

# AVANT PROJET **MODIFICATIF** DU MAÎTRE D'OUVRAGE

**Ligne 18**  
Versailles-Chantiers – Aéroport d'Orly

Livret 4

**Systemes, exploitation et maintenance**

Grand Paris Express  
Réseau de transport public du Grand Paris

**Mars 2022**



**Cofinancé par l'Union européenne**

Le mécanisme pour l'interconnexion en Europe

## AVANT-PROJET **MODIFICATIF** DU MAITRE D'OUVRAGE LIGNE 18

# SOMMAIRE GÉNÉRAL

### 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 18
  - 1.4. Les étapes franchies et à venir
  - 1.5. **AVP Modificatif 2022 – Modifications apportées dans le cadre de l'Avant-Projet Modificatif**
  - 1.6. **AVP Modificatif 2022 – Demandes et réserves formulées par IDFM sur AVP en Octobre 2020**
  - 1.7. **AVP Modificatif 2022 – Demandes et réserves formulées par RATP-I sur AVP en Octobre 2020**
2. Diagnostic transport des territoires concernés
3. Définition du projet de la ligne 18
  - 3.1. Les objectifs du projet
  - 3.2. La concertation continue

### Livret 2

4. Description du projet
  - 4.1. Gares

### Livret 3

- 4.2. Ouvrages souterrains et ouvrages annexes
- 4.3. Section aérienne
- 4.4. **AVP Modificatif 2022 - Section ouest mise au sol**
- 4.5. Centre d'exploitation de Palaiseau

### Livret 4

5. Description des systèmes
6. Exploitation et maintenance

- 6.1. Exploitation
- 6.2. Maintenance

### Livret 5

7. Gestion environnementale du projet
  - 7.1. Contexte réglementaire : autorisation environnementale
  - 7.2. Principes directeurs de prise en compte de l'environnement
  - 7.3. Enjeux environnementaux, impacts et mesures associées
8. Management et calendrier du projet
  - 8.1. Organisation
  - 8.2. Planification
9. Economie du projet
  - 9.1. Coût de réalisation
  - 9.2. Coûts de fonctionnement de la ligne 18
  - 9.3. Coûts du matériel roulant
  - 9.4. Acquisitions foncières
  - 9.5. Gestion des risques
10. Opérations liées
  - 10.1. Intermodalité
  - 10.2. Interconnexions ferroviaires
  - 10.3. Projets immobiliers connexes
11. Principes de financement
12. Evaluation de l'intérêt socio-économique
  - 12.1. Coûts du projet
  - 12.2. Bilan quantitatif des effets socio-éco
  - 12.3. Conclusion
  - 12.4. **AVP Modificatif 2022 - Mise à jour de l'évaluation socio-économique**

# Sommaire

<b>5. Description des systèmes.....</b>	<b>5</b>
<b>5.1. Introduction .....</b>	<b>6</b>
<b>5.2. Matériel Roulant à destination des voyageurs .....</b>	<b>7</b>
5.2.1. Présentation.....	7
5.2.2. Choix de la solution technique MR Voyageur .....	8
5.2.3. Choix de la solution technique .....	10
5.2.3.1. GO4.1 Automatismes de Conduite.....	10
5.2.3.2. GO4.2 Système de Transmission de Données.....	10
5.2.3.3. GO4.3 Commandes Centralisées.....	11
5.2.3.4. GO4.4 Logique Traction.....	11
5.2.4. Performance .....	11
<b>5.3. Alimentation et distribution électrique.....</b>	<b>11</b>
5.3.1. Présentation.....	11
5.3.2. Choix de la solution technique .....	12
5.3.2.1. Transport et distribution HTA.....	12
5.3.2.2. Principes de conception traction électrique .....	12
5.3.2.3. PCE GO1.....	15
5.3.2.4. Autres activités GO1.....	15
<b>5.4. Voie et appareils de voie .....</b>	<b>16</b>
5.4.1. Présentation.....	16
5.4.2. Type/profil de rail .....	16
5.4.3. Traverses .....	16
5.4.4. Type structure/pose de voie .....	16
5.4.5. Appareils de voie .....	17
5.4.6. Système de captation par 3ème Rail .....	17
5.4.7. Système de drainage/assainissement .....	18
5.4.8. Passerelles et équipements de ligne .....	18
5.4.9. Coupes Types.....	19
5.4.9.1. Coupe Type en tunnel .....	19
5.4.9.2. Coupe Type en viaduc .....	19
5.4.9.3. AVP Modificatif 2022 Coupe type Passage au sol .....	19
<b>5.5. Équipements nécessaires à l'exploitation .....</b>	<b>20</b>
5.5.1. GO3 - Façades de Quais .....	20

5.5.2. GO 2 - Equipements Courants Faibles .....	21
5.5.2.1. Présentation.....	21
5.5.2.2. GO2.1 RMS et Chronométrie .....	22
5.5.2.3. GO2.2 - Radio.....	22
5.5.2.4. GO2.3 - Billettique et Comptage voyageurs .....	23
5.5.2.5. GO2.4 - Contrôle d'accès .....	23
5.5.2.6. GO2.5 - Vidéo surveillance.....	24
5.5.2.7. GO2.6 - Information voyageur, sonorisation.....	25
5.5.2.8. GO2.7 - Téléphonie et Interphonie.....	25
5.5.2.9. GO2.8 - Surveillance de l'Air et NRBC-E.....	26
5.5.2.10. GO2.9 - Détection Incendie.....	26
5.5.2.11. GO2.A - Eclairage et distribution BT .....	26
5.5.2.12. GO2.B - Systèmes Embarqués.....	28
5.5.2.13. GO2.C – Grand Paris numérique.....	28
5.5.3. Équipements électromécaniques .....	28
5.5.3.1. GO 8 Équipements électromécaniques de la ligne .....	28
5.5.3.2. Choix de la solution technique.....	29
5.5.3.3. Performance .....	29
5.5.4. Équipements électromécaniques des gares et des OA. ....	30
5.5.4.1. GO7.1 et GO8.1: CVC et désenfumage .....	30
5.5.4.2. GO7.2 et GO8.2 : Drainage, épuisement et éjection .....	31
5.5.4.3. GO7.3 et GO8.3 : Mécanisation des accès.....	31
5.5.4.4. GO7.4 et 8.4 : Fermeture et contrôle des accès .....	32
5.5.4.5. GO7.5 et 8.5 : Protection incendie.....	32
<b>5.6. Dossier de sécurité.....</b>	<b>33</b>
5.6.1. Présentation .....	33
5.6.2. Objectifs sécurité .....	33
<b>5.7. Fiabilité, Maintenabilité, Disponibilité.....</b>	<b>34</b>
5.7.1. Présentation .....	34
5.7.2. Système d'Aide à la Maintenance (SAM).....	34
<b>6. Exploitation et maintenance .....</b>	<b>35</b>
<b>6.1. Exploitation .....</b>	<b>36</b>
6.1.1. Exploitation en ligne .....	36
6.1.1.1. Caractéristique de la ligne .....	36
6.1.1.2. Le centre d'exploitation .....	36
6.1.1.3. Plan de voie.....	37
6.1.1.4. Offre de service.....	38

6.1.2. Exploitation en gare .....	41	6.2.2.5. Les véhicules de maintenance des infrastructures (VMI-I).....	45
6.1.2.1. La relation de service.....	41	6.2.2.6. Les trains de travaux .....	45
6.1.2.2. La supervision des espaces et des équipements.....	41	6.2.2.7. Cas particulier du VMI d'auscultation (VMI-A) .....	46
6.1.2.3. La supervision sécurité/sûreté .....	42	6.2.2.8. Gestion des travaux en ligne.....	46
6.1.2.4. L'entretien .....	42		
<b>6.2. Maintenance.....</b>	<b>43</b>	<b>6.2.3. MAINTENANCE DU MATERIEL ROULANT VOYAGEUR (MRV) .....</b>	<b>46</b>
6.2.1. Présentation.....	43	6.2.3.1. Présentation.....	46
6.2.2. Maintenance des installations fixes.....	44	6.2.3.2. Traitement de la maintenance.....	46
6.2.2.1. Types de maintenance .....	44	6.2.3.3. Politique de maintenance .....	47
6.2.2.2. Organisation des équipes de maintenance de la RATP-Infrastructures.....	44	6.2.3.4. Site de Maintenance et de Remisage (SMR).....	47
6.2.2.3. Organisation des équipes de maintenance des systèmes des gares hors périmètre RATP-Infrastructures.....	44	6.2.3.5. Organisation des équipes.....	48
6.2.2.4. Site de Maintenance des Infrastructures (SMI).....	45	<b>6.2.4. Les outils métiers informatisés.....</b>	<b>48</b>
		6.2.4.1. Gestion de la maintenance assistée par ordinateur (GMAO).....	48
		6.2.4.2. Système d'Aide à la Maintenance (SAM).....	48

**LEGENDE :**

Texte en orange : AVP Modificatif 2022

## **5. Description des systèmes**

## 5.1. Introduction

Les objectifs techniques fixés pour le cas de la ligne 18, en déclinaison de la loi n°2010-597 du 3 juin 2010 relative au Grand Paris, après le débat public notamment, précisent que, pour la liaison Orly-Versailles, « des trains d'environ 350 places répondent à cette demande tout en offrant un intervalle nominal attractif de 170 secondes en Heures Pleines. »

Néanmoins, le système de transport de la ligne 18 est conçu pour permettre un fonctionnement nominal minimal à l'intervalle d'exploitation de 85 secondes en tout point du parcours avec une marge d'exploitation de 10 secondes y compris sur la zone de retournement et en considérant un temps de stationnement maximal de 40 secondes.

Les principaux objectifs pour le système de transport sont les suivants :

- Une vitesse commerciale de 65km/h permettant de répondre aux objectifs décrits dans le schéma d'ensemble du réseau de transport public du Grand Paris ;
- Un haut niveau de régularité et de ponctualité des trains ;
- Une bonne attractivité en heure creuse par une fréquence des trains soutenue ;
- Une adaptabilité immédiate de l'offre de transport en journée ;
- Un haut niveau de disponibilité des systèmes ;
- Un haut niveau de sécurité et de sûreté des voyageurs, dans le train et la gare ;
- Un haut niveau de sûreté des sites d'exploitation et de maintenance ;
- Un excellent confort des voyageurs, dans le train et dans la gare ;
- Une information des voyageurs de qualité, intégrée dans le système d'information des voyageurs des réseaux de transport francilien ;
- Un système de tarification (billettique) intégré dans le système de tarification des transports francilien ;
- Une accessibilité aux personnes en situation de handicap (PBS, PMR, UFR...) ;
- Un coût d'exploitation et de maintenance optimisé dans une approche de coût de possession ;
- Un faible impact écologique notamment par une optimisation de la consommation électrique ;
- Une capacité d'évolutivité pour s'adapter à une augmentation ultérieure de la demande de transport.

La ligne 18 représente une ligne de 34,7 Km de voies doubles exploitées avec voyageurs. Elle se caractérise par les éléments suivants :

- Un linéaire d'environ 12 kilomètres en viaduc, comprenant trois gares aériennes (Palaiseau, Orsay – Gif et CEA Saint-Aubin)

- Un linéaire d'environ 22 kilomètres composé de deux parties en tunnel à l'est et à l'ouest de la ligne et de gares souterraines (Aéroport d'Orly, Antonypole, Massy - Opéra, Massy - Palaiseau, Saint-Quentin Est, Satory et Versailles-Chantiers). Ce linéaire comprend 23 ouvrages annexes
- Une section au sol sur environ 700 m dans le bois de Palaiseau,
- Un centre d'exploitation comprenant le site de maintenance des trains et de remisage, la direction de la ligne avec le poste de commande centralisé, et le site de maintenance de l'infrastructure.

Trois phases de mise en service sont prévues :

- Phase 1.1 : Massy-Palaiseau - CEA Saint -Aubin ( 2026),
- Phase 1.2 : Aéroport d'Orly – Massy-Palaiseau (2027),
- Phase 2 : Aéroport d'Orly- Versailles Chantiers (2030).

Les ouvrages et les gares de la ligne 18 sont dimensionnés pour accueillir des trains d'une longueur de 45 m pour les premières phases de mise en service entre Orly et Versailles-Chantiers, mais aussi des trains de 60 m (une voiture supplémentaire) pour répondre à une évolution ultérieure de la demande de transport.

Le tracé de la ligne 18 a été établi dans le cadre des études préliminaires approfondies puis affiné en phase AVP. Ce tracé répond aux objectifs suivants :

- desservir l'ensemble des gares définies dans le schéma d'ensemble ;
- permettre une vitesse commerciale élevée avec :
  - o une vitesse de circulation des trains élevée : la vitesse maximum d'exploitation de la ligne en alignement droit est de 100 km/h
  - o des trains à roulement fer
  - o des courbes dont le rayon permet une vitesse de circulation élevée
  - o des rampes et pentes compatibles avec les performances des trains selon le type de roulement et qui tiennent compte des contraintes météorologiques, de l'environnement et du mode d'exploitation
  - o un équipement de voie adapté avec des appareils de voie compatibles avec ces objectifs notamment une vitesse de franchissement élevée
- offrir une grande capacité de transport avec :
  - o des trains à capacité adaptée, offrant de l'ordre de 350 places dont 20% de places assises au minimum avec un gabarit de l'ordre de 2,50 m,
  - o un intervalle d'exploitation attractif (réduit entre les trains), permettant si nécessaire un intervalle minimal d'exploitation de 85 s en tout point du parcours.

Les systèmes techniques retenus en phase AVP pour la ligne 18 doivent permettre de répondre dans leur ensemble à ces prescriptions programmatiques initiales.

La présentation des systèmes est introduite selon la décomposition en groupes d'ouvrages couvrant l'ensemble des aspects techniques du projet :

- **Groupe d'ouvrages 1 (GO 1) :** les ouvrages dits de « **Courants forts** » comprenant notamment les interfaces avec le réseau fournisseur d'énergie électrique, les installations du **réseau moyenne tension**, les installations d'alimentation en énergie électrique des trains jusqu'au 3ème rail (le 3ème rail étant compris dans le GO 9), retour négatif, dispositifs de mise à la terre et de limitation des courants vagabonds) et les équipements alimentant en **basse tension** l'ensemble des équipements de ligne, des gares et ateliers de maintenance du réseau de transport public du Grand Paris (jusqu'aux tableaux généraux basse tension).
- **Groupe d'ouvrages 2 (GO 2) :** Les ouvrages dits de « **Courants Faibles** » comprenant les équipements de télécommunication (transmission de données, téléphonie et radiocommunications, y compris les radiocommunications grand public), d'information visuelle et sonore des voyageurs, de vidéoprotection des espaces, d'éclairage et distribution basse tension en aval des tableaux généraux basse tension, de détection d'incendie, de billettique et de comptage des voyageurs, de contrôle d'accès, de surveillance de l'air et de détection des risques NRBC-E et de valorisation numérique
- **Groupe d'ouvrages 3 (GO 3) :** Les ouvrages de « **Façades de Quais** » comprenant les structures des façades de quai des gares et les portes associées.
- **Groupe d'ouvrages 4 (GO 4) :** Les ouvrages relevant des « **Automatismes de conduite des trains** » et des « **Commandes Centralisées** » qui comprennent les équipements de signalisation, d'automatismes de contrôle et de commande de la circulation des trains, du système de transmission de données (sol et radio), les « commandes centralisées » pour la supervision du trafic, de l'énergie électrique, des équipements en gares et autres sites (y compris supervision SSI).
- **Groupe d'ouvrages 5 (GO 5) :** Le **Matériel Roulant** (matériel roulant voyageurs, véhicules pour la maintenance des infrastructures dérivés du matériel roulant voyageurs et équipements industriels nécessaires à la maintenance du matériel roulant)
- **Groupes d'ouvrages 7 et 8 (GO 7 et 8) :** les ouvrages relevant des **Équipements électromécaniques des gares (GO 7) et de ligne (GO 8)** avec notamment les installations de traitement de l'air, de climatisation, de ventilation et désenfumage, de décompression, de traitement des eaux d'exhaure, de fermeture des accès, (portes, grilles...), de mécanisation des accès (portes, escaliers mécaniques, ascenseurs, monte-charges, escaliers mécaniques, trottoirs roulants), d'extinction incendie, etc.
- **Groupe d'ouvrages 9 (GO 9) :** la **Voie Ferrée intégrant le 3ème rail et les passerelles / trottoirs d'évacuation** en tunnel/viaduc (et de tous les sites dans le périmètre de ce marché) incluant les canalisations ainsi que les éventuels dispositifs d'aménagements esthétiques ou artistiques en tunnel/viaduc et au niveau des ouvrages annexes associés.

## 5.2. Matériel Roulant à destination des voyageurs

### 5.2.1. Présentation

Les trains sont prévus pour rouler à la vitesse maximum d'exploitation de la ligne, i.e. 100km/h en mode de roulement ferré.

La longueur des trains est adaptée à l'offre de transport, une configuration 3 voitures de 15m de long cumulant environ 45 m de long sur environ 2,50 m de large apparaît, au stade AVP, offrir un bon compromis.

Les rames sont de type BOA offrant une intercirculation large entre les voitures sur toute la longueur du train.

L'évacuation latérale par les portes est retenue (par opposition à l'évacuation frontale en extrémité du train) en conformité avec le référentiel réglementaire français.

L'agencement des sièges dans les voitures respecte la réglementation pour permettre l'accès aux personnes en situation de handicap notamment celles à mobilité réduite (PMR) et les usagers en fauteuil roulant (UFR). Une attention particulière est portée pour permettre l'évacuation de ces voyageurs par différentes portes pour les cas exceptionnels d'une porte non utilisable (du train ou de la façade de quai). L'agencement des sièges permet le transport d'un maximum de personnes (assises et debout) en visant un taux de confort (pl ass. / capacité) entre 15% et 20% .

L'information des voyageurs à bord des trains est particulièrement soignée (contenu et présentation) et conforme à l'application du décret n°2006-138 et de l'arrêté du 17/07/2009 relatifs à l'accessibilité du matériel roulant affecté aux services de transport public terrestre de voyageurs.

Le développement de la téléphonie mobile, des smartphones, du Wi-Fi et autres technologies sont des supports de plus en plus utilisés et répandus parmi les usagers. Il est prévu de mettre à disposition des usagers une connexion Wi-Fi et une couverture 4G à bord des rames ainsi que des prises de recharge de type USB. Etant entendu que toutes dispositions sont prises pour adapter cette couverture aux évolutions futures des standards de communication (5G,...).

Au service de l'exploitant, des services de sécurité et des secours, tous les trains sont équipés de moyens de communications avec les voyageurs, de surveillance vidéo avec écoute d'ambiance. Les informations diffusées par les opérateurs au PCC sont sonores et visuelles en application du décret cité ci-dessus. La mise en communication entre l'opérateur au PCC et le voyageur se fait de manière « ciblée » pour respecter au maximum la « confidentialité de l'échange ». L'écoute d'ambiance s'effectue de manière discrète.

La « vidéo » est utilisée pour la surveillance des biens autant pour l'exploitant, les services de sécurité et de secours que pour réaliser la maintenance des installations. En particulier il est prévu un véhicule pour réaliser des missions d'auscultation (VMI-A). Sur ce VMI, l'utilisation de caméras positionnées vers l'extérieur du train permet la visualisation et l'enregistrement d'images de la plateforme des voies, d'équipements à proximité des voies...

L'état technique des trains est supervisé en permanence, la transmission d'informations détaillées donne une connaissance précise sur le fonctionnement des équipements du train. Ces informations à

disposition de l'exploitant sont également à disposition des services de maintenance pour effectuer la surveillance et un diagnostic en cas de dysfonctionnement.

La commande des trains par les opérateurs au PCC ou automatiquement permet d'agir sur ceux-ci. Outre les commandes usuelles (préparation du train, commande des portes, réarmement des signaux d'alarme...), il est possible d'agir sur un train « non préparé » pour, par exemple, permettre la mise en service ou l'arrêt du chauffage lorsque les trains sont remis à l'extérieur.

Les performances du matériel roulant et des équipements embarqués (automatismes de conduite, information voyageurs, moyens audiovisuels) portent notamment sur :

- la disponibilité, la fiabilité
- la dynamique de déplacement : accélération en traction et freinage, en situation nominale et en cas de défaillance d'organes du train, l'accélération résiduelle à haute vitesse
- l'ouverture et la fermeture des portes
- le confort (notamment climatisation/chauffage)
- les nuisances émises (acoustiques, vibratoires et électromagnétiques)
- les temps de réponse « système » (traction, freinage, portes...).

Outre le matériel roulant destiné au transport des voyageurs, des véhicules de maintenance (véhicules auxiliaires) empruntent le réseau pour les besoins de contrôle des infrastructures ou de travaux de maintenance ou de renouvellement pendant les heures creuses en service voyageurs (notamment en nuit ou en cas d'incident) ou hors service voyageurs.

