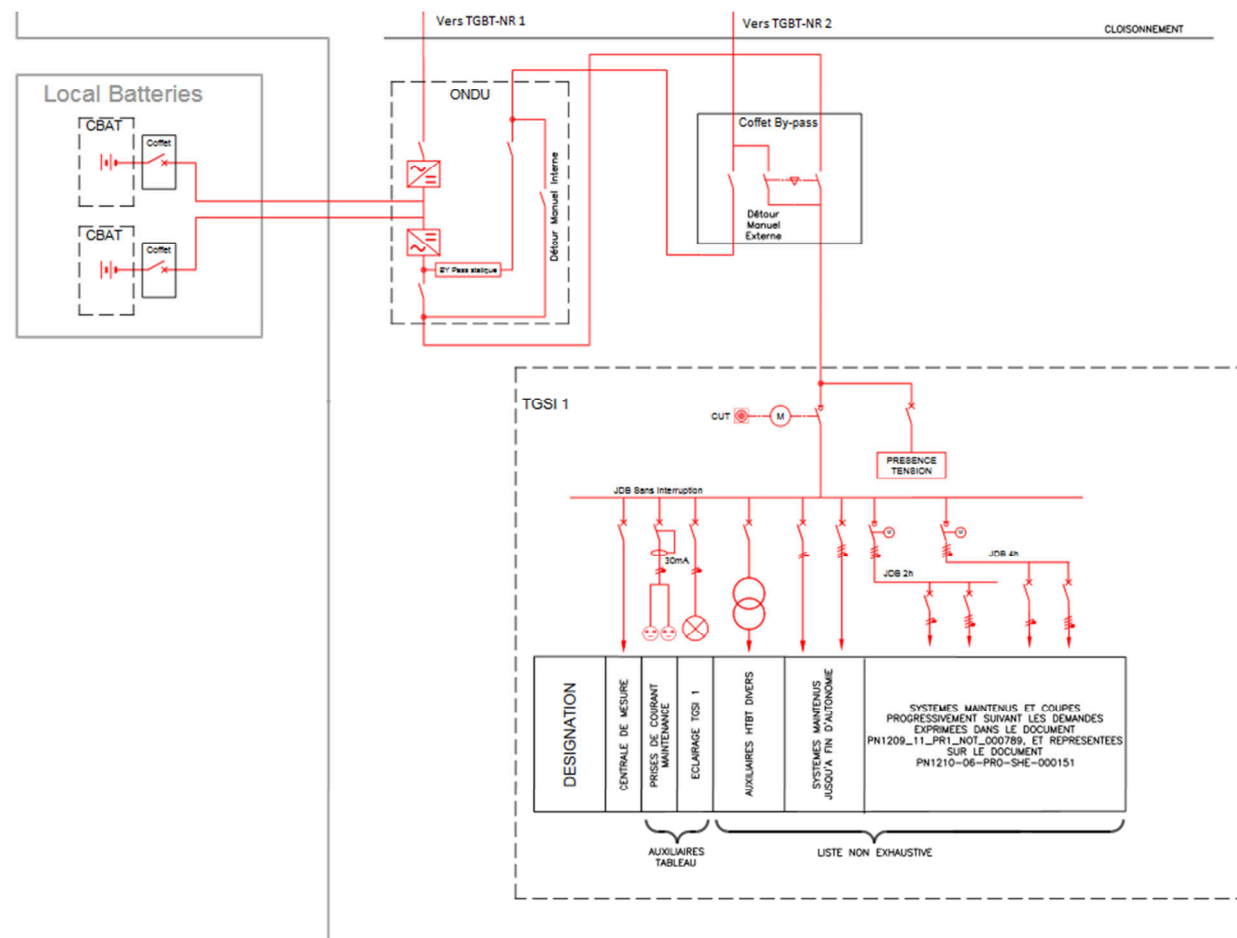


Figure 13 : Principe BT – ASI et TGBT-SI en station

Dans le cadre du projet, deux dispositifs de coupures électriques d'urgence sont mis en place au niveau de la distribution générale basse tension :

- Coupure d'Urgence Tableau (CUT) ;
- Coupure d'Urgence Pompier (CUP).

La répartition et le positionnement de ces éléments sont les suivants :

- Une CUT par TGBT-NR et TGBT-SI dans l'ensemble des ouvrages de la ligne rouge ;
- Une CUP au niveau local général d'intervention (LGI) en gare et sites de maintenance.

L'actionnement de la (CUT) entraîne la coupure électrique de l'ensemble du TGBT (NR ou SI) associé.

L'actionnement de la (CUP) au sein du local LGI entraîne la coupure électrique du jeu de barres NR coupé sur CUP au sein de chaque TGBT-NR de la gare impactée. Les équipements des systèmes suivants sont alors mis hors tension :

- Les systèmes alimentés depuis les Tableaux divisionnaires NR (éclairage, prises de courant, écrans d'IV, VMC, unités terminales, etc...) ;

- Les équipements de CVC : Centrales de Traitement d'Air, Thermo-FrigoPompes ;
- Les équipements de relevage.

#### 4.4.3.4. Disponibilité de l'énergie HT/BT

La combinaison des redondances au niveau des sources HTA, des artères, des 1/2 PEF ou PF et des transformateurs HT/BT, et TGBT associés, offre de multiples possibilités de reconfiguration de la distribution d'énergie électrique avant d'avoir recours au secours par les ASI.

A titre d'exemple, la figure suivante illustre le cas d'une double panne au niveau HT sans impact sur les équipements de ventilation de désenfumage de la gare, par la mise en œuvre du couplage entre 1/2 PEF au niveau des TGBT.

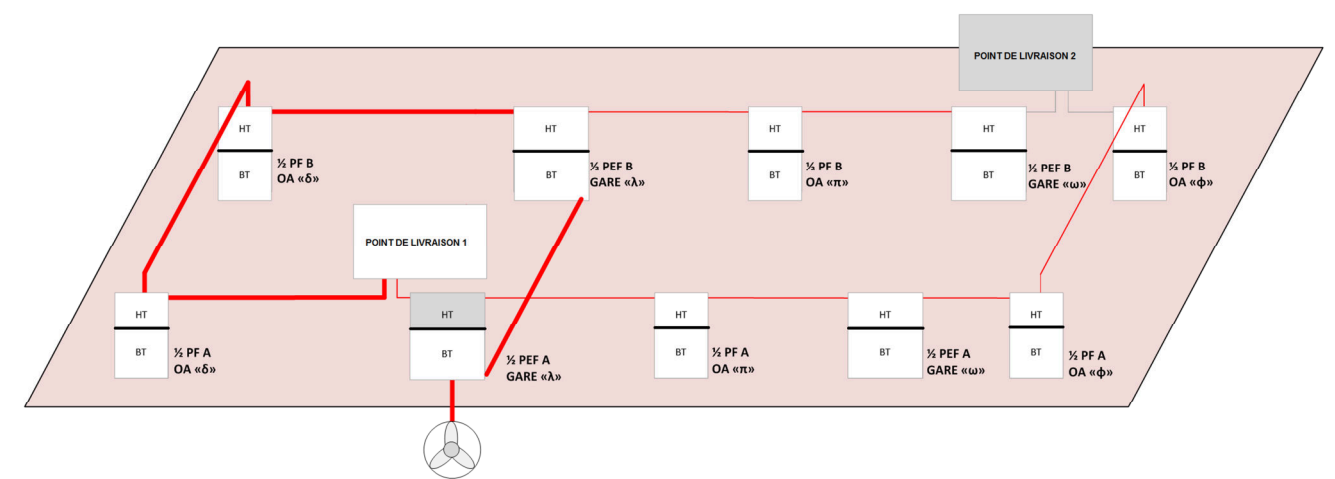


Figure 14 : Configuration de secours HT et BT du réseau de distribution HTA/BT

#### Bilan de puissance HT/BT

Selon les besoins exprimés par les MOE pour l'ensemble des équipements des gares, ouvrages annexes, tunnels et systèmes ferroviaires (hors traction électrique) de la ligne 17 Nord, le bilan de puissance de l'artère HTA nécessaire à la ligne 17 Nord est, à ce stade, le suivant :

Artère	Puissance utile (kVA)	Marge de puissance	Longueur de l'artère (m)	Marge de longueur
Le Bourget Aéroport <-> Triangle de Gonesse	6840	32%	8437	19%

Figure 15 : Bilan de puissance alimentation BT

Le dimensionnement des transformateurs (Puissance utile identifiée dans le tableau) intègre une réserve de puissance d'environ 30% couvrant les évolutions futures des besoins en énergie électrique.

## AVANT-PROJET DU MAITRE D'OUVRAGE

Les transformateurs et les artères HTA de la ligne 17 Nord ont été dimensionnés avec les valeurs fixes de :

- Dans les puits avec ventilation, la puissance par demi-PF de 800 kVA (pour une puissance utilisée moyenne de 730 kVA) ;
- Dans les puits sans ventilation, la puissance par demi-PF de 630 kVA (pour une puissance utilisée moyenne de 560 kVA) ;
- Dans les gares, puissance par demi-PEF de 1600 kVA (pour une puissance utilisée moyenne de 1120 kVA).

### 4.4.3.5. Réseau courant traction

Les fonctionnalités du réseau courant traction sont :

- Production de l'énergie électrique de traction, par conversion de l'énergie électrique HTA (transformation de 20kV alternatif en 1500V continu) ;
- Distribution de l'énergie électrique de traction ;
- Liaisons traction vers les voies ferrées pour le négatif traction ;
- Liaisons traction vers les lignes aériennes de contact pour le positif traction ;
- Automatismes traction installés dans les locaux techniques de traction ;
- Échanges d'information avec la supervision et la logique traction (qui fait partie des fonctionnalités des automatismes de conduite et commandes centralisées).

#### • Architecture du réseau courant traction

La ligne 17 Nord est découpée en sections électriques par l'intermédiaire de Postes de Sectionnement (PS), positionnés essentiellement selon les secteurs formés par les installations de service provisoire. Ces sections électriques permettent d'isoler une section dans laquelle se produit un incident d'exploitation ou technique et contribuent à assurer la continuité de l'exploitation de la ligne sur les autres sections.

Les PS sont intégrés aux Postes de Redressement (PR) dans lesquels sont implantés les Groupes Traction (GT) qui alimentent en énergie de traction le PAC. Le retour du courant de traction jusqu'au PR se fait par l'intermédiaire des rails de roulement.

Au besoin, les sections électriques sont découpées en sous-sections par l'intermédiaire des postes de sous-sectionnement (PSS), pour des besoins de discrimination des défauts et de maintenance, ou pour l'utilisation optimale des communications de service provisoire.

Selon le besoin, le poste de sectionnement assure plusieurs fonctions :

- le découpage et/ou la continuité amont-aval ;
- la séparation ou mise en parallèle voie 1 voie 2.

L'alimentation des 2 voies est séparable.

L'ensemble de ces mesures permet de disposer d'une bonne souplesse dans la gestion des modes dégradés d'exploitation et pour la répartition des zones de travaux durant l'interruption du service voyageurs.

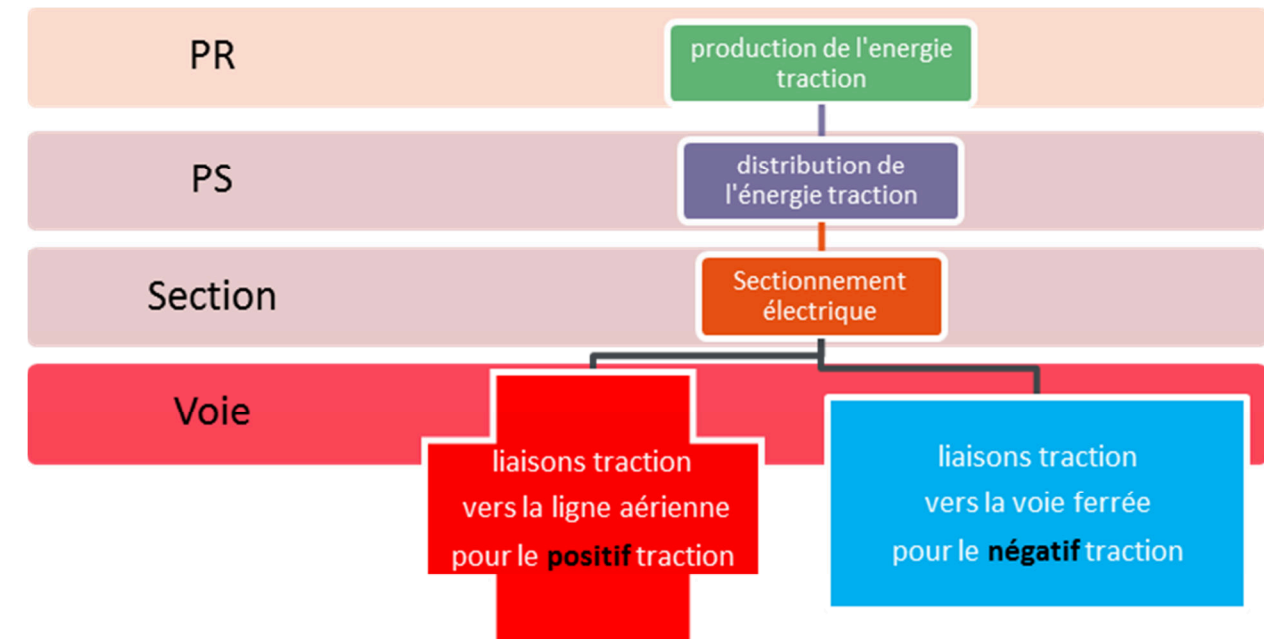


Figure 16 : Principe de raccordement de l'énergie traction à la voie

#### • Postes de redressement

Un PR abrite un ou plusieurs groupes traction (redresseur + transformateur).

Il y a 4 configurations types de PR :

- Le PR simple : un seul groupe de traction et une arrivée HTA ;
- Le PR double simultané : deux groupes de traction d'une puissance unitaire égale, fonctionnant en simultané et une arrivée HTA ;
- Le PR redondé : deux groupes de traction indépendants, un seul en fonctionnement, et 2 arrivées HTA indépendantes ;
- Le PR double secouru : deux groupes de traction d'une puissance unitaire égale fonctionnant en simultané et 2 arrivées HTA indépendantes.

L'alternative d'un système de récupération et de renvoi vers ENEDIS de l'énergie de freinage électrique non utilisée par les rames a été examinée. Cette alternative pourrait être appliquée en certains points de la ligne.

Les simulations au stade AVP des études, réalisées à l'échelle de la ligne 17 Nord dans son ensemble, intègrent la capacité à assurer une offre aux heures de pointe sur la ligne 17 Nord à 120 s d'intervalle, pouvant être portée exceptionnellement à 90 s pendant deux heures par 24 h, même en mode dégradé de perte d'un PR parmi 4. Elles ont montré la nécessité de prévoir un PR redondé au terminus Le Mesnil Amelot (LMA).

Le dimensionnement et la localisation des PR pris en compte pour la simulation traction en phase avant-projet sont donnés ci-après.

PR	Type	Puissance nominale (MVA)
Le Bourget Aéroport	Simple	4,4
Triangle de Gonesse	Simple	4,4
Parc des Expositions	Simple	4,4
Puits OA 3702P	Simple	4,4
Puits OA 3801P	Simple	4,4
Le Mesnil Amelot	Redondé	2 * 4,4

**Figure 17 : Dimensionnement Traction AVP**

Des simulations traction complémentaires pourront être réalisées en cohérence avec les évolutions du projet (modifications du tracé, phasage, etc.).

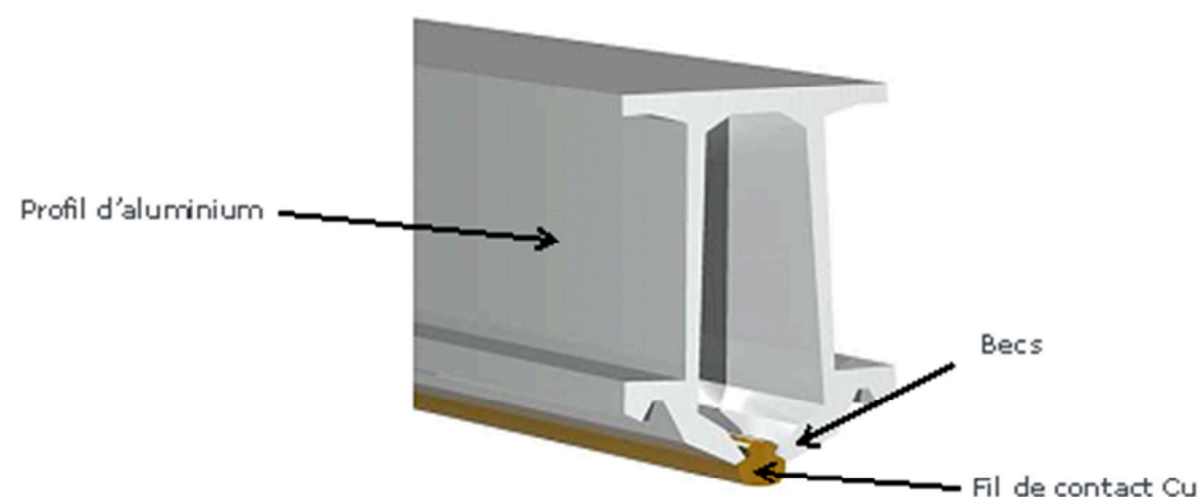
• **Particularités ligne 17 Nord – PSSD**

Afin de permettre une indépendance avec le tronçon commun L16/17 des travaux et essais de la ligne 17 Nord, un PSSD avec coupure du rail est situé dans l'OA 0101P.

**4.4.3.6. Profil aérien de contact (PAC) pour une haute disponibilité**

Le Profilé Aérien de Contact (PAC) se compose principalement d'un profilé aluminium qui pince par élasticité un fil de contact cuivre.

Ce profilé PAC présente l'avantage de l'absence de chute de fil par rapport à une caténaire classique. Le PAC alimente le train en courant continu sous 1500 V environ. Le retour de courant est réalisé par les rails de roulement.



**Figure 18 : Représentation du Fil de contact inséré dans un profil de PAC**

Le PAC est maintenu via la mise en place de suspensions fixées sur les parois ou la voûte du tunnel ;

Les longueurs des supports sont déterminées en fonction :

- du type d'équipement ;
- de la hauteur du plan de contact ;
- du profil en long de la voie ;
- des autres corps d'état (infrastructures et voies ferrées notamment).

Les armements sont constitués par :

- des isolateurs adaptés à la tension de service ;
- un système de fixations aux supports (chaises, ...) ;
- un système d'accroche permettant de supporter le PAC et permettre son réglage.



**Figure 19 : Exemple d'armement pour un PAC en tunnel**

Les armements doivent offrir des possibilités de réglage latéral, vertical, angulaire et permettre la dilatation longitudinale du profilé.

Ce système permet des gains de volume et de disponibilité importants par rapport à une caténaire classique, pour l'environnement tunnel de la ligne 17 Nord. Il offre également une maintenabilité accrue pour un coût de possession moindre, la maintenance consistant essentiellement à contrôler les isolateurs, les supports et fixations, ainsi qu'à remplacer de manière corrective une longueur limitée de fil de contact ou sa totalité en limite d'usure dans le cadre de la maintenance préventive.

#### 4.4.3.7. Conducteurs et câbles

Les caractéristiques du fil de contact sont définies par la norme NF EN 50149.

Le fil de contact utilisé a une section de 150 mm<sup>2</sup> conformément à la configuration BC-150 de ladite norme.

#### 4.4.3.8. Zone des appareils de voie

Les zones des appareils de voie mis en œuvre dans le cadre de ce projet sont équipées par deux PAC :

- Le premier équipe la voie directe ;
- Le second équipe la voie déviée.

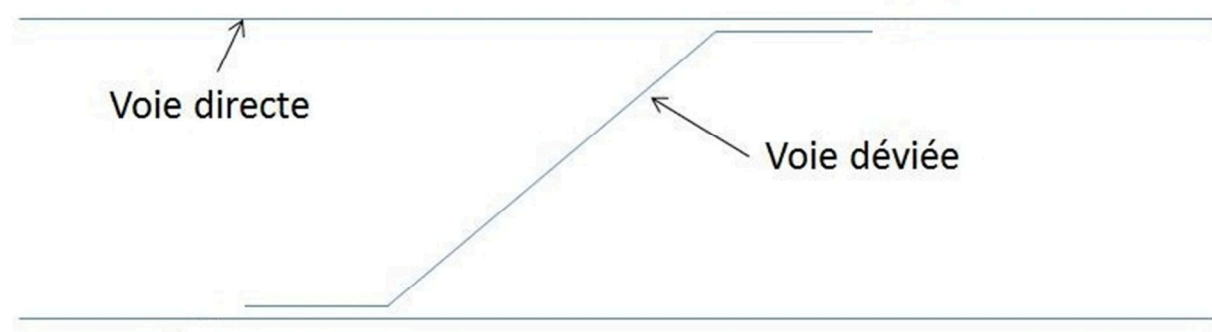


Figure 20 : Principe de communication en PAC

Les communications Voie 1 et Voie 2 sont réalisées à partir de l'équipement de deux appareils de voie.

Des connexions de continuité sont installées entre les PAC de voie directe et de voie déviée.

Chaque communication sera équipée en son centre d'un sectionnement électrique pour assurer l'indépendance électrique des voies.

#### 4.4.4. Voie et appareils de voie

La voie ferrée et son système de pose assurent les besoins fonctionnels :

- de guidage et de roulage en sécurité du matériel roulant ;
- de filtration des vibrations générées par le roulement du matériel roulant sur la voie, pour limiter les vibrations transmises au radier du tunnel et au sol ;
- de retour isolé du courant d'alimentation.

Une pose de voie sur béton est retenue pour réduire les coûts de maintenance et améliorer sa disponibilité.

En voies souterraines l'entraxe entre les deux voies est de 3,50 m sauf exception (arrière-gare des terminus).

##### 4.4.4.1. Pose de voie en tunnel et tranchée couverte

L'armement de voie est constitué de traverses béton à enveloppe (TBE) avec semelle résiliente. Dans l'encombrement disponible, avec la variation des caractéristiques des TBE (raideur de la semelle sous traverse, masse), plusieurs types de pose sont envisagés selon le niveau d'amortissement des vibrations à atteindre.

Du moins exigeant (N1) au plus performant (N3) :

- Niveau N1 : traverses béton monobloc, intégrant une enveloppe latérale et en sous face, permettant une atténuation par rapport à une pose de voie de référence. Pose « standard » équipant la majeure partie du tracé, incluant les zones d'appareils de voie ;
- Niveau N2 : Dédié aux zones nécessitant un armement avec une atténuation vibratoire intermédiaire. L'armement de cette pose de voie N2 est identique à la pose de voie type N1 à l'exception de la traverse (TBE N2), dont les caractéristiques des matériaux élastiques de l'enveloppe permettent d'atteindre le niveau d'atténuation vibratoire visé. Identification des zones en cours de définition avec l'AMO Bruits et Vibrations ;
- Niveau N3 : Dédié aux zones nécessitant un armement avec une haute atténuation vibratoire. L'armement de cette pose de voie N3 est identique à la pose de voie type N1 à l'exception de la traverse, dont les caractéristiques des matériaux élastiques de l'enveloppe, l'encombrement et la masse, permettent d'atteindre le niveau d'atténuation vibratoire visé. Identification des zones en cours de définition avec l'AMO Bruits et Vibrations.

La performance d'amortissement est améliorée en jouant sur l'élasticité de la semelle disposée dans le chausson ou de façon ultime par l'utilisation d'une dalle flottante.

La pose de voies sur traverses a été retenue aux dépens de la pose directe sur selles ou sur dalle préfabriquée, car permettant des cadences de pose plus rapides et de meilleures performances d'amortissement vibratoires.

• **Pose de voie sur traverses**

Les traverses béton à enveloppe intègrent une enveloppe latérale et en sous face permettant de rendre la traverse indépendante du béton de calage dans l'objectif de son remplacement.

Le béton de calage de la voie permet de bloquer les traverses et contribue au drainage de la plateforme.

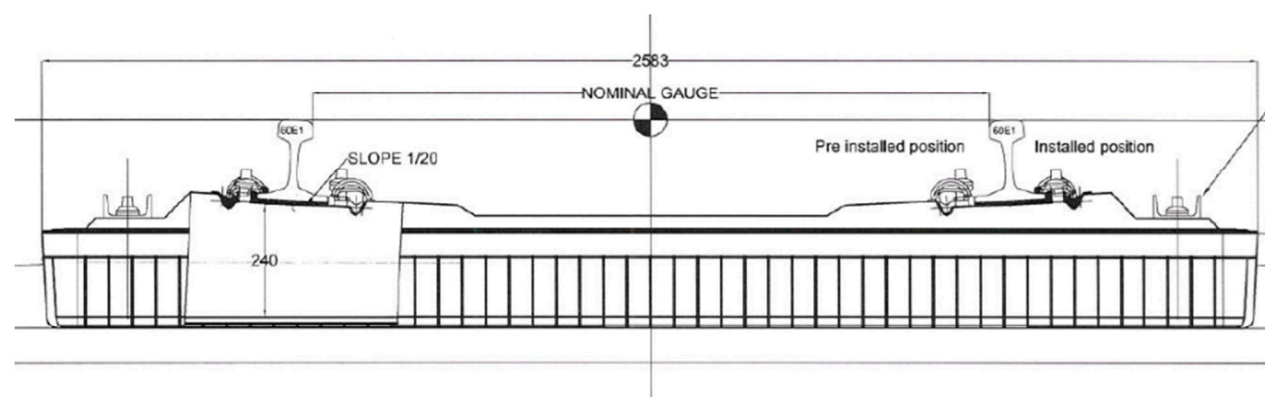
Le travelage à considérer est de 60 cm environ en alignement droit et en courbe (pris à l'axe de la voie).

Les fixations du rail sont réalisées à l'aide d'attaches élastiques isolantes.

Les attaches sont directement en lien avec les traverses supports décrites ci-dessus. Elles sont pré-montées et livrées avec les traverses supports.

Le système d'attache repose sur l'utilisation :

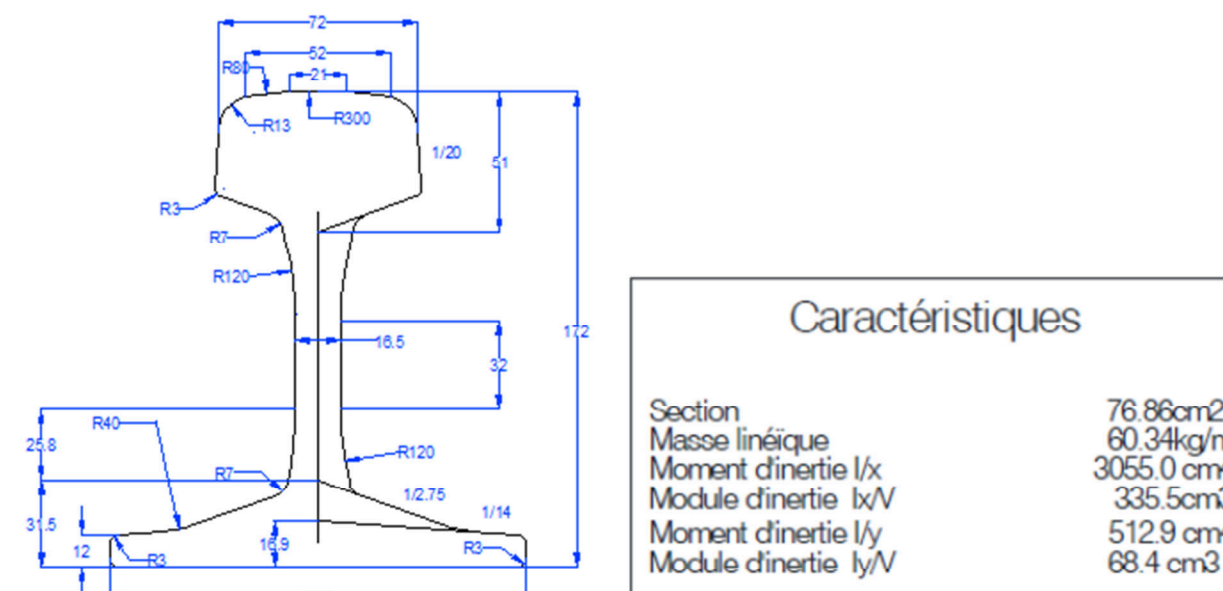
- d'une semelle isolante d'une raideur définie entre la traverse et le patin du rail ;
- d'un jeu de butées isolantes latérales pour le maintien du rail et de l'écartement de la voie ;
- d'attaches élastiques ;
- de tirefonds éventuels ou d'ancrages intégrés dans la traverse pour le maintien du système.