Enfin, pour la maintenance du matériel roulant, différents dispositifs techniques sur le site du SMR au Centre d'Exploitation sont adaptés aux besoins techniques de la flotte (machine à laver, tour en fosse, colonnes de levage...).

### 5.2.2. Choix de la solution technique MR Voyageur



Figure 1 : Ex. de diagramme MR capacité 350 p (étude de faisabilité)

La capacité du MR en EL4 (4 personnes/m<sup>2</sup>) au stade AVP, est de l'ordre de 350 personnes, ce qui est conforme aux prérequis pour assurer la capacité de transport de la ligne.

Une autonomie embarquée de traction a été incluse et permet de répondre aux situations suivantes :

- Entrée/sortie atelier SMR sans le concours d'un système d'alimentation extérieur type stinger
- Franchissement des lacunes d'alimentation lors d'arrêts sur des communications en voie déviée où les patins frotteurs du train ne sont plus en contact avec le troisième rail

Les simulations de temps de parcours prennent en compte plusieurs optimisations :

- Ajustement des temps de détente d'exploitation,
- Respect de la vitesse commerciale souhaitée et performances d'accélération,
- Masse du MR et optimisation puissance motrice,
- Optimisation couple accélération / adhérence.

Les simulations ont permis d'évaluer la puissance de motorisation minimale permettant de répondre aux objectifs de temps de parcours (1 200-1 600 MW). Ces études ont également permis d'estimer la gamme de motorisation envisageable et les architectures traction pour permettre de répondre aux modes dégradés. Cette étape a également permis d'optimiser l'exigence de performance d'accélération / freinage à la vue de la performance en temps de parcours.

La figure 2 représente les courbes effort-vitesse utiles aux simulations de temps de parcours (MR13). Le matériel retenu présente une accélération limitée à 0.9m/s<sup>2</sup>. Cette « faible » accélération se justifie par les distances intergares importantes où l'accélération, maximale en métro usuel (1 km d'interstation), devient moins primordiale pour assurer le temps de parcours. La réduction d'accélération est également une contrainte résultant de l'absence de sablage souhaitée pour réduire les charges d'entretien MR et voie ferrée.

Le freinage et le type de configuration de motorisation 66%/100% ont également été examinés pour assurer le franchissement des pentes en modes dégradés (remorquage-poussage) et contrôler la sollicitation de l'adhérence (un rebroussement peut être envisagé dans certains cas sévères avec des pentes importantes).

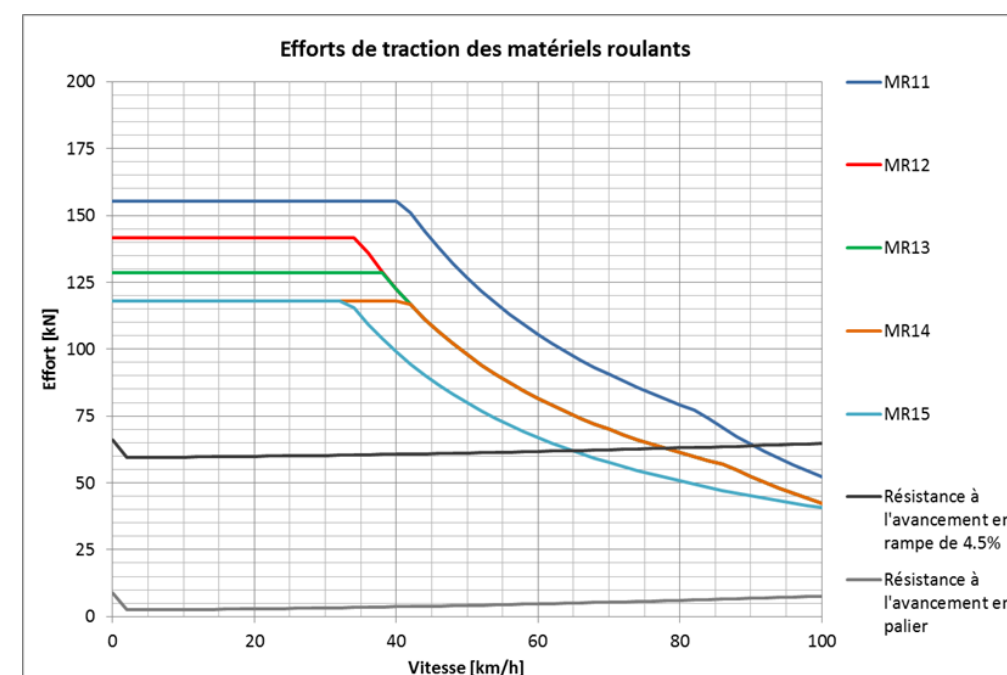


Figure 2 : Courbes effort-vitesse pour simulation temps de parcours (MR13)



La description fonctionnelle du matériel prend en compte les objectifs qualitatifs (Confort climatique, qualité de l'information voyageur) et les ambitions d'intégrer des nouvelles fonctions de valorisation numérique auprès des voyageurs pendant leur trajet.

Ces évolutions fonctionnelles intègrent également des améliorations de la supervision des trains par le PCC et des possibilités de communication entre le PCC (le personnel d'exploitation et de maintenance) et les équipements techniques du train. Les fonctionnalités intègrent également la vidéo protection des salles voyageurs.

#### Automatismes de conduite des trains

Le métro du Réseau de Transport Public du Grand Paris fonctionne en mode GoA4 « automatisme intégral sans conducteur » en conformité à la norme IEC 62290.

Les « Automatismes de conduite et commandes centralisées » assurent l'ensemble des fonctions d'exploitation des trains et de supervision du service voyageurs dont les principales sont :

- Assurer l'exploitation des trains :
  - o Garantir la sécurité du mouvement des trains : espacement entre les trains, parcours d'itinéraires de manœuvres, respect des vitesses...
  - o Assurer la conduite des trains : contrôler l'accélération et le freinage, les arrêts...
  - o Assurer la protection des voyageurs : dans les trains, sur les quais, lors du transfert quai-train, au départ des gares...
  - o Assurer l'exploitation d'un train : mise en service ou hors service, supervision des états du train ;
- Assurer la gestion et la supervision de l'exploitation :
  - o Gestion du service des trains en nominal et avec aléas
  - o Supervision du service voyageurs en gare et dans les trains
  - o Supervision de l'exploitation des trains : suivi des trains...
  - o Supervision des installations et équipements (en gare, en ligne et autres sites)
  - o Application de l'offre de service : application du programme du jour, régulation et optimisation de la circulation des trains, dégarage et garage des trains...
  - o Supervision de la distribution de l'énergie électrique
  - o Gestion des incidents (alerte et réaction : régulation de trafic, recalage de l'exploitation, services partiels, évacuation des voyageurs...)
  - o Communication avec l'ensemble des acteurs (personnels d'exploitation, de maintenance, de sécurité et services de secours) dans toutes les zones concernées par le système de transport
  - o Communication, information et surveillance des voyageurs
- Assurer la gestion des chantiers de travaux
  - o Chargement et application des programmes travaux du Gestionnaire d'Infrastructures

- o Gestion de la circulation des VMI (modes de conduite associés)
- Garantir la détection et la gestion des situations d'urgence : diagnostic train, détections feu/fumée/NRBC-E, déraillement, perte d'intégrité d'un train, appel/évacuation...
- Fonction d'aide à la maintenance de l'ensemble des équipements du système de transport
- Fonctions de support à l'exploitation

La circulation des trains de voyageurs s'effectue en conduite automatique sur l'ensemble des voies de la ligne, l'ensemble des voies de service (voies de remisage, de raccord, d'évitement...) et sur le site de maintenance et de remisage (SMR). Certaines voies ou portions de voie seront interdites à la conduite automatique par dispositions locales (condamnation par clé) ou par configuration à partir du PCC. Hors incident, aucune intervention d'un opérateur n'est nécessaire ; les trains sont préparés / dépréparés, affectés d'une mission et conduits automatiquement, le choix du nombre de trains mis en circulation puis la régulation de ceux-ci sont réalisés en conformité avec la demande de transport définie en anticipé et ajustée en temps réel automatiquement ou par les opérateurs au PCC.

La circulation des VMI (pour maintenance ou travaux) peut se faire pendant l'exploitation commerciale avec plus ou moins d'incidence sur les performances d'exploitation :

- Le VMI d'auscultation (VMI-A) est un train construit sur la base du matériel roulant voyageurs et équipé d'un automatisme GoA4. Sa circulation se fait sans incidence sur les performances d'exploitation. Les cas d'auscultation nécessitant des vitesses faibles ou des arrêts fréquents se feront hors service commercial
- Les VMI d'intervention (VMI-I) sont des matériels équipés d'automatismes GoA1. Lorsqu'ils circuleront pendant l'exploitation, ils introduiront naturellement des perturbations dans le trafic en réduisant possiblement l'intervalle entre les MR voyageurs.

Le système de supervision dispose de fonctions de régulation avancées et de fonctions d'optimisation de la consommation électrique notamment l'énergie électrique de traction (marche économique en nominal).

Les défaillances du système de transport d'un métro sans conducteur pénalisent fortement l'exploitation ; aussi une disponibilité très élevée du système est nécessaire. Les modes de fonctionnement mis en œuvre suite à une défaillance technique doivent faciliter une reprise rapide du service aux voyageurs. Outre la rapidité de la mise en œuvre, ils sont conçus en considérant qu'il n'existe pas de personnel pour aider à la reprise du service nominal. La disponibilité maximale est recherchée notamment en ayant recours à la redondance des fonctions ou des équipements en favorisant leur répartition géographique pour éviter les risques de panne de mode commun.

Pour traiter et résoudre les aléas d'exploitation résultant d'incidents qui ne sont pas d'ordre technique, le système apporte les moyens qui, dans un premier temps, minimisent les impacts sur le service aux voyageurs (régulation, service provisoire...) et permettent un retour au service nominal au plus vite après résolution de l'incident.

La mise en œuvre d'un centre de repli (avec PCC de secours) est liée à la nécessité d'assurer la continuité de service en cas d'incident majeur.

### 5.2.3. Choix de la solution technique

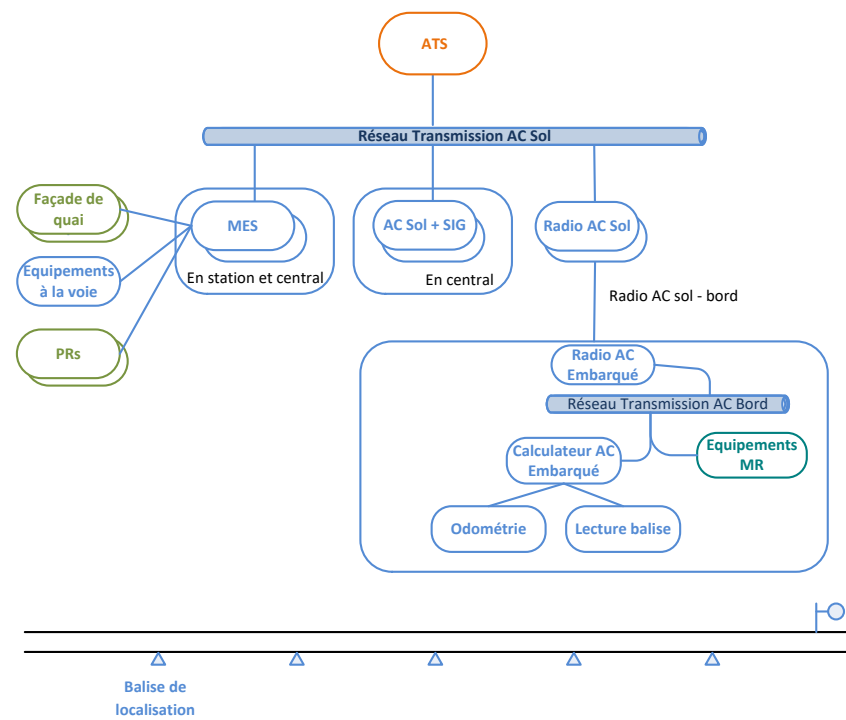


Figure 3 : Architecture type du système A

#### 5.2.3.1. GO4.1 Automatismes de Conduite

Les Automatismes de Conduite – AC - sont constitués des composants principaux suivants :

- Des équipements de Pilotage Automatique

- Ces modules (sol et bord) permettent de piloter les trains passagers sans conducteur et de contrôler les VMI-I en sécurité, en particulier en garantissant :
  - o Pour l'ensemble des trains :
    - l'espacement entre trains successifs
    - le respect des limites de vitesses applicables en tout point de la ligne
    - le non franchissement des limites de zones de chantiers
  - o Pour les MR voyageurs et le VMI-A seulement :
    - La conduite des trains sans conducteur
  - o La détection secondaire est autorisée (sauf par circuit de voie) afin d'assurer la robustesse du système, faciliter le re-démarrage et faciliter les entrées/sorties sur les zones de transferts.
  - o Une Prestation Supplémentaire Eventuelle (PSE) est demandée pour le couplage

automatique de secours.

- o L'entrée en automatique dans les ateliers du SMR est exigée. Il s'agit d'une conduite coopérée sous le double contrôle des automatismes et d'un opérateur au sol

- Des équipements d'enclenchement

- Ces modules permettent de garantir à chaque train un parcours sécurisé vis-à-vis des appareils de voies et des autres parcours (prise en écharpe). Le titulaire est libre d'assurer ces fonctionnalités par un équipement dédié ou commun au PA.
- Les moteurs d'aiguille (ligne, SMR, SMI) sont alimentés et réchauffés, mais seuls ceux de la ligne et du SMR sont commandables depuis le PCC et les AC.

- Des équipements de signalisation de maintenance

- Des signaux lumineux de maintenance sont installés à chaque gare, OA et accès de secours en viaduc.

- Des modules d'entrées/sorties

- Ces modules permettent d'acquérir les données terrains et d'adresser les commandes en sécurité. Ils permettent notamment de s'interfacer en sécurité avec des équipements GO4 ou autres tels que : moteurs d'aiguilles, portes palières,...

#### 5.2.3.2. GO4.2 Système de Transmission de Données

Le Système de Transmission de Données – STD - est constitué des composants principaux suivants :

- STD sol
  - o Ce réseau assure la transmission des informations AC/CC entre les différents modules (au PCC, en gare, en OA, aux accès de secours en viaduc). L'architecture du réseau permet un très grand niveau de disponibilité et l'indépendance physique complète vis-à-vis des autres GO (cf. RMS de GO2)
- STD sol-bord
  - o Ces équipements assurent la continuité de la transmission entre les trains et le sol. La transmission radio est assurée par antennes
- STD bord
  - o C'est le réseau bord déployé par GO4. Il est installé dans tous les trains voyageurs et les VMI équipés du CBTC. Il permet les échanges entre les différents équipements bord du GO4

### 5.2.3.3. GO4.3 Commandes Centralisées

Les commandes centralisées sont constituées des composants principaux suivants :

- Fonctions d'IHM
  - o Elles procurent aux opérateurs un environnement de travail unifié et cohérent en centralisant l'ensemble des principales vues de supervision (ATS, GTC, GTE, MAV-IV et SSI) avec toutes les fonctions de contrôle/commande et de synthèse. Elles permettent également d'accéder aux SAM fournis par chaque GO supervisé.
- Fonctions ATS
  - o L'ATS gère la régulation du trafic sur la ligne et au CE. Il permet d'adapter l'offre de trafic en fonction des besoins voyageurs et des tables horaires prédéfinies. Il permet de commander les mouvements désirés, de gérer les travaux et les modes dégradés (Service Partiel ou Provisoire). Il permet également de superviser la maintenance (accès aux ateliers, machine à laver)
- PCC et PCC de repli
  - o Le PCC est conçu de manière à offrir un environnement de travail compatible avec des activités 24/24 et 7/7. Une attention particulière est apportée à l'organisation des postes opérateurs et à l'aménagement fonctionnel des salles. Les études d'ergonomie permettent à chaque opérateur de réaliser ses tâches de manière efficace tout en garantissant une vision synthétique des événements impactant le système de transport.
- Architecture Serveurs
  - o Il est laissé au choix des industriels de proposer une architecture virtualisée des différents serveurs de la Commande Centralisée. Cela permettrait d'optimiser la charge de calcul des différents serveurs physiques et de faciliter les redondances à chaud sans multiplier les infrastructures physiques et tout cela de manière quasi transparente pour l'opérateur ou le mainteneur.
- Interfaces extérieures
  - o Le PCC est capable de s'interfacer avec différents systèmes externes et de générer certains rapports / mise en forme de données selon ces interfaces :
    - Système de billettique du IDF-M
    - IDF-M pour la génération de rapports sur la qualité de service
    - Préfecture de police : échange d'événements au fil de l'eau pour traiter des faits de sécurité
    - Systèmes GMAO des mainteneurs

### 5.2.3.4. GO4.4 Logique Traction

Les fonctionnalités de Logique Traction sont portées par le GO1 Courant Fort (commande centralisée PCE).

### 5.2.4. Performance

Le système des Automates de Conduite et Commandes Centralisées permet d'assurer des performances en ligne avec le Recueil de Données et les exigences « Spécification des Exigences Systèmes », telles que :

- Robustesse à une panne simple
- Disponibilité supérieure à 99,931%
- Arrêt précis en gare (+/-25cm à 99,99%)
- Objectif de vitesse commerciale en heure de pointe de 65km/h sur la section Orly - Versailles
- Intervalle minimum d'exploitation de 85s.

## 5.3. Alimentation et distribution électrique

### 5.3.1. Présentation

Les systèmes « Courants forts » assurent le transport et la distribution de l'énergie électrique :

- Haute Tension (HTA) : Raccordement au réseau primaire, transport et distribution de l'énergie électrique HTA
- Traction : transformation, transport et distribution de l'énergie électrique de traction sur le rail de contact (y compris les dispositifs de surveillance du potentiel négatif)
- Basse Tension : transformation, transport et distribution de l'énergie électrique BT utile aux équipements (y compris les réseaux de terre, les dispositifs de limitation des courants vagabonds et la surveillance d'isolement des portes palières).

L'architecture et le dimensionnement de la distribution de l'alimentation électrique permettent d'assurer le fonctionnement nominal de la ligne y compris en cas d'indisponibilité d'une des sources ou d'équipements du réseau de distribution et de transformation de l'énergie. L'architecture tient compte des différentes possibilités d'alimentation par le réseau de distribution Enedis.

L'architecture de distribution de l'énergie électrique assure un haut niveau de sécurité et une disponibilité très élevée, elle est entièrement supervisée de la source (arrivée du poste source) jusqu'aux consommateurs. Une reconfiguration automatique de la distribution est privilégiée, la reconfiguration par un opérateur n'intervenant qu'en complément. Par les informations collectées, une répartition fine des consommations est réalisée et permet d'établir des statistiques et une répartition des coûts d'utilisation.

### 5.3.2. Choix de la solution technique

#### 5.3.2.1. Transport et distribution HTA

Le choix du type de boucles HTA s'est orienté vers la configuration de **boucles mutualisées entre PR et PEF/PF** dans un souci d'économies. Ces boucles sont redondées pour permettre une grande flexibilité de reconfiguration et de couverture de défaillance. L'évaluation de la disponibilité des sources électriques permet de confirmer les performances attendues tant en tunnel qu'en viaduc.

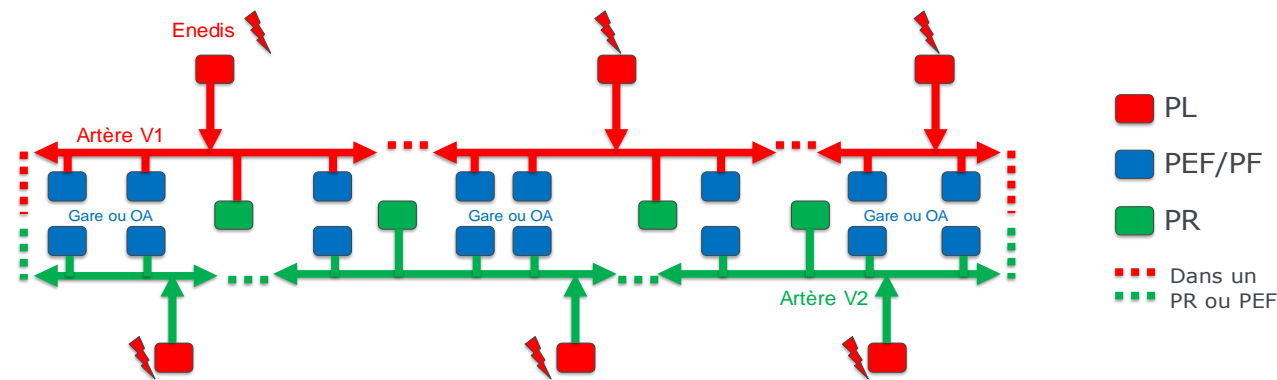


Figure 4 : Principe des boucles mutualisées PR/PEF/PF

#### 5.3.2.2. Principes de conception traction électrique

A partir des points d'acquisition d'énergie électrique Haute Tension auprès des réseaux distributeurs publics (ENEDIS), les équipements « Traction » du GO1 convertissent cette énergie électrique HTA en courant de traction, pour l'alimentation électrique du matériel roulant.