**Figure 21 : Exemple traverse HAS avec chausson (équipée d'attaches pré-montées et de rail UIC60)**

• **Type de rail**

Le profil de rail prévu est le rail 60E1 selon la norme NF EN 13674-1.



**Figure 22 : Rail 60E1 – Norme NF EN 13674-1**

La nuance de base pour la dureté du rail est le R260.

Le recours à un rail de nuance plus élevée que la base R260 sera mis en œuvre en courbe de rayon inférieur à 750 m (R350HT).

Le type de rail retenu est adapté à la gamme du tonnage annuel prévu à terme sur les lignes 16/17 ainsi que sur la ligne 15.

Les méthodologies de pose de voie retenues sont robustes et limitent les besoins en maintenance préventive.

**4.4.4.2. Pose de voie en tranchée ouverte**

Les voies en tranchée ouverte représentent uniquement 0,5 km de voie double et permettent d'assurer les transitions entre zones aériennes et souterraines.

La pose de voie en tranchée ouverte est une pose béton avec traverses à enveloppe. La structure de pose est composée d'un béton de fondation et d'un béton de calage.

**4.4.4.3. Appareils de voie**

L'appareil de voie doit permettre le changement d'itinéraire en toute sécurité à une vitesse maximale définie et en supportant les charges et les efforts transmis par le matériel roulant.

Comme pour la voie courante, les appareils de voie doivent limiter la transmission de vibrations vers le milieu environnant.

La vitesse est le critère de choix de la géométrie de l'appareil en zone de manœuvre. En voie principale, les appareils de voie doivent être circulables en conception aux vitesses maximales de

130 km/h en voie directe, et à des vitesses réduites et adaptées selon les géométries retenues en voie déviée pour les voies de manœuvre et pour certains débranchements. Les composants des appareils de voie, y compris la partie motorisation, seront très fiables et sécuritaires, basés sur des technologies éprouvées.

L'implantation de la motorisation doit permettre de s'affranchir de la création de niches dans les tunnels.

Les appareils de voie sont adaptés à un entraxe de voies de 3,50 m à l'exception des appareils de voie sur viaduc avec entraxe à 3,70 m. Ils seront conçus préférentiellement sur la base d'une géométrie standardisée de type UIC.

Les appareils de voie en zone aérienne seront équipés d'un système de réchauffage d'aiguille, pour assurer en toutes conditions la manœuvre des appareils.

#### 4.4.4.4. Types d'appareils de voie en ligne

- **Branchement simple**

La solution technique de référence est le branchement basé sur une géométrie tg 1/9, rayon 300 m.

La vitesse de franchissement maximale en voie déviée est de 50 km/h.

La longueur du branchement simple est de 33,231 m.

Ces appareils de voie sont posés sur des traverses bétons à enveloppe et un profil de rail 60E1 conformément à la solution technique de référence de la pose de voie.

Le cœur de l'appareil est à pointe fixe.

La partie intermédiaire est composée de rail courant au profil de rail 60E1. Des joints isolants collés peuvent être implantés sur les voies déviées le cas échéant.

La partie croisement est composée d'un cœur à pointe fixe monobloc moulé en acier manganèse, avec des antennes soudées électriquement. La manœuvre s'effectue par un moteur dédié entre rail.

- **Communication simple**

La communication est composée de deux branchements permettant de relier deux voies parallèles d'entraxe fixé.

Elle est construite à partir des branchements basés sur les géométries de type 1/14 rayon 500 m.

Les appareils de voie sont posés sur des traverses bétons à enveloppe et un profil de rail 60E1 conformément à la solution technique de référence de la pose de voie. Le cœur de l'appareil est à pointe fixe pour limiter l'impact vibratoire en assurant la continuité du roulement.

- **Manœuvre d'aiguille**

La manœuvre des aiguilles est réalisée par des moteurs entre rails. Ces moteurs sont commandés et contrôlés à distance par les automatismes de conduite, et manœuvrables manuellement à pied d'œuvre via le boîtier de manœuvre fourni avec le moteur d'aiguille. Cette commande manuelle déportée ne nécessite pas de réalisation de niches dans le tunnel.

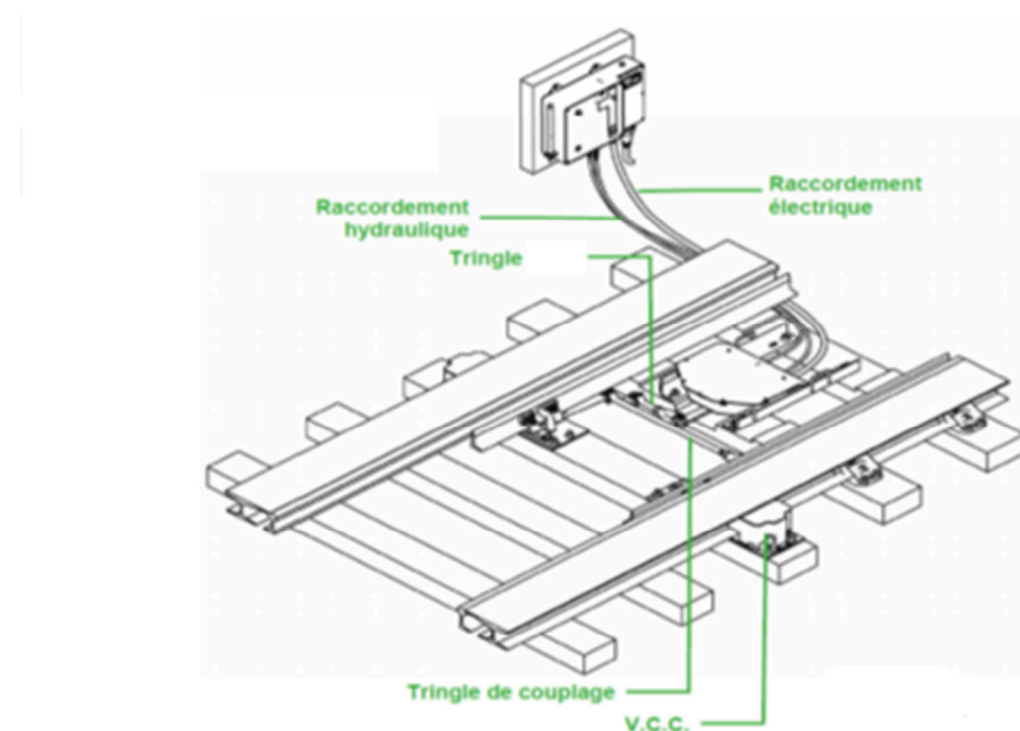


Figure 23 : Exemple de schéma montage moteur métro entre rails

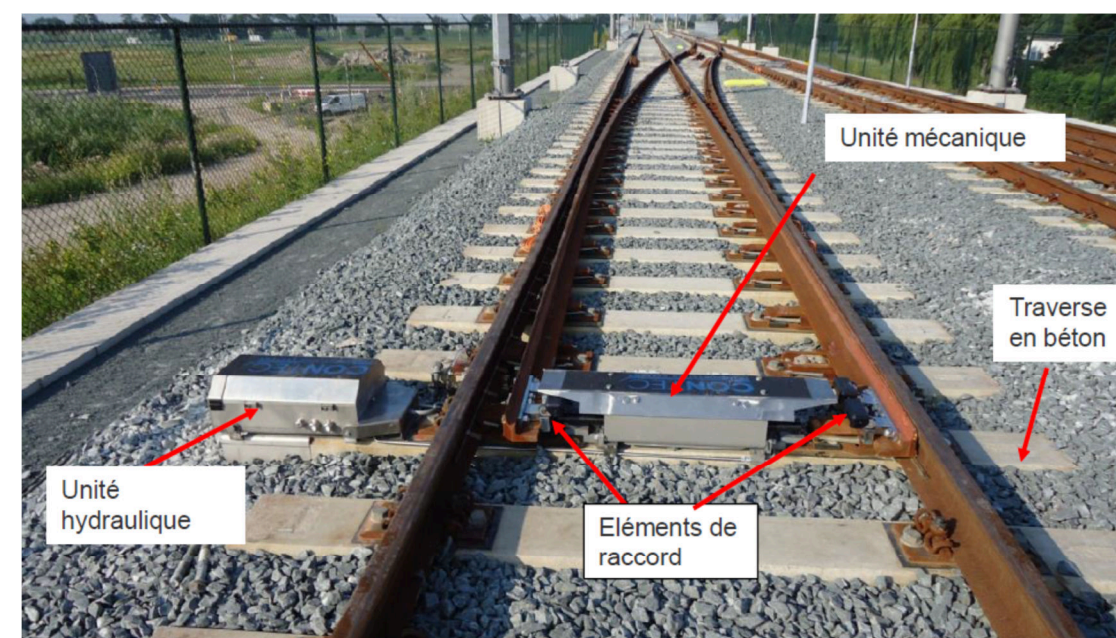


Figure 24 : Exemple d'une installation moteur entre rails en aérien

### Dispositifs spécifiques

Les systèmes de manœuvre sont sans graissage périodique, les surfaces de glissement sont :

- Soit équipées d'un système de type rouleaux ou billes ;
- Soit traitées afin d'obtenir de faibles coefficients de frottement.



Figure 25 : Roulement de tringle et rouleaux d'aiguille sans lubrification

#### • Traitement antivibratoire

Les solutions de traitement antivibratoire sont similaires à ceux de la voie courante mais adaptées pour les traverses d'appareils de voie.

### 4.4.4.5. Autres appareils en voie

#### • Dispositif d'arrêt en fin de voie

Le dispositif d'arrêt retenu en fin de voie pourra être un heurtoir fixe classique ou des heurtoirs glissants à absorption d'énergie selon la configuration des lieux et la protection à assurer avec la zone en chantier suivante.

#### • Appareil de dilatation

La dilatation thermique des rails peut nécessiter le recours à des appareils de dilatation de voie. Ces appareils de dilatation (ADD) sont circulables à la vitesse de conception prévue (130 km/h).

Ces appareils constituent des points singuliers extrêmement sensibles pour la maintenance du système et la minimisation du nombre de ces appareils de dilatation est un objectif.

### 4.4.4.6. Cheminements d'évacuation

L'arrêté ministériel du 22 novembre 2005 relatif à la sécurité dans les tunnels des systèmes de transport public guidés urbains de personnes définit les prescriptions d'implantation des pistes d'évacuation. Les passerelles ou trottoirs d'évacuation, disposés le long des voies dans le tunnel, constituent une telle piste d'évacuation. Ces équipements assurent l'ensemble des fonctions suivantes :

- Accès des secours ;
- Cheminement d'évacuation des passagers d'une rame ;
- Accès de maintenance ;
- Support de câbles ou coffrets éventuels.

Le cheminement doit être prolongé par un dispositif d'accès aux quais des stations, dont les dimensions sont les mêmes que celles du cheminement et dont les marches d'escalier à franchir le cas échéant ne dépassent pas 0,21 mètre dans un plan vertical.

Dans le cas d'un ouvrage à deux voies, le cheminement doit être installé de chaque côté du tunnel (circulaire ou rectangulaire).

#### • Description de la solution de base en tunnel

La solution de base est applicable aux tunnels circulaires et aux tunnels à section rectangulaire.

La solution prévue pour ce cheminement est une passerelle fixée sur les parois du tunnel à environ 1 m de hauteur par rapport au plan de roulement. Les passerelles sont constituées de platelages qui reposent sur des consoles fixées aux voussoirs du tunnel ou aux parois de la tranchée couverte.

L'embranchement entre le plancher du matériel roulant et le chemin d'évacuation doit être au maximum de 0,30 m, tel qu'il est précisé dans l'arrêté tunnel du 22 novembre 2005. A ce stade des études, le cheminement d'évacuation est situé à 1,05 m du plan de roulement soit à 0,05 m du plancher du matériel roulant en alignement droit.

La passerelle métallique est la solution retenue pour le cheminement. Le platelage de ces passerelles sera uniforme et sans saillie ni caillebotis.

Une main courante est prévue. Cette main courante peut être directement intégrée à la passerelle et peut être réalisée dans les mêmes matériaux que les passerelles.

Il est prévu des éléments de platelages amovibles pour faciliter l'accès aux équipements sous platelages : installation d'échelles fixes tous les 200 m pour accéder à la plateforme voie ferrée depuis le cheminement.

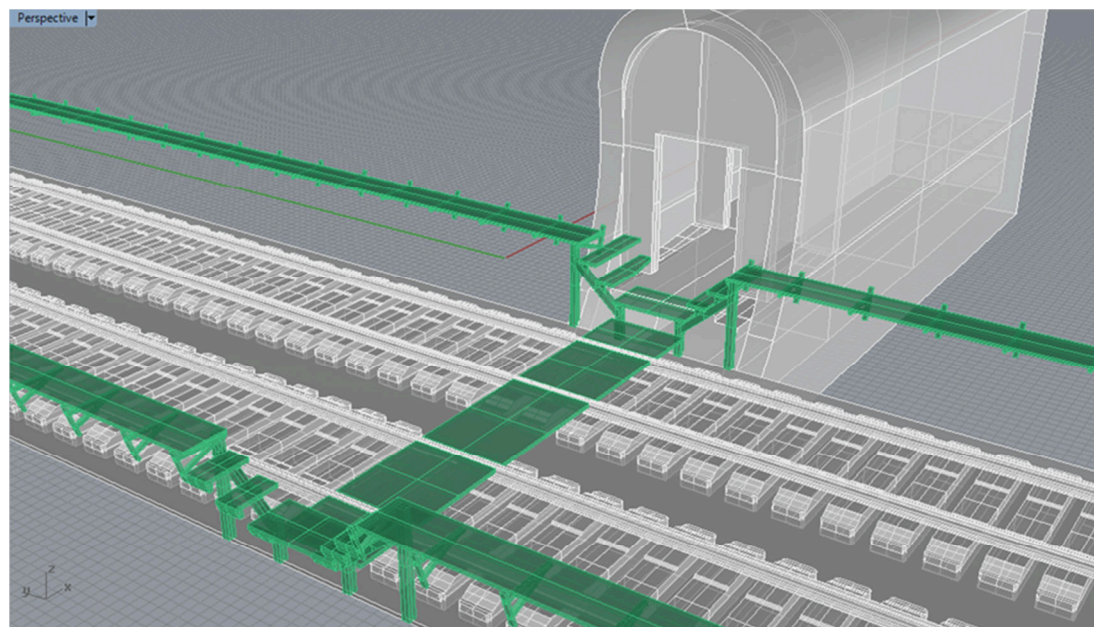
#### • Description de la solution alternative : trottoir maçonné

Ponctuellement, la solution alternative pour le cheminement d'évacuation est un trottoir maçonné : trottoir bas, situé à un niveau proche du plan de voie.



- **Évacuation en inter stations**

A la demande du Comité Technique Consultatif de la Sécurité Civile (CTCSC), la SGP a accepté de prendre en compte dans les études le fait que les puits d'accès pour les secours soient aussi utilisables sous certaines conditions par les passagers dans le cadre d'une « Evacuation Contrôlée » par les services de secours : l'évacuation des usagers par les puits se fait sous le contrôle des services de secours et en particulier du Commandement des Opérations de Secours (COS) en étroite collaboration avec l'exploitant. Cette demande implique de réaliser des zones d'abaissement au niveau des passerelles d'évacuation pour permettre éventuellement la traversée des voies au droit des ouvrages annexes.



**Figure 26 : Configuration de la passerelle d'évacuation au droit d'un ouvrage annexe**

Pour tout incident nécessitant une évacuation du train, l'évacuation des voyageurs en gare devra cependant être privilégiée.

En cas d'évacuation des voyageurs, les personnes à mobilité réduite (PMR et UFR), ne pouvant s'évacuer de manière autonome, doivent être prises en charge par le personnel de l'exploitant avant l'arrivée des services de secours, conformément à l'arrêté tunnel du 22 novembre 2005 relatif à la sécurité des tunnels et sa note explicative.

- **Description de la solution en tranchée ouverte**

Les cheminements d'évacuation sont de type passerelle. Le gabarit piéton pris en compte est identique à celui considéré en viaduc.

Ces cheminements d'évacuation, y compris la main courante, sont fixés sur les piédroits de l'ouvrage.

#### 4.4.4.7. Coupes de synthèse en tunnel

Au stade AVP, le choix de la SGP s'est porté sur un dimensionnement optimisé du diamètre intérieur utile des tunnels monotubes bi-voies à 8,50 m environ, pour un entraxe des appareils de voie de 3,50 m et l'implantation d'une passerelle de cheminement.

ÉLÉMENTS EN COUPE

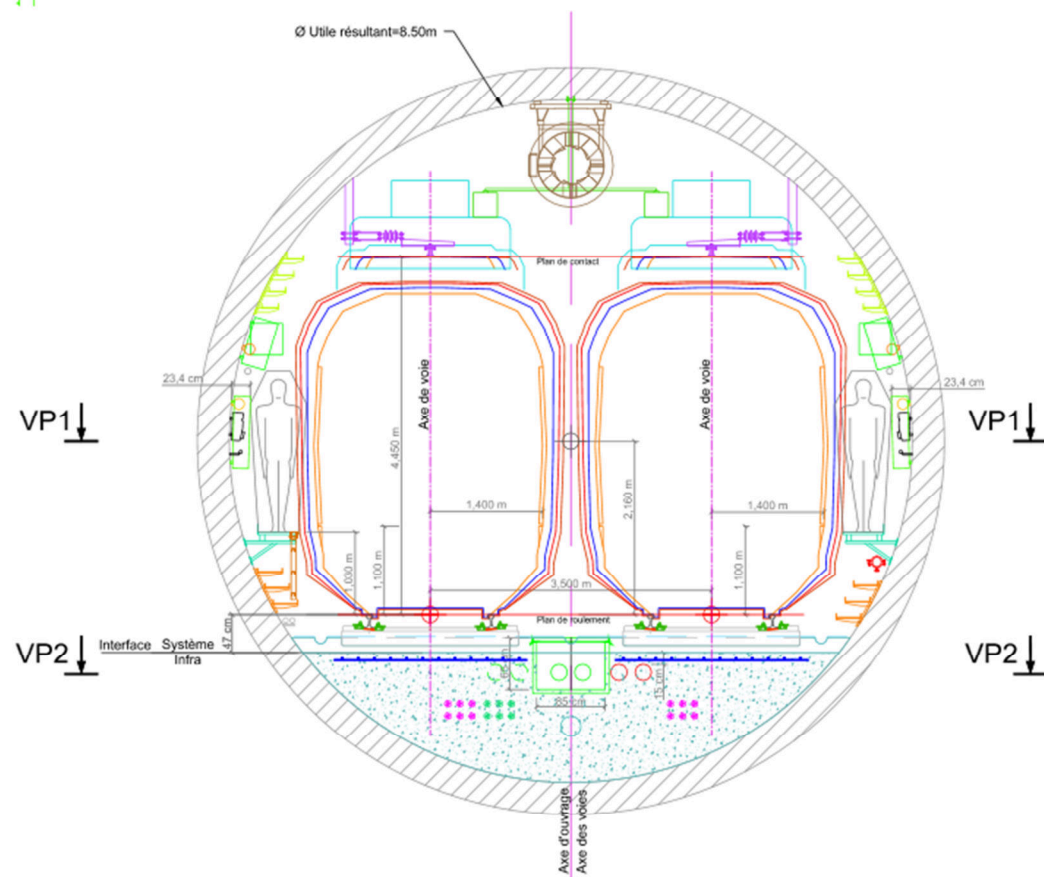
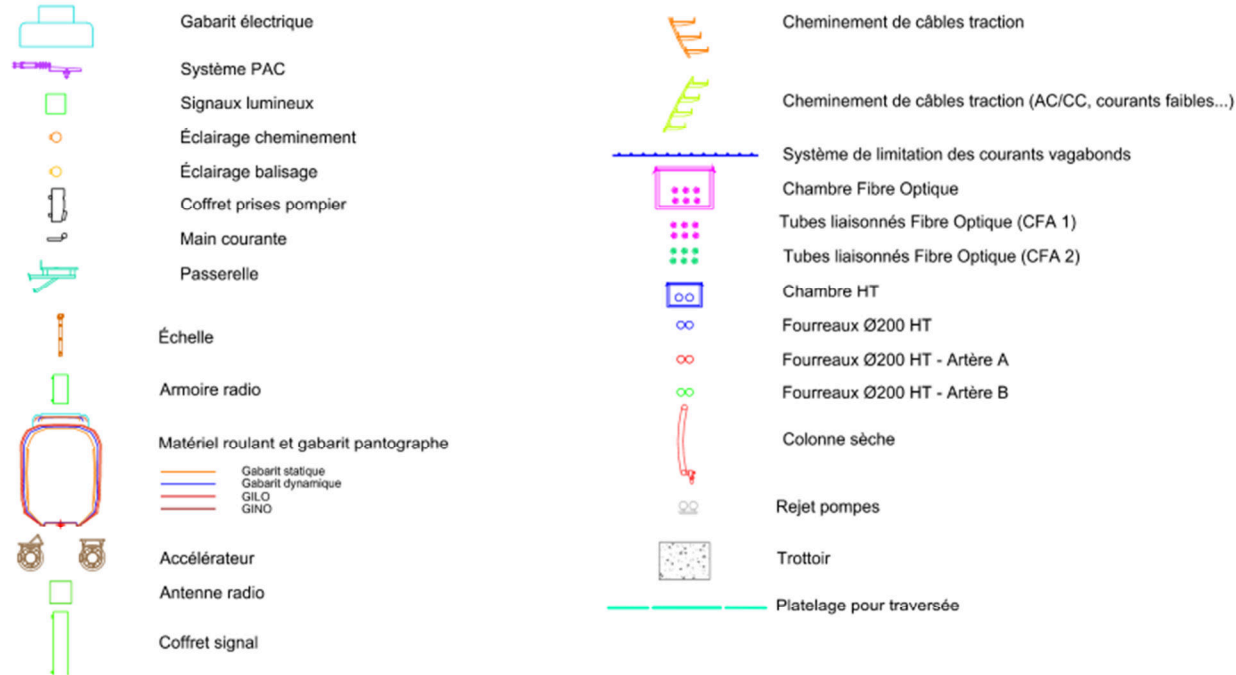


Figure 27 : Coupe tunnel bi-voies Ø 8,5 m – Section courante en alignement droit

4.4.4.8. Coupes en tranchée ouverte

L'implantation des supports de chemins de câbles se fait de part et d'autre de la voie ferrée, sous le cheminement d'évacuation. Ils sont fixés sur les piédroits de l'ouvrage.

Les éventuels cheminements des câbles HT se feront via des multitubulaires dans le béton de fondation (dans l'axe de la voie) de manière similaire aux principes en tunnel.

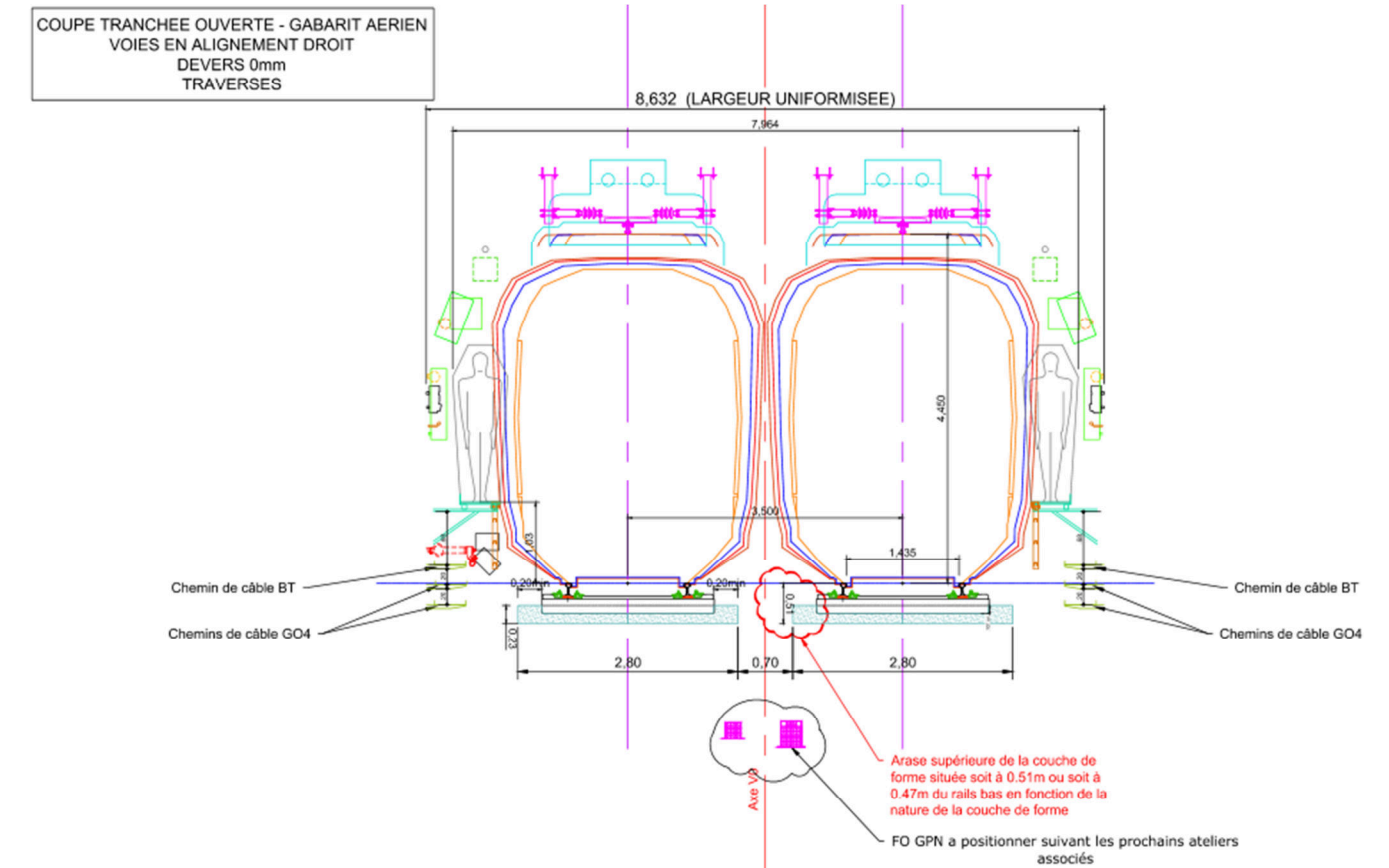
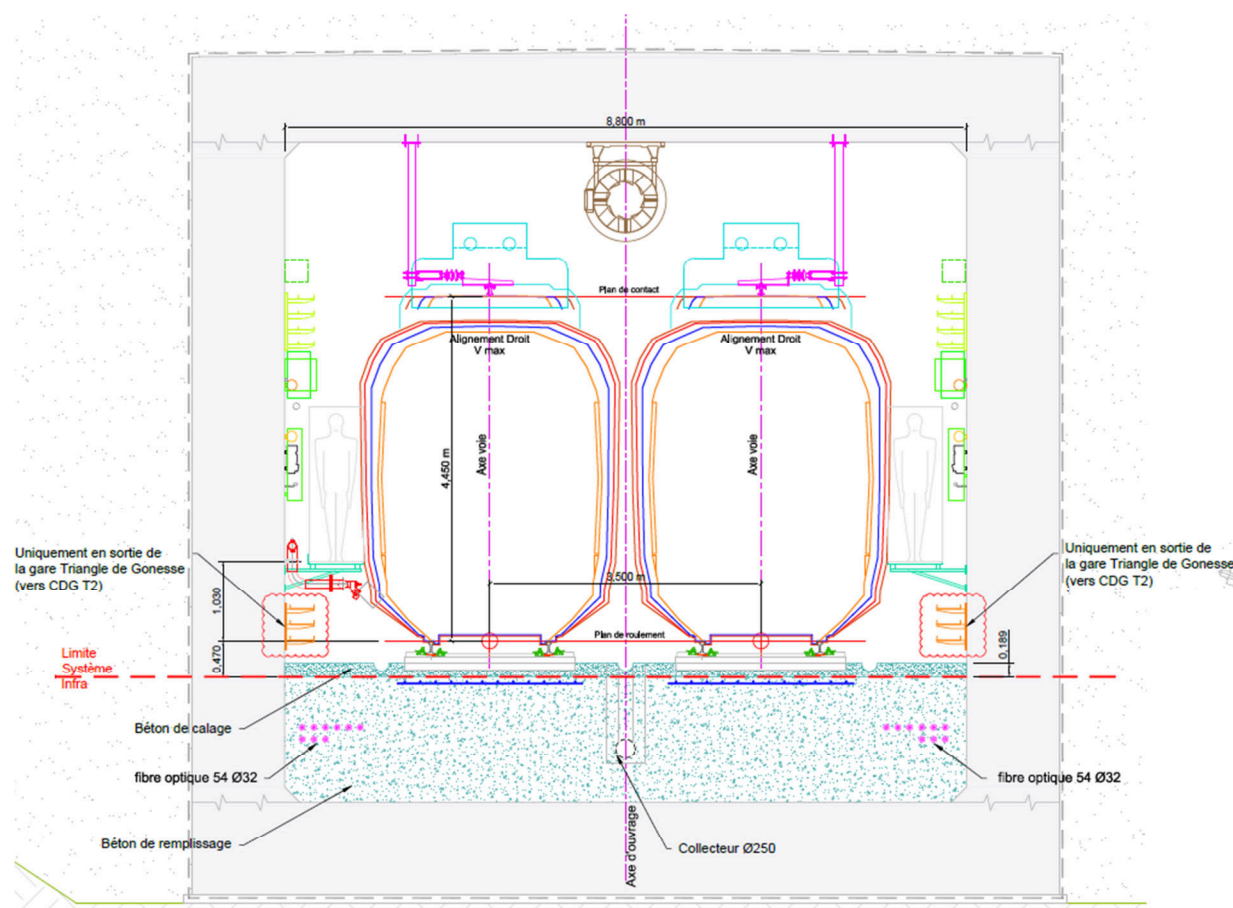


Figure 28 : Coupe tranchée ouverte

L'architecture générale du système « Façade de Quai » sur le quai est la suivante :

#### 4.4.4.9. Coupes en tranchée couverte



#### 4.4.4.10. Coupes en zone de transition

Les dispositions à mettre en œuvre pour les cheminements de câbles dans les zones de transition (tunnel/tranchée couverte, tranchée couverte/tranchée ouverte) et aux interfaces avec les systèmes (traversées pour évacuation,...) seront traitées dans la suite du projet.

### 4.4.5. Equipements nécessaires à l'exploitation

#### 4.4.5.1. Façades de quai (FDQ)

Le système Façades de Quai (FDQ) est composé des façades installées sur le quai et d'équipements localisés dans des locaux techniques dédiés ou à quai.

La façade vitrée et le bandeau technique, constituant la « façade de quai », sont surmontés d'une imposte architecturale (accueillant un bandeau lumineux) depuis le haut du bandeau technique jusqu'à la sous-face de la mezzanine.

Les façades de quai ont une hauteur de 2,50 m environ (hors imposte architecturale).

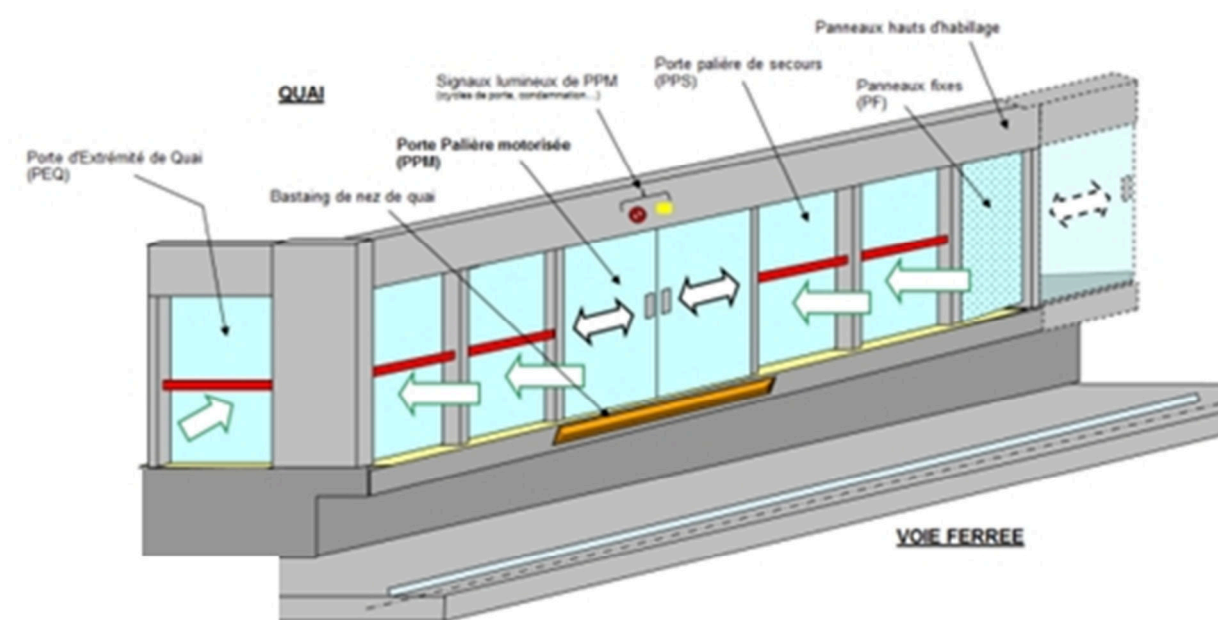


Figure 29 : Schéma des éléments de Façade de Quai

Le système « Façade de Quai » est composé des éléments suivants :

- Les Portes Palières Motorisées (PPM). Il y a autant de PPM que de portes d'accès voyageur sur les trains. Chaque PPM est constituée de deux vantaux vitrés coulissants en sens opposé ;
- Les Portes palières de secours (PPS). Disposées entre les PPM, elles permettent l'évacuation vers le quai des passagers d'un train bloqué en gare en dehors de la plage maximale admissible pour l'ouverture automatique des PPM. Elles supportent également des équipements tiers d'information voyageurs. Chaque PPS est constituée :
  - o d'un vantail vitré pivotant vers le quai, en fonction des contraintes d'implantation et des largeurs de passage libre à respecter pour l'évacuation ;
  - o d'une barre d'ouverture anti-panique côté voie ;
  - o d'équipements tiers d'information voyageurs ;
- Les Panneaux Fixes (PF), servant à combler les éventuels écarts entre les PPS et les PPM ;
- Les Portes d'Extrémité de Quai (PEQ), dont la composition est similaire à celle des PPS et qui permettent à chaque extrémité de quai :
  - o aux passagers évacués d'un train entre deux gares d'accéder au quai depuis la passerelle ;
  - o aux agents de maintenance d'accéder à la voie ;
- Le Bandeau Technique, composé d'un châssis et de panneaux d'habillage pour envelopper le volume situé au-dessus des portes de la façade. Ce volume ainsi protégé contient :
  - o Les mécanismes d'entraînement des PPM ;

- Les équipements de contrôle/commande des portes ;
- Les signaux lumineux liés au fonctionnement des PPM ;
- Les câbles du système FdQ ;
- Des équipements de systèmes tiers (équipements d'information voyageurs) et leurs câbles ;
- Les comble lacunes fusibles de nez de quai ;
- Les Feux d'Extrémité de Quai (FEQ), situés en sortie de quai et indiquant au conducteur (lors d'une exploitation en mode dégradé) que la FdQ est sécurisée (toutes portes fermées/verrouillées) et qu'il peut faire sortir le train de la gare ;
- En dehors de la façade en bordure de quai, chaque FDQ nécessite une armoire de quai, intégrée à la façade ou positionnée contre une paroi perpendiculaire au quai de préférence en tête de quai (éventuellement en milieu de quai), et accueillant les modules de contrôle/commande des PPM, un pupitre manuel de station (PMS) pour la gestion des modes dégradés, une commande d'arrêt d'urgence et des connecteurs pour la maintenance.

L'installation se complète d'armoires techniques (contenant Alimentation, Superviseur, Batteries, etc.) dans un (ou des) local technique FDQ situé au niveau du quai de préférence.

#### • Principes de disponibilité

Le système Façades de Quai concourt en grande partie à la disponibilité générale du système de transport.

Du fait que le matériel roulant contienne des intercirculations ne « tronçonnant » donc pas l'espace train en plusieurs parties, il y a toujours possibilité pour les voyageurs de descendre du train même en cas de défaillance d'ouverture d'une ou plusieurs PPM (de plus les PPM sont manipulables manuellement grâce à des dispositifs de déverrouillage côté voie).

Pour garantir sa disponibilité, le système FDQ :

- est alimenté par double attachement depuis deux TGBT différents alimentés par des PEF indépendants ;
- possède au minimum un convertisseur de tension de secours.

#### • Dimensionnement

L'implantation et l'assemblage des différents éléments de la façade de quai permettent une conception modulaire de celle-ci tout en respectant les critères de dimensionnement et d'optimisation suivants :

- Au moins une PPS ou PPM sera potentiellement accessible en face de chaque porte (2 vantaux) du train à quai et offrira un passage libre d'au moins 450 mm, quelle que soit la position du train par rapport au quai ;

- Le nombre, la disposition et la largeur des portes secours maximiseront l'occurrence d'obtenir une largeur libre de passage d'au moins 800 mm par voiture afin de faciliter l'évacuation des Personnes en Situation de Handicap ;
- Réduction du nombre de PPS pour maximiser la disponibilité des façades.

Les études AVP ont conclu à la possibilité de satisfaire l'ensemble des critères listés par une implantation en alternance de motifs à 2 et 3 portes de secours entre les portes motorisées.

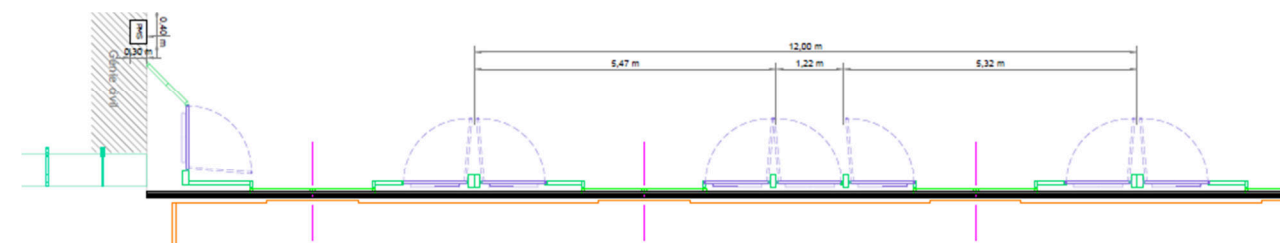


Figure 30 : Motif Façade de Quai à alternance 2 PPS / 3 PPS

Note : L'habillage d'extrémité de quai est conçu pour la ligne Rouge. Une vue du design envisagé est présentée ci-dessous.



- 1 : Emplacement PMS
- 2 : Emplacement porte d'évacuation
- 3 : Continuité bandeau technique
- 4 : Continuité bandeau lumineux

Figure 31 : Design provisoire extrémité FDQ

Dans la figure précédente l'emplacement PMS correspond à l'emplacement du pupitre de commande et la porte d'évacuation à la porte d'extrémité de quai.

Caractéristiques	Valeur	Commentaires
<b>Largeur de passage libre des PPM</b>	2150 mm	Caractéristiques MR : 3 portes 1m65 par face par voiture, et +/- 250mm de précision d'arrêt.
<b>Hauteur des façades de quai</b>	~2,50 m	
<b>Hauteur de passage libre des PPM</b>	2000 mm	Soit +50mm à la hauteur libre des portes du train
<b>Angle d'ouverture de la porte palière de secours (PPS)</b>	Entre 85° et 95°	

Figure 32 : Caractéristiques des éléments de FDQ

#### 4.4.5.2. Equipements des gares et tunnels

- Ventilation de confort et désenfumage**

##### En gare

- Confort thermique et hygiénique en gare

Les hypothèses suivantes sont retenues pour le dimensionnement des installations CVC (Climatisation, Ventilation, Chauffage) en gare :

- Les températures de référence de l'étude sont indiquées ci-dessous :

Saison	Température sèche	Humidité relative
<b>Eté</b>	31 °C	35%
<b>Hiver</b>	- 4 °C	

Figure 33 : Températures de confort

- La température moyenne de la roche est prise égale à 13 °C.

Le tableau suivant présente à titre indicatif le type de traitement d'air envisagé selon les espaces de la gare pour répondre aux besoins des trois fonctions principales :

Espaces fonctionnels	Assurer le confort thermique dans la gare	Protéger la gare des pollutions extérieures	Mise en sécurité des personnes et des lieux
<b>Espaces voyageur niveau quais</b>	Renouvellement d'air : Objectif en hiver : T soufflage $\geq 12^\circ\text{C}$ et $T_{\text{amb}} \geq 7^\circ\text{C}$ ;	Mise en dépression des espaces tunnel par rapport à l'espace quais	Désenfumage des quais par zone (2)
	Objectif en été : $T_{\text{amb}} \leq \text{Sup} (25^\circ\text{C} ; \text{Text} + 5^\circ\text{C})$ ; (1)		Mise en suppression des EAS/locaux d'attente des AS4
<b>Espaces voyageurs niveaux intermédiaires</b>	Renouvellement d'air (avec bouches de reprise pour créer un balayage indirect des niveaux de la gare).		Désenfumage des emplacements si la superficie est $\geq 300 \text{ m}^2$ au rez-de-chaussée et $\geq 100 \text{ m}^2$ en souterrain (3). Isolement aéraulique de la gare vis-à-vis des gares en correspondance (4).
<b>Espaces d'échange niveau(x) supérieur(s)</b>	Soufflage d'air rafraîchi si services/commerces ouverts sur l'espace voyageur.	Rideaux d'air sur les accès gares possibles. Pas de bouches de reprise d'air.	Désenfumage naturel possible au moyen d'ouvrants et d'exutoires (5)
<b>Commerces et Services</b>	Climatisation/chauffage d'appoint si nécessaire		Pas de désenfumage si la surface des locaux est $< 300 \text{ m}^2$ au rez-de-chaussée et $< 100 \text{ m}^2$ en souterrain (6).
<b>Locaux logistiques de maintenance</b>	Renouvellement d'air + climatisation réversible		Pas de désenfumage si la surface des locaux est $< 300 \text{ m}^2$ au rez-de-chaussée et $< 100 \text{ m}^2$ en souterrain.
<b>Locaux d'entretien et de services</b>	Renouvellement d'air avec extraction dédiée		Pas de désenfumage si la surface des locaux est $< 300 \text{ m}^2$ au rez-de-chaussée et $< 100 \text{ m}^2$ en souterrain.
<b>Locaux techniques courants forts</b>	Renouvellement d'air + climatisation (réversible)		Pas de désenfumage si la surface des locaux est $< 300 \text{ m}^2$ au rez-de-chaussée et $< 100 \text{ m}^2$ en souterrain.
<b>Locaux personnels</b>	Renouvellement d'air + climatisation + chauffage d'appoint		Pas de désenfumage si la surface des locaux est $< 300 \text{ m}^2$ au rez-de-chaussée et $< 100 \text{ m}^2$ en souterrain.

Figure 34 : Traitement d'air en fonction des différents ensembles de la gare

- (1) Pour limiter la température de l'espace des quais l'été notamment ; l'objectif est de viser une température ambiante maximum de 5°C au-dessus de la température extérieure de la gare (quand  $\text{Text} > 20^\circ\text{C}$ ). L'hiver, la température minimum de soufflage sur les quais est de 12°C et la température minimum ambiante visée sur les quais est de 7°C ;
- (2) Le système de désenfumage du tunnel contribue à protéger des fumées provenant de l'espace tunnel, les emplacements de la gare accessibles au public (par une mise en dépression de l'espace tunnel, par un balayage de la zone,..) ;

- (3) En plus des moyens de protection aérauliques, un écran de cantonnement s'opposant à la propagation éventuelle des fumées est disposé en sous-face de chaque trémie d'escaliers, d'escalator et d'ascenseurs qui sont installés dans des volumes non protégés et qui mettent en communication plusieurs niveaux ;
- (4) L'isolement aéraulique de la gare vis-à-vis des gares en correspondance est réalisé par un cantonnement associé à l'aéraulique générale du désenfumage des volumes sinistrés ;
- (5) Le choix entre désenfumage naturel et mécanique tient également compte des contraintes liées au désenfumage des emplacements souterrains ;
- (6) Pour les zones souterraines accessibles au public à caractère non ferroviaire (les locaux commerciaux par exemple), l'absence de désenfumage peut être envisagée seulement si toutes les conditions suivantes sont réunies :
  - o Commerce de moins de 100 m<sup>2</sup> pour les commerces en souterrain ;
  - o les commerces ne présentent pas de risque particulier au sens de l'arrêté ERP ;
  - o les commerces sont équipés de sprinkler ;
  - o la zone de la gare qui communique avec le commerce est désenfumée.

Les solutions de chauffage et de climatisation de l'ensemble des espaces en gare retenues en fin d'AVP sont les suivantes :

- Zone de quai : Apport d'air neuf et traitement thermique avant d'être insufflé dans l'ambiance ;
- Zone d'accueil : Traitement thermique réalisé par la centrale dédiée à cet espace ;
- Locaux du personnel : Système à détente directe ou ventilo convecteur 4 tubes ou Plafonnier et unité de traitement gainable ;
- Locaux courant faible : Climatisation ;
- Locaux courant fort : Ventilo-convecteur 2 tubes / 2 fils ou climatisation.

Trois solutions de production de chaud et de froid ont été étudiées en phase AVP :

- Solution 1 : Mise en place de groupes froids pour le rafraîchissement et de pompes à chaleur pour le chauffage ;
- Solution 2 : Mise en place de Thermo-Frigo-Pompes aérothermiques ;
- Solution 3 : Solutions de type géothermiques avec thermo-frigo-pompe eau/eau et air/eau.

En prenant en compte les critères de coût d'investissement, de coût de maintenance, de coût d'exploitation et d'économie d'énergie, il en ressort que les solutions aérothermiques présentent un coût global réduit par rapport aux solutions géothermiques même après 20 années d'exploitation. La solution 1 est donc à privilégier pour les gares où les besoins en chaud et froid sont modérés et où la puissance chaude ne représente pas une part importante dans le bilan thermique de la gare. La solution 2 est à privilégier pour des gares où les besoins en chaud et froid sont importants et simultanés.

La solution 3 serait une alternative dans une approche globale du quartier de la gare. Elle n'est pas retenue pour les gares Le Bourget Aéroport et Triangle de Gonesse.

#### ◇ Désenfumage des gares

Le désenfumage des espaces publics en gare prend en compte différents cas d'incendie :

- Incendie de train à quai ;
- Incendie en gare au niveau des quais ;
- Incendie en gare dans la salle d'accueil/échange.

Dans les emplacements accessibles au public, le désenfumage permet de protéger les itinéraires d'évacuation, de cantonner les fumées au plus près de leur source (dans un même volume, sur le même niveau et/ou le même local). En cas d'incendie au niveau quai, tous les cheminements d'évacuation doivent être protégés afin de permettre l'évacuation de tous les usagers présents dans la gare.

Une ventilation de désenfumage propre à chacun des emplacements « stationne et transite » accessibles au public à caractère ferroviaire de la gare doit être conçue. Ces emplacements comprennent l'espace des quais et éventuellement la mezzanine, si celle-ci ne peut être cantonnée architecturalement vis-à-vis des quais, ainsi que l'espace dédié à l'accueil (zone de vente et service) en gare. Dans chaque zone définie, le désenfumage mécanique respecte un renouvellement d'air de 15 vol/heure et une vitesse de 0,5 m/s à l'entrée du volume protégé pour assurer la protection des cheminements d'évacuation (passage du volume sinistré à un volume protégé).

Les niveaux souterrains intermédiaires composent un volume constitué d'emplacements où le public transite et sont protégés par la ventilation de désenfumage des zones d'accueil/échange ou des quais (zones « stationne et transite ») en fonction de la localisation du sinistre.

Le découpage en zones de désenfumage de la gare épouse la configuration architecturale de la gare afin de maintenir praticable les cheminements d'évacuation du public et faciliter l'intervention des services de secours.

#### En tunnel

Le système de ventilation tunnel assure les besoins fonctionnels suivants :

- Confort thermique et hygiénique en tunnel ;
- Décompression du tunnel ;
- Désenfumage du tunnel.

#### ◇ Confort thermique et hygiénique en tunnel

Le système Ventilation Tunnel assure un renouvellement de l'air dans l'ouvrage à un niveau d'au moins 10 m<sup>3</sup>/s/km (un renouvellement d'air de 25 m<sup>3</sup>/h/personne permet de maintenir la

qualité de l'air dans le tunnel). Cette exigence réglementaire étant souvent jugée comme peu adaptée au milieu du tunnel, elle est complétée par :

- un apport d'air permettant au moins un renouvellement d'un volume par heure ;
- un courant d'air longitudinal supérieur à 0,5 m/s est assuré, avec une valeur de 1 m/s utilisée comme objectif ;
- Le système Ventilation Tunnel assure la maîtrise de la température maximale de l'air en tunnel, celle-ci ne devant pas dépasser 40°C pour une température extérieure de 35°C ;
- Le système Ventilation Tunnel assure la maîtrise de la température minimale de l'air en tunnel, le tunnel doit être globalement maintenu « hors gel » ;
- Le système Ventilation Tunnel permet de maîtriser la dérive de l'augmentation de température de l'environnement souterrain du tunnel, en exploitation nominale.

En mode confort, il existe deux manières différentes pour assurer ces fonctions :

- La ventilation naturelle ;
- La ventilation mécanique.

Le principe de fonctionnement en ventilation naturelle est de maintenir ouvert le registre de bypass des ventilateurs en ouvrage de ventilation en inter-gare. Le mouvement des trains en tunnel provoque des échanges d'air par ces puits ainsi que par les puits de décompression en gare permettant une auto-ventilation de l'ouvrage.

Le principe de ventilation mécanique retenu pour garantir le confort thermique à l'intérieur de l'ouvrage consiste à extraire l'air chaud du tunnel à travers les puits équipés d'un système de ventilation mécanique, l'entrée d'air se faisant à travers les puits de décompression ouverts en gare et les ouvrages de ventilation en inter-gare qui ne sont pas utilisés pour l'extraction (la figure suivante illustre ce principe).

La ventilation mécanique de confort pourra être mise en œuvre sous exploitation, c'est-à-dire lors de la circulation des trains.

Ce principe privilégie l'évacuation de la chaleur et des poussières depuis les gares vers les puits de ventilation en inter-gare.

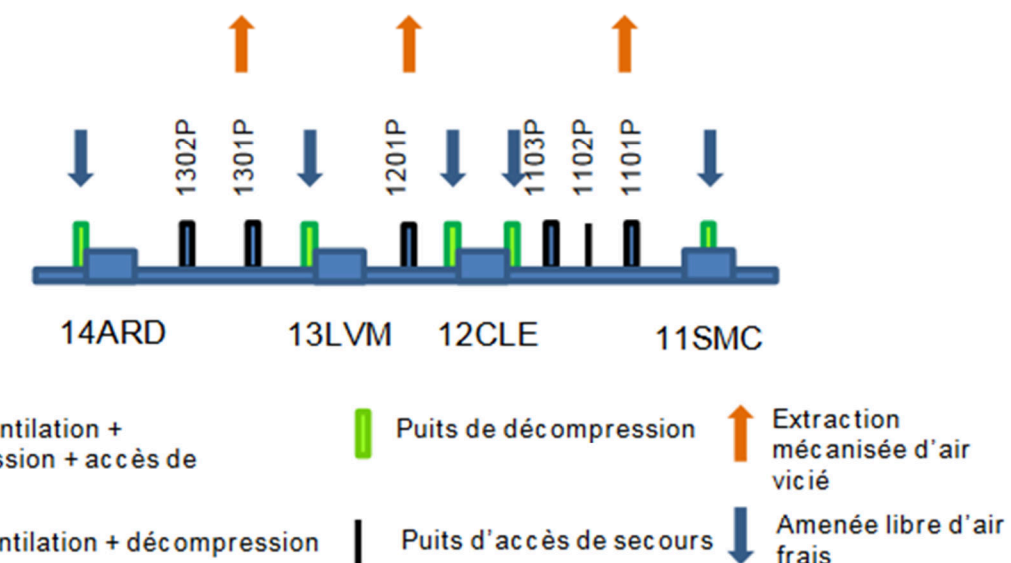


Figure 35 : Principe de ventilation mécanique en mode normal sur la ligne rouge

#### ◇ Décompression du tunnel

- Les variations maximales de pression à l'intérieur des trains sont limitées à 3000 Pa sur une période de 4 s pour des événements à fréquences faibles ;
- Les variations maximales de pression à l'intérieur des trains sont limitées à 700 Pa sur une période de 4 s pour des événements à fréquences élevées ;
- Le système Ventilation Tunnel doit permettre de limiter les niveaux de pression auxquels sont soumis les équipements en gare. Il s'agit quasi exclusivement des façades de quais et notamment des mécanismes de manœuvre des portes palières. Le critère admissible de surpression ou dépression retenu sur les façades de quais est de :
  - ±800 Pa en statique ;
  - +400 Pa à -350 Pa pour environ 10 millions de cycles sur une durée de 30 ans en fatigue ;
- En termes d'équipements, il est prévu de pouvoir fermer les puits de décompression afin d'optimiser les installations de désenfumage que ce soit en cas d'incendie en tunnel ou en cas d'incendie en gare. Les puits de décompression sont donc équipés de registres. De plus afin de limiter l'impact acoustique au voisinage des ouvrages, des silencieux à baffles sont intégrés aux puits de décompression.

#### ◇ Désenfumage du tunnel

Le système de ventilation tunnel doit :

- Permettre d'éviter tout mouvement de fumées dans le sens inverse du sens induit par la ventilation de désenfumage. La vitesse de balayage doit être supérieure à 1,5 m/s dans la zone de balayage des fumées ;

- Protéger des fumées les gares encadrant le tunnel et tout point situé à plus de 800 m de l'origine des fumées ;
- Permettre d'éviter la migration des fumées hors du canton de désenfumage. Une vitesse de confinement de 0,5 m/s minimum est alors nécessaire en aval du puits d'extraction ;
- Pouvoir assurer les objectifs fonctionnels de désenfumage malgré la perte d'un équipement. Ceci implique d'assurer la fonction après la première défaillance d'un équipement de ventilation (au sens de l'arrêté du 22 novembre 2005 relatif à la sécurité dans les tunnels des systèmes de transport public guidés urbains de personnes) et de la perte d'une source d'alimentation.

La solution retenue à ce stade du projet est la solution monodirectionnelle avec un puits de ventilation tous les 1600 m maximum.

L'intérêt de ce type de système de désenfumage est que le choix du scénario de désenfumage est basé sur un critère simple qui consiste généralement à pousser les fumées vers le puits de ventilation le plus proche.

La figure suivante présente un cas d'incendie de trains entre un puits de ventilation au niveau d'un tympan de gare et un puits de ventilation inter-gare. Le train incendié se situe entre le puits de gare et un puits de secours. Le sens de la ventilation est donc dirigé vers le puits de gare. A noter qu'il s'agit d'un cas exceptionnel car l'objectif privilégié est de permettre au train de rejoindre une gare pour effectuer l'évacuation des passagers à quai.

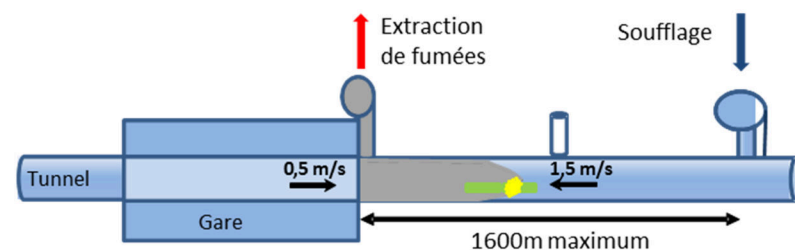
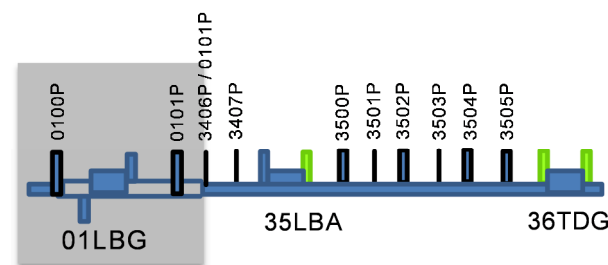


Figure 36 : Scénario incendie – Puits en tympan de gare

Les synoptiques de ventilation ci-dessous présentent les implantations de référence des ouvrages pour remplir l'ensemble des trois fonctions du système de ventilation tunnel.