La distribution de l'énergie de traction jusqu'aux rames est effectuée par un 3ème rail, avec retour du courant de traction par les rails de la voie ferrée.

La tension pour l'alimentation traction est 1500V courant continu, avec les plages de variations définies dans la norme EN 50163. Cette tension est obtenue par conversion de l'énergie HTA par le biais de transformateurs et de groupes redresseurs. Ces équipements sont implantés dans les locaux Postes Redresseurs (PR).

Les installations de distribution traction sont conçues pour supporter les charges en mode nominal d'alimentation, mais également les charges supplémentaires liées à des modes dégradés.

Pour assurer une bonne disponibilité du système, les installations de traction sont dimensionnées en prenant en compte la configuration de mise à l'arrêt d'un poste redresseur, dans un groupe de quatre consécutifs, sans que cela dégrade l'exploitation. Les installations de production traction sont conçues pour supporter les reports de charge qui en résultent sur les postes encadrant le PR mis à l'arrêt.

La disponibilité intrinsèque de l'architecture traction combinée à la disponibilité des Points de Livraison Enedis permet d'atteindre l'objectif de disponibilité globale.

Les installations traction GO1 commandables et contrôlables sont localisées :

- Dans les locaux techniques Postes Redresseurs (Locaux PR)

- Dans les locaux techniques Traction (Poste de sectionnement)
- Sur les sites des SMR et SMI ; en complément des 2 items ci-dessus, des équipements (interrupteurs et/ou sectionneurs) sont répartis sur le site pour être positionnés au plus près des voies ou des zones à alimenter
- Dans les zones avec positions de garage en ligne, où quelques équipements (interrupteurs et/ou sectionneurs) seront positionnés au plus près des zones à alimenter.

Les installations GO1 Courants Forts participant à la production et à la distribution traction sont :

- Gérées et pilotées, localement au niveau du local traction, par un système de commande/contrôle local
- Gérées et pilotées à distance par le PCE (Le périmètre GO1 a été étendu pour inclure les serveurs et automates (GO1) et les automatismes de Conduite (GO4))
- Supervisées par les opérateurs d'exploitation au PCC (GO4). Le terme « supervisé » est à comprendre au sens large et recouvre notamment les aspects télécontrôles (événements, états, alarmes), télémessures, télécommandes et télémaintenance

A l'issue de l'AVP, il a été retenu que la récupération de l'énergie de freinage par des équipements fixes ne serait pas économiquement viable sur la L18. Néanmoins, la récupération de l'énergie de freinage d'un train se fait avec les autres trains.

#### • Positions des PR

### L'alimentation traction

14 PR 1500V ligne  
1 PR (SMR + SMI)

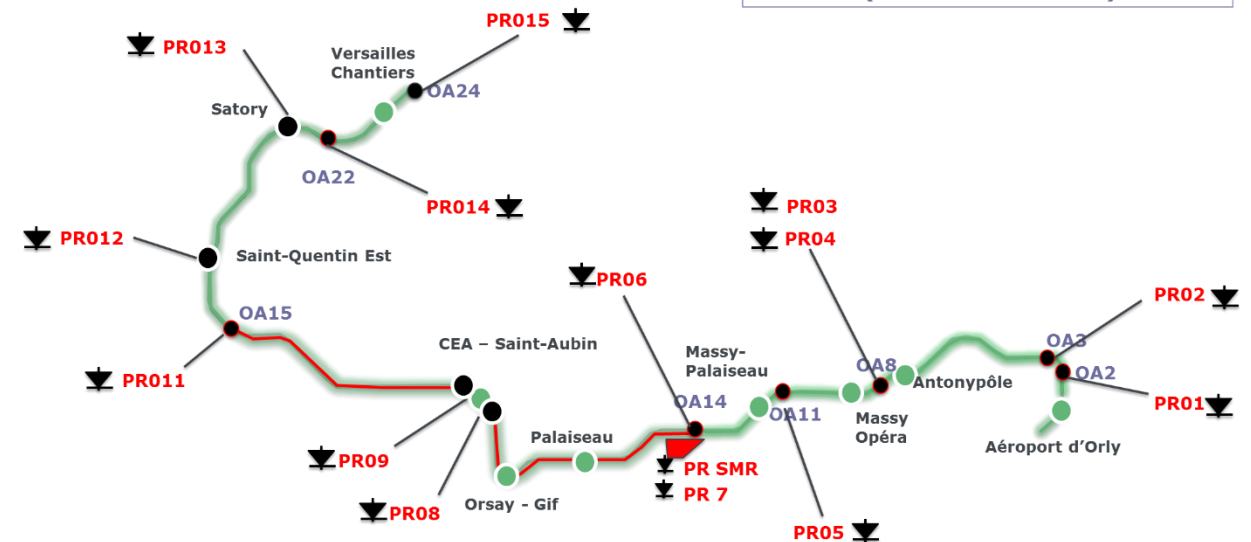


Figure 5 : Position des PR

Les puissances des PR sont de 3000 kVA pour une exploitation avec des trains de 3 voitures.

### • Circuit traction

Le résultat des simulations est obtenu pour un circuit traction comportant un 3eme rail de 9 mΩ/km et reste compatible avec un rail de section 50E6 ou 60E1.

L'alimentation des voies 1 et 2 est prise en parallèle dans la zone tunnel et tranchée couverte, comme c'est usuellement le cas en métro et séparée dans la zone viaduc à âme centrale.

### • Coupure d'urgence

Des équipements locaux - communément appelés rupteurs - permettent de couper et consigner l'énergie de traction fournie par le 3<sup>e</sup> rail. Ces équipements sont implantés au droit des accès pompiers en gare. Ces équipements sont positionnés en aval des Portes d'extrémités de chaque quai de chaque gare pour permettre l'intervention en sécurité des services de secours. Un équipement de coupure d'urgence a pour effet, lorsqu'il est actionné de couper l'énergie électrique des deux voies sur l'intégralité des sous-sections recouvrant les 2 intergares adjacentes y compris les gares adjacentes.

### • Principes de conception des installations d'alimentation BT

A partir des points d'acquisition d'énergie électrique Haute Tension auprès des réseaux distributeurs publics (ENEDIS), les installations « BT » du GO1 convertissent cette énergie électrique HTA en énergie basse tension, pour l'alimentation électrique des équipements situés principalement dans les gares et les différents ouvrages de la ligne. Cette énergie électrique est mise à disposition au niveau de Tableaux Généraux Basse tension (TGBT).

La distribution de l'énergie Basse tension des TGBT jusqu'aux équipements directement ou via des tableaux de distribution est effectuée par un système de distribution BT faisant partie du GO2 (Courants faibles).

### • Principes d'alimentation BT des installations de sécurité des gares

Pour les installations électriques d'alimentation des installations de sécurité des gares, l'exigence réglementaire est une imposition d'architecture définie dans l'arrêté du 24 décembre 2007 portant approbation des règles de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les gares.

« Les installations de sécurité des gares sont celles qui doivent être mises ou maintenues en service pour assurer l'évacuation du public et faciliter l'intervention des secours. Elles comprennent :

- L'éclairage de sécurité
- Les installations de détection d'incendie et de mise en sécurité
- Les ascenseurs devant être utilisés en cas d'évacuation
- Les secours en eau
- Les installations de désenfumage de gare et tunnel
- Les installations d'extinction automatique d'incendie
- Les pompes d'exhaures
- Les moyens de communication
- Les prises électriques « pompiers »

- Eventuellement d'autres installations spécifiques à l'exploitation de l'établissement.

L'alimentation électrique des installations de sécurité, à l'exception de l'éclairage de sécurité et de l'alarme incendie, doit être composée de deux sources d'alimentation distinctes, l'une venant en secours de l'autre. »

Les deux exceptions mentionnées sont traitées par des alimentations de sécurité spécifiques propres au groupe d'ouvrage GO2A.

Pour les deux sources distinctes, l'arrêté mentionne que « l'alimentation peut être réalisée par un des moyens suivants :

- Une source normale issue d'un poste source HT et une AES conforme à la norme NFS 61-940 conçue de manière à garantir une autonomie de 1 heure des fonctions concernées,
- Une source normale constituée de deux transformateurs distincts, chacun d'eux étant alimenté par une source HT différente dont les cheminements sont différents. »

Compte tenu des besoins en puissance importants des installations de sécurité, l'architecture retenue pour les gares est la 2<sup>ème</sup> alternative avec deux transformateurs distincts.

### • Installations d'alimentation BT pour les tunnels et ouvrages annexes

Pour les installations électriques d'alimentation des installations de sécurité des tunnels, **l'exigence réglementaire est une imposition d'architecture** définie dans l'arrêté du 22 novembre 2005 relatif à la sécurité dans les tunnels des systèmes de transport public guidés urbains de personnes.

« Les équipements électriques suivant sont considérés comme ayant une fonction de sécurité : l'éclairage d'évacuation, désenfumage, prises électriques, communications : ils doivent disposer d'une alimentation de sécurité.

Chaque équipement ayant une fonction de sécurité doit être alimenté de sorte que la perte de l'une des deux sources basse tension n'entraîne pas de défaillance de la fonctionnalité de l'équipement.

L'alimentation de sécurité doit être issue :

- Soit de deux sources haute tension différentes constituées de deux transformateurs haute tension distincts,
- Soit d'une source d'énergie disposant d'une autonomie de durée minimale de 1 heure et d'une source alimentée par le réseau de distribution public ».

La conception BT ligne 18 retient l'hypothèse de deux sources haute tension différentes constituées de deux transformateurs haute tension distincts.

### • Installations d'alimentation BT pour le viaduc et les Accès de Secours

Les principes d'architecture d'alimentation électrique BT des installations de sécurité (correspondant au principe de double attachement) peuvent être étendus pour l'alimentation des différents autres équipements sensibles (Distribution BT en viaduc...) pour l'exploitation, et devant avoir un niveau de **disponibilité similaire** à celui des installations de sécurité.

• Localisation des installations d'alimentation BT

Les installations BT GO1 commandables et contrôlables sont essentiellement localisées :

- Dans les locaux techniques Postes Eclairage Force (Locaux PEF) des gares,
- Dans les locaux techniques Poste Force (Locaux PF) des puits,
- Dans les locaux techniques PEF et PF du SMR,
- Dans les locaux techniques PEF du SMI.
- Dans les locaux techniques PEF du DL PCC.

Dans chaque local PEF ou PF, un système commande/contrôle local est mis en œuvre. Ce système local gère les installations HTA/BT des PEF et des PF.

• Dimensionnement BT

Données d'entrée : le dimensionnement BT est réalisé en faisant la compilation des besoins de puissance, et de disponibilité des alimentations de l'ensemble des systèmes de tous les groupes d'ouvrage.

Les Postes Eclairage et Force (PEF) alimentent l'ensemble des gares de la ligne ainsi que le centre d'exploitation (SMR, SMI et DL-PCC). Il y a 4 types de PEF :

- PEF avec 2 transformateurs 20 kV / 400V ;
- PEF avec 2 transformateurs 20 kV / 400V et 2 transformateurs élévateurs 400V / 1000V ;
- PEF avec 4 transformateurs 20 kV / 400V ;
- PEF avec 4 transformateurs 20 kV / 400V et 2 transformateurs élévateurs 400V / 1000V ;

Les PEF sont divisés en 2 ½ PEF alimentés par 2 sources HTA différentes et constituées :

- En gares souterraines, de 2 transformateurs par ½ PEF
- En gare aérienne, d'un seul transformateur par ½ PEF

Le transformateur-élévateur 400V / 1000V est mis en œuvre en gare d'Orly pour alimenter l'OA1 et ainsi éviter de ramener la HTA à cet OA (réduction du nombre d'équipements à maintenir). Le choix d'une BT 1000V offre l'avantage de réduire les sections de câbles de manière importante par rapport aux sections sous 400V.

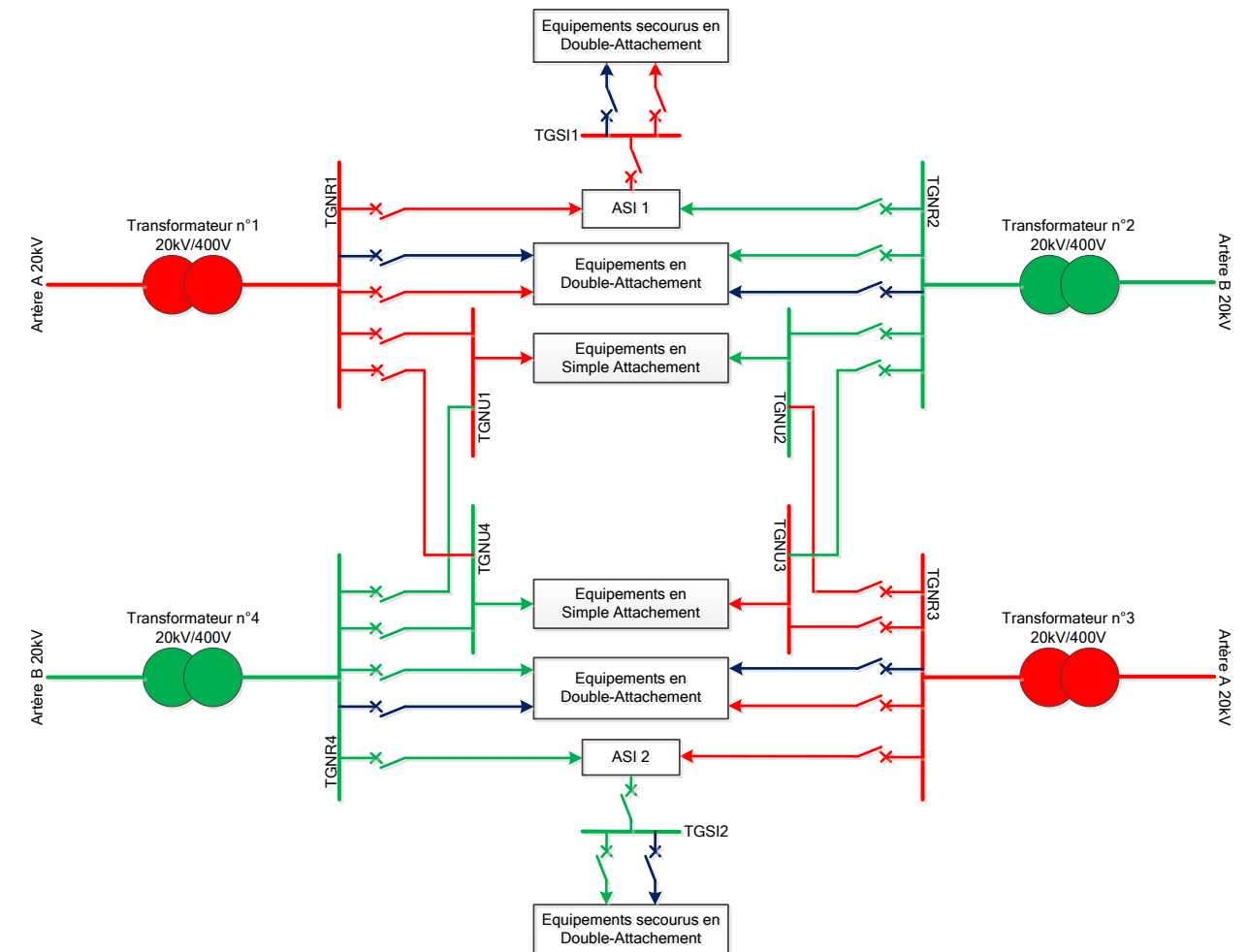


Figure 6 : Exemple de solution PEF avec 4 transformateurs 20 kV / 400V

Les Poste Force (PF) alimentent l'ensemble des Ouvrages Annexes (OA) dans la partie en tunnel de la ligne. Il y a 3 types de PF :

- PF avec 2 transformateurs 20 kV / 400V ;
- PF avec 2 transformateurs 20 kV / 400V et 2 transformateurs élévateurs 400V / 1000V ;
- PF avec 2 transformateurs 1000 V / 400V

Le transformateur-élévateur 400V / 1000V est mis en œuvre à l'OA15 pour alimenter les AS sur la viaduc, et ainsi bénéficier de règles de sécurité moins contraignantes que dans le domaine de la haute tension.

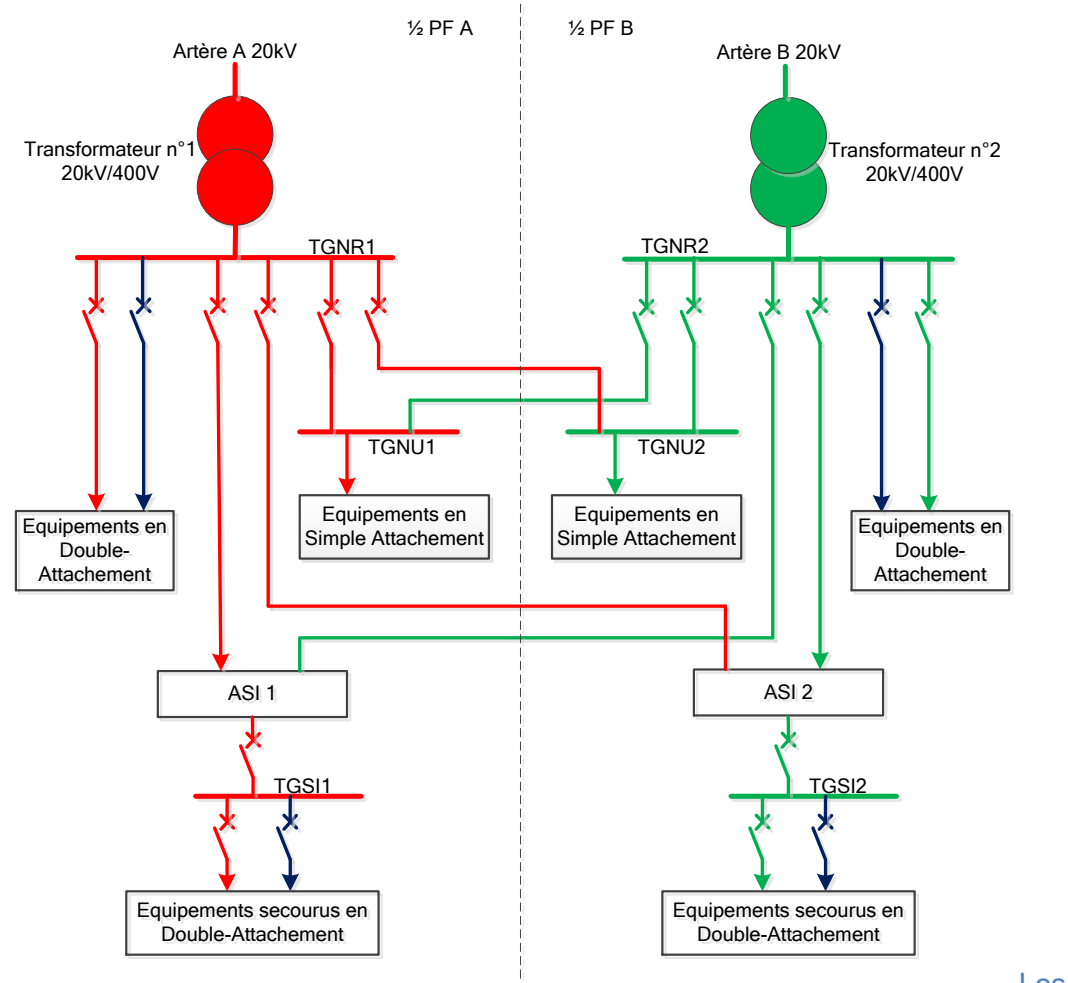


Figure 7 : Exemple de solution PF AVEC 2 TRANSFORMATEURS 20 kV / 400V

### 5.3.2.3. PCE GO1

Le Contrôle-Commande Energie assure les fonctions de gestion - supervision et contrôle-commande - de l'ensemble des équipements du lot GO1 « Courants forts » : Distribution HTA, Distribution Traction et Distribution BT. Le système doit être en mesure de gérer l'ensemble des équipements GO1 de la Ligne 18.

Le GTE est en interface avec le concentrateur Courant Fort (CFO) pour la supervision et le contrôle-commande de l'énergie. Le concentrateur CFO met à disposition de la GTE les informations d'état et position des différents équipements. Le concentrateur CFO met également à disposition de la GTE les commandes et un jeu de macro-commandes des équipements utilisées pour le PCC (GO4).

En local dans chaque poste électrique, une ou plusieurs armoires de contrôle-commande (ACC) centralisent les informations et commandes des équipements du poste. Les ACC sont reliés au concentrateur CFO via le RMS (GO2) et aux équipements par des liaisons filaires ou optiques.

Au niveau du local technique PCC, le concentrateur CFO est connecté au RMS pour permettre l'échange entre la GTE et les postes électriques. Le concentrateur CFO sera redondé pour une fiabilité et une disponibilité du système contrôle-commande énergie élevée.