**Légende**

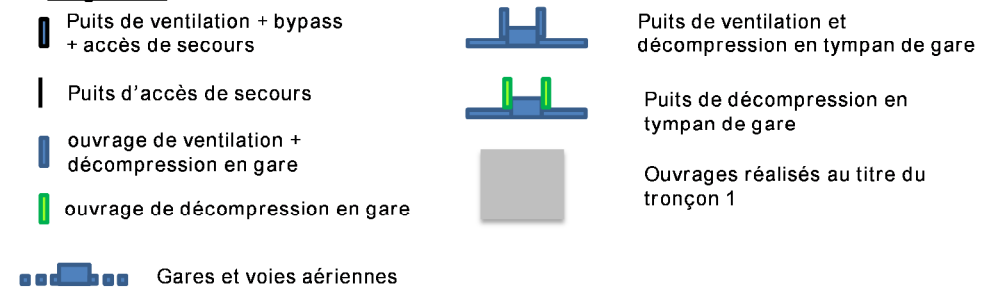


Figure 37 : Calepinage ventilation ligne 17 Nord

La gare Le Bourget RER ainsi que les deux ouvrages d'entonnement l'encadrant (0100P et 0101P) sont réalisés au titre du tronçon commun L16/17. L'interface physique représentant le raccordement de la ligne 17 Nord à la ligne 17 Sud est l'ouvrage d'entonnement à l'est de la gare Le Bourget RER (OA 0101P).

◇ Désenfumage en tranchée couverte

Le dimensionnement des ouvrages de ventilation est réalisé pour obtenir les performances attendues dans des tunnels dont la section libre est de 50,2 m<sup>2</sup>. Les zones en tranchées couvertes présentent des sections libres différentes des parties réalisées au tunnelier. Ces zones en tranchées couvertes ne devront pas dépasser une section libre de 60 m<sup>2</sup> afin d'être compatible avec les installations de ventilation.

◇ Débouchés de tunnel

La ligne 17 Nord possède la particularité de présenter deux tronçons en aérien. La présence de zones de transition tunnel/aérien, dont une sur le secteur 1 à Gonesse, nécessite d'étudier localement les phénomènes d'inconfort tympanique des usagers et des effets météorologiques sur le fonctionnement du désenfumage des zones de transition.

Confort tympanique

Des simulations sur le confort tympanique seront réalisées en phase PRO. A ce stade des solutions constructives (conservation d'une grande section libre sur les 50 à 100 premiers mètres du tunnel) permettent de réduire le risque d'inconfort tympanique.

Effets météorologiques

Une étude a été effectuée, basée sur la méthodologie décrite dans le guide méthodologique du CETU pour les tunnels routiers. Cette étude vise à caractériser l'impact des conditions météorologiques sur l'équilibrage du système de désenfumage, puis d'identifier les zones nécessitant l'ajout d'accélérateurs en voute dans le tunnel. A ce stade les résultats sont les suivants :

- Débouché du tunnel sur la tranchée couverte à l'ouest de Triangle de Gonesse : 2 (1 + 1) accélérateurs ;



- Débouché du tunnel sur la tranchée couverte entre Parc des Expositions et l'OA 3701P : 4 (3+1) accélérateurs ;
- Débouché du tunnel sur la tranchée ouverte à proximité du Mesnil-Amelot : 3 (2+1) accélérateurs.

• **Cas particulier d'un sinistre sur un train à quai**

La procédure de commande de ce scénario lance simultanément :

- une commande vers les ventilateurs de désenfumage et des registres en tunnel, destinée à assurer le désenfumage des volumes de circulation des trains ;
- une commande vers le désenfumage des quais, de manière à assurer l'évacuation des éventuelles fumées résiduelles qui auraient transité vers ses quais.

• **Drainage et épuisement en tunnel et tranchée couverte**

Un réseau de drainage est mis en place afin de collecter et de drainer les eaux provenant des éventuelles infiltrations dans le tunnel ou les puits, d'une intervention des pompiers suite à un incendie, d'un déversement accidentel, des essais spécifiques ou du nettoyage.

Les débits d'infiltration en tunnel ont été déterminés avec les valeurs suivantes :

- Valeur prescriptive générale d'infiltration en tunnel : 0.08 l/s/km ;
- Valeur à prendre en compte pour le dimensionnement du relevage : 0.4 l/s/km.

En ce qui concerne les gares et les ouvrages annexes :

- Valeur prescriptive générale d'infiltration : 0.5 l/m<sup>2</sup>/jour pour les zones soumises à une pression hydrostatique < 30 m de hauteur d'eau ;
- Valeur prescriptive générale d'infiltration : 2 l/m<sup>2</sup>/jour pour les zones soumises à une pression hydrostatique > 30m de hauteur d'eau.

Pour assurer le drainage de la plateforme, des cunettes Ø200 mm sont placées en pied de paroi de part et d'autre du tunnel, et entre les voies. L'eau est drainée régulièrement par des grilles ou petits avaloirs vers un collecteur Ø250 mm situé entre les voies, entre 1,5 et 2 m sous le plan de roulement. Le collecteur se rejette ensuite dans les stations d'épuisement implantées aux points bas, en gare ou en puits (exceptionnellement sous voie en tunnel : à ce stade des études, pas de point bas identifié hors ouvrages annexes).

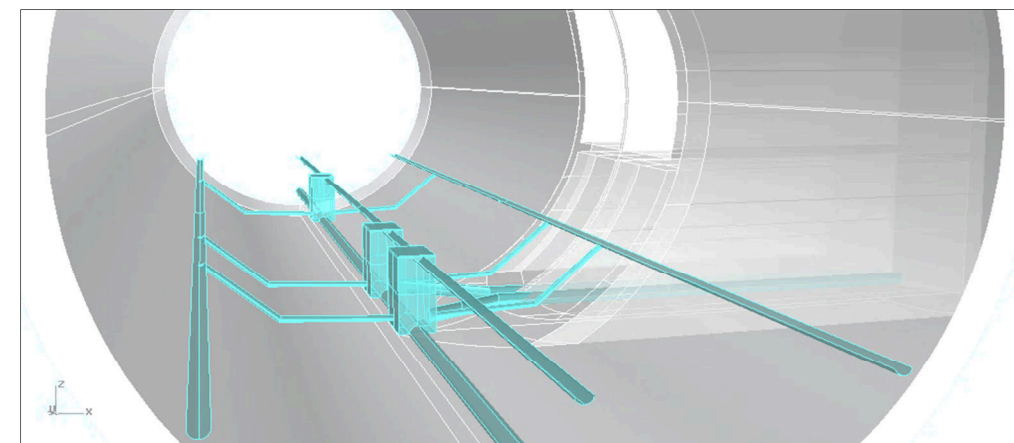


Figure 38 : Vue 3D de principe d'assainissement

Le système d'épuisement comprend l'ensemble des équipements électromécaniques nécessaires au relevage des eaux des tunnels et des gares vers le réseau extérieur de collecte.

Les capacités de stockage et de pompage dépendent de la localisation de la station d'épuisement.

**1) En point bas sous voie :** les stations sont dimensionnées uniquement pour se déverser vers la station d'épuisement de la gare ou du puits le plus proche (contraintes de place dans le tunnel).

Elles permettront d'évacuer :

- le débit d'eau résultant des infiltrations ;
- le volume d'eau généré par un essai incendie en moins d'une heure, afin d'éviter le risque de noyage des voies et des sous-quais lors de ces essais ;
- la totalité du volume d'eau d'extinction généré par un incendie avéré dans le cas le plus défavorable, en 9 heures et demie (8 heures pour évacuer le volume incendie et 1 heure et demie pour évacuer le volume d'infiltration qui se sera accumulé pendant les 8 heures précédentes). Dans ce dernier cas, les 2 pompes de la station de relevage fonctionneront en simultané, soit un débit de 30 m<sup>3</sup>/h.

Le débit de chaque pompe sera calculé au cas par cas, avec comme caractéristiques minimales de fonctionnement :

- chaque pompe doit démarrer au moins trois fois par jour ;
- chaque fonctionnement doit durer au moins 3 minutes.

**2) En point bas en puits,** il a été retenu que les fosses béton soient dimensionnées pour récupérer le volume d'infiltration sur 5 heures plus une pluie de 20 minutes, 5 heures étant le temps maximum estimé pour une intervention lourde sur les ensembles de relevage, soit un volume utile de l'ordre de 10 m<sup>3</sup> avec les valeurs d'infiltrations prises en considération (varie selon le linéaire de tunnel drainé).

**3) Pour les puits reprenant des points bas en tunnel,** le volume de la fosse béton va devoir servir de tampon aux eaux d'infiltration et de pluie arrivant gravitairement dans le puits, le temps d'évacuer l'eau provenant du point bas (soit au maximum 9,5 heures en cas d'incendie), ce qui amène à une fosse ayant un volume utile de 10 m<sup>3</sup> (varie selon le linéaire drainé).

**4) Pour les puits hors point bas qui intègrent une fosse**, il a été retenu que les fosses béton soient dimensionnées pour récupérer le volume d'infiltration sur 5 heures plus une pluie de 20 minutes, 5 heures étant le temps maximum estimé pour une intervention lourde sur les ensembles de relevage, soit un volume utile de 10 m3 (varie selon le linéaire drainé).

Le dimensionnement des stations d'épuisement sans point bas assurera un débit de 11 m3/h par pompe. Ce débit est suffisant pour traiter le débit d'eau pluviale.

Pour atteindre ces performances, chaque ensemble d'épuisement sera constitué de 2 pompes à roue vortex ou radiale multi-canaux fermées, immergées, placées dans une fosse béton, avec dalle de couverture étanche, trappe d'accès, trop plein et échelons au plancher bas du niveau d'accès à la fosse. Les fosses des puits seront positionnées en enterré sous le dernier sous-sol de chaque puits, leur profondeur sera selon les fils d'eau des réseaux enterrés. Les pompes seront placées dans des puisards approfondis par rapport aux fosses, pour leurs permettre de fonctionner même quand la fosse est peu remplie (en particulier dans les puits).

En fonctionnement normal, les 2 pompes fonctionneront en cascade avec permutation automatique : en cas de défaut sur une pompe, l'autre devra se mettre automatiquement en service et par permutation, et venir également suppléer la première, en cas de montée anormale des eaux. Les alimentations électriques des deux pompes sont d'un haut niveau de disponibilité et sans mode commun de panne.

• Drainage et épuisement en tranchée ouverte

Les eaux de drainage de la voie sont collectées gravitairement par le Génie Civil. Le béton de calage des traverses est réalisé en forme de toit pour diriger les eaux vers le béton de fondation.

Une solution avec un principe de cunettes « en épis » est envisagée et devra être confirmée en phase PRO.

• Drainage et épuisement en zone de transition

Le drainage et l'épuisement dans les zones de transition tunnel/aérien sera traité en phase PRO. Les armoires de relevage au niveau des zones de transition devront être positionnées en campagne compte-tenu des distances inter-ouvrages.

• Vidéosurveillance

L'architecture du système de vidéosurveillance a été définie en prenant en compte :

- L'autonomie des sous-ensembles « gares » ;
- L'évolutivité nécessaire ;
- La mise en œuvre avec des acteurs pouvant être multiples ;
- La « décentralisation » des fonctions indispensables à un traitement de l'ensemble des besoins dans ce contexte.

Au sol, les caméras (environ une centaine par gare) diffusent les flux d'images temps réel et de métadonnées via le réseau multi-services (RMS). Les enregistrements sont alors stockés régulièrement sur un système central unique couplé à un système d'analyse des images et métadonnées. L'enregistrement réseau est un enregistrement enrichi, il enregistre de façon coordonnée :

- Les flux vidéo Haute Définition issus des caméras (images et incrustations) ;
- Les évènements signalés par la fonctionnalité de détection automatique d'incident.

L'enregistrement dans les trains est basé sur un enregistrement par une Unité Centrale pour une durée de 7 jours (le stockage est réparti dans le train).

Les enregistrements des alarmes vidées de l'Unité Centrale sont déchargés vers le système central (situé au niveau du PCC) selon des contraintes à définir en interface avec le système de radiocommunication (potentiellement en l'utilisant en dehors des heures d'exploitation). Ils sont ensuite gérés par le système d'enregistrement réseau de façon équivalente aux enregistrements issus des caméras au sol.

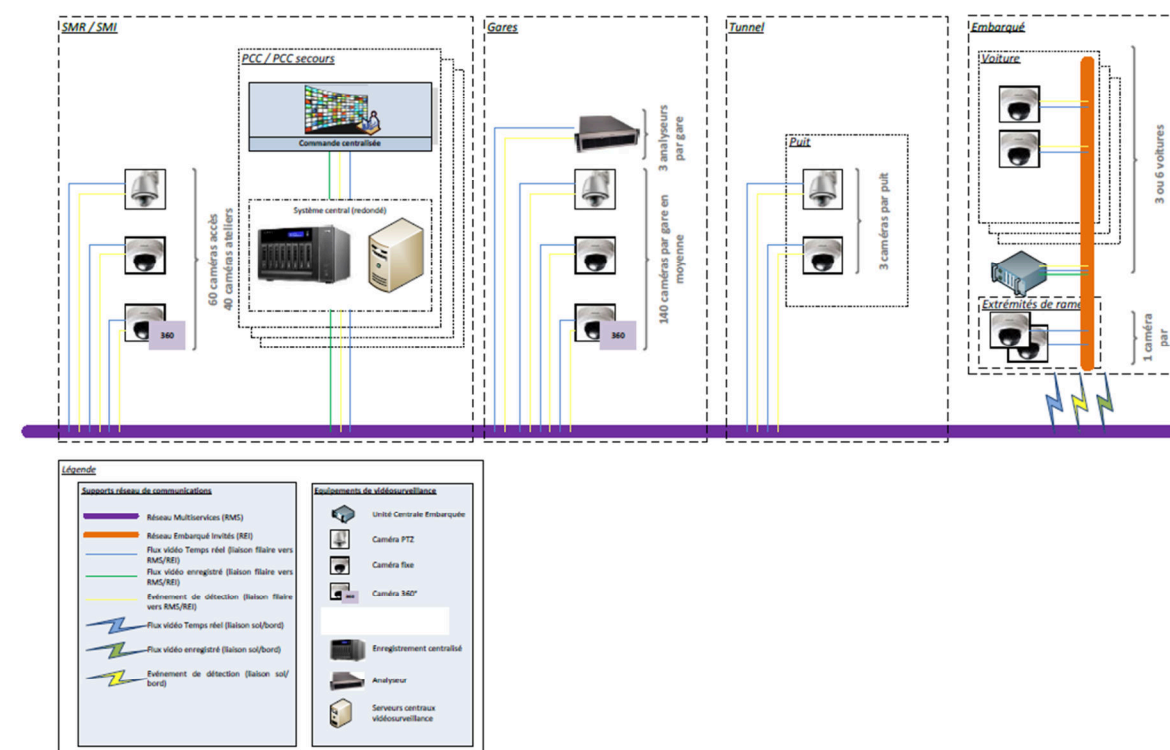


Figure 39 : Architecture système de vidéosurveillance

Des fonctions de détection automatique d'incidents sont réalisées par analyse des images intégrée à la caméra pour les fonctionnalités simples, ou par analyse des métadonnées transmises ou traitement complexe des images au niveau central, pour les fonctions de vidéoprotection et d'identification. Les principes suivants sont retenus :

- Détecter la présence d'un colis suspect, cette fonction est réalisée à partir des images des caméras présentes dans la zone ;

- Détecter une présence dans une zone surveillée, cette fonction est réalisée à partir des images des caméras présentes dans la zone et des caméras d'identification présentes aux accès ;
- Détecter des chutes multiples des passagers, cette fonction est réalisée à partir des images des caméras présentes dans la zone ;
- Estimer un niveau d'occupation d'une zone, cette fonction est réalisée à partir des images des caméras de vidéoprotection des quais ;
- Aider à la levée de doute suite au signalement d'un dégagement de fumée ou d'un incendie, cette fonction est mise en œuvre à partir des images des caméras présentes dans la zone ;
- Détecter la présence de personnes dans le matériel roulant.



Figure 40 : Exemple - Détection de présence

L'enregistrement et le stockage des vidéos est prévu via la mise en place d'une infrastructure informatique de stockage mutualisée entre l'ensemble des systèmes de la ligne 17 (assurant notamment la sauvegarde des informations de commandes centralisées).

• Contrôle d'accès et détection d'intrusion

Le système de contrôle d'accès met en œuvre des solutions adaptées à la sensibilité de chaque type de local, tenant compte des recommandations issues des études de sûreté et sécurité publique (ESSP) spécifiques. La supervision permet depuis le Poste Central de Sécurité de :

- Gérer les habilitations ;
- Déverrouiller les accès suivant les habilitations ;
- Commander à distance le déverrouillage et verrouillage des accès ;
- Détecter les incidents de sûreté ;
- Détecter et traiter les défauts des installations.

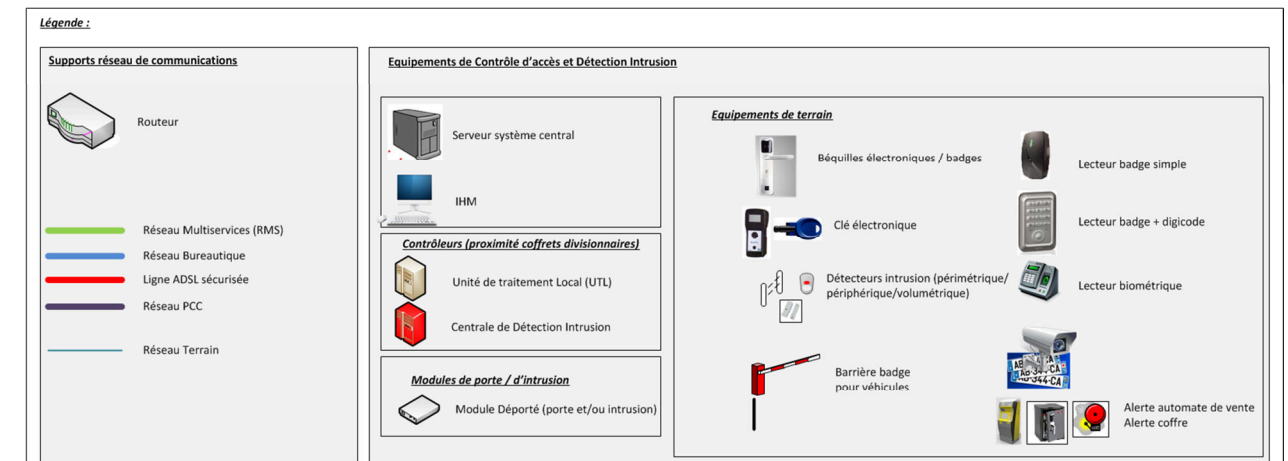


Figure 41 : Equipements du système de contrôle d'accès

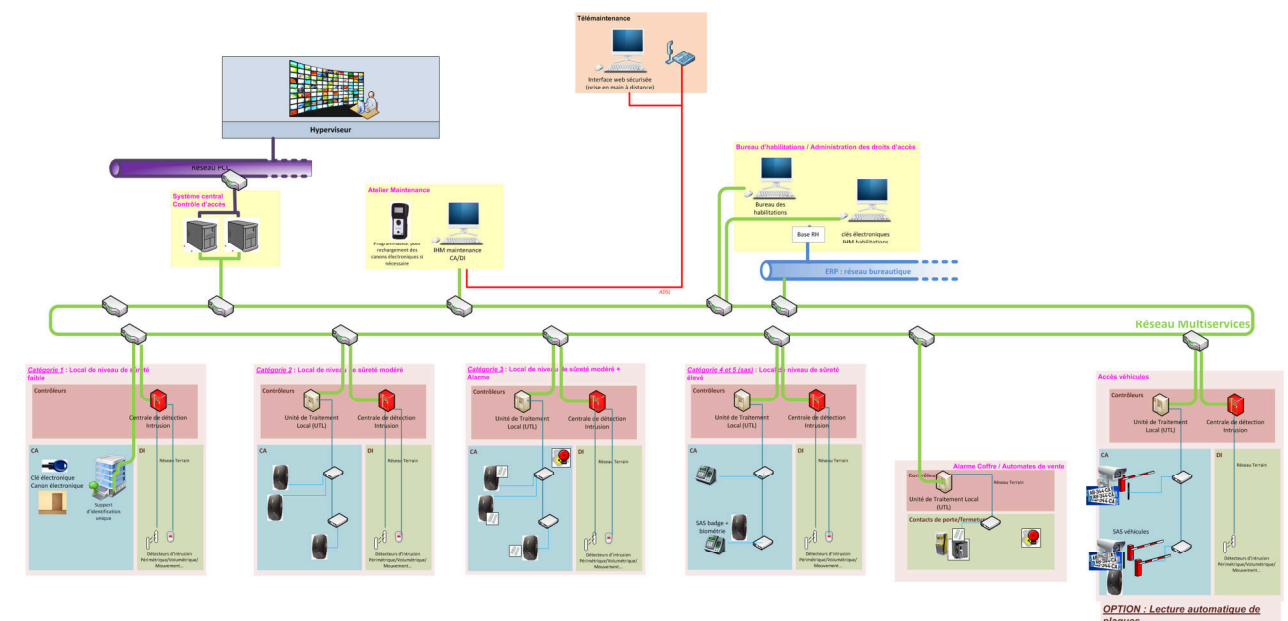


Figure 42 : Architecture du système de contrôle d'accès

• Détection et mise en sécurité incendie

Les fonctionnalités principales du système sont :

- La détection des départs de feu ou des dégagements de fumées ;
- La mise en sécurité de la zone à l'origine du sinistre ou de plusieurs zones en simultanément dans le cas d'un sinistre dans un train à quai (zone quai et zone tunnel).

La détection incendie est automatique dans les locaux techniques à risque, associée à des déclencheurs manuels.

La mise en sécurité d'une gare est assurée, en fonction de la localisation de l'origine du sinistre, par :

## AVANT-PROJET DU MAITRE D'OUVRAGE

- le déclenchement de la sonorisation d'évacuation et la libération des portes d'issues de secours et des lignes de contrôles ;
- la restitution du compartimentage des locaux non accessibles au public vis-à-vis des emplacements accessibles au public ;
- le lancement du scénario de désenfumage de la zone correspondante, qui peut si l'origine du sinistre est située sur un train à quai, être mis en complément du désenfumage tunnel.

Ces fonctionnalités sont commandées depuis un système de supervision sécurisée (USS).

La solution retenue est basée sur un serveur dédié USS assurant le pilotage sécurisé des équipements de détection incendie et de mise en sécurité incendie des gares, des ouvrages annexes, des sites de maintenance et du tunnel. Une unité d'aide à l'exploitation UAE permettra de piloter ces équipements avec un niveau d'ergonomie adapté aux consignes de sécurité.

### Equipements de détection et de mise en sécurité incendie des gares :

La spécificité de cette architecture est la centralisation des alarmes et des commandes sur une supervision sécurisée unique pour la ligne 16/17.

Sur détection incendie en gare (hors voie), les alarmes sont transmises à l'UAE (Unité d'Aide à l'Exploitation) et l'USS via le concentrateur SSI local. L'alarme est transmise du concentrateur SSI au serveur UAE/USS du PCC par le RMS. Après la levée de doute, l'exploitant peut déclencher la mise en sécurité d'une zone par une commande de l'UAE et/ou de l'USS. La commande est transmise de l'USS au CMSI (Centralisateur de Mise en Sécurité Incendie) via le concentrateur et le RMS.

### Désenfumage tunnel :

En cas d'incident dans le tunnel, l'exploitant déclenche la mise en sécurité de la zone concernée par une commande de l'UAE et coordonne la mise en sécurité de la circulation des trains sur et à proximité de la zone. L'UAE transmet la commande à l'automate concentrateur qui déclenche aux automates locaux le scénario de désenfumage lié à la zone dans le tunnel.

### Cas spécifique d'un sinistre d'un matériel roulant dans la gare :

L'exploitant du PCC déclenche la mise en sécurité de la voie en gare. L'UAE transmet en parallèle la commande au CMSI de la gare (désenfumage de la zone Quai) et à l'automate concentrateur (désenfumage de la zone voie de cette gare).

## • Eclairage d'ambiance et de sécurité

Le système d'éclairage apporte le niveau d'éclairement requis pour le confort et la sécurité des voyageurs et du personnel.

La technologie retenue pour l'éclairage en fonction des zones est la suivante :

- Zones publiques – Eclairage normal : Luminaires à LED ;
- Zones publiques – Eclairage de sécurité : Fluorescents agréés AEAS alimentés par des armoires d'éclairage de sécurité ;
- Locaux techniques ou d'exploitation : Tubes fluorescents.

Une gestion centralisée de l'éclairage est mise en place grâce à l'emploi de terminaux d'éclairage compatibles avec les protocoles de communication industriels « normalisés » (ex : DALI).

## • Equipements de télécommunication

### Le réseau multiservices (RMS)

Il a été retenu de mettre en place un RMS de type IP/MPLS (MultiProtocol Label Switching, RFC 3031). L'architecture logique, ou topologie, du RMS concourt à l'implémentation de ses fonctionnalités propres ainsi que celles offertes aux clients RMS. Elle doit notamment permettre d'assurer une sécurisation logique du réseau en offrant des liens alternatifs pour le transport d'informations de façon à assurer une résilience en cas d'incident sur un lien.

La topologie retenue est celle d'un réseau maillé construit sur la base d'une topologie en anneau renforcée par des liaisons radiales autorisant des alternatives supplémentaires aux liaisons amont et aval de chaque équipement. L'ensemble des équipements actifs du *backbone* sont de type IP/MPLS.

Ces liens supplémentaires permettent également de créer des chemins plus directs pour les flux qui ne doivent plus obligatoirement emprunter l'anneau tels que les liaisons entre le PCC et les gares d'interconnexion.

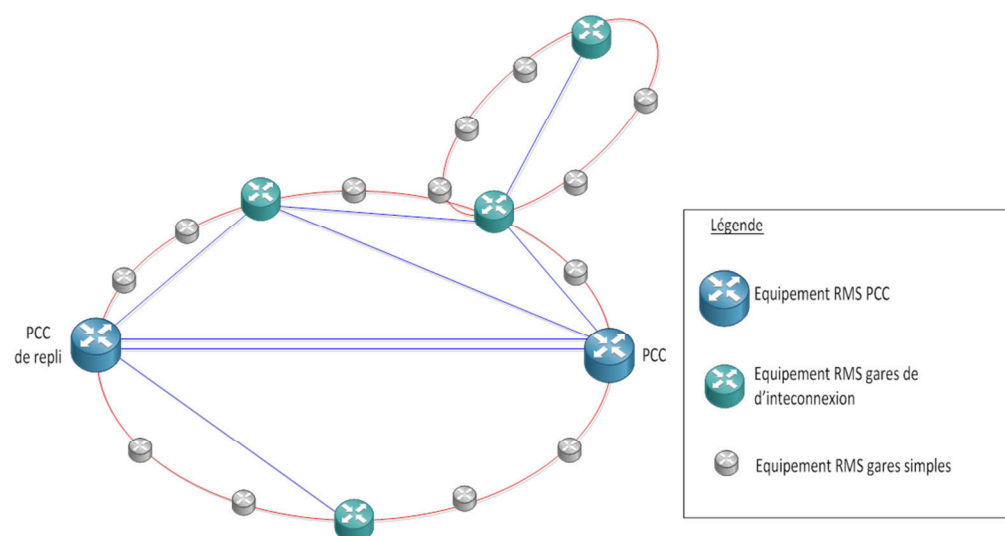


Figure 43 : Architecture du réseau multiservices L15/L16/L17

Les puits situés en tunnel entre chaque gare constituent une opportunité et une nécessité d'intégration de certains des équipements utiles au fonctionnement du système de transport et à sa sécurité.

La solution retenue pour intégrer ces équipements dans le RMS consiste en la mise en œuvre de réseaux de terrain IP/MPLS dédiés aux puits interfacés au RMS.

Cela implique que les équipements des puits ne font pas partie du *backbone* (épine dorsale) alors uniquement constitué des équipements des gares. Ils sont intégrés dans un réseau de terrain dédié, doublement rattaché au *backbone* au niveau des gares amont et aval (sécurisation).

Les flux entre deux gares consécutives ne traversent ainsi aucun équipement de puits, ce qui limite leur charge réseau. Les flux terrain et *backbone* circulant sur des supports physiques différents (fibres optiques dédiées), il n'est pas nécessaire de dériver le lien *backbone* en puits, ce qui augmente sa sécurisation physique.

Un réseau local de type IP est mis en œuvre au niveau de chaque gare pour en desservir tous les niveaux.

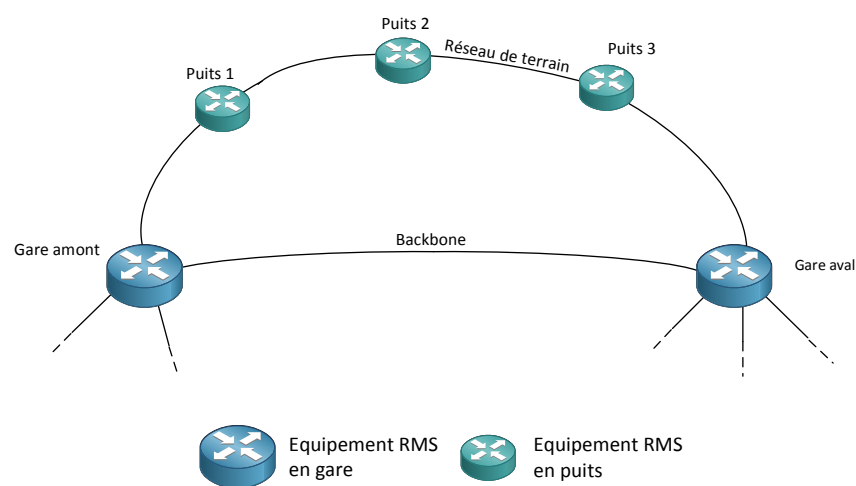


Figure 44 : Intégration des puits via réseau de terrain

Le RMS supporte également les fonctions liées à la chronométrie en ligne, en lien avec les PCC respectifs. La chronométrie a pour unique fonction de partager une même base de temps avec l'ensemble des systèmes (information voyageurs, billettique, ...).

Elle consiste en :

- La mise à l'heure depuis une source extérieure fiable (horloge atomique) ;
- La distribution horaire à tous les systèmes.

La source de synchronisation retenue pour les bases des temps est le GPS, plus pérenne que les émetteurs radio. La synchronisation horaire des systèmes sera réalisée par des serveurs de temps NTP, horloges stratum 1 (Network Time Protocol, RFC 5905), raccordés au RMS qui envoient l'heure périodiquement ou sur demande à tous les systèmes. Ces systèmes se chargent ensuite d'assurer la cohérence horaire entre leurs différents sous-ensembles.

Cette solution standardisée permet de distribuer l'heure à un nombre illimité de systèmes.

### Systeme de serveurs centraux

Le Système Serveurs Centraux est un système d'hébergement qui regroupe des grappes de serveurs et des grappes de stockage.

Il dispose de fonctions d'orchestration et de fonctions de virtualisation qui doivent permettre d'accueillir les différentes applications centrales des systèmes du réseau de transport du GPE :

- Les applications de supervision du RMS ;
- Les applications de supervision et les éventuelles applications du système de radiocommunication pouvant être hébergées ou virtualisées ;
- Les applications centrales des systèmes billettique, contrôle d'accès, vidéosurveillance, Information Voyageurs, Sonorisation, Téléphonie, Interphonie, systèmes embarqués et ventilation tunnel.

Le système serveurs centraux doit permettre la consolidation des serveurs et zones de stockage nécessaire à l'ensemble de ces applications tout en offrant à chacune les ressources nécessaires à leur fonctionnement.

Par ailleurs le système serveurs centraux offre également des services de virtualisation pour héberger les applications qui le peuvent et il permet ainsi d'offrir une infrastructure banalisée que l'on peut regrouper et superviser avec les mêmes outils.

Le système serveurs centraux peut être considéré comme un « cloud privé ».

Il doit également être en interface avec le réseau RMS pour permettre la communication entre les applications centrales de chacun des systèmes hébergés et les équipements de ces systèmes dans les gares et les rames de métro.

**Systèmes de radiocommunication**

Sur le projet du Grand Paris Express, 3 types de systèmes radio sont mis en œuvre (pour les besoins hors automatismes de conduite) :

- Radio mutualisée entre l'exploitant et les forces de l'ordre (Technologie LTE PMR) ;
- Un ou plusieurs réseau(x) pour les opérateurs publics ;
- Des réseaux Wi-Fi .

Les systèmes à l'usage de l'exploitant intégreront une fonctionnalité de géolocalisation, y compris en souterrain, pour les besoins de gestion et de sécurité des personnels en ligne.

Cette fonctionnalité est également envisagée pour la radio à usage du public afin de maintenir en souterrain certains services utilisant en surface la localisation (navigation « Indoor »).

Le système radio exploitant Haut Débit est constitué d'équipements actifs dédiés permettant de garantir son fonctionnement et sa disponibilité indépendamment de l'état du réseau radio à l'usage du public.

En termes de sécurisation, les solutions de radiocommunications déployées à l'usage du public doivent garantir une isolation totale vis-à-vis des solutions de radiocommunications à destination de l'exploitant.

◇ **Radio Exploitant Haut-Débit (portée par la technologie LTE PMR) :**

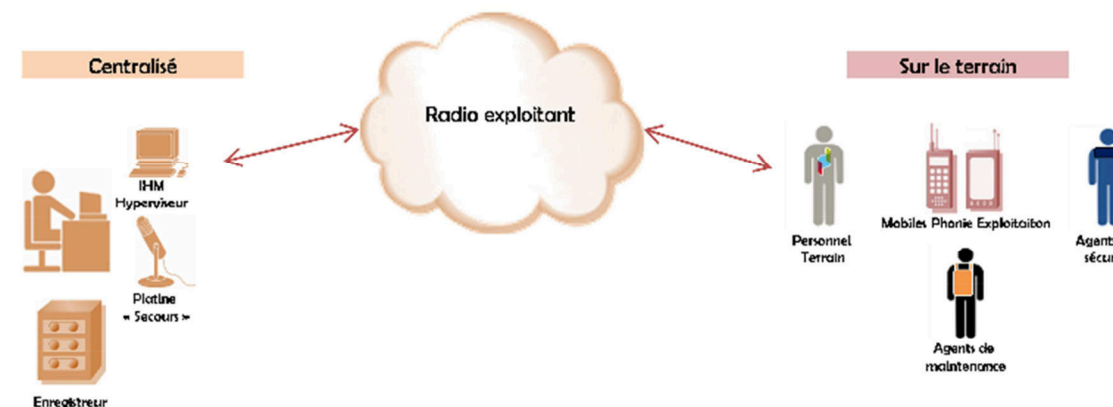
La Radio exploitant couvre les besoins en moyens de communication radio mis en œuvre pour l'exploitation et la maintenance du réseau de transport du GPE et les besoins des services de secours et de sécurité.

La Radio exploitant se compose de deux systèmes de radio distincts :

- Le système radio LTE PMR qui permet d'une part les communications et l'échange de données pour les terminaux mobiles et d'autre part les radiocommunications sol/train :
  - o Il est dimensionné pour permettre l'itinérance des services de secours et de sécurité ;
  - o Il offre aux opérateurs publics la possibilité d'utiliser une infrastructure rayonnante mutualisée (la mutualisation ne concerne que la partie passive de l'infrastructure).

Le système radio LTE PMR est à destination des usagers suivants :

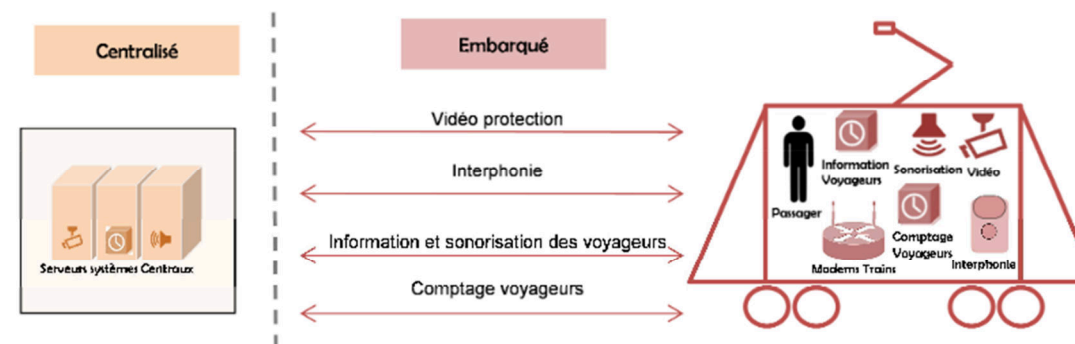
- Services d'exploitation et de maintenance sur le terrain ;
- Services de sécurité et de secours ;
- Personnel du PCC (notamment en mode dégradé avec des terminaux mobiles).



**Figure 45 : Usagers de la radio exploitant**

Pour les radiocommunications sol/train, le système LTE/PMR sert de support pour les usages suivants :

- Vidéo-protection à bord ;
- Interphonie à bord ;
- Information voyageur et sonorisation à bord ;
- Comptage voyageurs à bord.



**Figure 46 : Radiocommunications sol/train**

- Le système radio ultra haut débit en gare basé sur un ensemble de protocoles de communication sans fil. Ce système est dédié au déchargement des séquences vidéo en gare, lorsque le train est à l'arrêt, à destination de la Préfecture de Police et pour usage de l'exploitation et la maintenance.

◇ **Un ou plusieurs réseau(x) pour les opérateurs publics.**

La Société du Grand Paris souhaite offrir la possibilité aux opérateurs publics d'exploiter l'ensemble de leurs fréquences dans tous les espaces du Grand Paris Express accessibles au public (gares, tunnels dans lesquels circulent des trains en exploitation).

Le service de téléphonie mobile est commercialisé directement par les opérateurs publics auprès de leurs clients.

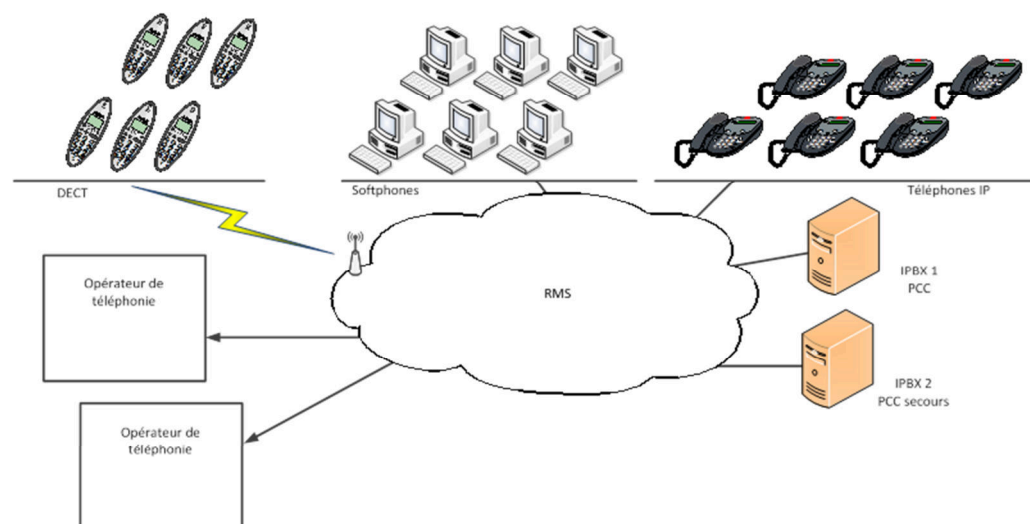
La solution qui sera mise en œuvre devra permettre le raccordement des équipements actifs des opérateurs sur l'infrastructure rayonnante mise en œuvre pour les besoins du système radio LTE PMR.

#### ◇ Des réseaux Wi-Fi

Dans le cadre du programme « Grand Paris Numérique », des points d'accès wifi à destination du public seront installés dans les gares et les trains.

#### Téléphonie et interphonie

Les services de téléphonie et d'interphonie s'appuient sur l'infrastructure hautement disponible du RMS et sur des équipements centraux dédiés à ces services, également redondés.



**Figure 47 : Architecture du système de téléphonie**

Leurs composants principaux sont :

- Pour la téléphonie :
  - Terminaux téléphoniques ;
  - Autocommutateurs et passerelles ;
  - Système de gestion et de supervision technique ;
  - Téléphones d'alerte permettant de contacter directement les services de secours depuis chaque PCC par des postes analogiques dédiés ;
- Pour l'interphonie :
  - Boutons d'appel et haut-parleurs en embarqué ;

- Boutons d'appel et haut-parleurs en gare et autre site, parfois intégré au sein d'une borne d'appel ;
- Serveurs d'interphonie ;
- Un sous-système central commun d'enregistrement des conversations.

Ces services auront une couverture maximale sur la ligne 16/17, en particulier :

- Tous les ouvrages annexes le long de la ligne (communication avec services de secours et maintenance) ;
- Toutes les gares de la ligne, notamment aux points stratégiques nécessitant des appels d'urgence ou une mise en contact avec du personnel pour des besoins d'information (quais, espaces d'accueil, escaliers mécaniques, ascenseurs, ...) ;
- Tous les sites de remisage et de maintenance de la ligne ;
- Le PCC de la ligne et le PCC de repli ;
- Le matériel roulant de la ligne pour les interphones embarqués.

#### • Mécanisation des accès

Le système « mécanisation des accès » comprend l'ensemble des appareils dans les gares et dans les ouvrages annexes (ascenseurs et escaliers mécaniques), permettant d'assurer le déplacement des passagers et des équipes techniques de façon confortable et en toute sécurité.

#### Les ascenseurs et ascenseurs de charge

Les ascenseurs assurent les fonctions suivantes :

- l'accès et l'évacuation des Personnes en Situation de Handicap (PSH) en gare ;
- la circulation de l'ensemble des voyageurs en exploitation (en commun avec les escaliers mécaniques), en gare ;
- la fonction de monte-charge, en gare ou en puits.

En gare, ces fonctions sont généralement assurées par les mêmes appareils.

Les cabines sont implantées au minimum par groupe de 2, afin de garantir une accessibilité PMR fiable (disponibilité y compris en cas de maintenance). Leur charge est de 1600 kg.

En gare, selon le type de machine et sa localisation, le choix de la vitesse de déplacement se fera entre 1 m/s et 1,6 m/s. Dans les puits, la vitesse de déplacement des ascenseurs de charge choisie est de 1 à 1,6 m/s.

**Escaliers mécaniques**

En conformité avec le Programme cadre du référentiel de conception des gares, les caractéristiques communes à tous les des escaliers mécaniques sont les suivantes :

- Vitesse : 0,5 m/s ;
- Largeur des marches : 1000 mm.

Ces valeurs permettent de transporter 100 voyageurs à la minute soit 6000 p/h.

Les choix d'angles d'inclinaison sont les suivants :

- Dénivelé inférieur à 6 mètres : la possibilité normative du choix d'un angle supérieur à 35° est interdite ;
- Dénivelé supérieur à 6 mètres : seuls sont autorisés les angles de 30 ° et de 27,3°.

La plupart des escaliers mécaniques ne dépassent pas 7m de dénivelé.

L'angle recommandé dans tous les cas est 30°.

Le parcours horizontal correspondant au nombre de marches à plat peut être de :

- 1200 mm de long avec trois marches à plat ;
- 1600 mm de long avec quatre marches à plat.

Au niveau des économies d'énergie, à ce stade du projet, il est recommandé :

- Pour les appareils qui seront utilisés de façon réversible, l'utilisation de la régénération avec le système d'arrêt total, ce qui donne le meilleur résultat ;
- Pour les appareils sans inversion du sens de marche en exploitation normale : les appareils en montée doivent être sans régénération avec une manœuvre permettant l'arrêt total, et les appareils en descente doivent utiliser la régénération avec une manœuvre permettant l'arrêt total.

**Fermeture des accès**

Le système « fermeture des accès » couvre l'ensemble des grilles et portes d'accès des gares (hors passages de validation/billettique) et ouvrages annexes (les accès des puits, les accès à la partie aérienne, ...)

Les fermetures des gares seront définies de façon adaptée à chaque gare (forme, taille, matériau), en respectant des spécifications systèmes communes notamment la commande automatique et centralisée.

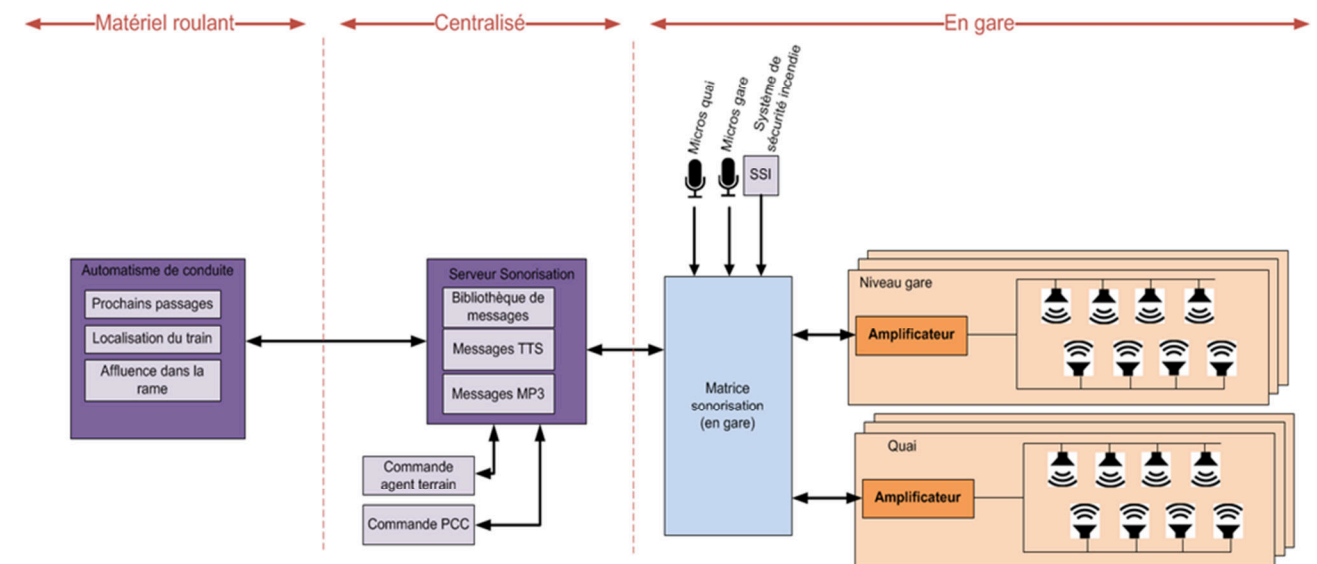
Les trappes d'accès aux puits entre les gares sont destinées avant tout à l'accès des secours et l'évacuation par les secours des seuls passagers secourus.

A ce stade du projet, les dimensions sont données à titre indicatif :

- Largeur : 1,20 m ou 1,70 m ;
- Longueur : 2,10 m.

**Sonorisation**

Le schéma ci-dessous présente l'architecture fonctionnelle de la sonorisation en gare et dans le matériel roulant reposant sur le principe d'une sonorisation unique pour l'information voyageurs quelle que soit sa nature.



**Figure 48 : Architecture fonctionnelle du système de sonorisation**

Du fait du principe de mutualisation, l'architecture de sonorisation est conforme à la norme NF EN 54 et comprend notamment les fonctionnalités suivantes :

- Surveillance des lignes d'amplificateurs ;
- Surveillance des lignes de haut-parleurs ;
- Basculement automatique sur amplificateur de secours ;
- Equipements, connecteurs conformes EN-54 ;
- Alimentation secourue.



Le sous-système Sonorisation des gares se compose au minimum des éléments suivants :

- Des équipements installés dans le local SSI de chaque gare :
  - o Une centrale de sonorisation assurant la gestion des zones de diffusion et des priorités des différentes sources ainsi que la supervision des composants du sous-système ;
  - o Un espace de stockage des messages d'alerte (potentiellement intégré à la centrale) ;
  - o Un espace de stockage des ambiances sonores (potentiellement intégré à la centrale) ;
  - o Des alimentations de sécurité ;
  - o Des amplificateurs par zone de diffusion ;
- Des équipements installés dans les différentes zones à sonoriser de chaque gare :
  - o Des haut-parleurs de sécurité ;
  - o Des micros palpeurs pour l'asservissement de la diffusion du bruit ambiant ;
  - o Des micros pour la diffusion des annonces à quai (deux par quai) ;
- Un pupitre dans un espace réservé à l'exploitant dans chaque gare pour la diffusion d'annonces en gare ;
- Des équipements installés dans les PCC :
  - o Des pupitres d'annonces directes (un pupitre par poste opérateur) ;
  - o Un équipement de raccordement des pupitres opérateurs pour chaque PCC.

**Information voyageurs**

L'information voyageurs respectera la charte des modes d'IDFM en ce qui concerne le graphisme des signes des modes et indices et le programme d'information voyageurs du réseau GPE partagé avec IDFM. L'information voyageurs est composée d'information dite statique (contenu inerte) et d'information dynamique (actualisation en temps réel) transmise par le Système d'Information Voyageurs (SIV).

Le système d'information voyageurs (SIV) gère toutes les informations dynamiques et permet de diffuser, dans tous les espaces de la gare et dans le matériel roulant, des contenus visuels et/ou sonores à destination des voyageurs.

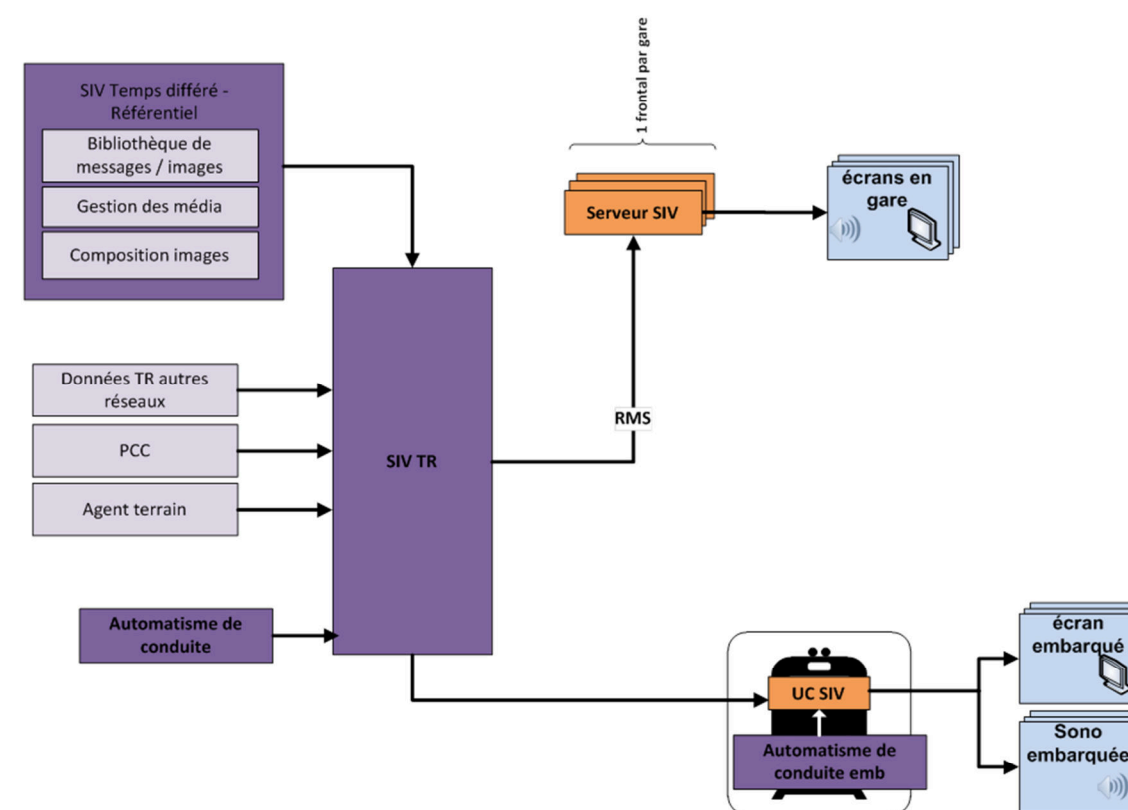
Ce système est composé des blocs fonctionnels suivants :

- Le SIV Temps Réel qui gère :
  - o Le pilotage de l'affichage visuel ;
  - o L'envoi des messages temps réel ;
  - o Les échanges avec les systèmes tiers ;

- Le SIV Temps différé qui gère :
  - o Les référentiels, paramètres et journaux d'événements ;
  - o La bibliothèque de messages/images ;
  - o La composition des images ;
  - o Les différents types de médias.

L'acquisition des données liées au matériel roulant (localisation, ...) et la fourniture des éléments variables de contenus à afficher en lien avec la circulation des trains (temps d'attente prochaine rame, destination prochaine rame) relèvent du système des automatismes de conduite.

Le schéma ci-dessous présente l'architecture fonctionnelle du système d'information voyageurs en gare et dans le matériel roulant.



**Figure 49 : Architecture fonctionnelle du système d'information voyageur**

Le SIV sol se compose à minima des éléments suivants :

- Une application centrale installée sur l'infrastructure virtualisée au sol, en charge d'assurer :
  - o La préparation de l'IV visuelle et sonore ;
  - o Les traitements temps-réel de l'IV ;
  - o La gestion des interfaces vers les systèmes externes.

- Des « postes Editeur IV » pour chaque exploitant, qui permettent à son « Editeur IV » de paramétrer le Référentiel ;
- Des supports de diffusion visuelle :
  - o Supports dynamiques (Ecrans ou assimilés) ;
  - o Bornes interactives.

Les serveurs hébergeant l'infrastructure virtualisée au sol ainsi que les stations de composition sont installés dans des locaux attenants aux PCC. Ils sont raccordés au réseau multiservices au sol (RMS). Ce réseau dessert les différentes gares du Grand Paris Express et les supports de diffusion de l'IV en gare sont raccordés y sont donc également raccordés.

En fonction de leur localisation dans la gare les écrans diffusent certaines des informations suivantes :

- Date et heure courante ;
- Message de fin de service ;
- Indication de la ligne et de direction ;
- Informations relatives aux prochains trains circulant sur le quai ;
- L'état du trafic et des perturbations de la ligne empruntée et des lignes d'interconnexion en correspondance ;
- Les messages d'évacuation le cas échéant ;
- Les informations dynamiques liées au trafic des lignes et correspondances de la gare ;
- Les temps d'attente des prochains trains RER / Trains francilien ou grandes lignes de correspondance accessibles depuis la gare (uniquement au niveau des seuils de correspondance) ;
- Les informations dynamiques liées au trafic ou à l'état de disponibilité de l'intermodalité y compris des services de mobilité (vélos/voitures en libre-service, taxis, etc...) de la gare ;
- L'indication d'absence de desserte du quai le cas échéant ;
- Les informations relatives à la météo ;
- L'information dynamique située relative à l'environnement de la gare ;
- Les informations relatives au fonctionnement de l'ascenseur concerné ;
- Les informations alertant sur l'indisponibilité des ascenseurs sur une des gares de la ligne empruntée ;
- Les informations sur les travaux prévus sur une des gares de la ligne empruntée ;
- Etc.

Les informations liées aux perturbations et à l'évacuation sont également diffusées via la sonorisation générale de la gare.

En complément les bornes interactives permettent aux voyageurs de calculer le meilleur itinéraire sur le réseau GPE (calculateur d'itinéraire de l'exploitant ou d'IDFM, Plan interactif de l'exploitant ou d'IDFM,...).

Les bornes interactives peuvent diffuser :

- Les informations dynamiques liées à la marche des trains desservant la gare ;
- Les informations dynamiques liées au trafic des lignes et correspondances de la gare ;
- Les itinéraires bis conseillés en cas de perturbations ;
- Les informations dynamiques situées relatives à la gare ;
- Des informations statiques relatives à la gare (plans, horaires, etc.) ;
- Des informations de temps de parcours sur le réseau du GPE ;
- L'heure courante ;
- Les messages d'évacuation le cas échéant.

Pour le matériel roulant :

- Des supports de diffusion visuelle :
  - o Les Plans de Ligne Dynamiques (PLD) installés en vousoir au-dessus des portes (dimension entre 1400 mm et 1800 mm pour la longueur et entre 220 mm et 250 mm pour la hauteur) ;
  - o Les Supports d'Affichage Dynamique (SAD) installés à proximités des PLD, soit en vousoir accolés à ceux-ci, soit en tête et queue de voiture (dimension entre 600 mm et 1210 mm pour la longueur et entre 220 mm et 250 mm pour la hauteur) ;
- Une ou plusieurs unités Centrales embarquées installées sur l'environnement virtualisé embarqué pour assurer :
  - o Le pilotage de la diffusion de l'Information Voyageurs en embarqué ;
  - o La gestion des interfaces en embarquée (Interface avec le calculateur TCMS du Matériel Roulant).