Les fonctions de contrôle-commande CFO ayant trait à la distribution Traction et à la protection des passagers et du personnel seront regroupées plus spécifiquement sous le terme « Logique Traction ». La logique traction assure notamment la gestion des autorisations liées à l'énergie traction impactant les automatismes AC.

### 5.3.2.4. Autres activités GO1

Les points suivants seront traités en phase PRO.

- Problématique courant vagabonds

La mise en place de maillage drainant est adoptée en tunnel et en viaduc.

- Harmoniques et interférence réseau primaire

La production de courant continu à partir de courant alternatif entraîne des perturbations harmoniques induites par le redressement du courant dans les Postes Redresseurs (PR), qui peuvent polluer le réseau public de distribution et altérer le fonctionnement des installations Basse Tension connectées en parallèle et installées dans les Postes Force (PF) et Postes Eclairage Force (PEF). Ces phénomènes complexes dépendent des circuits interagissant entre eux, du type de redressement de courant et des puissances électriques en jeu.

Pour pallier ce phénomène d'harmoniques, les PR en ligne et ceux du centre d'exploitation sont équipés de redresseurs à diodes doubles dodécaphasés construits à partir de deux transformateurs à deux enroulements secondaires.

- Dispositions prises pour la disponibilité

Pour assurer une bonne disponibilité du système, les installations de traction sont dimensionnées en prenant en compte la configuration de mise à l'arrêt d'un poste PR, dans un groupe de 4 consécutifs, sans que cela ne dégrade l'exploitation. Les installations de production traction sont conçues pour supporter les reports de charge qui en résultent sur les postes encadrants le PR mis à l'arrêt.

Les dispositions en cas de perte d'une arrivée HTA ou de défaillance d'un équipement entre l'arrivée HTA et les jeux de barres BT sont les suivantes :

- Dans le cas où un basculement BT dans un PEF/PF est suffisant pour pallier l'incident, la durée de transfert de source sera de l'ordre de la seconde (gestion automatique en interne PEF des inverseurs des TGBT pour réalimenter les différents jeux de barres)
- Dans le cas d'une perte d'arrivée HTA, le système de reconfiguration HTA permet une réalimentation de tous les équipements. Les équipements nécessaires à l'exploitation restent alimentés pendant ce laps de temps grâce à leur double attachement aux jeux de barres BT. Les séquences de reconfiguration sont une réponse des automates du PCE à la défaillance
- Pour les équipements nécessitant une disponibilité très élevée de l'alimentation BT, le principe retenu est le double attachement (mise à disposition de deux alimentations BT provenant de deux sources différentes)

## 5.4.Voie et appareils de voie

### 5.4.1. Présentation

Le système motorisé de manœuvre doit être très fiable et le verrouillage sécuritaire ; la réalisation mécanisée du tunnel conduit à privilégier une motorisation des appareils de voie en entre-rails avec manœuvre déportée sans niche en tunnel.

Pour respecter l'objectif de vitesse commerciale, la voie ne doit pas générer de restriction de vitesse hors celle découlant directement du tracé. De même, les appareils de voie empruntés nominalement (en voie directe et/ou en voie déviée) n'engendrent pas de restriction sur la vitesse de circulation des trains de nature à perturber la vitesse commerciale ou l'intervalle minimum entre les trains.

### 5.4.2. Type/profil de rail

Le profil de rail retenu est le rail de profil UIC 50E6, qui répond aux besoins spécifiques de la L18, compte tenu du trafic prévu, étant entendu que la durée de vie du rail sera plus liée à l'usure plutôt qu'à la fatigue.

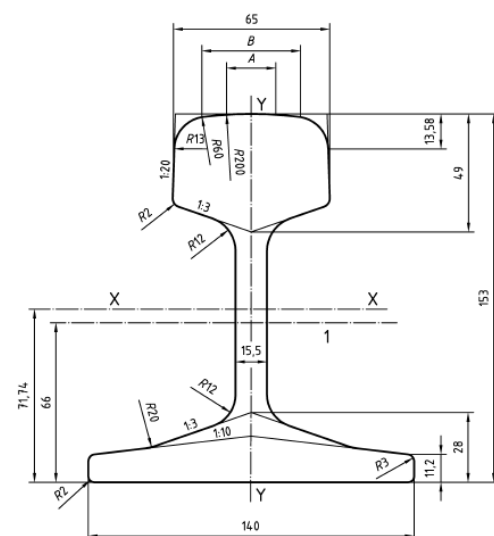


Figure 8 : Section rail profil UIC 50E6

En voie principale (VP) et en voie d'accès au centre d'exploitation de Palaiseau, les rails y compris les appareils de voie sont de nuance :

- R260 en alignement droit et dans les courbes de rayon supérieur à 600m (Rail « standard »)
- R350HT dans les courbes de rayon inférieur ou égal à 600m (Rail traité thermique)

### 5.4.3. Traverses

Les traverses monoblocs ont été choisies pour leur **performance vibratoire élevée**, elles sont de deux types :

- Traverse « dissymétrique » : Traverse monobloc en béton avec possibilité d'implantation d'un support 3ème rail d'un seul côté
- Traverse « dissymétrique spéciale viaduc » : Traverse monobloc en béton avec possibilité d'implantation d'un support 3ème rail d'un seul côté et équipée d'inserts pour recevoir, en section viaduc, un rail de sécurité dans l'écartement des 2 rails de roulement qui assure la fonction d'anti-déversement

Le travelage retenu est de 600mm dans les zones sensibles au bruit et aux vibrations et de 750 mm ailleurs.

### 5.4.4. Type structure/pose de voie

L'encombrement du système « Voie Ferrée » en hauteur (47 cm en alignement et rail UIC 50E6) est limité autant que possible, compte tenu des épaisseurs minimales sous traverses indispensables à la bonne tenue de l'ensemble :

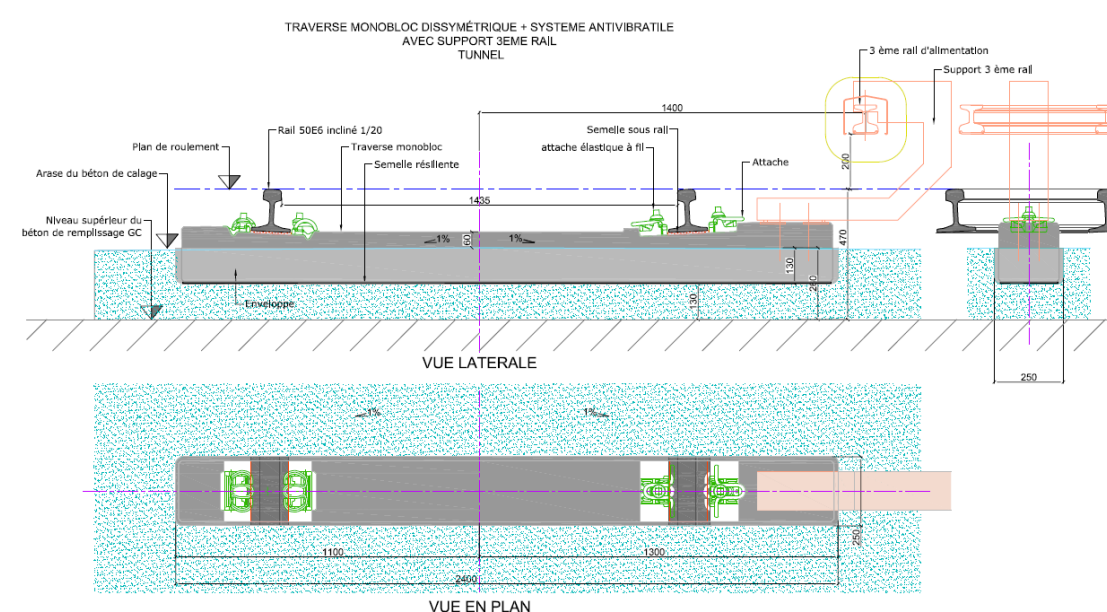


Figure 9 : Structure de voie

Le même équipement peut être monté avec deux éléments résilients différents et offre ainsi un amortissement plus conséquent.

Le graphique ci-dessous permet d'illustrer l'évaluation du gain par insertion obtenu pour chaque type de structure de pose de voie envisagé par rapport à une pose de voie directe (rail et traverses posés sur semelle standard, raideur dynamique de l'ordre de 150 kN/mm). Une valeur de gain négative représente une atténuation du niveau vibratoire transmis depuis le rail vers la structure en béton de l'ouvrage.



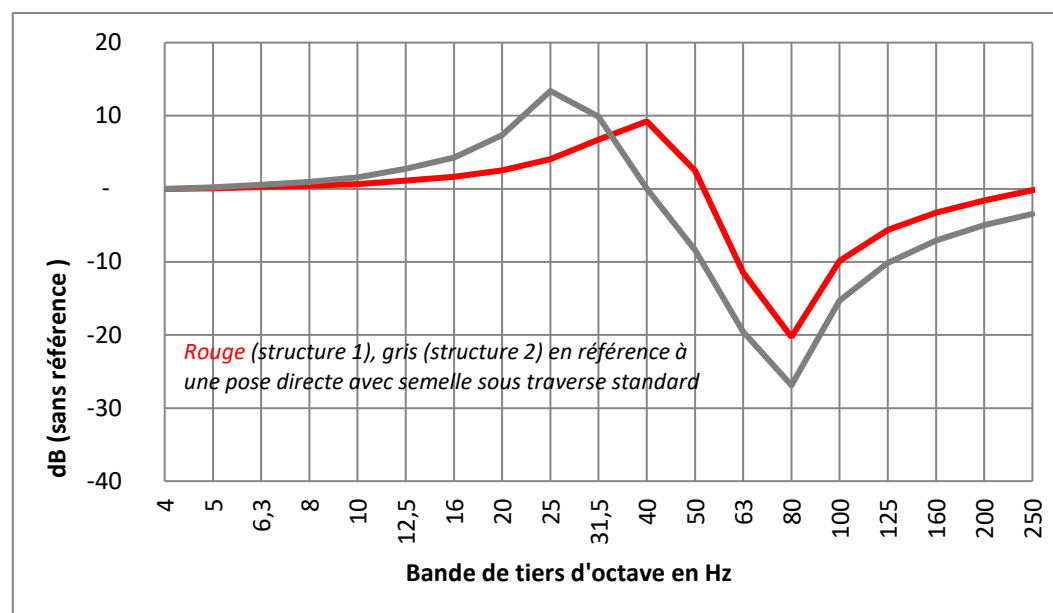


Figure 10: Gain par insertion pour les 2 types de poses proposées

#### 5.4.5. Appareils de voie

Le choix de la géométrie des appareils de voie est conditionné par les critères suivants :

- Respect des critères imposés par le système normatif européen,
- Mode d'exploitation (vitesses en voie déviée),
- Type/caractéristiques/dimensions du matériel roulant,
- Tracé de la ligne (contraintes d'insertion géométriques Plan et PL, entraxes de voie, etc),
- Localisation/implantation dans les ouvrages de génie civil (ligne courante, arrières gares, sites de maintenance), etc.

Les études d'AVP ont examiné les possibilités d'équipement en appareils de voie de tangente 1/7 et 1/9 en ligne. Un arbitrage en faveur des 1/7 pour la ligne et le SMR a été rendu dans la mesure où en train automatique, la vitesse de prise des communications a très peu d'impact sur les temps de parcours. Pour le SMI des appareils de voie 1/5 ont été retenus pour être capables de respecter les objectifs fonctionnels du plan de voie.

#### Tg 1/7 R140m - EA 3.20 m

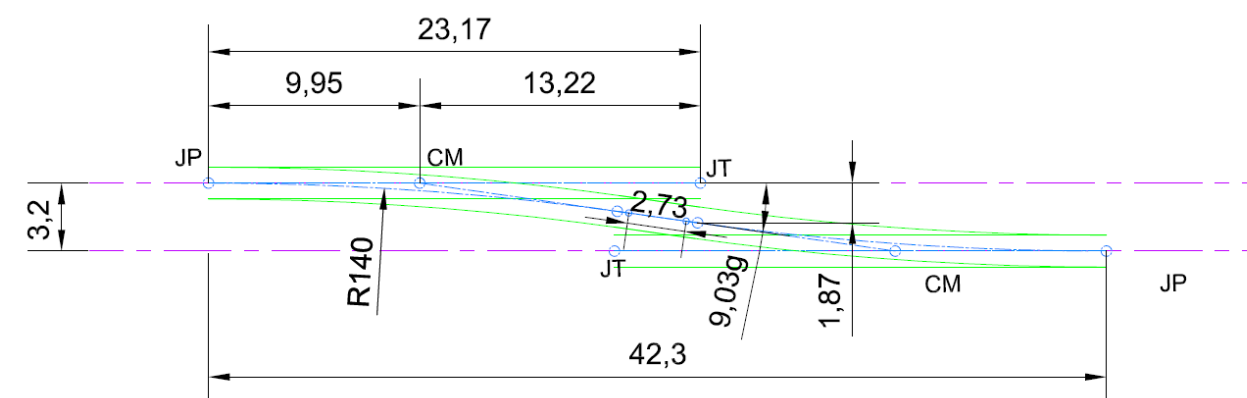


Figure 11: Schéma d'implantation communication simple CS AdV Tg 1/7-R140-Entraxe 3.20m

#### 5.4.6. Système de captation par 3ème Rail

Le système de troisième rail est un conducteur complémentaire suspendu par des crosses isolantes fixées aux traverses ou à la voie béton, il permet le captage de courant par le glissement d'un frotteur inversé qui glisse sur cette surface de contact distribuant le courant de traction. Le contact entre le 3ème rail et le frotteur se fait sur la couche d'inox qui assure une meilleure durabilité du rail (résistance à l'abrasion), tandis que les courants se propagent majoritairement dans le corps d'aluminium du 3ème rail ce qui assure une très faible résistivité.

L'injection de courant sur les barres de courant du troisième rail doit être réalisée au travers de plages d'alimentation dégageant le gabarit dynamique des frotteurs et le passage des câbles.

Les équipements suivants sont nécessaires :

- Rampes à chaque extrémité de rails (Une interface est à traiter avec gabarits haut de capot du MR et de son patin de captage)
- Joints de dilatation à intervalles réguliers

Les barres de 3ème rail inox / alu sont éclissées longitudinalement.

Plusieurs designs de support de 3ème rail pour tunnel en GRP (Glass Reinforced Plastic = Plastique armé de fibre de verre) existent sur le marché, alliant la rapidité d'exécution (moulage), la résistance mécanique (y compris aux impacts) et l'isolation électrique.

Les supports peuvent être installés directement sur le béton de voie soit sur les traverses béton. La conception L18 retient le principe d'une traverse étendue pour porter le support de troisième rail.

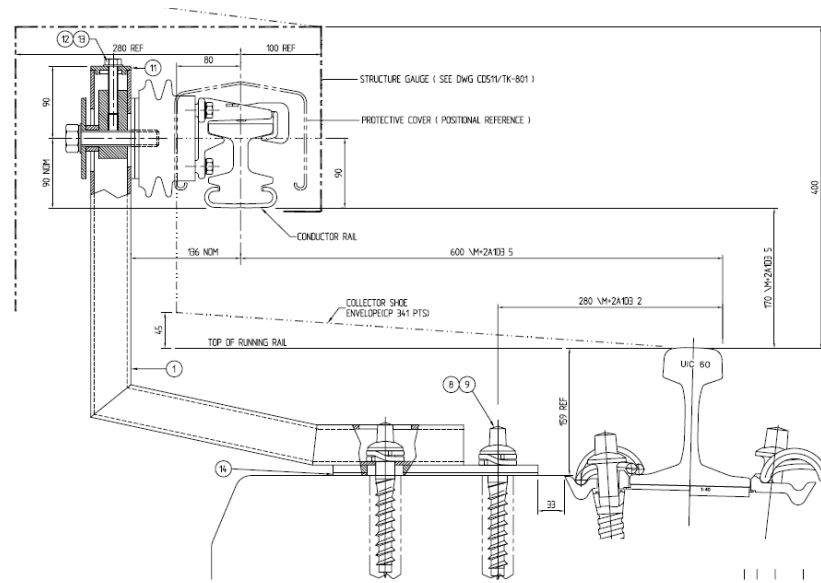


Figure 12 : Support de 3ème rail avec captage inverse (Source Brecknel Willis)

Le système 3ème rail est complété par un capotage dont l'objectif est :

- d'éviter le contact accidentel avec le 3ème rail ;
- de limiter l'impact des effets climatiques (échauffement du 3ème rail dans les parties aériennes du réseau en l'isolant des expositions directes aux rayons du soleil, protection contre le vent et des précipitations, neige...).

Ces capots sont généralement en UPVC dans les sections aériennes et en GRP en souterrain (Combustion sans dégagement d'halogène pour le GRP).

#### 5.4.7. Système de drainage/assainissement

Le réseau de drainage est dimensionné afin de collecter et évacuer les eaux d'infiltration, de nettoyage ou de lutte incendie (y compris essais).

Drainage : Le concept proposé pour la ligne 18 est un concept d'écoulement gravitaire.

La collecte des eaux de ruissellement en plateforme est rejetée dans un puits où des pompes de relevage les rejettent dans les réseaux d'eau pluviale en surface. Les puits sont des fosses tampon localisées au niveau de chaque ouvrage annexe ou gare.

Le profil en long de la ligne fait autant que possible coïncider les points bas avec les ouvrages annexes de manière à optimiser les systèmes de drainage (limitation du nombre de pompes de relevage et ou d'éventuels ouvrages annexes supplémentaires).

Pente longitudinale minimale recommandée : 0.5%.

Pente longitudinale en zone de gare : 0.0%.

D'une manière générale, le drainage de la voie en tunnel est réalisé comme suit :

- Arase du béton de calage avec des pentes transversales minimales d'environ 1%, afin d'écouler les eaux vers des cunettes latérales/longitudinales
- Deux cunettes latérales et longitudinales en pied des parois du tunnel, (demi-cercle) en empreinte dans le béton de calage de diamètre 250 mm, avec une pente longitudinale minimale de 0,5%, suivant le profil en long.

Le principe de drainage en viaduc est similaire ; les cunettes latérales sont de part et d'autre de l'âme centrale structurelle du viaduc et se déverse dans des avaloirs dans les piles des viaducs tous les 30/35m.

Cas du passage sous les étangs de la Minière : Le principe de drainage ne peut être appliqué tel quel à cet endroit du tracé car il n'y a pas d'ouvrage annexe associé au point bas du tracé à cet endroit. Il a été décidé de réaliser au point bas du tunnel une bache entre les deux voies pour recueillir les eaux et installer et les pompes de refoulement vers l'OA le plus proche. L'eau de la fosse transite ensuite dans le tunnel vers l'OA 21 situé à 440 m ou l'OA 20 situé en aval à 345m. La canalisation est implantée en symétrique de la colonne sèche sous la passerelle du tunnel.

#### 5.4.8. Passerelles et équipements de ligne

Différents équipements linéaires, ci-après, complètent le périmètre du GO9 en tunnel :

- Cheminements d'évacuation avec main courante latérale ;
- Traversées de voie ;
- Drainage plateforme voie;
- Cheminements de câbles et de conduites ;
- Eclairage et dispositions réglementaires en tunnel ;
- Colonne sèche.

En viaduc, la configuration différente reprend cependant ces éléments :

- Cheminements double d'évacuation avec main courante centrale;
- Drainage demi plateforme voie;
- Cheminements de câbles et de conduites ;
- Eclairage, prises pompier / maintenance.

### 5.4.9. Coupes Types

#### 5.4.9.1. Coupe Type en tunnel

La SGP a retenu un diamètre intérieur utile de 7,8m pour les tunnels monotube bi-voie, avec un entraxe de voies de 3,2m.