#### • Billettique

Nota : Les éléments présentés dans ce paragraphe correspondent aux études de l'AVP. IDFM a décidé de mettre en œuvre un système billettique communautaire applicable à l'ensemble des réseaux en Ile-de-France. Dans le cadre de ce Programme de Modernisation Billettique (PMB), IDFM développera un système d'information centralisé, chargé de la gestion des titres et des ventes en ligne au niveau régional. Ce système central billettique sera mis en œuvre et géré par IDFM, et les exigences applicables aux équipements seront définies dans le cadre de travaux communautaires ; les équipements billettiques qui seront mis en place par la SGP s'appuieront sur les exigences communiquées par IDFM de façon à garantir le bon fonctionnement de l'ensemble. Les grands principes présentés ci-dessous devraient toutefois être conservés.

Au niveau des supports de titres, le système billettique prend en compte l'ensemble des supports acceptés sur le réseau francilien. Il devra émettre des supports valides sur l'ensemble du réseau francilien.

Les supports émis et acceptés sur le réseau francilien sont, au jour de la rédaction de l'AVP, les suivants :

- Carte sans contact de type Calypso pour les abonnements de type forfait (Pass Navigo) ;
- Titres magnétiques (abrégé TM) format Edmonson notamment pour les titres unitaires.

Les technologies de supports émis et acceptés pourront évoluer dans le cadre du PMB.

Concernant le ticket magnétique, son maintien est limité en vente/distribution/SAV et validation. Les supports magnétiques sont distribués dans une partie des équipements de distribution automatique et acceptés dans une partie des équipements de validation aux lignes de contrôle (par principe, environ 20% des valideurs du réseau Grand Paris Express).

Les supports qui seront en circulation sur le réseau billettique du Grand Paris et qui permettront de supporter les produits autorisés seront alors :

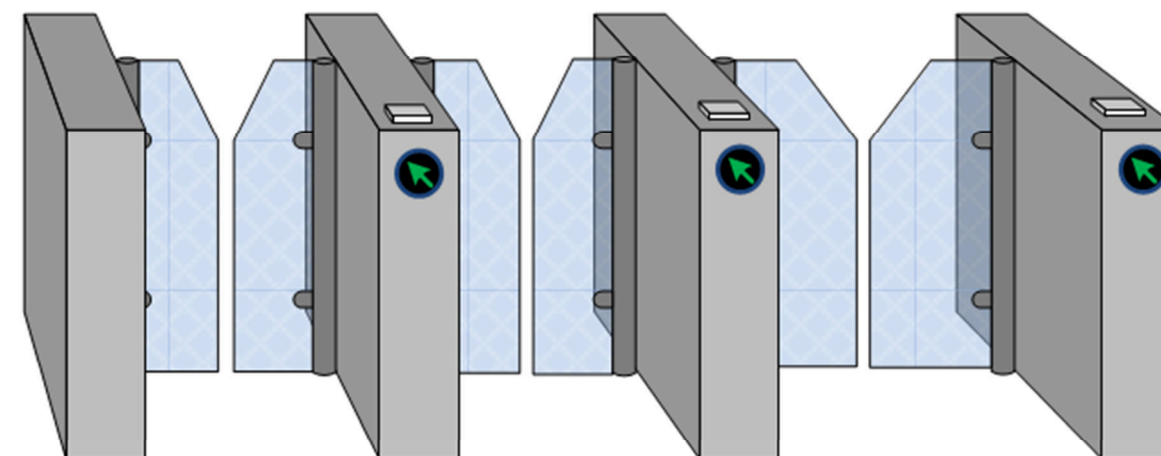
- Cartes sans contact (personnalisée ou anonyme) : type Calypso, (type B, B' – protocole Innovatron), Mifare (type A), multi-applicatives, pouvant héberger l'application billettique commune ;
- Billets sans contact (anonyme) ;
- Autres supports de technologie NFC ;
- Ticket magnétique format Edmondson.

Les appareils de validation composent la ligne de contrôle et intègrent un valideur permettant la lecture/écriture/validation sur les supports sans contact valides sur le réseau francilien. Certains d'entre eux (nombre limité) intègrent également la lecture/validation des tickets magnétiques.

La solution technique retenue en phase AVP pour les lignes de contrôle d'accès est la porte à double vantail modèle standard ou porte à double vantail élargi modèle PMR, à ouverture des vantaux par rotation. Les portes à rotation présentent les caractéristiques suivantes :

- Flux :
  - o En validation sans contact : 35 pers/mn (25 pers/mn avec bagages) ;
  - o En validation par ticket magnétique : 20 pers/mn (18 pers/mn avec bagages) ;
  - o En validation mixte (15% de magnétique) : 33 pers/mn (24 pers/mn avec bagages) ;
  - o En passage ouvert et évacuation : 50 pers/mn ;
- Réversibilité : ces portes peuvent être réversibles, i.e. permettent un passage dans les deux sens ou une inversion de sens de passage ;
- Largeur de passage courant : 600 mm ;
- Largeur de passage élargi à 900 mm avec au minimum un passage à 1050 mm par ligne de contrôle en cohérence avec les orientations données par IDFM ;

- Encombrement des appareils retenus dans les projets : 200 mm de largeur coffre, 2200 mm de profondeur ;
- Les portes sont initialement en position fermée.



**Figure 50 : Exemple de constitution d'une ligne de contrôle avec passage élargi**

Des automates de distribution sont installés dans les gares, de deux types :

- Distributeurs automatiques de titres « complets » : ces équipements comportent l'ensemble des modules fonctionnels prévus. Ils assurent ainsi l'émission de TM et de supports sans contact. Ils acceptent les moyens de paiement pièces et bancaire. Deux variantes sont prévues pour ces DAT « complets » :
  - o Variante 1 : paiement pièces/CB + paiement billets de banque ;
  - o Variante 2 : paiement pièces/CB sans paiement billets de banque.

Les dimensions maximales sont 1800 mm pour la hauteur, 900 mm pour la longueur et 700 mm pour la profondeur.

- Distributeurs automatiques « simplifiés » (bornes de rechargement) : ces équipements assurent le chargement/rechargement de supports sans contact et n'acceptent que le paiement par carte bancaire.

Les dimensions maximales sont 1000 mm pour la hauteur (1800 mm de hauteur dans le cas de distributeur avec pied), 600 mm pour la longueur et 700 mm pour la profondeur.

Les distributeurs automatiques de titres devront être en mesure d'enregistrer l'ensemble des opérations unitaires réalisées et de comptabiliser les ventes et les recettes par opération de vente.

#### • Poste de Commandes Centralisées

L'ensemble des commandes centralisées est regroupé au PCC (Poste de Commandes Centralisées) des lignes 16 et 17, localisé sur le Centre d'Exploitation d'Aulnay. Un PCC de formation, prévu en un autre lieu (Gare de Noisy-Champs), permet d'assurer une continuité de service pour les cas rares

d'indisponibilité majeure du PCC principal (par exemple destruction partielle ou totale du site PCC) : voir plus bas.

Afin de caractériser les commandes centralisées, les principes suivants ont été appliqués :

- L'ensemble des fonctions de supervision est regroupé au Poste de Commandes Centralisées de la ligne 16 :
  - o Poste de Commande du Transport (PCT) ;
  - o Supervision centralisée des stations et de la ligne (SCADA Exploitation/Maintenance, Energie) ;
  - o Supervision des moyens audiovisuels (MAV) ;
  - o Poste central de sécurité incendie (PCSI) ;
  - o Supervision de la sécurité ;
- Il est par ailleurs possible d'accéder aux informations de supervision et aux commandes relatives aux équipements supervisés depuis des espaces de supervision déportés (gare, SMR...) ;
- Le système « commandes centralisées » est organisé selon les deux domaines « transport » et « espaces » pour les besoins de l'exploitation. Le SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), outil de supervision central, supervise et contrôle les équipements du domaine « espaces ». Pour le domaine « transport », le SCADA supervise uniquement les informations à des fins de maintenance ;
- Afin de pouvoir s'adapter aux choix d'organisation du futur exploitant, il sera possible de dupliquer les postes opérateurs des fonctionnalités «Espaces» et «Transport» en gare (= postes déportés) afin de permettre :
  - o une délégation d'exploitation des équipements en local pour les «Espaces» ;
  - o une visualisation synthétique de l'exploitation en local (visualisation synthétique des trains notamment sur le périmètre de la gare et des inter-gares correspondantes) pour le «Transport» ;
- La supervision des états de maintenance est accessible en central au PCC ou au travers de postes déportés :
  - o Etats de maintenance de synthèse tous systèmes (fonction d'aide à la maintenance du SCADA, remontant les alarmes techniques de synthèse des équipements déportés et centraux) : sur un poste banalisé ;
  - o Etats de maintenance des automatismes (fonction SAM : Système d'Aide à la Maintenance automatismes) : sur un poste banalisé si intégration SAM automatismes au SCADA, ou sur un poste dédié dans le cas contraire ;
- Le SMR est supervisé par le PCC, hormis pour la gestion technique des bâtiments, qui reste locale : la supervision des mouvements de trains au SMR se fait donc à partir du Poste de Commande du Transport (PCT) au niveau de la salle d'exploitation, avec délégation potentielle aux opérateurs de maintenance pour l'accès aux voies d'atelier en mode automatique sans conducteur ;

- Le SMI n'est pas supervisé à partir du PCC (hormis voie de raccordement entre la ligne et la zone de transfert située sur le site du SMI).



Figure 51 : Exemple d'ergonomie du poste opérateur banalisé

#### • Postes de commande de transport

Le PCT (Poste de Commande du Transport) est le système d'exploitation du domaine « transport ». Le système PCT assure les fonctions nécessaires à la gestion du service des trains dont les principales sont :

- Gestion du programme d'exploitation ;
- Gestion de l'exploitation quotidienne ;
- Supervision des éléments du domaine transport :
  - o Circulation des trains ;
  - o Des équipements intervenants dans la circulation des trains :
    - Automatismes de conduite ;
    - Matériel roulant ;
    - Façades de quai.

- Voyageurs ;
- Contrôle et commande des éléments du « domaine transport » nécessaires à la circulation des trains :
  - De l'alimentation de traction ;
  - Des arrêts d'urgence ;
- Gestion des IHM du PC transport ;
- Support à la mise à disposition des véhicules ;
- Support à l'exploitation du domaine transport.

Certaines de ces fonctions nécessitent des commandes sécurisées du PCT.

Afin de faciliter les correspondances, le PCT est abonné à un service d'information de l'offre de transport théorique et réelle des lignes en correspondance. De même, le PCT met à disposition à travers un service d'information les données d'offre de transport théoriques et réelles.

Afin de maîtriser la consommation d'énergie électrique, il est possible depuis le PCT de sélectionner 3 types de marche-type des trains :

- La marche-type tendue ;
- La marche-type normale ;
- La marche-type économique.

La marche-type économique privilégie l'économie d'énergie avec un léger impact sur la vitesse commerciale et s'applique plutôt en heures creuses.

Le PCT intègre également une fonction de régulation automatique de l'énergie et de la puissance consommée afin d'adapter la consommation d'énergie du système de transport aux besoins de l'exploitation en cours en modifiant notamment l'allure et le moment de départ des trains.

Le système PCT peut également coordonner le départ des trains dans les différentes gares de la ligne avec le freinage d'autres trains en modifiant la consigne de temps d'arrêt de manière à mieux récupérer l'énergie de freinage. Il gère aussi les séquences de redémarrage progressif des trains suite à incident de façon à éviter les surintensités.

## • Supervision centralisée des stations et de la ligne (SCADA Exploitation/Maintenance, Energie)

Le système SCADA assure les rôles :

- De supervision et de commande des équipements du domaine « Espaces » ;
- De supervision uniquement à des fins de maintenance des équipements du domaine «Transport».

Ainsi, les principales fonctions du SCADA sont :

- Liées à la distribution de l'énergie électrique ;
- Liées au domaine des espaces ;
- Gestion des installations non liées à la circulation des trains (état des équipements, interventions...) ;
- Liées au domaine du transport :
  - Supervision des informations de maintenance des installations liées à la circulation des trains ;
  - Supervision des informations de maintenance des trains ;
- Liées au domaine de la sécurité des biens et des personnes :
  - Supervision des équipements de sécurité incendie (en cas d'intégration de l'UAE dans le système SCADA), de la qualité de l'air et des risques NRBC-E ;
  - Gestion du contrôle d'accès et de la détection d'intrusion ;
- Liées aux fonctions « support » de l'exploitant :
  - Gestion de l'exploitation ;
  - Enregistrement et restitution des données, statistiques et aides diverses ;
- Liées aux fonctions « support » du mainteneur :
  - Transmission de l'état des équipements « automatismes » au système d'aide à la maintenance ;
  - Consignation éventuelle d'équipements, inhibition d'alarmes...

## • Supervision des moyens audiovisuels (MAV)

Le système de supervision des MAV (SMAV) est le système permettant une utilisation des moyens de communication et de visualisation des espaces de la L16/17 et des trains transverse aux systèmes de Contrôle du Trafic et du SCADA.

La solution de supervision des MAV permet aux opérateurs d'accéder et d'utiliser depuis une seule IHM, aux fonctionnalités suivantes :

- Système de radiocommunication exploitant ;
- Système de vidéo-surveillance dans les espaces et dans les trains ;
- Système d'information voyageur dans les espaces et dans les trains ;
- Système de sonorisation des espaces gares et des trains ;
- Système d'interphonie et d'écoute discrète dans les trains et dans les espaces ;
- Exploitation des enregistreurs des systèmes énoncés avec utilisation des archives vidéo, son et alarmes, ;
- Configuration et paramétrage.

#### • Poste central de sécurité incendie

L'organisation de la sécurité incendie des lignes 16/17 s'articule autour d'un Poste Central de Sécurité Incendie (PCSI) intégré dans le Poste de Contrôle et de commande Centralisé (PCC) des trains, sur le Centre d'Exploitation d'Aulnay (CEA).

Le PCSI dispose des moyens humains et techniques de supervision répondant à la réglementation et aux normes et dimensionnés pour assurer la supervision des sites répartis sur les lignes 16/17.

Un PCSI de repli intégré au PCC de formation permet, en cas d'indisponibilité majeure et durable du PCC, d'assurer la reprise de la surveillance centralisée après un temps de basculement technique et une durée d'armement en personnel du site de repli.

En situation nominale, le PCSI de secours sert de plateforme de formation SSI et de tests.

Au niveau de la commande centralisée, les opérateurs du PCSI disposent d'une Unité de Supervision Sécurisée (USS) dédiée au SSI ainsi que d'outils de supervision leur permettant de disposer d'informations et de commandes associées aux équipements techniques ou de communication participant à la mise en sécurité incendie sur une Unité d'Aide à l'Exploitation (UAE).

Les fonctions de supervision et de mise en sécurité disponibles au sein de l'USS s'appuient, et se déclinent, sur celles associées au concept de sécurité de chaque site supervisé et déclinées pour chaque équipement du SSI local.

Le concept général de mise en sécurité se définit comme suit depuis le PCSI :

- Détection du sinistre ;
- Levée de doute : localisation / qualification du sinistre ;
- Application de la procédure associée (dont commandes de mise en sécurité) / Alerte des secours ;
- Gestion de l'intervention ;
- Clôture de la procédure ;
- Reprise de l'exploitation.

Les fonctions de contrôle/commande de l'USS permettent la discrimination rapide des informations qualifiées de sécuritaires de celles constituant des éléments d'information complémentaires. Le niveau de sécurité du SSI ligne, basé sur les fonctions sécurisées de l'USS et les fonctions de traitement et de transport des données, jusqu'aux équipements centraux sur sites, correspond au niveau SIL 2 (à confirmer par un laboratoire reconnu compétent, comme exposé au § 4.4.6.1).

Les scénarios implémentés au sein de l'USS permettent la mise en œuvre de configurations de mise en sécurité incendie. Celles-ci regroupent par exemple, simultanément ou séquentiellement, des arrêts techniques, des commandes de fermeture des registres, de ventilateurs de désenfumage, de compartimentage, etc.

#### • Supervision de la sécurité

Un Poste de Commande Sécurité centralisé est prévu pour les lignes 16/17. Ce PC Sécurité jouxte la salle d'exploitation du PCC. Le PC Sécurité devant être informé de tous les événements potentiels de sécurité relatifs aux personnes et aux biens, des postes déportés type SCADA/PCT/MAV y seront installés et un profil d'utilisateur particulier sera paramétré.

Le PC Sécurité comporte les métiers suivants :

- Opérateur, qui reçoit les alarmes, réalise la levée de doute, pilote les interventions, assure la coordination avec la police sur les incidents qu'il traite, et demande des actions à l'informateur ;
- Superviseur, qui coordonne les actions de la salle, et attribue les postes à chaque service ;
- Informateur qui peut prendre en charge la recherche d'information complémentaire, la communication sortante le cas échéant, et peut faire de la veille sur l'actualité de la sécurité pour informer les opérateurs de situations à risques ou lors du traitement d'un événement.

#### • PCC de repli et formation

Un PCC de repli et formation pour les lignes 16/17 est prévu à Noisy-Champs, sur un site distinct de celui du PCC L16/17 (prévu au SMR d'Aulnay), qui permet :

- D'assurer la formation des personnels d'exploitation et de maintenance pendant la durée de vie du système ;
- De faciliter la qualification des évolutions et les essais des tronçons nouveaux en permettant une supervision d'une zone de voie d'essais ou d'un tronçon en essais pendant la période d'exploitation voyageurs des tronçons déjà en service ;
- D'assurer une continuité de service en cas de perte exceptionnelle et grave du PCC principal (par exemple destruction partielle ou totale du PCC) sous couvert d'un délai d'armement.

Les locaux d'exploitation pour le PCC de formation des lignes 16/17 seront indépendants de ceux du PCC de formation de la ligne 15.

En situation provisoire, pour des raisons de disponibilités des locaux situés à Noisy-Champs, il est envisagé d'implanter une version simplifiée au CEA permettant d'assurer les formations du

personnel d'exploitation, les évolutions de configurations et les essais en vue des prolongements de ligne 16 et 17. Si cette éventualité est confirmée, le PCC de repli de Noisy-Champs serait opérationnel en léger différé après la mise en service des lignes 16/17.

#### 4.4.6. Dossier de sécurité

##### 4.4.6.1. Règlementation applicable

Les Dossiers de sécurité sont basés sur la réglementation applicable aux systèmes de transport public guidés régie par le décret n°2017-440 du 30/03/17.

Cette réglementation introduit un régime d'approbation et d'autorisation préalable, un recours à un organisme qualifié agréé (OQA) et des Organismes de Contrôle Technique Agréés (OCTA).

Dans le cadre du Système de Sécurité Incendie (SSI), comprenant entre autre le Poste Central de Sécurité Incendie, un laboratoire agréé SSI participera à l'évaluation de la sécurité.

La réglementation STPG vient en complément (donc n'inclut pas) du code du travail pour la protection des salariés, de la réglementation ERP qui s'applique dans les espaces.

Les dossiers de sécurité sont rédigés suivant les guides d'application du décret n°2003-425, dont les acronymes sont définis ci-dessous :

- DDS : Dossier de Définition de Sécurité ;
- DPS : Dossier Préliminaire de Sécurité ;
- DJS : Dossier « Jalons » de Sécurité ;
- DAE : Dossier d'Autorisation des tests et Essais ;
- DS : Dossier de Sécurité.

##### 4.4.6.2. Dossiers de sécurité

Une projection des dossiers de sécurité pour chaque phase projet selon ces deux référentiels est présentée ci-dessous :

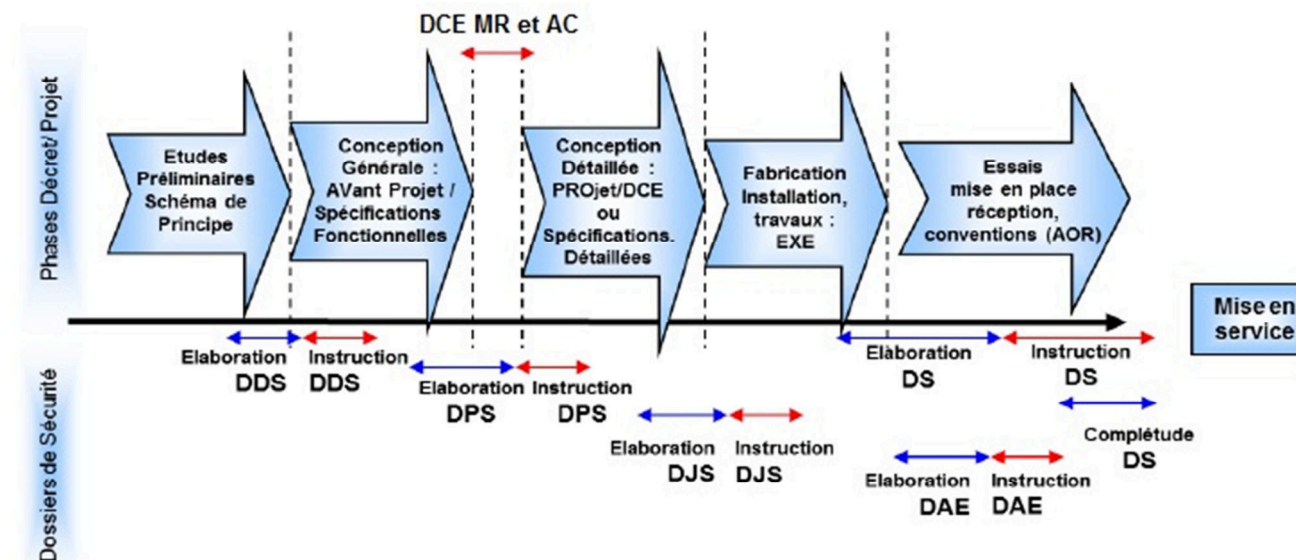


Figure 52 : Principaux jalons des dossiers de sécurité

Un tableau de correspondance entre les dossiers de sécurité des systèmes de transport public guidés urbains (STPG) et les phases loi MOP et EN50126 est présenté à titre indicatif ci-dessous :

Phasage Décret STPG	Phasage tout type de projet	Phasage Loi MOP Génie-civil, infrastructures, aménagements de surface	Phasage Normes CENELEC EN 50126, 50128, 50129 (matériels roulants, équipements électrotechniques, logiciels de sécurité)
DDS RTPGP*	Intention ou schéma de principe	Etudes préliminaires	Phase 1 : Analyse du Fonctionnement du Système (Concept)
DPS sur la base de l'Avant-Projet	Conception générale	Avant-Projet (AVP) avec présence d'un MOE	Phase 2 : Analyse Préliminaire de Dangers, définition du système et conditions d'application
			Phase 3 : Analyse Préliminaire de Risques
DJS	Conception détaillée	PRO / ACT / VISA / EXE  EXEcution avec présence des entreprises de travaux	Phase 4 : définition des exigences du système
			Phase 5 : allocation des exigences du système (partielle)
			Phase 5 : allocation des exigences du système (fin) Phase 6 : conception et réalisation
DAE DS	Fabrication Installation Réception et Mise en service	DET / AOR	Nota :
			Pour MR et Automatismes, PRO directement réalisé par les industriels.
			Pour les autres GO, industriels présents à partir du VISA.
			Phase 7 : fabrication Phase 8 : installation Phase 9 : validation du système Phase 10 : acceptation du système

\*le DDS RTPGP a été transmis et approuvé par les services de l'Etat

Figure 53 : Correspondance loi MOP / Démarche sécurité EN50126

#### 4.4.6.3. Objectifs de sécurité

L'objectif de sécurité est basé sur le principe GAME (Globalement Au Moins Equivalent), tel qu'il est mentionné dans le décret n°2017-440 du 30 mars 2017 relatif à la sécurité des transports publics guidés :

« Tout nouveau système de transport public guidé ou toute partie d'un système existant est conçu, réalisé et, le cas échéant, modifié de telle sorte que le niveau global de sécurité à l'égard des usagers, des personnels d'exploitation et des tiers soit au moins équivalent au niveau de sécurité

existant, compte tenu de l'évolution des règles de l'art, ou à celui résultant de la mise en œuvre des systèmes ou sous-systèmes assurant des services ou fonctions comparables, compte tenu du retour d'expérience les concernant ».

Pour atteindre cet objectif GAME, la méthodologie mise en place dans le cadre de ce projet et demandée au niveau sous-système (fourniture des industriels) est la suivante :

- Mise en place d'une organisation de projet préservant pour chaque tâche l'autonomie nécessaire entre l'entité et/ou la structure qui réalise la prestation et celle qui a en charge de la contrôler, de la valider et/ou de l'approuver ;
- Mise en place d'une démarche sécurité ; des tâches de sécurité (et qualité associées) et adaptation de ses installations, équipements et logiciels nouveaux ou modifiés par rapport à des lignes similaires ;
- Mise en place d'une structure d'Assurance Qualité à tous les niveaux du projet, et d'une démarche renforcée d'Assurance Qualité pour les prestations ou fournitures ayant une incidence sur la sécurité ;
- Définition de critères de clôture de dangers ;
- Réalisation d'une analyse préliminaire de dangers et des exigences de sécurité (au niveau des sous-systèmes, des interfaces, au niveau des exigences de sécurité exportées vers l'exploitation/maintenance) associées.

En ce qui concerne les sous-systèmes constitutifs du Système de Transport, l'objectif spécifique de sécurité est que l'ensemble des équipements et des infrastructures offrent au moins le même niveau de sécurité que ceux en service sur d'autres lignes en service en France et plus particulièrement en Ile-de-France (sous systèmes de ligne de métro ou RER).

En ce qui concerne les « Ouvrages d'Art », les objectifs spécifiques de sécurité sont que :

- la conception et la réalisation des ouvrages d'art respectent les référentiels réglementaires et techniques de construction ;
- en particulier, la conception et la réalisation des ouvrages d'art doivent respecter l'IT tunnel du 22/11/2005 (comportement au feu des matériaux, désenfumage, cheminements d'évacuation, ...). La maîtrise d'ouvrage a accepté de prendre en compte dans les études ultérieures (à partir du PRO) les puits d'accès pour les secours, utilisables par les passagers dans le cadre d'une « Evacuation Contrôlée » par les services de secours : l'évacuation des usagers par les puits se fait sous le contrôle des services de secours et en particulier du Commandement des Opérations de Secours (COS) en étroite collaboration avec l'exploitant. Cette prise en compte est réalisée dans l'hypothèse selon laquelle la fonction d'« Evacuation Contrôlée » n'augmente pas les dimensions géométriques des Ouvrages Annexes (Dimension géométrique inchangée par rapport aux Ouvrages Annexes de la phase AVP).

Les objectifs de sécurité sont définis en application de l'EN 50126 au niveau système global par la MOA et pour l'ensemble de la Ligne Rouge, tel que définis dans le Plan Directeur de Management de la Sécurité de la Ligne Rouge. Ces objectifs sont donc identiques aux objectifs de sécurité approuvés par les autorités de tutelles dans le cadre du Dossier Préliminaire de Sécurité présenté pour la ligne 15 Sud.

L'objectif de sécurité à atteindre est l'absence de risque inacceptable.



#### 4.4.7. Fiabilité, maintenabilité, disponibilité (FMD)

Le programme fonctionnel des systèmes précise : « Le niveau objectif de disponibilité et de qualité de service est élevé ; a minima, il doit atteindre le niveau observé sur des lignes exploitées sans conducteur telle la ligne 14 du métro parisien ».

Les objectifs FMD sont fixés sur la base de la ligne 16/17 complète, c'est-à-dire une ligne avec fourche de 48 km environ (dont 6 km en tronc commun) comportant 16 gares. Dans ce cadre, l'objectif de disponibilité technique des systèmes (demandée au concepteur et aux mainteneurs) pour la fonction de transport des voyageurs intégrant les systèmes voie, automatismes de conduite, commandes centralisées, portes palières et courant fort est supérieur à 99.633% (à l'exclusion des agressions par l'environnement dont le vandalisme, les incivilités et les anomalies suite aux opérations de maintenance préventive).

L'objectif d'indisponibilité totale (<1%) est réparti sur l'ensemble des ouvrages des lignes 16/17 et décliné par les MOE à chacun des systèmes impactant potentiellement le service en cas de panne. Ces objectifs incluent les défaillances matériel (quantifiées de manière probabiliste) et logiciel (systématiques) ainsi que les temps alloués aux exploitants et aux mainteneurs pour le traitement de l'incident.

Les objectifs et caractéristiques en matière de FMD sont traités conjointement avec IDFM et la RATP en tant que gestionnaire des infrastructures dans le cadre de travaux présentés lors des comités tripartites IDFM / RATP-GI / SGP.