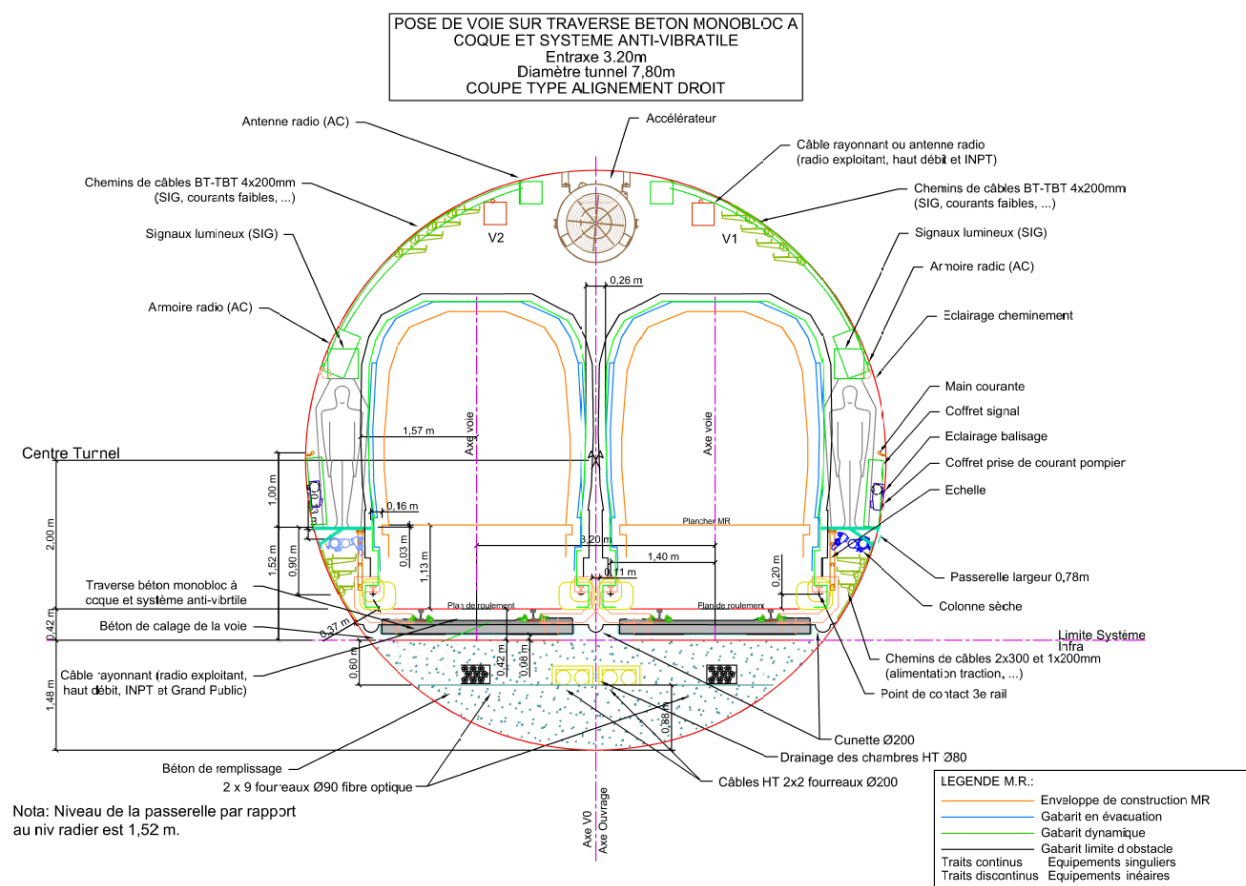


Figure 13 : Coupe type en tunnel en alignement droit

#### 5.4.9.2. Coupe Type en viaduc

Le diagramme suivant montre l'intégration des cheminements sur l'ouvrage d'art tel qu'il est conçu actuellement. (Entraxe VF = 5.30m et hauteur table 2.60m).

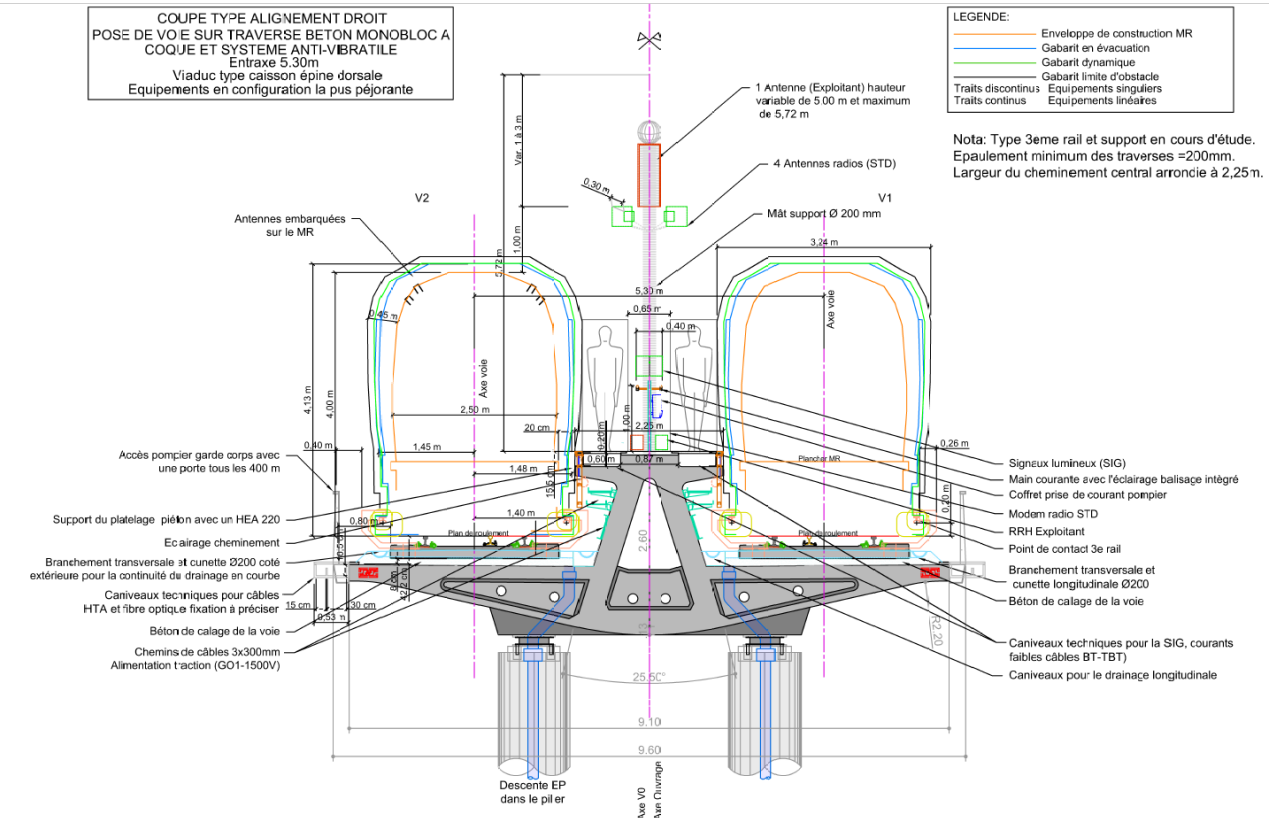


Figure 14 : Coupe type en viaduc en alignement droit

#### 5.4.9.3. AVP Modificatif 2022 Coupe type Passage au sol

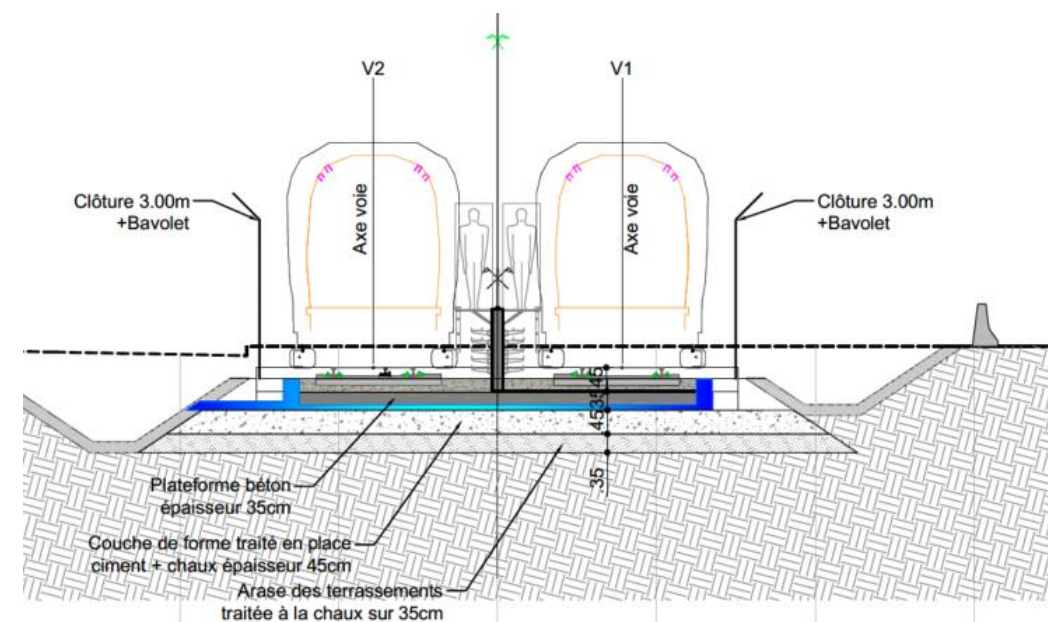


Figure 15 : Coupe type Passage au Sol

## 5.5. Équipements nécessaires à l'exploitation

### 5.5.1. G03 - Façades de Quais

Les quais des gares de la ligne 18 sont équipés de « façades de quai » (FdQ) (façades vitrées en bordure de quai munies de portes palières motorisées pour accéder au train) qui, en permettant d'éviter toute intrusion ou chute sur les voies, contribuent à assurer un service régulier de la ligne et la sécurité des voyageurs.

Les façades de quai permettent :

- une bonne gestion du « transfert voyageurs » (la montée-descente dans les trains) et des performances d'exploitation optimales ;
- un haut niveau de sécurité en éliminant le risque de chutes accidentelles et les tentatives de suicide ;
- une très forte réduction sinon la suppression du souffle provoqué par l'effet piston et le passage du train ;
- une forte réduction des bruits liés à la circulation des trains ;
- une gestion énergétique efficace dans les gares souterraines (le chauffage, la ventilation et la climatisation sont plus efficaces quand la gare est physiquement isolée de l'espace de circulation des trains) ;
- une isolation aéroulque pour éviter la contamination de l'air de la gare en cas d'incendie en tunnel
- le contrôle de l'accès aux voies et aux tunnels et viaduc, ces accès étant limités aux personnes autorisées ;
- la suppression de l'accumulation de saletés et déchets sur la voie qui constituent un risque d'incendie ;
- l'amélioration de l'information voyageurs en constituant un support qui peut accueillir à la fois l'information voyageurs et des informations à caractères promotionnels.

Choix de la solution technique

Les façades sont constituées des composants principaux suivants :

- Des modules de portes palières motorisées (PPM)
  - o Ces modules permettent d'effectuer l'échange des passagers entre le train et le quai en mode de fonctionnement normal. Il y a autant de PPM que de portes d'accès voyageur sur les trains.
  - o Chaque PPM est constituée de :
    - 2 vantaux vitrés coulissants en sens opposé
    - un mécanisme d'entraînement et une platine de commande au-dessus des vantaux

- des panneaux hauts d'habillage. Ils servent à envelopper complètement le volume contenant les mécanismes de porte. Ils accueillent les signaux lumineux liés aux fonctionnalités des PPM
- Des Portes palières de secours (PPS).
  - o L'usage en métro automatique est d'équiper l'ensemble de la Façade de quai de PPS (entre chaque PPM), afin de permettre l'évacuation vers le quai des passagers d'un train arrêté en gare en dehors de la plage maximale admissible pour l'ouverture automatique des portes (PPM).
  - o Les PPS sont constituées de :
    - un ou deux vantaux vitrés pivotants vers le quai, en fonction des contraintes d'implantation (conserver un passage minimum de 80cm...)
    - une barre d'ouverture antipanique côté voie
- Des Panneaux fixes (PF)
  - o L'implantation des PF est donnée sur les plans de configuration des FDQ.
  - o Ces panneaux fixes peuvent être complètement vitrés ou intégrer des informations voyageurs ou des équipements de gare (extincteur, interphone voyageur-PCC, publicité,...)
- Des modules de portes palières non motorisées (PPNM)
  - o Ces modules permettent de compléter la sur-longueur de quai tout en autorisant les possibilités de sortie en situation d'arrêt non conforme du train. Ces portes sont uniquement surveillées en position et peuvent exclusivement être ouvertes coté train comme les PPS.
- Des Portes d'extrémité de quai (PEQ)
  - o Ces portes sont destinées à permettre un accès depuis la voie à chaque extrémité de quai. Elles sont utilisées par les agents de maintenance ou les passagers évacués d'un train entre deux gares.
  - o La composition des PEQ est similaire à celle des PPS.
- **Une structure métallique** qui supporte les efforts transmis par les ensembles de portes et de panneaux fixes et transmet ces efforts sur les structures du Génie civil
- **Les combles lacunes**
  - o Il permettent de réduire l'espace entre le nez de quai et le train. Ces éléments servent à protéger les éléments des FDQ en cas d'affaissement de la caisse du train suite à une rupture de suspension par exemple ou peuvent également réduire la lacune entre le seuil des trains à l'arrêt en gare par rapport au bord de quai. Dans ce cas dégradé, ces pièces jouent le rôle de fusibles et sont facilement remplaçables.
- **Un pupitre manuel de station (PMS)**
  - o Il s'agit d'un pupitre comprenant les commandes pour un contrôle local de la FdQ (mode dégradé ou maintenance). Ce pupitre est installé en extrémité de quai de telle manière à avoir la meilleure visibilité possible sur l'ensemble des PPM de la FdQ.
- **Des Feux d'extrémité de quai (FEQ)**

- Ils servent à indiquer au conducteur (mode dégradé) que la FdQ est sécurisée (toutes portes fermées/verrouillées) et qu'il est autorisé à poursuivre son trajet.

**- Une Armoire Technique**

- Il s'agit d'une armoire électrique permettant d'alimenter la FdQ et comprenant l'ensemble de l'électronique de Contrôle de la Façade de Quai (CFQ). Le CFQ s'interface avec les automatismes et les commandes centralisées du Système pour le pilotage automatique des FdQ, et leurs remontées d'états/défauts au PCC. Cette armoire se trouve dans un local technique.

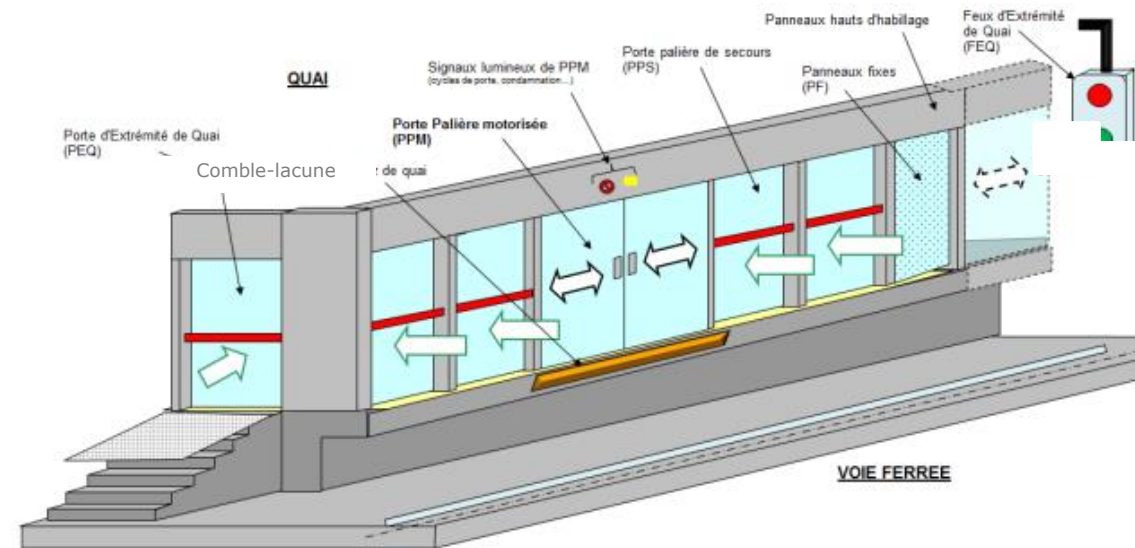


Figure 16: Schéma des éléments de Façade de Quai

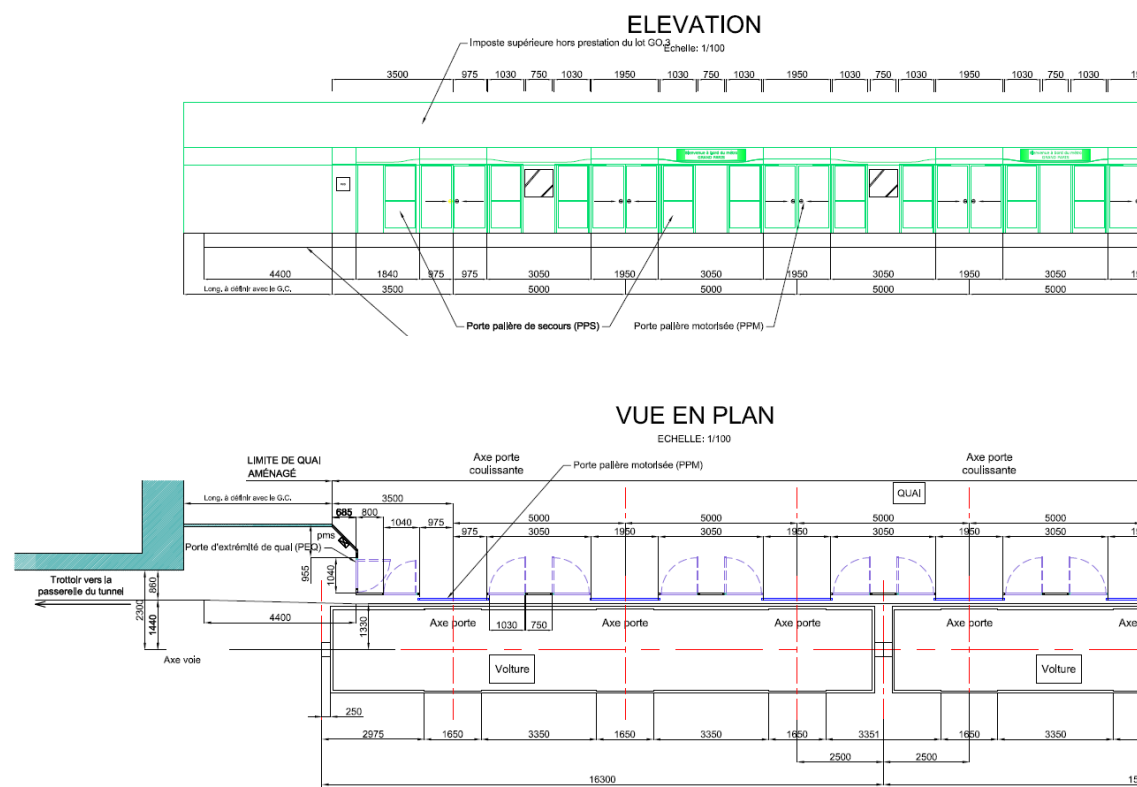


Figure 17: Schéma de configuration des Façades de Quai en gare souterraine

La distribution des panneaux fixes a également été ajustée ; la configuration retenue propose un seul panneau fixe encadré par deux portes secours.

**5.5.2. GO 2 - Equipements Courants Faibles**

**5.5.2.1. Présentation**

Les systèmes « Courants faibles » fournissent les services des domaines suivants pour le Système de Transport et sont complétés de dispositions particulières pour répondre à l'ambition du Grand Paris numérique :

- la transmission de données très haut débit et un réseau de fibre noire de valorisation numérique
- la radiocommunication (transmission de données hors automatismes de conduite)
- la téléphonie et l'interphonie
- la radiocommunication à usage du public (mobile et de type WiFi)
- la vidéoprotection (en gare, le long du parcours, aux accès extérieurs et à bord)
- la chronométrie
- le système d'information voyageurs en gare et à bord
- les contrôles d'accès
- l'éclairage en tunnel et viaduc
- la détection incendie des installations fixes
- la surveillance de la qualité de l'air et la détection NRBC (risques nucléaires, radiologiques, biologiques et chimiques)
- la billettique
- Une solution d'aide à la géolocalisation dans les zones couvertes permettant de se substituer au signal GPS

La supervision de l'ensemble des équipements est assurée par les « commandes centralisées » (GO4). La supervision proposée par les commandes centralisées est une supervision orientée exploitation. Les systèmes complexes type GO2 nécessiteront des outils de supervision dédiés à l'activité, permettant au mainteneur de pouvoir gérer et superviser l'état de fonctionnement des systèmes de transport GO2 IT. Les informations détaillées de contrôle et de commande permettent d'assurer les fonctions d'exploitation, de maintenance et de gestion (archivage, analyse du fonctionnement, statistiques...).

L'ensemble des systèmes doit offrir une disponibilité et une fiabilité maximale aussi bien pour les besoins techniques que pour les services de communication offerts aux passagers. Il est attendu que les systèmes soient sécurisés pour empêcher toute intrusion sur les systèmes ou tout acte malveillant. Ainsi, la politique de sécurité des systèmes d'information du Grand Paris Express doit être déclinée et appliquée pour tous les systèmes.

### 5.5.2.2. GO2.1 RMS et Chronométrie

Ce système comprend le réseau multiservice et la chronométrie.

Le réseau multiservice est basé sur une technologie MPLS véhiculée sur un support physique optique desservant les gares et les puits.

Le mécanisme de transport MPLS (MultiProtocol Label Switching, RFC 3031), par ses caractéristiques, permet de mettre une ingénierie de trafic, de sécurité et de qualité de service plus efficace.

Le réseau RMS est organisé en deux niveaux :

- Niveau 1 : « épine dorsale » pour les liaisons entre gares et sites de maintenance (SMR et SMI)
- Niveau 2 : desserte des puits depuis les gares

La chronométrie s'appuie sur un serveur stratum 1 distribuant la synchronisation horaire à tous les systèmes.

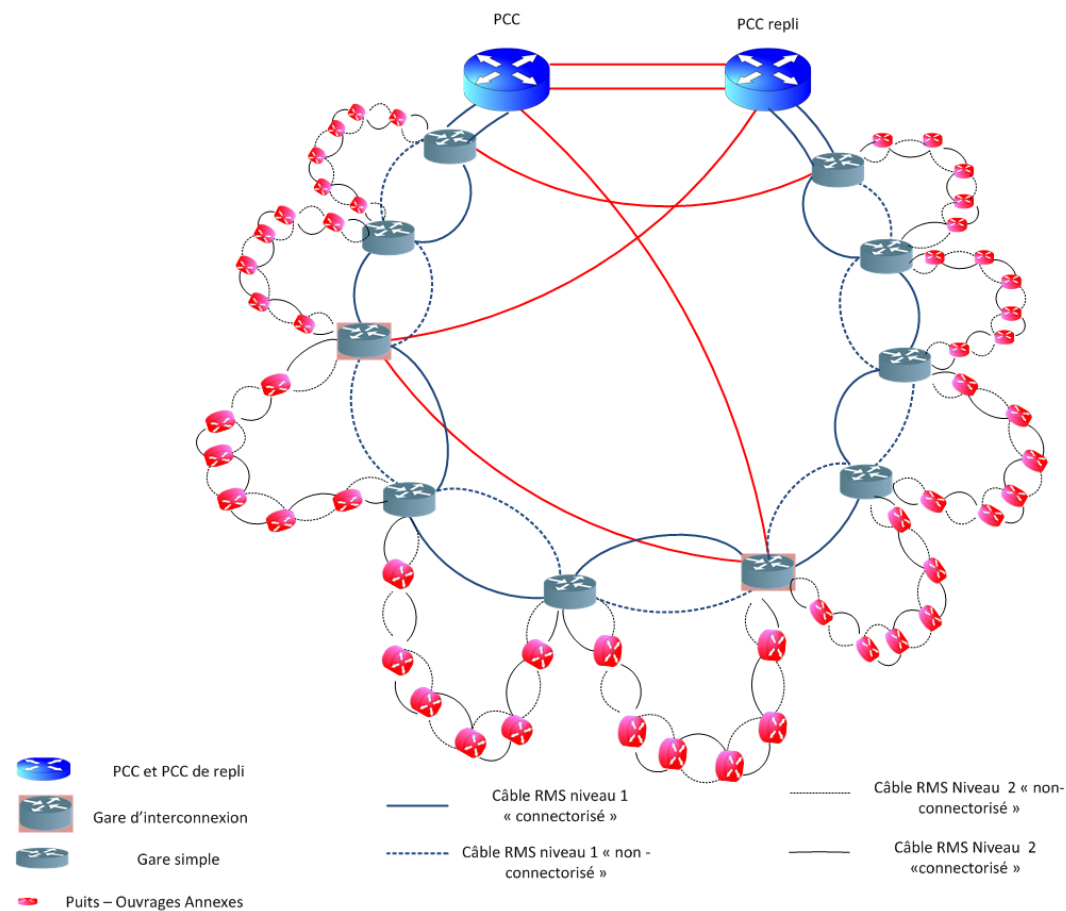


Figure 18 : Topologie du câble RMS GPE L18

### 5.5.2.3. GO2.2 - Radio

Le système Radio comprend trois fonctions : la radio exploitant permettant aux équipes d'exploitation/maintenance de communiquer, la radiocommunication « haut débit » support de transmission avec le sol pour les systèmes courants faibles embarqués dans les trains, la radio « INPT » réservées aux communications des services de sécurité et de secours.

La radiocommunication à usage du grand public ne fait pas partie de ce GO. Elle fait partie du GO 2C valorisation numérique. De même, les automatismes de conduite comportent leur propre système de radio communication dédié (Réseau STD du GO 4 hors GO2.2).

La solution envisagée est constituée d'une communication LTE PMR par câble rayonnant complétée par l'intégration de communication très haut débit et très courte portée en gare afin de permettre le déchargement rapide de flux vidéo embarqués stockés à bord.

Cette solution permet de partager les ressources de communication radio entre l'exploitation (radio exploitant et haut débit) et les services de sécurité et de secours, ces derniers ayant bien entendu toujours la priorité. Le protocole autorise une hiérarchie des communications et donc de mutualiser ce flux radio pour différents usages. Pour ce faire, une architecture de type « Roaming Home » est envisagée pour les services de secours et de sécurité. Cette architecture offre la possibilité d'offrir des services d'itinérance tout en hiérarchisant les utilisateurs et les communications. Le réseau LTE-PMR combiné avec le choix d'implémentation RMS-MPLS offre également la possibilité de cloisonner des flux de bout en bout.

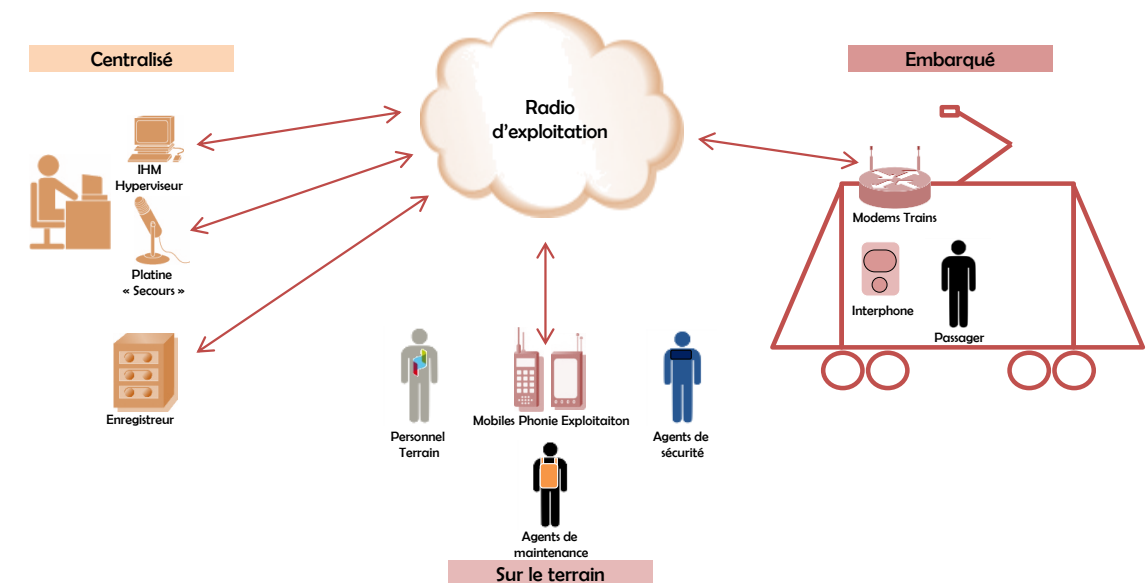


Figure 19 : Usages Radio exploitant

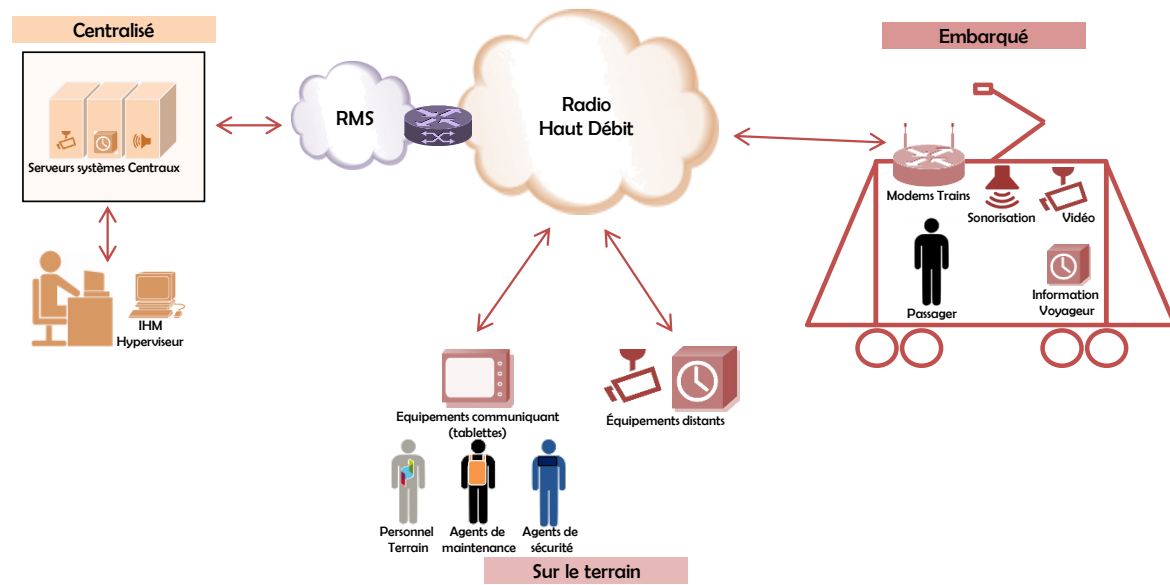


Figure 20 : Usages radiocommunication haut-débit

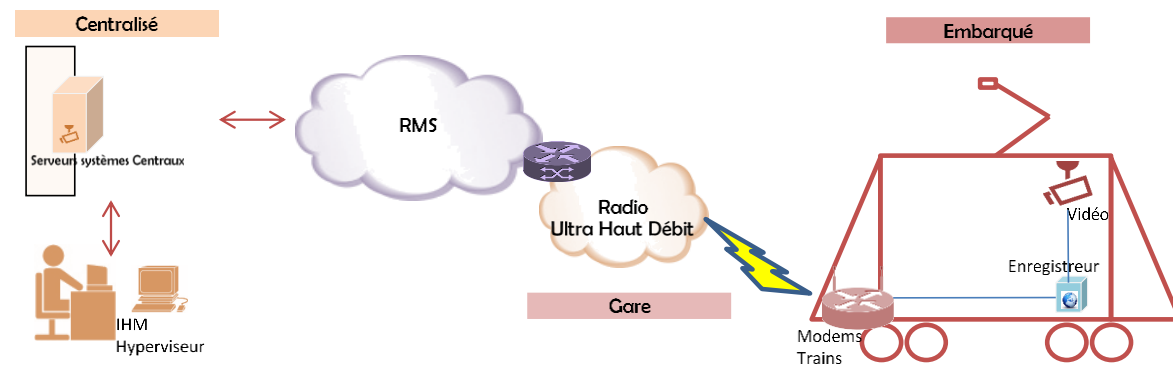


Figure 21 : Usages radiocommunication Ultra Haut Débit

En plus de la bande de fréquence 2600MHz en TDD (Time Division Duplex), les fréquences retenues sont dans la bande PPDR (Public Protection and Disaster Relief) à 700 MHz en mode FDD (Frequency Division Duplex) qui est subdivisée comme suit :

- 698-703 MHz dans le sens montant (uplink ou UL)
- 753-758 MHz dans le sens descendant (downlink ou DL)
- 733-736 Mhz dans le sens montant (uplink ou UL)
- 788-791 MHz dans le sens descendant (downlink ou DL)

Les communications se font dans le sens montant ou « Uplink » (transmission d'utilisateur vers le réseau) et dans le sens descendant ou « Downlink » (transmission du réseau vers l'utilisateur) indépendamment du type de transmission TDD ou FDD.

Les problématiques de support physiques des systèmes radio (antennes versus câbles rayonnants) ont fait l'objet d'une analyse poussée pour combiner tous les besoins et les contraintes (y compris les besoins STD et valorisation numérique).

En synthèse de cette analyse, il se dégage quelques règles simples d'ingénierie d'installation à appliquer aussi bien pour la solution antennaire que pour la solution basée sur le câble rayonnant.

L'utilisation de la technologie MIMO (Multiple Input Multiple Output / accès via des chemins E/S multiples) permettant d'obtenir un niveau de performance très satisfaisant est recommandée. La mise en place technique du MIMO implique de doubler le nombre d'infrastructure rayonnante quel qu'en soit le type (antennes ou câbles rayonnants).

La mutualisation de l'infrastructure rayonnante entre la radio grand public et la radio exploitant doit être étudiée en détail en phase PRO pour en confirmer la possibilité technique.

Sur le viaduc, la radio STD ne peut être portée que par des antennes. Suite aux premières études, les autres services radios, sous réserve de la validation en PRO du principe de mutualisation, pourraient également être portés par des antennes.

### 5.5.2.4. G02.3 - Billettique et Comptage voyageurs

Le système billettique comprend la vente des titres de transport (distributeur ou guichet) ainsi que les systèmes de validation (portillons et valideurs) et de contrôle (terminaux portatifs).

La technologie privilégiée est de type sans contact, sachant que les spécifications des équipements seront fournies par IdFM.

Le système Billettique n'a pas fait l'objet d'études détaillées en phase AVP ; des provisions génériques d'espace techniques de liaisons BT et communication ont toutefois été prises en compte pour des lignes de péages en entrée et sortie et des armoires de distributions de titre.

### 5.5.2.5. G02.4 - Contrôle d'accès

L'architecture repose sur un système central de gestion du contrôle d'accès/détection intrusion composé de serveurs redondés piloté via l'IHM Banalisée du PCC.

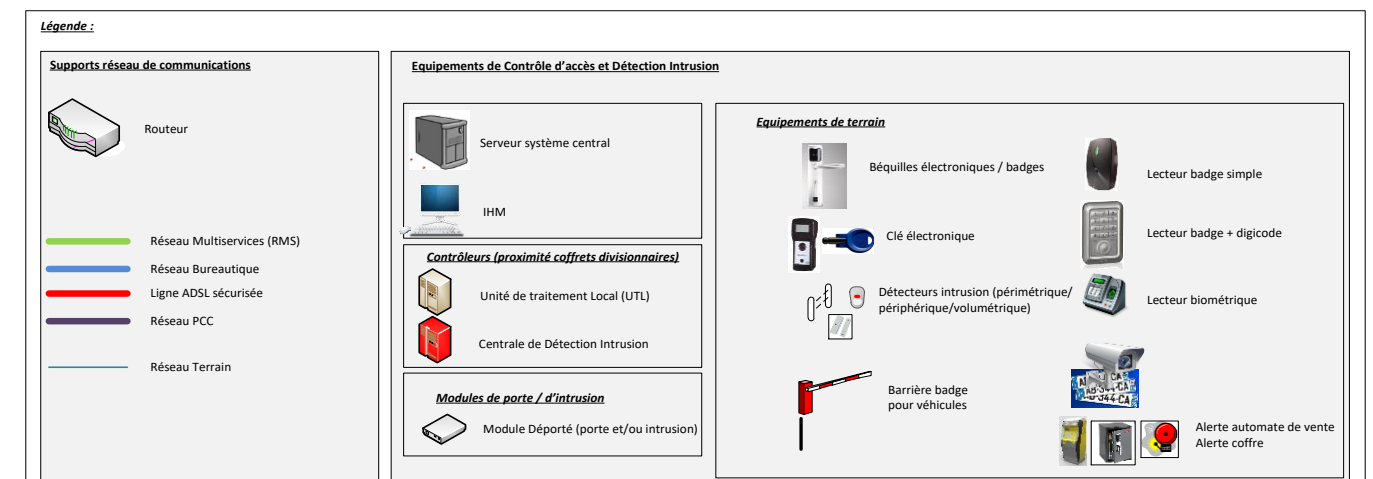


Figure 22 : Légende du schéma de l'architecture de référence du contrôle d'accès

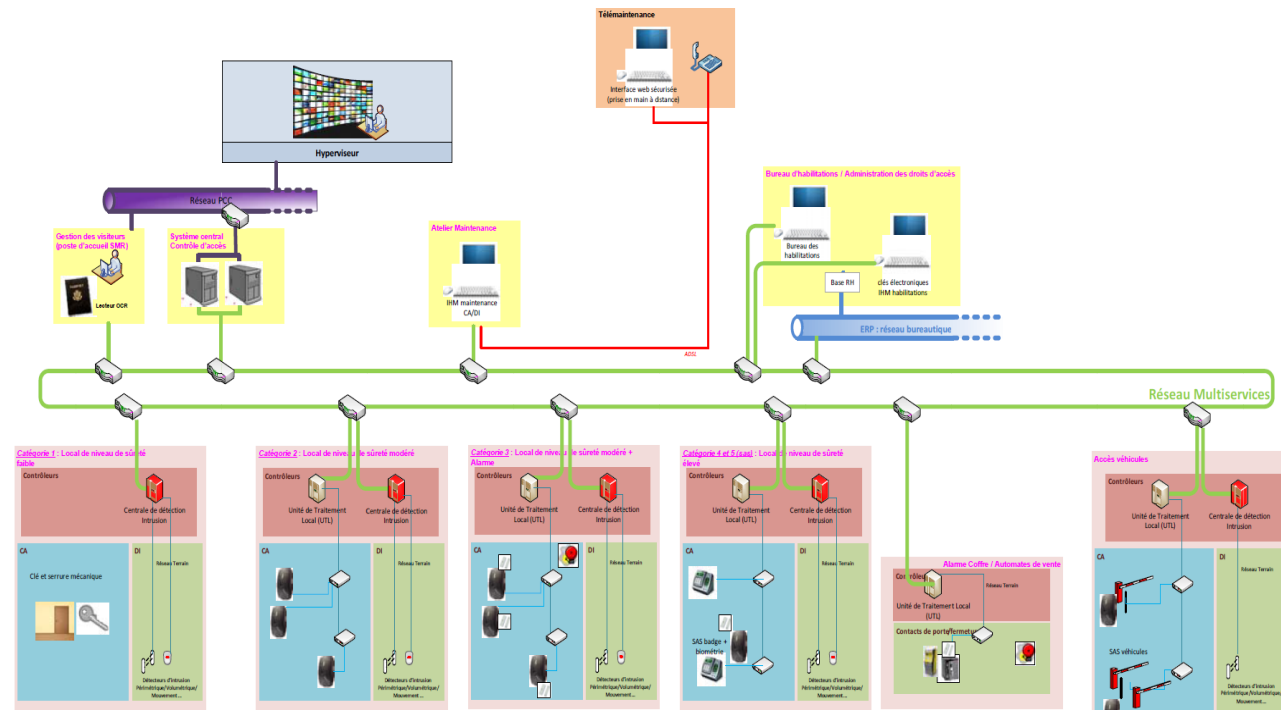


Figure 23 : Schéma de l'architecture de référence du contrôle d'accès

Les applicatifs de gestion des accès et de l'intrusion sont en charge de traiter les commandes issues de l'IHM Banalisée et de mettre à disposition de celle-ci les données des équipements terrain. Une IHM spécifique (hors PCC) permet de gérer les habilitations.

Sur le terrain, deux types de contrôleurs sont déployés :

- Une unité de traitement locale (UTL) : elle constitue l'automate gérant le contrôle d'accès
- La centrale de détection intrusion (DI) : automate spécifique de détection intrusion

Un contrôleur est capable de gérer 8 à 16 accès à la fois.

Les contrôles d'accès concernent l'accès aux zones non publiques. Les types de contrôle sont conformes au Guide de sûreté qui définit pour chaque type de locaux les types de contrôle d'accès à y installer.

### 5.5.2.6. G02.5 - Vidéo surveillance

L'architecture repose également sur un système central de gestion de la vidéo composé de serveurs redondés piloté via l'IHM Banalisée du PCC.