## **5. Exploitation et maintenance**

## 5.1. Exploitation

### 5.1.1. Exploitation en ligne

#### 5.1.1.1. Ligne 17 Nord

La ligne 17 Nord est une ligne automatique constituant un prolongement vers le nord (le Bourget RER – le Mesnil-Amelot) du tronçon commun L16/L17 (Saint-Denis Pleyel – le Bourget RER). Elle est équipée de portes palières, comportant des trains de 3 voitures d’une capacité de l’ordre de 500 voyageurs.

La ligne 17 Nord sera mise en service en trois phases :

- une première phase reliant la gare du Bourget RER à celle du Bourget Aéroport avec un objectif de mise en service pour l’échéance des Jeux olympiques de 2024 ;
- une deuxième phase reliant Le Bourget Aéroport au Triangle de Gonesse avec un objectif de mise en service au plus tard en 2027 ;
- une troisième phase reliant le Triangle de Gonesse au Mesnil-Amelot avec un objectif de mise en service au plus tard en 2030.

La ligne 17 Nord s’intègre au projet global de la ligne 17, ligne exploitée à terme de Saint-Denis Pleyel au Mesnil-Amelot.

La ligne 17 Nord est totalement supervisée depuis un Poste de Commandes Centralisées localisé sur le site du Centre d’Exploitation d’Aulnay (CEA) qui permet d’assurer l’exploitation conjointe ou indépendante des lignes 16 et 17. Le PCC assure de façon centralisée les fonctions nécessaires à l’exploitation : gestion du transport, des gares, de l’énergie, de la sécurité incendie et de la sûreté. En cas d’indisponibilité durable de ce PCC suite à un incident majeur sur le site du CEA, la ligne peut être exploitée depuis le PCC de repli et formation (voir chapitre 4 du présent livret), qui assure les mêmes fonctions.

#### 5.1.1.2. Ligne 17 Nord phase 1 / début 2024

Dans le cadre du scénario JO 2024, à l’horizon début 2024, une première phase permettra l’exploitation de la ligne 17 Nord entre Le Bourget RER et Le Bourget Aéroport en complément du tronçon commun L16/17 (SDP-LBG) et de la ligne 16 (LBG-LBM).

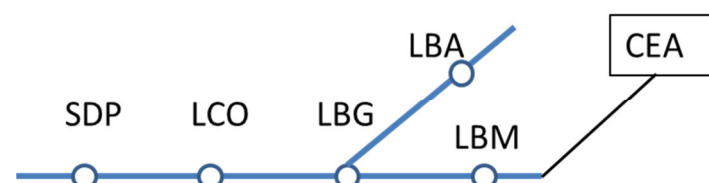


Figure 54 : Schéma d’exploitation en phase 1 / début 2024

La ligne 17 (tronc commun L16/17 plus L17N phase 1) sera alors exploitée de terminus à terminus de Saint-Denis Pleyel au Bourget Aéroport (longueur d’environ 9 km). La ligne 16 sera exploitée entre Saint-Denis Pleyel et Le Blanc-Mesnil. Les lignes ainsi exploitées seront raccordées au Centre d’Exploitation d’Aulnay via le tunnel de liaison à deux voies dont l’ouvrage de débranchement se situe dans l’inter-gare Le Blanc-Mesnil - Aulnay-sous-Bois de la L16.

A l’ouverture de la phase 1, les lignes 16 et 17 compteront un parc d’environ 15 trains de 3 voitures dont 11 environ en circulation à l’heure de pointe (offre en heure de pointe sur le tronçon commun de l’ordre de 15 000 pphpd : personnes par heure et par direction). Il est prévu une alternance de 1 train sur 2 sur chaque branche toute la journée, soit une offre de 7500 pphpd en heure de pointe sur la ligne 16 et sur la ligne 17. Dans cette configuration, les trains de la ligne 16 et de la ligne 17 sont prévus de circuler à un intervalle de 240 s à l’heure de pointe du matin. La vitesse commerciale sur la ligne 17 sera d’environ 65 km/h et la production kilométrique commerciale hebdomadaire pourrait être celle décrite ci-dessous en fonction des différentes périodes :

- Durant les manifestations JO, l’estimation de production hebdomadaire L17 est de 32 741 TK hors mouvements HLP (+5%) ;

	Longueur voie 1 + voie 2 (km)	Service	I minimum réalisé (sec)	Nb départs / jour	TRAINS KM (TK/J)	VOITURES KM (VK/J)	Total TK/semaine
<b>L16 (SDP-LBM)</b>	18,882	Lu à Je	240	278	5 250	15 750	36 937
		Ve	240	288	5 438	16 314	
		Sa	360	283	5 344	16 032	
		Di	360	273	5 155	15 465	
<b>L17 (SDP-LBA)</b>	16,738	Lu à Je	240	278	4 654	13 962	32 741
		Ve	240	288	4 821	14 463	
		Sa	360	283	4 734	14 211	
		Di	360	273	4 570	13 710	

Figure 55 : Estimation de production hebdomadaire L17 en phase 1 (début 2024) durant les manifestations JO

- En dehors des manifestations JO, l’estimation de production hebdomadaire L17 est de 25 880 TK hors mouvements HLP (+5%).

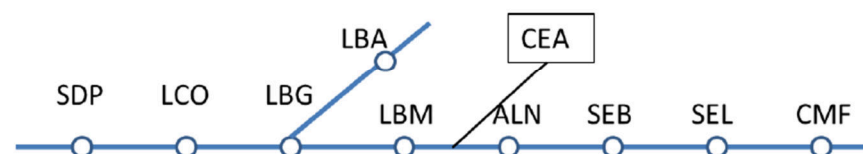
	Longueur voie 1 + voie 2 (km)	Service	I minimum réalisé (sec)	Nb départs / jour	TRAINS KM (TK/J)	VOITURES KM (VK/J)	Total TK/semaine
<b>L16 (SDP-LBM)</b>	18,882	Lu à Je	240	226	4 268	12 804	29 196
		Ve	240	236	4 457	13 371	
		Sa	360	208	3 928	11 784	
		Di	360	198	3 739	11 217	
<b>L17 (SDP-LBA)</b>	16,738	Lu à Je	240	226	3 783	11 349	25 880
		Ve	240	236	3 951	11 853	
		Sa	360	208	3 482	10 446	
		Di	360	198	3 315	9 945	

**Figure 56 : Estimation de production hebdomadaire L17 en phase 1 (début 2024) hors manifestations JO**

Les offres d'exploitation et parcs trains sont donnés à titre indicatif et sont adaptables en fonction des éventuelles évolutions du besoin.

### 5.1.1.3. Ligne 17 Nord phase 1 / fin 2024

A l'horizon fin 2024, la ligne 16 sera prolongée entre Le Blanc-Mesnil et Clichy-Montfermeil, donnant lieu à la configuration suivante pour les lignes 16 et 17 :



**Figure 57 : Schéma d'exploitation en phase 1 / fin 2024**

La ligne 17 (tronc commun L16/17 plus L17N phase 1) restera exploitée de terminus à terminus de Saint-Denis Pleyel au Bourget Aéroport (longueur d'environ 9 km). La ligne 16 sera exploitée entre Saint-Denis Pleyel et Clichy-Montfermeil. Les lignes 16 et 17 seront raccordées au Centre d'Exploitation d'Aulnay via le tunnel de liaison à deux voies de la ligne 16.

Dans cette configuration, les lignes 16 et 17 compteront un parc d'environ 25 trains de 3 voitures dont 19 environ en circulation à l'heure de pointe, pour un intervalle dans le tronc commun de 120 s.

L'offre en heure de pointe se répartit de la façon suivante :

- de l'ordre de 15 000 pphpd sur le tronc commun L16/L17 (avec 1 train sur 3 en direction du Mesnil-Amelot) ;
- de l'ordre de 5 000 pphpd entre Le Bourget RER et Le Bourget Aéroport (branche L17) ;
- de l'ordre de 10 000 pphpd entre Le Bourget RER et Clichy-Montfermeil (branche L16).

La vitesse commerciale sur la ligne 17 sera d'environ 65 km/h et la production kilométrique commerciale hebdomadaire pourrait être celle décrite ci-après en fonction des différentes périodes :

	Longueur voie 1 + voie 2 (km)	Service	I minimum réalisé (sec)	Nb départs / jour	TRAINS KM (TK/J)	VOITURES KM (VK/J)	Total TK/semaine
<b>L16 (SDP-CMF)</b>	39,470	Lu à Je	180	253	9 985	29 960	66 350
		Ve	180	263	10 380	31 142	
		Sa	360	208	8 210	24 630	
		Di	360	198	7 815	23 445	
<b>L17 (SDP-LBA)</b>	16,738	Lu à Je	360	198	3 324	9 972	23 606
		Ve	360	208	3 492	10 476	
		Sa	360	208	3 492	10 476	
		Di	360	198	3 324	9 972	

**Figure 58 : Estimation de production hebdomadaire L17 en phase 1 / fin 2024**

A noter :

- Cette production kilométrique s'appuie notamment sur l'hypothèse d'une offre constante toute la journée sur la L17 du lundi au jeudi ainsi que samedi / dimanche, de manière à maintenir un intervalle minimum de 6 minutes.
- L'offre sur la L17 passerait de 15 trains / heure en « période Jeux olympiques » (début 2024) à 10 trains / heure fin 2024.
- Les offres d'exploitation et parcs trains restent donnés à titre indicatif et sont adaptables en fonction des éventuelles évolutions du besoin.

### 5.1.1.4. Ligne 17 Nord phase 2 (2027 au plus tard)

Une deuxième phase de mise en service de la ligne 17 Nord permettra de compléter l'exploitation de la ligne 17 entre Le Bourget Aéroport et Triangle de Gonesse, donnant lieu à la configuration suivante pour les lignes 16 et 17 :

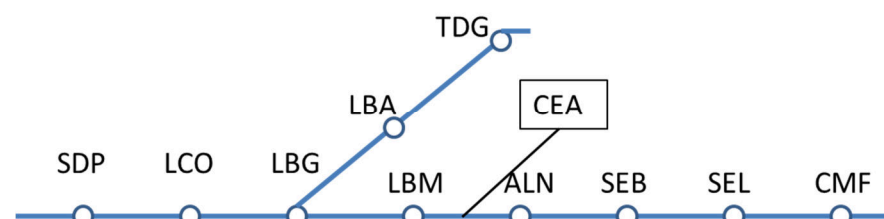


Figure 59 : Schéma d'exploitation en phase 2

La ligne 17 (tronc commun L16/17 plus L17N phases 1 + 2) sera alors exploitée de terminus à terminus de Saint-Denis Pleyel à Triangle de Gonesse (longueur d'environ 13 km). La ligne 16 sera exploitée entre Saint-Denis Pleyel et Clichy-Montfermeil. Les lignes 16 et 17 seront raccordées au Centre d'Exploitation d'Aulnay via le tunnel de liaison à deux voies de la ligne 16.

A la mise en service de la phase 2, les lignes 16 et 17 compteront un parc d'environ 26 trains de 3 voitures dont 20 environ en circulation à l'heure de pointe, pour un intervalle dans le tronc commun de 120 s.

L'offre en heure de pointe est identique à celle projetée pour la phase 1 à fin 2024 :

- de l'ordre de 15 000 pphpd sur le tronc commun L16/L17 (avec 1 train sur 3 en direction du Mesnil-Amelot) ;
- de l'ordre de 5 000 pphpd entre Le Bourget RER et Le Bourget Aéroport (branche L17) ;
- de l'ordre de 10 000 pphpd entre Le Bourget RER et Clichy-Montfermeil (branche L16).

La vitesse commerciale sur la ligne 17 sera d'environ 68 km/h et la production kilométrique commerciale hebdomadaire pourrait être celle décrite ci-après en fonction des différentes périodes :

	Longueur voie 1 + voie 2 (km)	Service	I minimum réalisé (sec)	Nb départs / jour	TRAINS KM (TK/J)	VOITURES KM (VK/J)	Total TK/semaine
<b>L16 (SDP-CMF)</b>	39,470	Lu à Je	180	253	9 985	29 960	66 350
		Ve	180	263	10 380	31 142	
		Sa	360	208	8 210	24 630	
		Di	360	198	7 815	23 445	
<b>L17 (SDP-TDG)</b>	26,300	Lu à Je	360	198	5 207	15 623	37 000
		Ve	360	208	5 471	16 412	
		Sa	360	208	5 471	16 412	
		Di	360	198	5 207	15 623	

Figure 60 : Estimation de production hebdomadaire L17 en phase 2

Les offres d'exploitation et parcs trains sont donnés à titre indicatif et sont adaptables en fonction des éventuelles évolutions du besoin.

### 5.1.1.5. Ligne 17 Nord phase 3 (2030 et post-2030)

Une troisième phase permettra de compléter l'exploitation de la ligne 17 entre la gare Triangle de Gonesse et Le Mesnil-Amelot tout en permettant l'exploitation de la ligne 16 de Saint-Denis-Pleyel à Noisy-Champs.

Les lignes 16 et 17 compteront alors un parc d'environ 47 trains de 3 voitures dont 39 environ en exploitation à l'heure de pointe, pour un intervalle dans le tronc commun de 90 s. L'offre en heure de pointe se répartit de la façon suivante :

- de l'ordre de 20 000 pphpd sur le tronc commun L16/L17 (avec 3 trains sur 7 en direction du Mesnil-Amelot) ;
- de l'ordre de 8 600 pphpd entre Le Bourget RER et Le Mesnil-Amelot (branche L17) ;
- de l'ordre de 11 400 pphpd entre Le Bourget RER et Noisy-Champs (branche L16).

La définition de l'offre sur les lignes 16 et 17 à l'horizon cible de réalisation du Grand Paris Express est compatible avec les prévisions de trafic les plus élevées disponibles. L'application d'un intervalle de 90 secondes entre deux trains sur le tronc commun à l'horizon 2030 est de nature à disposer de marges de capacité disponibles à la fois sur le tronc commun et sur les deux branches permettant d'adapter le service à toutes les configurations de besoin de transport générées par les différents pôles de la ligne 17 en particulier. Ces marges de capacités permettent de garantir une bonne robustesse d'exploitation de la ligne 16/17 y compris à l'intervalle de 90s dans le tronc commun.

La vitesse commerciale de la ligne 17 sera d'environ 67 km/h et la production kilométrique commerciale annuelle d'environ 4,4 millions de trains-km (L17 entre SDP et LMA). Dans cette configuration de la ligne 17, les trains sont prévus de circuler à un intervalle moyen de 210 s à l'heure de pointe du matin (entre LBG et LMA).

Les offres d'exploitation et parcs trains sont donnés à titre indicatif et sont adaptables en fonction des éventuelles évolutions du besoin.

### 5.1.1.6. Caractéristiques de service

La ligne 17 est exploitée avec voyageurs 7 jours sur 7 de 5h30 à 1h15 (modulable) avec une extension de service jusqu'à 2h15 les veilles de fêtes et week-ends, et exceptionnellement en service continu 24h/24. Il est possible d'envisager un service 24h/24 plus régulier les week-ends sous réserve d'assurer les opérations de maintenance selon une organisation et des plages d'interventions à définir avec le(s) mainteneur(s). Les offres de service varient en fonction des saisons, des périodes de vacances et des jours, mais dans un premier temps, il est considéré qu'une année d'exploitation correspond approximativement à 320 jours plein trafic pour réaliser les calculs de production kilométrique.

Sur le secteur 1, entre la gare Le Bourget RER et la gare Triangle de Gonesse, 3 communications de voies sont implantés sur les 7 kilomètres de la ligne 17 constituant de multiples possibilités de services provisoires afin d'assurer :

- L'exploitation de la ligne 17 durant la phase 1 jusqu'au terminus provisoire de LBA exploité en manœuvre d'arrière gare ;

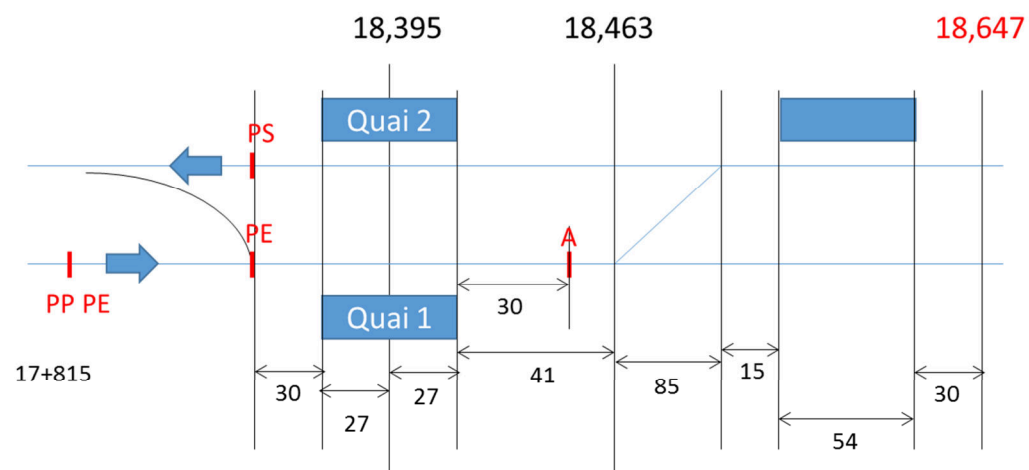


Figure 61 : Terminus provisoire à LBA en phase 1

Ce terminus permet de réaliser un intervalle de retournement jusqu'à 120 s (avec un temps de stationnement de 50 s).

- L'exploitation de la ligne 17 durant la phase 2 jusqu'au terminus provisoire de TDG exploité en manœuvre d'avant-gare par le quai 1 ;

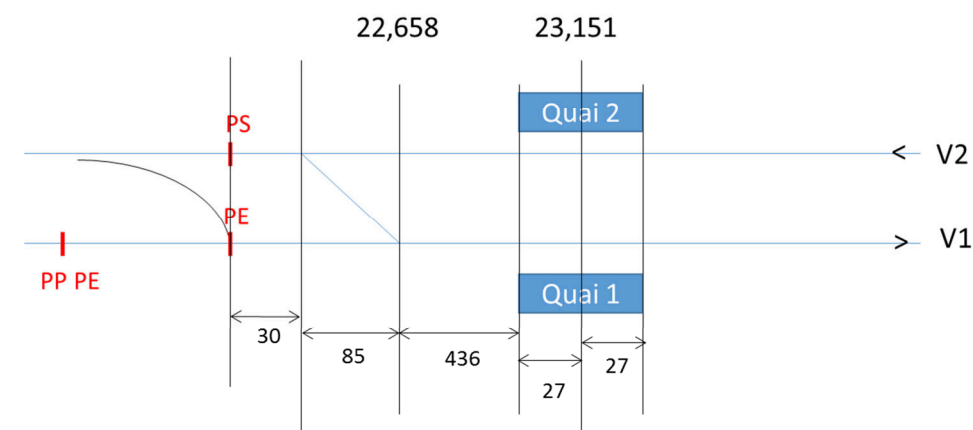


Figure 62 : Terminus provisoire à TDG en phase 2

Ce terminus permet de réaliser un intervalle de retournement jusqu'à 180 s (avec un temps de stationnement de 50 s).

- Le meilleur service pour le voyageur en cas d'incident en ligne nécessitant une exploitation en mode dégradé. La méthode utilisée pour définir les besoins de services provisoires est la même que celle utilisée pour la ligne 15 Sud et la ligne 16. A noter que la banalisation des voies est retenue (mouvement des trains possibles dans les deux sens de circulation en toute sécurité), ce qui permet une grande souplesse d'exploitation y compris en cas d'incident et pour les circulations des trains de maintenance.

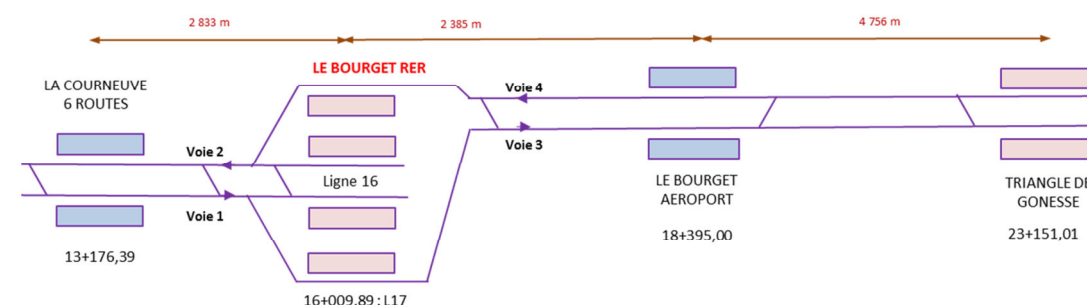
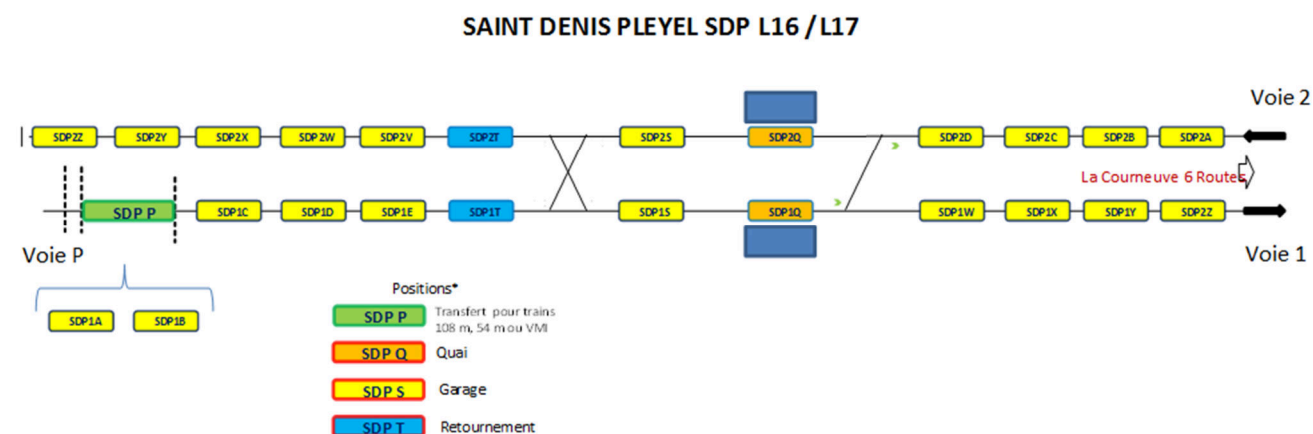


Figure 63 : Services provisoires ligne 17 Nord – Secteur 1

Le terminus de Saint-Denis Pleyel est dimensionné pour répondre aux contraintes d'exploitation et offrir la capacité attendue de la ligne 16/17 aux différents horizons. Il offre une bonne souplesse et robustesse d'exploitation.

#### • De l'horizon 2024 à 2027

Le terminus de Saint-Denis Pleyel L16/17 dispose d'une position pour un train de réserve d'exploitation (position SDP1T dans la figure ci-dessous) en dehors des 5 positions utilisées pour le retournement des trains (positions SDP1Q, SDP2Q, SDP1S, SDP2S, SDP2T dans la figure ci-dessous).



**Figure 64 : Terminus Saint-Denis Pleyel L16/17**

Pour le remisage des rames, la ligne 16/17 dispose d'une capacité de :

- 52 positions en Phase 1 / début 2024 dont 39 au CEA, 10 à Saint-Denis-Pleyel et 3 au Bourget Aéroport
- 55 positions en Phase 1 / fin 2024 dont 39 au CEA, 10 à Saint-Denis Pleyel, 3 au Bourget Aéroport et 3 à Clichy-Montfermeil
- 53 positions en Phase 2 dont 39 au CEA, 10 à Saint-Denis-Pleyel, 3 à Clichy-Montfermeil et 1 à Triangle de Gonesse
- 63 positions à l'horizon cible : 39 au CEA, 8 à Saint-Denis Pleyel, 9 à Noisy-Champs et 7 au Mesnil-Amelot

La maintenance ainsi que le nettoyage des rames sont assurés au CE d'Aulnay, mis en service conjointement avec la ligne 16. Il dispose de la capacité nécessaire pour assurer les opérations de maintenance du parc matériel roulant des lignes 16 et 17 à terme selon une organisation en 2 x 8.

Le nettoyage quotidien des rames est réalisé sur les différents sites de remisage ou au CEA et peut aussi être assuré en ligne en cours de service, par exemple lors des retournements aux terminus.

### 5.1.2. Exploitation en gare

Les gares sont un enjeu majeur pour la ville de demain. Au-delà de leur fonction de porte d'entrée au nouveau réseau de transport de la métropole, les nouvelles gares vont contribuer au développement des territoires desservis en devenant des lieux emblématiques du Grand Paris.

Elles seront plus que de simples stations ponctuant les arrêts d'une ligne de métro souterrain. Les gares du Grand Paris seront des espaces efficaces offrant un accès facile aux autres modes de transport y compris aux modes actifs.

Intégrées à leur environnement et ouvertes sur la ville, les gares seront des lieux de vie au service des voyageurs et riverains, des équipements générateurs d'une nouvelle dynamique pour une ville compacte, mixte et durable. Les gares du Grand Paris sont étudiées pour s'adapter aux spécificités de l'environnement dans lequel elles vont s'inscrire. Ainsi on retrouve :

- des gares de centre-ville qui s'intègrent dans des environnements urbains déjà existants et renforcent leur attractivité et leur dynamisme ;
- des gares « nouvelle centralité » qui accompagnent les projets de développement urbains en cours ou planifiés pour valoriser et resserrer les liens entre des territoires encore peu structurés ;
- des gares emblématiques du Grand Paris situées au cœur de la métropole qui sont des nœuds de correspondances stratégiques et portent l'image d'excellence du développement de la Région Capitale ;
- des gares « portes de la métropole » implantées au sein d'un aéroport ou d'une gare de train à grande vitesse, offrant au voyageur national ou international un accès privilégié à la Région Capitale.

Dans ces espaces, une diversité de population va se croiser, se côtoyer de manière continue ou ponctuelle : les voyageurs et riverains, le personnel des commerces et des services, le personnel d'exploitation, le personnel en charge de la maintenance des systèmes, des ouvrages ou des espaces, les agents des services de police et de secours, les convoyeurs de fonds.

Sont présentées, par la suite, les hypothèses d'organisation indicatives concernant le personnel intervenant au sein des gares, en dehors de ceux assurant le fonctionnement du système de transport hors du périmètre des gares (trains, tunnels et ouvrages annexes).

Les grands domaines de l'exploitation d'une gare de métro peuvent être présentés comme suit :

- la relation de service ;
- la supervision des espaces et des équipements ;
- la surveillance des sécurités ;
- l'entretien (la propreté).

#### 5.1.2.1. La relation de service

Cela inclut la relation commerciale avec les clients du réseau de transport et la gestion des espaces ouverts au public (espaces voyageurs).

Les activités de la relation de service couvrent les fonctions suivantes :

- L'accueil du public et l'assistance en gare doivent être assurés en toutes circonstances, y compris en situation de perturbations. Cette fonction peut être assurée depuis les points d'accueil fixes identifiés en gare et/ou de manière mobile dans l'ensemble des espaces de la gare ;
- La vente de titres de transport, l'après-vente et la promotion du réseau. Il peut s'agir de vente manuelle (en particulier dans les gares les plus fréquentées), d'assistance à l'emploi des automates de vente, de gestion des équipements de vente, ou de service après-vente ;
- L'information voyageurs relative à tous les réseaux de transport publics franciliens et à la ville. La présence de personnel est un vecteur d'information pour assurer une aide aux voyageurs, notamment occasionnels, en complément des dispositifs d'information voyageurs ;

- La gestion des flux de voyageurs notamment en situation dégradée. Une assistance à la fonction transport est nécessaire au niveau de chaque gare pour garantir la fiabilité du service de transport. Ceci concerne particulièrement la canalisation et la maîtrise des flux de voyageurs en cas d'affluence exceptionnelle ou d'incident d'exploitation sur le Grand Paris Express entraînant une rupture de charge dans le trajet des voyageurs ou une modification ponctuelle de la desserte de la gare ;
- La relation avec les acteurs du territoire local : interaction au quotidien avec les acteurs locaux comme les commerces et services en gare, les institutions culturelles, les autorités d'action sur le territoire...

### 5.1.2.2. La supervision des espaces et des équipements

L'ensemble des espaces et des équipements d'une gare doit bénéficier d'un système de supervision performant, maîtrisé assurant la commande et/ou le contrôle. Il permet de garantir la robustesse du service offert.

Les systèmes nécessaires à l'exploitation des gares peuvent être visibles ou invisibles du voyageur mais ils contribuent tous à assurer à son confort et sa sécurité et de ce fait, ils doivent être supervisés. On retrouve ainsi les équipements suivants :

- les escaliers mécaniques, ascenseurs, grilles de fermeture... ;
- les équipements permettant la sonorisation des espaces ;
- les interphones voyageurs et équipements de communication ;
- les équipements de billetterie tels que les lignes de contrôle et les automates de vente ;
- les équipements de type postes d'éclairage force, postes d'épuisement des eaux, armoires électriques, éclairage de sécurité...