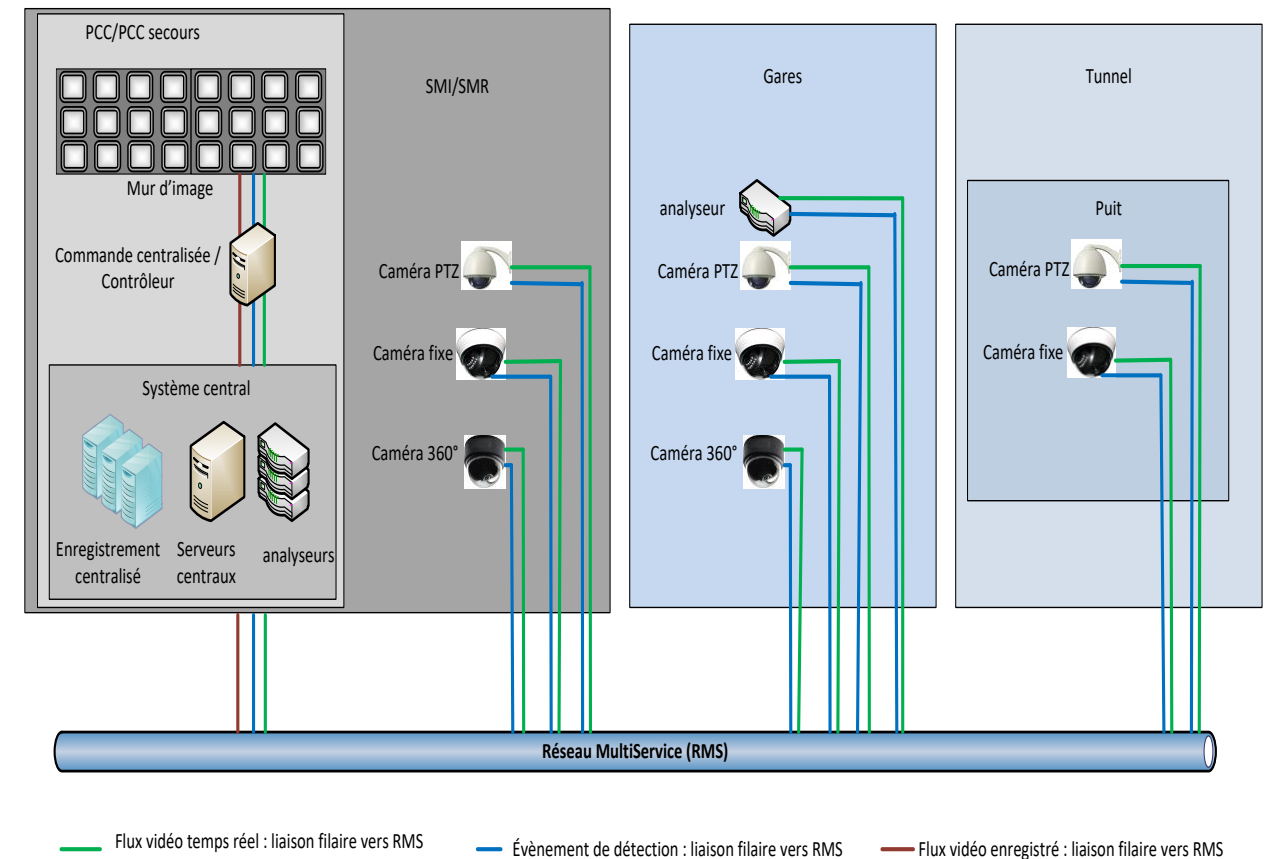


Figure 24 : Synthèse d'architecture du système vidéosurveillance

Ce serveur est également interfacé en extérieur au système de surveillance de la Préfecture de Police.

Les enregistrements de tous les flux vidéo sont réalisés de façon centralisée et stockés pendant une durée de 30 jours.

La vidéo-protection comprend des caméras et des analyseurs d'images.

Les caméras à mettre en œuvre seront de type IP et capables de produire plusieurs flux simultanés, en temps réel et avec des caractéristiques différentes (images/secondes, résolution, débit...).

Les principaux types de caméras sont :

- Caméras HD (Haute Définition) fixes (format dôme ou « standard »)
- Caméra Full HD
- Caméras 360° 4K avec optique « fish-eye », à miroir ou autres (1caméra 4K équivaut à 4 caméras HD) 4K= résolution Full 4K (4096 x 2160 pixels)

La nature d'une caméra à installer dépend des objectifs et des zones à couvrir.



Les analyseurs d'images à l'aide de fonctions élaborées doivent pouvoir :

- Détecter la présence d'un colis suspect
- Détecter une présence dans une zone surveillée
- Analyser des mouvements de foule
- Détecter un incendie
- Estimer un niveau d'occupation anormal d'une zone



Figure 25 : Estimation du nombre de personnes par caméra 360°

La finalisation de ces fonctions élaborées sera l'objet de phases ultérieures (PRO).

### 5.5.2.7. G02.6 - Information voyageur, sonorisation

Le système d'Information voyageur (SIV) et de sonorisation comprend tous les systèmes d'affichage en gare pour chaque zone d'activité (espace de vente, espace d'échange, abords de la gare et zone de quais). Il permet également l'information des voyageurs à distance par l'intermédiaire de mise à disposition de données et d'applications accessibles via des outils internet.

Les solutions retenues sont résumées ci-dessous :

Tableau 1 : Synthèse des solutions techniques SIV proposées

Lieu	Info voyageur	Sonorisation
<b>Aux abords de Gare</b>	Affichage fixe	Déclenchée sur demande
<b>Accueil ou espaces de vente</b>	Ecrans dynamiques ou dalles tactiles	Déclenchée sur évènement
<b>Couloirs ou espaces d'échange</b>	Ecrans dynamiques, dalles tactiles et signalétique fixe	Déclenchée sur évènement
<b>Quai</b>	Ecrans dynamiques et dalles tactiles. Les écrans OLED ou les technologies de projections sans support forment également une solution valable et innovante.	Systematique et sur borne pour le besoin spécifique de PMR

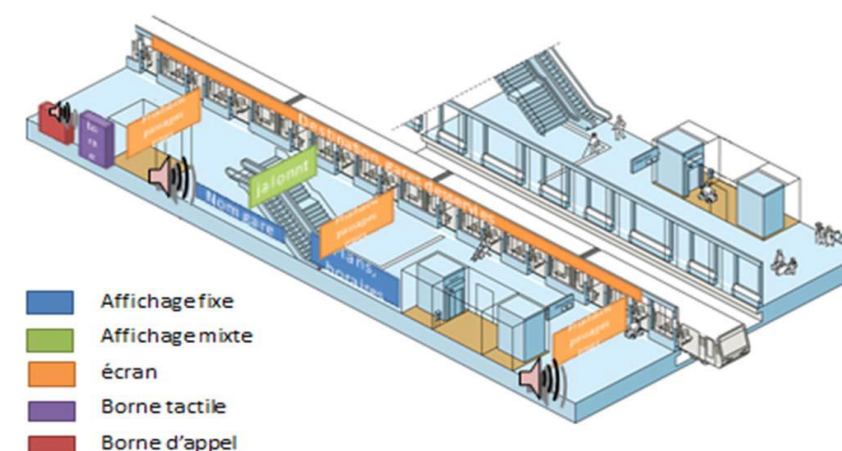


Figure 26 : implantation type de l'information voyageurs à quai

L'architecture repose également sur un système central de gestion de l'information voyageurs composé de serveurs redondés, piloté via l'IHM Banalisée du PCC.

L'information Voyageur est entièrement basée sur de la transmission IP à travers le RMS au sol. La sonorisation pour l'information des voyageurs en gare est mutualisée avec la sonorisation de sécurité.

### 5.5.2.8. G02.7 - Téléphonie et Interphonie

#### Téléphonie, Interphonie

Les systèmes de téléphonie et d'interphonie sont mutualisés et basés sur un système central IPBX. Les terminaux sont connectés en gare et en ouvrage annexe au RMS.

La téléphonie est un réseau tout en IP (les signalisations et la voix sur IP).

L'enregistrement des conversations est mutualisé avec la téléphonie Radio exploitant. Il est fait en temps réel sur un serveur d'enregistrement et permet les écoutes discrètes par la police de la gare.

#### Généphonie

Le système de généphonie, installé en tunnel conformément à la réglementation, est constitué d'une architecture filaire dédiée et équipée, à intervalles réguliers, de boîtiers de raccordement.

### 5.5.2.9. GO2.8 - Surveillance de l'Air et NRBC-E

#### Surveillance de l'air

La surveillance de la qualité de l'air repose sur des systèmes équipements de mesure installés dans les gares les plus fréquentées.

Un serveur central assurera le stockage et l'exploitation des données collectées. Un poste opérateur permettra de valider les données. Ces dernières seront ensuite disponibles pour tous types de traitement et de diffusion. Les équipements de mesure de la qualité de l'air sont administrés depuis un système central situé et connecté aux équipements à travers le réseau RMS.

Le RMS permettra les échanges de données entre le serveur central et les équipements terrains.

#### NRBC-E

La demande de la SGP consiste à ce stade du projet à pré-équiper certaines zones en alimentation électrique et d'un accès au RMS afin de pouvoir y installer ultérieurement des détecteurs NRBC-E.

La détection biologique est écartée au vu de la difficulté de détecter des agents biologiques en instantané et du fait que leur analyse ne peut s'effectuer qu'à l'extérieur (laboratoire).

### 5.5.2.10. GO2.9 - Détection Incendie

Le système de sécurité incendie couvre les PCC, les gares, le site de maintenance des infrastructures (SMI), les ouvrages annexes (puits) ainsi que les places lieux de garage des trains (site de maintenance et de remisage (SMR)).

Il comprend des équipements de détection (équipement de contrôle et de signalisation, détecteur automatique d'incendie, déclencheur manuel, etc.) et de mise en sécurité incendie (centralisateur de mise en sécurité incendie, diffuseurs sonores, etc.).

Chaque ouvrage (gare, SMR, SMI, puits) comporte les équipements précités. Les informations issues de ces équipements sont remontées vers l'unité d'aide à l'exploitation (UAE) située au PCC au travers du RMS. Des fibres optiques dédiées SSI transitent dans le câble abritant les fibres pour le RMS. Les informations sont remontées depuis ces lieux vers l'UAE située au PCC à travers des fibres spécifiques du RMS. Les commandes sont également véhiculées à travers ces fibres.

Le PC de sécurité incendie pilote le désenfumage des gares.

Le désenfumage du tunnel est piloté par la commande centralisée (GO4 UAE du PCS) au travers des automates de ventilation (GO8).

Les défibrillateurs cardiaques sont aussi inclus dans ce groupe d'ouvrage.

### 5.5.2.11. GO2.A - Eclairage et distribution BT

#### Eclairage en Tunnel

L'éclairage de cheminement en tunnel, normalement éteint, peut être commandé à partir de l'IHM Banalisée et peut être allumé par commande locale conformément à la réglementation. L'éclairage de balisage est lui toujours allumé et indique les points particuliers (Prises pompier, évacuation ...)

En tunnel la solution de base est la distribution de luminaires (LED) régulièrement répartis, certains entrant dans la fonction balisage et certains entrant dans la fonction cheminement. Une solution alternative d'éclairage de cheminement est présentée. La solution consiste à diffuser le flux lumineux en sous face de la main courante, en intégrant des LED à la main courante.

#### Eclairage en Viaduc

L'éclairage de cheminement et de balisage en viaduc, normalement éteint, peut être commandé à partir de l'IHM Banalisée et peut être allumé par commande locale conformément à la réglementation.

En viaduc, une solution alternative d'éclairage de cheminement / balisage est présentée. La solution consiste à diffuser le flux lumineux en sous face de la main courante, en intégrant des LED à la main courante.

Un éclairage architectural du viaduc existe aussi.

### Eclairage en Gare et OA

Les éclairages respectent les normes des établissements recevant du public (ERP) et des établissements recevant des travailleurs (ERT).

L'installation d'éclairage comporte deux parties distinctes répondant chacune à un objectif propre :

- L'éclairage normal : Assurer le confort visuel, l'éclairage des informations directionnelles et une circulation facile des voyageurs,
- L'éclairage de sécurité : Permettre l'évacuation des personnes et la mise en œuvre des opérations de secours. Il est composé d'un éclairage d'évacuation, d'un éclairage d'ambiance ou antipanique et d'un éclairage autonome portable dans les locaux électriques.

Dans les gares, les espaces à éclairer comportent les espaces réservés (bureaux, locaux techniques, etc.) et les espaces accessibles au public (quais, espace accueil, etc.). A chaque espace, correspond également un niveau d'éclairement moyen à maintenir.

L'éclairage de sécurité est réalisé depuis deux sources centralisées d'éclairage de sécurité, placées dans deux locaux techniques spécifiques

La conduite du système de gestion de l'éclairage sera assurée à distance depuis un poste de supervision éclairage situé au PCC.

Les Ouvrages Annexes sont considérés comme des établissements recevant des travailleurs. Les espaces à éclairer dans les OA sont les escaliers, les rameaux, les sas, les locaux techniques, les machineries et gaines des ascenseurs.

Les installations d'éclairage sont les suivantes :

- L'éclairage normal comprend l'éclairage des locaux techniques et les circulations,
- L'éclairage de sécurité (ambiance + balisage) permet l'évacuation des personnes en cas de perte d'alimentation de l'éclairage normal.

### Distribution BT en Tunnel et Viaduc

La distribution électrique BT en tunnel et viaduc comprend les prises électriques 12 A pour les secours. Ces prises sont utilisables pour les équipes de maintenance.

### Distribution BT en Gare et OA

La distribution électrique basse tension concerne :

- L'alimentation électrique basse tension des équipements installés en gare souterraine et aérienne,
- L'alimentation électrique basse tension des équipements installés en OA,
- L'alimentation électrique basse tension en attente pour les équipements installés en tunnel/viaduc mais proche gare ou OA (Hors prestations).

Les alimentations BT nécessitent un niveau de disponibilité adapté aux différents équipements à alimenter et sont alimentées depuis :

- les TGBT NR (Normal/Remplacement)
- les TGBT NU (Normal Unique)
- les TGBT ASI.NR ou ASI.NU,

Les équipements raccordés au TGBT NR sont obligatoirement des équipements nécessitant un double attachement tels que l'éclairage de sécurité, le désenfumage de la gare ou encore les pompes d'exhaure du tunnel.

Les alimentations de ces équipements répondent aux exigences de sécurité des tunnels et des gares au sens ERP.

Les tableaux divisionnaires NR sont situés dans les locaux BT à chaque niveau dans la gare, et également dans les espaces réservés comme les locaux techniques.

Les équipements raccordés au TGBT NU sont des équipements nécessitant un seul attachement tels que les centrales de traitement de l'air (CTA), l'éclairage normal ou encore les prises électriques « pompiers ».

Les tableaux divisionnaires NU sont situés dans les locaux BT à chaque niveau dans la gare, et également dans les espaces réservés comme les locaux techniques.

Les équipements raccordés aux TGBT SI sont des équipements nécessitant une alimentation sans interruption (ASI). Il s'agit notamment de tous les équipements de courants faibles permettant d'assurer la sécurité des voyages, la vidéosurveillance, le contrôle d'accès, le système RMS, les automatismes de conduite etc...

L'éclairage et la distribution BT en tunnel sont alimentés à partir de deux types de tableaux installés dans les gares et OA:

- Les tableaux divisionnaires ondulés, qui alimentent les éclairages de signalisation/balisages, et les éclairages de cheminement.
- Les tableaux divisionnaires NU, qui alimentent les circuits de prises de courant pompiers.

### 5.5.2.12. GO2.B - Systèmes Embarqués

Les « systèmes embarqués » se composent des équipements suivants complémentaires aux équipements du MR et intégrés à celui-ci.

Tableau 2 : Synthèse des équipements Systèmes embarqués

Systèmes embarqués	Equipements	Localisation
<b>Réseau Embarqué Invité (REI)</b>	Commutateurs et routeurs reliés par un support fibre optique qui s'interface avec l'ensemble des systèmes embarqués et le MR au travers de liaisons cuivre et/ou optique.	A bord
<b>Vidéosurveillance</b>	Caméras dans chaque voiture ainsi qu'en extrémité.	A bord
<b>Information voyageur</b>	Supports de diffusion visuelle à proximité de chaque porte. Plans de ligne dynamiques. Equipements de sonorisation (amplificateurs, haut-parleurs et micros).	A bord
<b>Interphonie</b>	Interphones au niveau des portes du train ainsi qu'aux emplacements UFR.	A bord
<b>Comptage Voyageur</b>	Capteurs de comptage au niveau des portes.	A bord
<b>Pour chacun des systèmes embarqués</b>	Une ou 2 unités centrales selon les systèmes embarqués.	A bord
<b>Pour chacun des systèmes embarqués</b>	Une application frontale	Au sol (au PCC)

La transmission sol/bord est effectuée par la radiocommunication Haut-Débit.

La mutualisation des UC et des capacités de stockage est possible en fonction de l'allotissement retenu.

### 5.5.2.13. GO2.C – Grand Paris numérique

Au stade AVP, la valorisation numérique est constituée des équipements suivants :

- Fibres noires mises à disposition de tiers (Usages externes au réseau GPE). Dans le cadre du projet, l'infrastructure se limite au linéaire de la ligne (multitubulaires en micro conduite en tunnel ou caniveaux en viaduc) et aux fermes optiques dans les locaux opérateurs en gares ;
- Radio grand public (infrastructure antennes ou câbles rayonnants et locaux techniques pour opérateurs - 4G ou normes suivantes) ;
- Point d'accès wifi au sol et en embarqué pour les voyageurs à bord des trains et dans les gares du GPE;
- Transmission très courte portée et très haut débit permettant par exemple aux passagers des trains de télécharger des vidéos ;
- Serveur de contenu en embarqué ;
- Géolocalisation des passagers dans les gares et dans les trains.

### 5.5.3. Équipements électromécaniques

#### 5.5.3.1. GO 8 Équipements électromécaniques de la ligne

Les « Équipements électromécaniques de la ligne » couvrent l'ensemble des installations et des équipements en ligne qui ne sont pas du domaine du génie civil ou de second œuvre mais sont portés par la MOE-S. Cet ensemble se compose des installations et équipements tels que :

- o Les installations de ventilation de confort et de désenfumage, de décompression, du tunnel
- o Les installations pour le recueil et l'évacuation des eaux d'exhaure du tunnel (point bas de La Minière). Concernant les équipements électromécaniques en OA, ceux-ci sont à la charge du MOEI (GO7)
- o Les câbles et leurs cheminements depuis les tableaux divisionnaires et les armoires automates vers les équipements et dispositifs/équipements tunnel (registres, variateurs, pièges à son, etc.)

De plus, ce système couvre toutes les exigences réglementaires pour le tunnel : arrêté du 22 novembre 2005 relatif à la sécurité dans les tunnels des systèmes de transport public guidés urbains de personnes

L'ensemble des équipements est supervisé pour assurer le fonctionnement nominal des installations et la maintenance de ceux-ci. La supervision s'effectue à partir du PCC (GO4) et de tout autre site équipé d'un poste de supervision (en gare, en centre de maintenance...). Pour les équipements participant à la sécurité du tunnel, des dispositifs de commande locale peuvent être envisagés pour une utilisation par les services de secours ou en cas d'indisponibilité des postes de supervision.