Le contrôle du bon fonctionnement d'une gare peut être assuré en local dans les locaux du personnel d'exploitation ou sur support mobile selon l'organisation retenue par le futur exploitant de la ligne 17 (supervision en gare) ou à distance, à partir du poste de commandes centralisées.

Ce double mode de supervision ainsi que l'existence d'un système de délégation pour ces fonctions entre le PCC et les gares introduit une souplesse dans l'organisation de l'exploitation. Cela permet d'assurer la fonction de supervision depuis la gare sans pour autant nécessiter une présence permanente de personnel de supervision dans la gare. Ainsi, une mobilité du personnel d'exploitation est possible, ce qui peut permettre l'accomplissement d'autres fonctions.

Il faut noter que la gestion centralisée des gares permet d'assurer une information voyageurs instantanée et uniformisée et de sécuriser les espaces. Cette gestion des gares combinée avec la supervision du transport (exploitation en ligne) en un lieu unique permet une bonne réactivité des équipes et une bonne synergie entre les gares et le transport indispensable à la réalisation d'un service au voyageur adapté et efficace.

Ce type d'organisation s'accompagne nécessairement d'équipes mobiles sur le terrain relayant l'information et effectuant les actions de support sur le terrain.

### 5.1.2.3. La surveillance des sécurités

Les gares sont des Etablissements Recevant du Public (ERP) : à ce titre et pour répondre aux textes réglementaires associés (arrêtés, décrets), certaines activités de sécurité relèvent de la responsabilité de l'exploitant :

- la sûreté et sécurité incendie ;
- la vidéo-protection des espaces ;
- la maîtrise du territoire / prévention en matière de sûreté / sécurité publique. L'exploitant a un rôle à jouer dans la perception positive de la sécurité et dans la sécurité réelle de la gare.

La surveillance de la sécurité incendie est assurée, quelle que soit la catégorie des gares, depuis un poste central de sécurité incendie (PCSI) situé au PCC ligne 17. Le mode de repli est la surveillance centralisée depuis le PCC de formation en cas d'indisponibilité majeure et durable du PCC.

Ce poste est couvert par au moins un agent de sécurité qualifié. Il n'y a aucune limite sur le nombre de gares dépendantes qu'il contrôle. Un agent SSIAP 2 (Service Sécurité Incendie et Assistance à Personnes) a minima est présent à ce poste pendant les heures d'ouverture au public des établissements couverts. Il assure la réponse aux appels de secours, surveillance et commande de la mise en sécurité incendie, désenfumage, sonorisation d'évacuation, libération des lignes de contrôle ; il effectue aussi la levée de doute via les systèmes de vidéosurveillance.

Une assistance locale peut être nécessaire en complément de la surveillance centralisée. L'obligation de prévoir du personnel présent est la suivante :

- Gare de 1<sup>ère</sup> catégorie : obligation d'avoir au moins un membre du personnel en permanence pendant les heures d'ouverture au public, formé à la sécurité incendie ;
- Gare de 2<sup>ème</sup> à 4<sup>ème</sup> catégorie : pas d'obligation de présence de personnel.

La surveillance et la gestion des interventions de la sûreté et de la sécurité publique sont assurées au niveau de la ligne en central depuis le poste de commandement de sécurité (PCS). Cette fonction peut être assurée soit par du personnel d'exploitation soit être sous-traitée à un prestataire spécialisé. Ces agents sont en relation avec la police et en particulier le PC sécurité de la SDPRT (Sous-Direction de la Police Régionale des Transports) situé à proximité de la Gare de Lyon. L'action des agents de sécurité mobiles sur le terrain (positionnement et interventions) est coordonnée depuis ce poste en interface avec l'exploitant transport et gare.

En complément de la présence et de la veille assurées par le personnel en charge de la relation de service, une mission de maîtrise du territoire et de prévention est nécessaire pour garantir la sécurité du public. Cela peut passer par une présence à temps plein d'agents de sécurité dans les gares les plus importantes et une présence ponctuelle dans les autres gares.

Le déploiement et les interventions de ces équipes est fonction du besoin identifié au quotidien : répression de la fraude, des nuisances, des comportements agressifs et dangereux...

En effet, dans ses tâches quotidiennes, ce personnel peut être amené à assurer le contrôle des titres de transport pour un secteur de ligne ou la ligne entière.

Ces personnels utilisent les locaux d'exploitation prévus au sein de chaque gare, ainsi que les attachements de secteurs envisagés dans certaines gares.



### 5.1.2.4. L'entretien et la propreté

Les espaces et équipements doivent être contrôlés fréquemment en matière de netteté, de propreté, et de bon fonctionnement.

La maîtrise de l'état perceptible de la gare fait partie des missions essentielles de l'exploitant. La présence de personnel dans les gares, fixe ou mobile, constitue le moyen principal pour gérer les problèmes de netteté, de propreté et de dégradation. Le nettoyage et la gestion des déchets des espaces voyageurs peuvent être confiés à une entreprise spécialisée.

Des locaux spécifiques sont prévus pour cette activité.

- répondre aux objectifs de performances assignés par la maîtrise d'ouvrage et l'autorité organisatrice aux systèmes du métro du Grand Paris Express notamment vis-à-vis de la qualité de service, de la disponibilité, de la fiabilité et du confort ;
- optimiser la performance économique de la maintenance et de l'exploitation ;
- assurer la pérennité matérielle des systèmes ;
- minimiser l'impact sur l'environnement ;
- respecter les exigences définies dans les garanties des équipements.

## 5.2. Maintenance

La politique de maintenance est un élément essentiel de la performance globale du réseau du Grand Paris Express et du maintien du patrimoine.

Les orientations majeures guidant la conception du réseau sont les suivantes :

- La maintenabilité et la disponibilité des équipements sont prises en compte dans les études de sorte à ne pas générer d'interruption du service voyageurs lors des opérations de maintenance courante ;
- La supervision de la grande majorité des équipements est prévue depuis le PCC ;
- Dans la mesure du possible, il est recherché une uniformisation du parc d'équipements tout en tenant compte des contraintes technologiques.

L'ensemble de ces mesures a également pour objet de maîtriser les coûts de maintenance.

Le système de soutien logistique intégré, qui inclut la définition des plans de maintenance, de la documentation de maintenance, des pièces de rechange et consommables, des équipements de soutien des essais et investigations, des contraintes EMST (emballage / manutention / stockage / transport) et de la formation de formateurs sera de la responsabilité des différents fournisseurs afin de garantir la performance des opérations de maintenance et des services. Ce système de soutien logistique est complété par chaque mainteneur en fonction de ses propres exigences et pratiques.

L'organisation des équipes de maintenance devra optimiser les interventions de maintenance correctives permettant un retour rapide à une situation nominale d'exploitation.

Lorsque les opérations de maintenance préventive ne perturbent ni la disponibilité ni la sécurité des systèmes ou du système de transport complet (en présence de redondances, ou modes dégradés gérés par procédure temporaire convenue avec l'exploitant), celles-ci seront planifiées de manière privilégiée en journée.

La politique de maintenance mise en place par les différents titulaires d'une prestation de maintenance devra répondre aux objectifs suivants :

- garantir la sécurité des personnes et des biens ;
- respecter la réglementation ;

### Les différentes entités responsables de la maintenance :

Conformément à l'article 20 de la loi n° 2010-597 du 3 juin 2010 relative au Grand Paris, les lignes, ouvrages et installations fixes du réseau de transport public du Grand Paris sont, après leur réception par le maître d'ouvrage, confiés à la Régie autonome des transports parisiens (RATP-GI) qui en assure la gestion technique dans les conditions prévues à l'article L. 2142-3 du code des transports.

La définition des périmètres respectifs des différents mainteneurs a fait l'objet depuis 2016 de groupes de travail pilotés par l'Etat (DGITM). Les éléments des lignes, ouvrages et installations du réseau Grand Paris Express dont la RATP assure la gestion technique ont notamment été définis dans l'arrêté du 8 février 2019 pris par la ministre des transports. En l'état actuel des textes, la maintenance ainsi que le renouvellement des biens constitutifs du Grand Paris Express ne relevant pas du périmètre confié en gestion technique à la RATP-GI sont quant à eux à la charge de la SGP en tant que propriétaire des ouvrages.

La maintenance des trains voyageurs et de leurs équipements embarqués (automatismes de conduite, vidéo-protection...) est du ressort de l'opérateur de transport. Cependant, pour assurer le maintien de la sécurité du système, la RATP-GI assurera la coordination de la gestion du référentiel global des automatismes de conduite en relation avec le mainteneur des équipements embarqués. De même, concernant les façades de quai, la RATP-GI conservera la gestion des interfaces de sécurité.

Les installations hors du périmètre du réseau de transport, telles que les infrastructures de téléphonie mobile publique (GSM & LTE), les postes de livraison d'ERDF et les espaces commerciaux et publicitaires des gares ne sont pas entretenus par la RATP-GI ni par l'opérateur de transport, mais par les fournisseurs du service ou les concessionnaires des espaces commerciaux et publicitaires.

### 5.2.1. Maintenance des installations fixes

#### 5.2.1.1. Organisation des équipes de maintenance de la billettique, du contrôle d'accès et de l'information voyageurs, escaliers mécaniques, ascenseurs, vidéo-surveillance en gare...

La maintenance de ces équipements a vocation à être assurée par l'opérateur de transport qui sera retenu par IDFM. Les modalités juridiques et contractuelles permettant à l'opérateur de transport de

prendre en charge ces missions restent à établir et devront faire l'objet d'une coordination entre la SGP, propriétaire des équipements, et IDFM.

Pour la maintenance corrective, les équipes de maintenance seront alertées par l'exploitant pour intervenir au plus tôt selon la criticité du signalement.

Pour la maintenance préventive, le responsable devra s'organiser de manière à assurer la maintenance de ses équipements, dans le respect des objectifs de qualité de service définis par IDFM et en évitant les perturbations pour les voyageurs.

### 5.2.1.2. Organisation des équipes RATP-GI

Sous réserve du choix d'organisation définitif de la RATP-GI, les équipes d'intervention seront basées au SMI.

Le site du PCC pourra accueillir un mainteneur RATP-GI (à proximité de la salle et posté dans la salle, géré par profil) afin de qualifier les incidents pouvant affecter ce système vital pour toute la ligne et d'y remédier rapidement.

L'outil de saisie des signalements ainsi que les postes de maintenance SCADA du PCC et du SMI, paramétrés selon des profils « mainteneur » ou « exploitant », permettront d'alerter rapidement les intervenants en cas d'incident, d'assurer le suivi de l'état du système, de coordonner les moyens d'intervention et le suivi du traitement. Le SCADA maintenance permet d'accéder à l'état des différents systèmes et de leurs équipements ainsi qu'aux informations de synthèse sur les défauts détectés.

Les informations complémentaires de détails sur l'état d'un équipement seront disponibles en utilisant les éventuels SAM (Systèmes d'Aide à la maintenance) dédiés à chaque système, dont les alarmes techniques (correspondant à des incidents constatés ou à des alertes, signes avant-coureurs d'incidents potentiels) sont remontées également vers le SCADA maintenance.

Les principes d'organisation exprimés par RATP-GI sont à ce stade les suivants :

#### Equipes supports transverses :

Les fonctions support assurent des missions d'ingénierie de maintenance tels que la gestion du parc des biens maintenus, du référentiel technique, des règles de maintenance, des configurations, des processus d'exploitation/maintenance.

#### Equipes d'intervention :

Selon la nature des équipements à surveiller, l'organisation des équipes sera centralisée et regroupée sur un seul site (SMI d'Aulnay pour la ligne).

Compte tenu de la proximité du SMR et du SMI, l'intérêt d'une équipe d'intervention très réduite au SMR, pour le système de commande centralisée et les automatismes du SMR, sera évalué en fonction de la configuration du site.

Les équipes d'intervention se rendent sur la zone d'intervention en métro, en véhicule routier ou en véhicule de maintenance des infrastructures en fonction de la nature de l'intervention.

Pour la maintenance de certains équipements (par exemple automatismes de conduite des trains et commandes centralisées), une assistance technique pourra être assurée par les industriels titulaires du marché de fourniture ou des prestataires spécialisés de maintenance. La RATP-GI, qui pilotera ces activités de maintenance partiellement sous-traitées, restera seule garante de la sécurité et de la disponibilité des infrastructures vis-à-vis de l'opérateur de transport et d'IDFM.

### 5.2.1.3. Site de maintenance pour les infrastructures (SMI)

Le SDMI (schéma directeur de la maintenance des infrastructures) des lignes 15, 16 et 17 prévoit à terme (horizon 2030) les installations suivantes :

- deux SMI pour les lignes 15, 16 et 17 : Aulnay et Vitry,
- une voie de raccordement L15 / L16-17 dans le secteur de Saint-Denis Pleyel,
- des positions de remisage pour rame de transport de « LRS » (longs rails soudés) et pour convois VMI à Nanterre (horizon 2030),
- un centre de dépannage rapide des VMI et des positions de remisage pour convois VMI à Rosny-sous-Bois (horizon 2030),
- une plate-forme logistique à Rosny-sous-Bois pour stockage d'équipements lourds de disponibilité non critique, en complément des deux SMI (horizon 2030).

Le périmètre d'intervention du SMI d'Aulnay intègre les lignes 16 et 17 ainsi que le nord de la ligne 15 à terme, entre Bécon-les-Bruyères et Champigny Centre (horizon 2030).

Le SMI d'Aulnay supportera la maintenance des équipements et systèmes de la ligne 16 et de la ligne 17 dès leur ouverture.

La conception du SMI d'Aulnay est compatible avec une éventuelle connexion au réseau RFN qui permettrait la livraison des rails de remplacement via des tracteurs homologués circulant sur le réseau RFN (convois LRS). La non-réalisation de ce raccordement au RFN est toutefois à l'étude : il est ainsi envisagé qu'à terme, le point de raccordement des lignes 15, 16 et 17 au RFN soit localisé sur le site de Rosny-sous-Bois.

Une interopérabilité technique est également prévue entre la ligne 15 et la ligne 16 à Noisy-Champs pour permettre des circulations entre les deux lignes de trains de travaux (ou de trains sans voyageurs, à la discrétion des exploitants concernés), le cas échéant.

L'activité du site est prévue 24 h / 24 et 365 jours par an avec, le cas échéant, une activité réduite les week-ends.

Les activités de maintenance réalisées sur le SMI couvriront les niveaux 1 à 3 de la norme NF FD X 60-000.

### 5.2.1.4. Véhicules de Maintenance des Infrastructures de type Train d'auscultation

Les trains d'auscultation constituent un enjeu majeur pour garantir un niveau élevé de disponibilité des installations du réseau. Le choix de concentrer plusieurs instruments de mesure sur un matériel dédié résulte d'une démarche d'optimisation de la maintenance pour réduire les coûts, contribuer à une bonne disponibilité des lignes et se doter d'outils performants capables de fournir des informations fiables (diagnostic) sur l'état des installations ciblées.

Le matériel roulant d'auscultation est issu du matériel roulant voyageur 3 voitures et peut aussi circuler sur la ligne 15. Deux trains d'auscultation seront en service pour la maintenance des infrastructures des lignes 15, 16 et 17.

Le mode de fonctionnement nominal des trains d'auscultation est prévu en automatique sans conducteur.



Figure 65 : Composition de la rame d'auscultation

Ce matériel roulant ne possèdera aucun équipement intérieur prévu pour les voyageurs. Ces équipements seront remplacés par des équipements pour le personnel de maintenance des infrastructures et des équipements de mesure pour la voie, la caténaire, le tunnel,...

Les fonctions principales identifiées sont :

- Surveiller la captation électrique (état caténaire...) ;
- Surveiller les paramètres de la voie (défauts de rails) ;
- Surveiller les paramètres liés à l'ouvrage (génie civil) ;
- Surveiller les infrastructures de télécommunication ;
- Pouvoir insérer le « train d'auscultation » dans le carrousel des trains voyageurs et le faire circuler à la vitesse commerciale de la ligne ;
- En complément : support logistique aux interventions de maintenance corrective urgentes à la voie (ex : coupon de rail, moteur d'aiguille) pour le transport rapide sur le lieu de l'intervention (personnel, matériels et outillages légers).

Un wagon d'auscultation est également à l'étude et pourrait se substituer au deuxième train d'auscultation prévu pour la maintenance des infrastructures des lignes 15, 16 et 17. Il circulerait alors de nuit, en règle générale derrière le dernier train voyageurs.

### 5.2.1.5. Véhicules de Maintenance des Infrastructures de type Train d'intervention

Le matériel roulant d'intervention sera composé de wagons équipés de modules spécialisés par métier (voie, caténaire, OA...) encadrés, selon les configurations, par deux engins locotracteurs électriques bi-mode caténaire-batteries ou bien un engin locotracteur et un wagon-pilote.

Les véhicules d'intervention permettent de réaliser des opérations de maintenance spécifiques telles que le soudage électrique des rails, le déroulage de câble électrique, le nettoyage de la voie, le transport de Longs Rails Soudés, la maintenance des ouvrages, etc.

Le déplacement des VMI sur le SMI se fait en conduite manuelle, à une vitesse maximale de 15 km/h, sous responsabilité du mainteneur.

Le déplacement de ces véhicules en ligne se fera sous la responsabilité de conducteurs dédiés en mode contrôlé par l'automatisme de conduite (niveau d'automatisation GOA1). Sous certaines conditions, certains trains d'intervention pourraient être amenés à circuler entre des trains de voyageurs pour réaliser une intervention urgente ou pour optimiser la plage d'intervention sur chantier.

Des véhicules de maintenance légers sur rail (engin léger motorisé de type « LAMC » : Lorry Automoteur de Maintenance Caténaire) seront utilisés pour la maintenance des équipements situés en hauteur (profil aérien de contact, antennes...), dans le tunnel ainsi que dans les zones aériennes. Des aires de stockage permettront de les remettre à intervalles réguliers le long de la ligne afin d'optimiser les délais d'intervention.

### 5.2.1.6. Stockage des pièces de rechange

Le stockage des pièces de rechange et consommables est majoritairement prévu sur les SMI, pour les activités du ressort de la RATP-GI. Le stockage de pièces moins sensibles pour la fonction transport sera réalisé à terme sur la plate-forme logistique complémentaire des SMI, dont l'implantation est prévue sur le site de Rosny-sous-Bois.

Pour certains équipements très critiques, un stock déporté pourrait être prévu au PCC, en gare ou dans les ouvrages annexes.

Le stockage de matériel en voie sera limité et principalement axé sur les particularités de la ligne telles que les zones de débranchement ou les puits d'accès tunneliers qui peuvent offrir des superficies de stockage à proximité des aiguillages stratégiques.

### 5.2.1.7. Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur (GMAO)

Les intervenants de maintenance disposeront de leur propre GMAO (Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur) spécifiée et acquise sous leur responsabilité.

La GMAO qu'utilisera la RATP-GI pour la maintenance des infrastructures du Grand Paris Express permettra notamment d'assurer la traçabilité entre les signalements de l'opérateur de transport et les actions de maintenance entreprises pour rétablir une situation nominale. Ce sera sans doute aussi le cas pour le futur OT.

Ces GMAO permettront également d'archiver toutes les opérations de maintenance préventive qui seront réalisées et faciliteront le suivi des performances du système et des mainteneurs.

Elles permettront de suivre également la gestion de configuration installée des systèmes. Ces GMAO seront initialement renseignées par chaque mainteneur à partir des données des différents titulaires de marché, issues notamment de la base de données de gestion de configuration des projets de la SGP.

A ce stade du projet, il est prévu une alimentation du système de gestion des signaux des mainteneurs RATP-GI et OT via une interface « normalisée » avec le SCADA, mais pas de liaison directe du SCADA aux GMAO.

#### 5.2.1.8. Systèmes d'aide à la maintenance

Selon les possibilités offertes par la solution industrielle retenue, un système ou équipement complexe sera doté d'un SAM (Système d'aide à la maintenance) en complément du SCADA, permettant aux mainteneurs de surveiller l'état des équipements, de détecter immédiatement toute panne ou signe avant-coureur de panne, de réaliser des diagnostics d'identifications des unités déposables de 1<sup>er</sup> niveau en panne pour préparer les interventions de maintenance corrective sur site.

Néanmoins, l'hyperviseur de maintenance du SCADA est la solution de base retenue commune à tous les systèmes.

#### 5.2.1.9. Gestion des travaux en ligne

A ce stade, un poste de maintenance banalisé au PCC pourrait être servi soit par l'exploitant, soit par la RATP-GI durant l'interruption de service afin d'organiser et de piloter les travaux de nuit, plus particulièrement ceux organisés en voie.

La RATP-GI dispose d'un système d'information de gestion des chantiers pour faciliter la programmation des chantiers. Ce système s'interfacera avec les postes de contrôle et de commande centralisée du trafic au PCC, permettant ainsi au CBTC de prendre en compte cette programmation des chantiers.

La RATP-GI pourrait paramétrer le système d'automatisme pour définir les zones de conduite autorisée de véhicules de maintenance en préalable chaque jour en relation avec l'exploitant.

#### 5.2.1.10. Contraintes liées à la proximité des aéroports

Certains ouvrages annexes et les deux gares du secteur 1 de la ligne 17 Nord se situent à proximité de l'aéroport du Bourget. Ces emplacements amènent des contraintes supplémentaires pour la maintenance de ces ouvrages et systèmes pour s'assurer du respect des servitudes aéronautiques et radioélectriques (contre les obstacles et contre les perturbations électromagnétiques) dimensionnant la hauteur des ouvrages et des engins de maintenance.

### 5.2.2. Maintenance du matériel roulant

La maintenance du matériel roulant voyageurs 3 voitures est réalisée principalement au SMR d'Aulnay. Celui-ci est dimensionné pour permettre l'exploitation de la ligne durant chacune des phases de mises en service de la ligne 16 puis de la ligne 17.

Ce site de maintenance sera doté des équipements industriels (notamment tour en fosse, colonnes de levage) permettant de réaliser l'ensemble des opérations de maintenance du niveau 1 au niveau 3 au sens de la norme NF FD X 60-000.

Il est prévu que le SMR L16/17 (pour les rames 3 voitures) puisse accueillir exceptionnellement des rames de 6 voitures L15 au passage à la machine à laver ou nécessitant une intervention avec tour en fosse (dans les cas d'indisponibilité de l'équipement industriel aux SMR L15).

Toutes les visites préventives ou correctives des trains s'effectueront au SMR.

Les VMI seront maintenus sous la responsabilité de la RATP-GI sur le site du SMI d'Aulnay, avec possibilité de délégation de certaines tâches au SMR pour les VMI d'auscultation automatiques.

#### 5.2.2.1. Organisation des équipes

##### • Equipes supports transverses

L'organisation de la maintenance du matériel roulant s'appuie sur des entités de support d'ingénierie afin que la maintenance se déroule de manière efficace et dans le respect des exigences de sécurité. Ces services support assureront notamment :

- L'élaboration des gammes de maintenance et le suivi de l'activité ;
- L'administration et le pilotage de la GMAO ;
- Le suivi des indicateurs de maintenance (disponibilité, fiabilité, MTTR) ;
- La gestion de la documentation de maintenance ;
- Le suivi des contrats de sous-traitance et de la politique d'achat ;
- Le suivi de la formation des équipes ;
- La construction du programme de maintenance patrimoniale.

##### • Equipes de maintenance du matériel roulant

L'organisation du mainteneur MR permettra d'assurer une présence pendant tout le service commercial afin de pouvoir garantir une bonne réactivité pour le traitement des rames en panne et porter assistance à l'exploitant.

En règle générale, la maintenance préventive du matériel est privilégiée en journée.

Des équipes de nuit pourront être prévues si la charge de maintenance préventive le justifie, en particulier pour réduire le taux de réserve de maintenance du matériel roulant.

Les effectifs de maintenance évolueront avec les mises en service successives des différents tronçons de la ligne 16 et de la ligne 17.

Les opérations de maintenance de niveaux 4 & 5 de la norme (révisions partielles ou générales et renouvellement d'équipements) seront réalisées à l'extérieur du site, car elles nécessitent des moyens logistiques lourds et des compétences spécifiques complémentaires.

Le SMR disposera des moyens nécessaires à la bonne réalisation des opérations de maintenance de niveau 1 à 3, y compris pour le reprofilage des roues et l'échange des bogies, avec un tour et des colonnes de levage. De même, les équipements industriels de maintenance tels que les ponts roulants ou la machine à laver seront mis à disposition du mainteneur du matériel roulant.

L'indisponibilité d'un équipement industriel lourd d'un SMR pourra être suppléée par un autre SMR pour les opérations programmées non reportables, moyennant accord de coopération entre les mainteneurs des lignes 15 et 16/17 (selon convention à établir entre les opérateurs).

### 5.2.2.2. Parc de réserve et production kilométrique

Le plan de roulage individuel des trains sera adapté à la demande du mainteneur pour bien anticiper les différents pas de maintenance et notamment les révisions générales.

La mise en service progressive des lignes par tronçons devrait permettre de lisser la charge de maintenance sur l'ensemble du parc.

Le parc de rame de réserve est pris par hypothèse égal à 15% du parc exploitation pour les phases 1 et 2 puis égal à 10 % du parc exploitation une fois la première flotte de trains éprouvés.

L'opérateur de maintenance disposera en plus sur le SMR de rames remisées en heures creuses, sur lesquelles des opérations de maintenance préventives légères pourront être réalisées.

L'organisation, la planification et la performance de la maintenance du matériel roulant devront au final permettre d'assurer l'objectif quotidien de production kilométrique contractualisé par l'exploitant.

### 5.2.2.3. Site de maintenance et de remisage des trains (SMR)

La maintenance des rames voyageurs sera réalisée sur le SMR, ainsi que leur nettoyage intérieur et extérieur. Le cas échéant, le nettoyage des trains garés hors SMR la nuit sera réalisé en terminus.

Le nettoyage des trains sera sous la responsabilité de l'exploitant, responsable de la tenue des objectifs de qualité de service en termes de propreté.

Le déplacement des véhicules sur le SMR est réalisé en automatique sans conducteur pour les véhicules équipés en système GOA4 (sauf voies de maintenance renforcée) et sous la responsabilité de l'exploitant jusqu'aux voies de passage vers les zones de maintenance courante ou de nettoyage renforcé. Le déplacement entre les voies de passage et ces zones, et à l'intérieur de ces zones,

s'effectue également en automatique, à vitesse très basse (entre 3 et 6 km/h), sur autorisation d'un mainteneur s'assurant de l'absence d'obstacle ou de personnel sur la zone considérée (conduite automatique « coopérée »).

### 5.2.2.4. Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur (GMAO)

Le titulaire de la maintenance du matériel roulant est doté ou se dotera d'une GMAO (Gestion de la maintenance assistée par ordinateur) pour pouvoir notamment :

- gérer et optimiser les moyens techniques et humains de la maintenance ;
- préparer les interventions, leur planification et leurs coûts ;
- suivre le stock de pièces de rechange ;
- faire le lien avec la gestion de configuration ;
- et suivre la fiabilité des différents organes des trains.

Le mainteneur renseignera la GMAO à partir des données des titulaires de contrat du MR et des équipements embarqués.

### 5.2.2.5. Système d'aide à la maintenance

L'opérateur de maintenance du matériel roulant disposera d'un SAM (Systèmes d'aide à la maintenance) permettant de localiser des pannes du MR et de ses éléments constitutifs. L'intégration, dans le matériel roulant, de systèmes intelligents capables de fournir des informations techniques sur l'état des matériels en temps réel devra permettre d'atteindre les objectifs suivants :

- Fournir au PCC des informations de synthèse sur l'état de n'importe quel matériel roulant pour anticiper son remplacement ;
- Permettre à la maintenance (mainteneur, SAV) de comprendre l'environnement des pannes (contexte d'apparition), d'anticiper les besoins opérationnels, de déclencher les mises au point et d'affiner les modèles prédictifs de fiabilité et de maintenance ;
- Réduire les tâches de maintenance et le soutien par l'intégration de moyens de surveillance (remplacement de tâches de maintenance de niveau 1 par des autotests par exemple) ;
- Réduire les temps d'indisponibilité et de pannes de trains en ligne.







**Société du Grand Paris**  
Immeuble « Le Cézanne »  
30, avenue des Fruitières  
93200 Saint-Denis

[societedugrandparis.fr](http://societedugrandparis.fr)