### 5.5.3.2. Choix de la solution technique

- Le positionnement des ouvrages annexes et la stratégie de désenfumage en cas d'incendie en tunnel doivent respecter les points suivants de l'arrêté du 22/11/2005 :
  - La fonction de désenfumage en tunnel doit permettre de maîtriser la propagation des fumées dans une zone définie
  - La fonction de désenfumage en tunnel doit permettre de limiter le nombre de personnes confrontées aux effets du sinistre, qu'elles soient situées dans la station ou la gare ou dans les trains potentiellement arrêtés en tunnel
  - La fonction de désenfumage en tunnel contribue en outre à faciliter l'intervention des services de secours
  - L'implantation des ouvrages du système de ventilation doit permettre de protéger des fumées les stations encadrant le tunnel et tout point situé à plus de 800 m de l'origine des fumées
  - La distance entre deux accès des secours ne peut être supérieure à 800m.
- Pour respecter la réglementation, 2 stratégies de désenfumage sont possibles :
  - Une stratégie permettant de créer des scénarios totalement réversibles (inversion du sens du désenfumage en tunnel en respectant les objectifs réglementaires) sur tous les tronçons de désenfumage en tunnel. Dans cette solution qualifiée de réversible, l'interdistance entre chaque point d'extraction mécanisée doit être inférieure à 800 m. Chaque gare doit être équipée de deux usines d'extraction mécanisée, une à chaque tympan.
  - Une stratégie qualifiée de non réversible, pour laquelle le sens de l'extraction des fumées est imposé par la localisation des ventilateurs autour du sinistre. L'inter distance maximale entre deux points successifs d'extraction mécanisée doit être de 1600 m. Un point d'extraction doit être placé à moins de 800 m de chaque tympan de gare pour les protéger des fumées.
- La stratégie de désenfumage non réversible a été retenue.**

Le positionnement des points de ventilation mécanisée ou non en tunnel est celui-ci :



Figure 27 : Schéma de distribution des usines de ventilation en OA et gares

### 5.5.3.3. Performance

- La présence des by-pass au niveau des OA ventilés permet à l'air de pouvoir facilement shunter le bloc ventilateur lorsque celui-ci est à l'arrêt et son registre d'isolement fermé
- Ainsi, sous l'effet du pistonement des trains et des différences de température entre l'intérieur et l'extérieur du tunnel (effet cheminée), des échanges d'air peuvent s'établir naturellement permettant de renouveler l'air des tunnels sans avoir à activer le système mécanique de ventilation. Ce processus de ventilation naturelle fonctionnera notamment lorsque le cadencement des trains ne sera pas trop soutenu (heures creuses).
- L'air poussé par les trains est chassé par un by-pass ouvert et l'air frais est aspiré dans le tunnel par la dépression créée en arrière du train.
- De manière très schématique, le mouvement d'air en tunnel sous l'effet du pistonement des trains est le suivant :

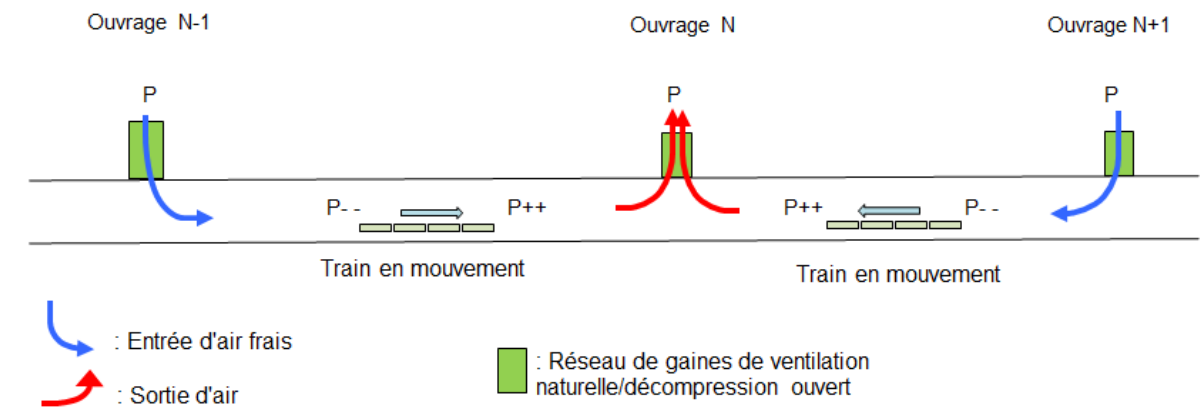


Figure 28 : Mouvement naturel de l'air en tunnel

- Si le système de by-pass n'existait pas au niveau des OA ventilés, les échanges d'air entre l'intérieur et l'extérieur du tunnel seraient beaucoup moins importants, voire quasiment inexistant, même si un registre d'isolement du ventilateur restait ouvert en permanence.
- Les simulations de renouvellement d'air montrent que l'objectif de renouveler 80 % de l'air des tronçons de tunnel est atteint.
- Les simulations de désenfumage qui couvrent toute la ligne montrent qu'il n'y a pas besoin d'accélérateurs implantés en tunnel.
- Les simulations de décompression montrent que les écarts de pression générés par le passage des trains :
  - sont en dessous des seuils de fatigue des façades de quais en gare
  - sont compatibles avec le fonctionnement des ventilateurs de tunnel à plein régime

## 5.5.4. Équipements électromécaniques des gares et des OA.

### 5.5.4.1. G07.1 et G08.1: CVC et désenfumage

- Le périmètre du sous-groupe d'ouvrage G07.1 comprend l'ensemble des équipements électromécaniques relatifs à la ventilation, le désenfumage, le chauffage et la climatisation des gares et des ouvrages annexes.
- Le sous-groupe d'ouvrage G07.1 assure la ventilation et le confort thermique de l'ensemble des espaces de la gare, la protection vis-à-vis des pollutions extérieures et des tunnels ainsi que la mise en sécurité des personnes et des lieux.
- Le sous-groupe d'ouvrage G08.1 assure la ventilation et le confort thermique des tunnels ; les équipements sont présents dans les gares ou les ouvrages annexes, et une protection phonique (pièges à sons) est mise en place contre les nuisances acoustiques.

#### • Traitement thermique CVC

- Les gares présentent différentes zones thermiquement différentes au niveau de l'occupation et de l'activité. Ceci implique d'adapter les installations de traitement climatique à l'usage et en limitant au mieux les dépenses énergétiques.
- Les principales zones sont :
  - Les espaces voyageurs et les quais
  - Les espaces voyageurs aux niveaux intermédiaires
  - La salle d'accueil
  - La zone commerces/services
  - Les locaux techniques
  - Les mezzanines
- Selon le type de local technique, le traitement thermique prévu sera le suivant :
  - Extraction et insufflation mécanique pour maintenir une température inférieure à 40°C
  - Climatisation depuis un groupe froid pour maintenir une température fixe entre 20°C et 25°C suivant le local concerné. Redondance assurée pour certains locaux en détente directe.
- Un sas de surpression est également mis en place, permettant de faire barrière entre le tunnel et le puit. Ce sas est ventilé par un ventilateur de surpression.

#### • Désenfumage dans les gares

- En gare, deux types d'évènement sont susceptibles de se produire :
  - L'incendie de train à quais
  - Les incendies d'autre nature dans l'ensemble de l'ERP.
- L'incendie de train à quais est abordé spécifiquement puisqu'il représente un risque induit par le système de transport. Pour les autres scénarios d'incendie, leur traitement est conforme à la réglementation de sécurité des gares, lui-même conforme à la réglementation applicable dans les ERP.
- La conception de la ventilation de désenfumage des gares consiste à :
  - Définir les zones de désenfumage,
  - Concevoir la ventilation de désenfumage de chacune de ces zones,
  - Mettre en place des moyens de protection des cheminements d'évacuation (voile de cantonnement par exemple).
- Une distinction est faite entre les gares souterraines et aériennes.
- Les gares souterraines sont composées d'emplacements « stationne et transit » (système de désenfumage dédié) et d'emplacements « transit » (système de désenfumage et sans vérification d'un renouvellement d'air de 15 volume par heure et si limitation dans cet emplacement des activités génératrices de risque ) :
  - Les quais et la salle d'accueil sont des emplacements « stationne et transit »,
  - La mezzanine et les niveaux intermédiaires, permettant la circulation des usagers entre la salle d'accueil et les quais sont des emplacements « transit ».
- Les gares aériennes sont composées de deux emplacements « stationne et transit » :
  - La salle d'accueil
  - Les quais

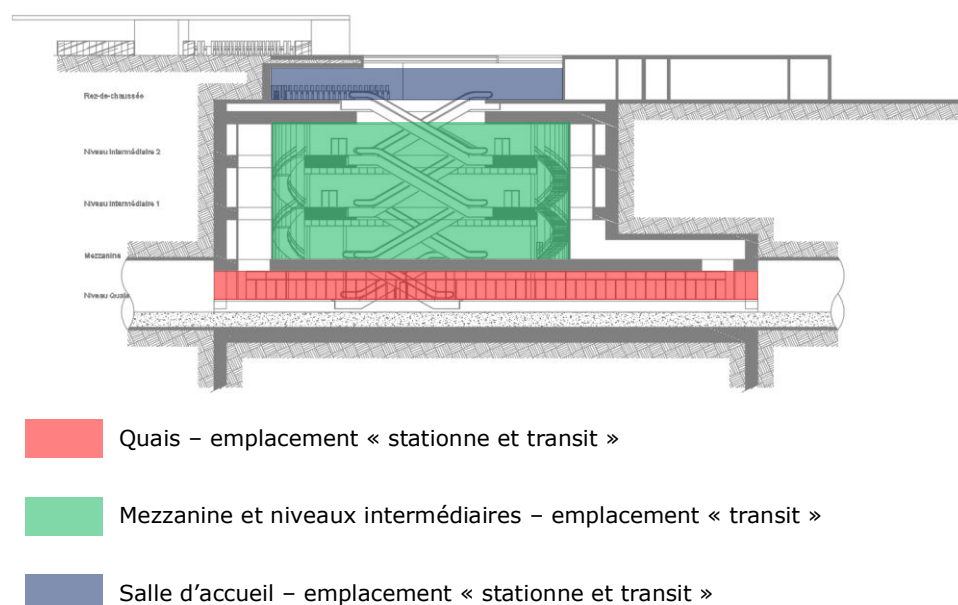


Figure 29: Schéma de localisation des emplacements en gare souterraine

#### 5.5.4.2. G07.2 et G08.2 : Drainage, épuisement et éjection

- Le sous-groupe d'ouvrage G07.2 concerne l'ensemble des équipements d'évacuation des eaux d'exhaures, des eaux incendie, des eaux pluviales et des eaux usées. Ce sous-groupe d'ouvrage concerne également les productions individuelles d'eau chaude sanitaire, des alimentations et des évacuations des équipements sanitaires.
- Le sous-groupe d'ouvrage G08.2 concerne l'ensemble des équipements relatifs à l'évacuation des eaux d'exhaure, des eaux incendies, des eaux pluviales et des eaux usées des ouvrages annexes.
- Les effluents à relever sont :
  - Les eaux d'exhaure provenant des infiltrations d'eau sur la paroi des gares souterraines ou des ouvrages annexes
  - Les eaux d'exhaure provenant des infiltrations d'eau sur la paroi des tunnels en amont et/ou aval des gares souterraines, dans le cas des gares ou ouvrages annexes situées en point bas
  - Les eaux d'incendie provenant des essais ou du fonctionnement en cas d'incendie des moyens d'extinction des gares souterraines, des ouvrages annexes ou des tunnels
  - Les eaux provenant du lavage des sols des quais des gares souterraines (volumes et débits négligeables)
  - Les eaux pluviales provenant des toitures et des structures des gares
- Les eaux usées des gares aériennes proviennent des quais, des fosses ascenseurs/escaliers mécaniques, des locaux techniques, etc. Ces eaux sont récupérées dans le poste EU.
- Dans le cas d'un incendie dans une gare aérienne, les eaux d'extinction d'incendie seront relevées par ce poste d'EU.

- Pour les gares souterraines et les ouvrages annexes, les eaux usées à relever proviennent des locaux techniques et personnels
- Pour toutes les gares, les eaux provenant des équipements sanitaires et des activités tierces des gares seront reprises par des collecteurs gravitaires aériens et enterrés. Les collecteurs aériens rejettent directement vers les réseaux extérieurs, les collecteurs enterrés rejettent vers les fosses EU. Ces eaux usées sont relevées mécaniquement vers les réseaux extérieurs.
- Pour les gares aériennes, si ces réseaux extérieurs sont au-dessous du niveau des réseaux concessionnaires existant, le génie civil devra prévoir un système de relevage extérieur.
- Concernant les ouvrages où cela s'avère nécessaire, les eaux usées seront reprises par des collecteurs gravitaires aériens et enterrés. De même, ces collecteurs se rejettent vers les réseaux gravitaires extérieurs.
- En cas d'incendie, les pompes de relevage du poste seront mises à l'arrêt afin d'éviter l'envoi des eaux polluées de l'incendie vers les réseaux des concessionnaires. Une entreprise spécialisée devra récupérer et évacuer le stockage d'eau incendie après le sinistre par une canne d'aspiration mise à disposition en façade de chaque gare. Une étude sera prochainement lancée pour revoir la récupération des EI sans intervention des entreprises spécialisées permettant un rejet des EI directement dans les réseaux EU/EP.

Si les services d'assainissement imposent une rétention pour chacune des gares et des parvis, les eaux pluviales à relever par le poste de rétention concernent :

- Eaux pluviales des toitures des gares souterraines,
- Eaux pluviales des carreaux de désenfumage des gares souterraines,
- Eaux pluviales des toitures des gares aériennes et de leurs parvis,
- Eaux pluviales des parvis des gares souterraines,
- Pour les ouvrages annexes avec émergence et les gares souterraines et aériennes, les eaux provenant des toitures seront reprises par des naissances et des collecteurs gravitaires aériens. Ces collecteurs se rejettent dans le volume de rétention extérieur.
- Concernant les gares souterraines, les eaux provenant des points bas des carreaux de désenfumage seront reprises par des siphons de sol et des collecteurs gravitaires encastrés. Ces collecteurs se rejettent, en fonction des concessionnaires, soit dans un poste de relevage EP avant relevage vers les réseaux extérieurs, soit vers le poste de relevage EU.

#### 5.5.4.3. G07.3 et G08.3 : Mécanisation des accès

- Les sous-groupe d'ouvrage G07.3 et G08.3 regroupent l'ensemble des dispositifs de mécanisation des accès des gares (G07.3) et ouvrages annexes (G08.3).
- La fonction principale des équipements de mécanisation des accès est de favoriser l'accès aux différents niveaux des gares en améliorant les conditions de voyages des utilisateurs. Dans le cas particulier des ascenseurs, ils permettent en plus l'accès des PMR, en particulier des UFR.
- Les installations en gare comprennent :
  - Des ascenseurs 1600 kg pour le transit des voyageurs (adaptés aux UFR et aux PMR)

- Des ascenseurs de charge 1600 kg pour le transport du personnel et du matériel vers les locaux techniques
- Des escaliers mécaniques pour le transport des voyageurs

L'une des fonctionnalités d'un ouvrage annexe est de permettre, le cas échéant, en cas de sinistre, l'accès des secours et l'évacuation des personnes situées dans la rame de métro.

Un appareil élévateur 1275 kg sera mis en œuvre pour les puits ayant une profondeur supérieure à 30 mètres.

L'ascenseur de charge 1275 kg doit pouvoir recevoir un brancard appareillé (cabine à profondeur adaptée).

Les caractéristiques des ascenseurs tiennent compte de la profondeur des gares et des éventuelles associations ascenseurs escaliers mécaniques pour les évacuations. Les ascenseurs seront installés par couple de deux et permettront un parcours entièrement mécanisé de l'entrée de la gare jusqu'aux quais.

Le dimensionnement des ascenseurs de charge prend en compte le matériel à transporter.

Le nombre d'escaliers mécaniques mis en place correspond aux conclusions formulées dans les calculs de flux (heure de pointe du matin, du soir, évacuation...). Le parcours en gare sera entièrement mécanisé (au moins 1 escalier mécanique à la descente et au moins 1 escalier mécanique à la montée), depuis l'entrée jusqu'aux quais.

### 5.5.4.4. G07.4 et 8.4 : Fermeture et contrôle des accès

Le sous-groupe d'ouvrage G07.4 regroupe l'ensemble des grilles de fermeture des gares. L'ensemble des accès d'une gare est contrôlé par la mise en œuvre de grilles. Elles assurent une fermeture complète de la gare en dehors de la période d'exploitation avec voyageurs. Durant le service voyageur, le libre accès est assuré.

Le sous-groupe d'ouvrage G08.4 regroupe l'ensemble des portes et trappes de fermeture des ouvrages annexes. L'ensemble des accès d'un ouvrage annexe au même titre que ceux d'une gare, est contrôlé par la mise en œuvre d'équipements de fermeture et de contrôle des accès.

L'ensemble des espaces du métro doit être en permanence sous contrôle. Ce contrôle consiste à assurer une fermeture permanente, programmée ou sur évènement des accès aux espaces.

La fermeture permanente est destinée à interdire l'accès à toutes les personnes qui ne sont pas dûment autorisées. L'autorisation d'accès est donnée soit par commande d'ouverture locale (dispositifs à clé mécanique ou à badge), soit par commande distante (PCC)

En dehors des accès prévus et sous contrôle, toutes les dispositions sont prises pour que la pénétration dans les espaces du métro soit impossible.

Deux types de fermetures des accès en gare sont proposés :

- Les grilles motorisées à rouleau.
- Les grilles coulissantes motorisées.

Chaque fermeture ou ouverture d'accès est contrôlée par un dispositif de vidéosurveillance.

Dans les ouvrages annexes, l'évacuation contrôlée des usagers se fait par des édicules en voirie. Cependant, pour certains ouvrages, compte tenu de leur contexte d'implantation particulier, l'accès au puit pourrait être assuré non pas par des trappes manuelles mais par des trappes motorisées.

### 5.5.4.5. G07.5 et 8.5 : Protection incendie

Les sous-groupes d'ouvrage 7.5 et 8.5 concernent l'ensemble des équipements nécessaires à l'extinction incendie en ouvrages annexes et en gares.

La fonction principale des moyens d'extinction incendie est de permettre de circonscire un incendie afin de protéger les personnes et les biens.

Le système d'extinction retenu est :

- Le matériel de première intervention : il s'agit des extincteurs dont le type est adapté au risque et mis à disposition du public et/ou du personnel présent sur les lieux
- Le système de lutte incendie par colonnes sèches mis à disposition des services publics de secours et de lutte contre l'incendie (sapeurs-pompiers).

Il est prévu dans les gares souterraines :

- Une colonne sèche par escalier encoionné pour les 4 niveaux autres que les quais
- Une colonne sèche spécifique aux deux extrémités de chaque quai
- Une colonne sèche spécifique par tunnel en extrémité de chaque quai (la prise est au niveau de la gare).

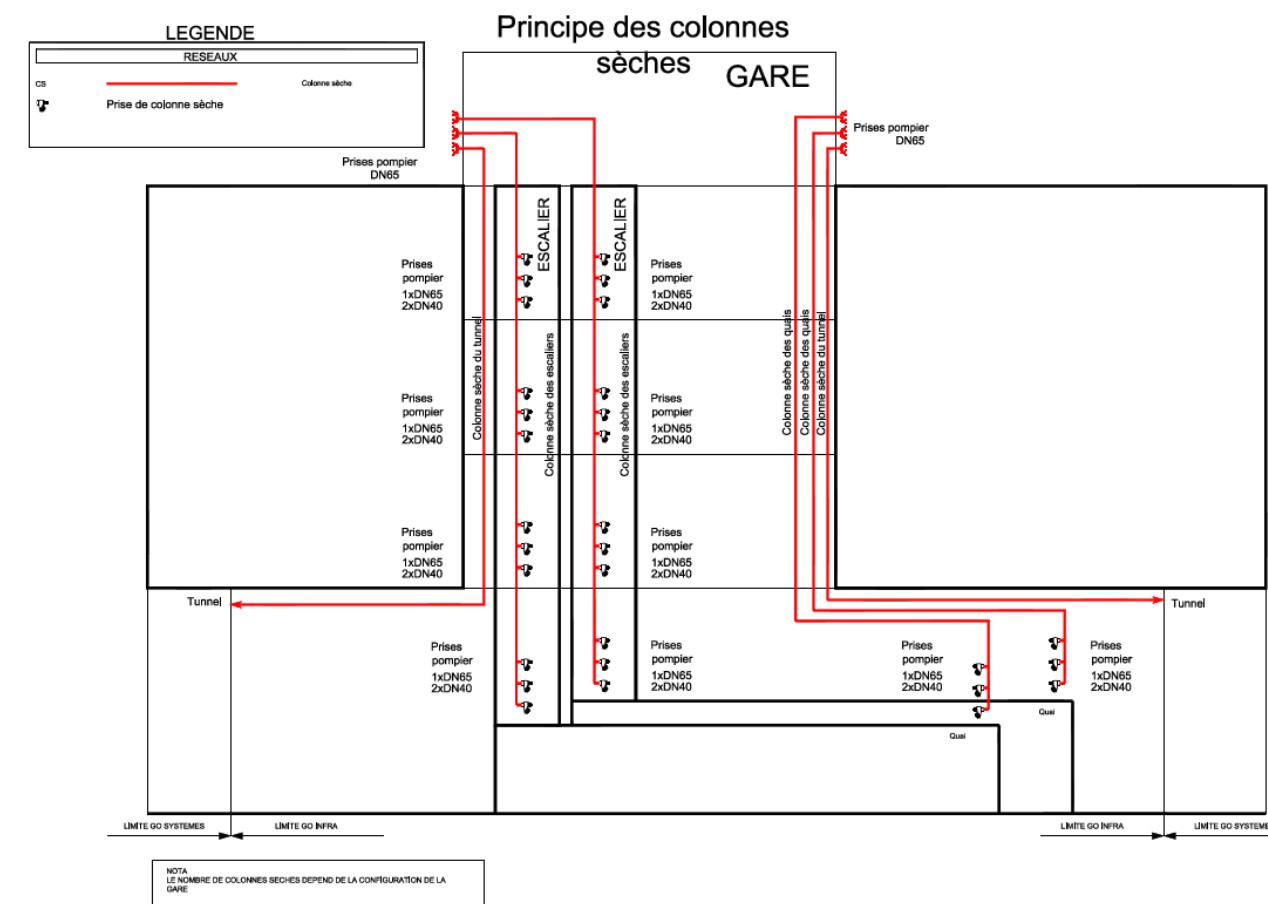


Figure 30: Principe des colonnes sèches en gare

- Deux colonnes sèches sont mises en place pour assurer la protection des Ouvrages annexes et des tronçons amont et aval du tunnel.



- Il est prévu dans les gares aériennes deux colonnes sèches spécifiques par quai à leurs extrémités.
- Les colonnes sèches sont équipées de 3 prises (1 prise en DN 65 et 2 prises en DN 40).
- Toutes les surfaces seront protégées par des extincteurs installés dans les circulations, les zones d'exploitation/bureaux et les locaux techniques.
- Dans les espaces réservés (gares et OA), les extincteurs sont installés dans les locaux techniques et d'exploitation. Ils sont de types portatifs à eau pulvérisée et CO<sub>2</sub> pour les locaux électriques.
- Dans certaines gares, des dispositifs de Robinets Incendie Armés (RIA) peuvent être requis par les services de secours. Ces dispositifs viennent compléter la solution de base d'extinction incendie. Pour les surpresseurs RIA, des reports d'alarmes et de synthèse seront mis en place. Les postes RIA et les installations de surpression devront être certifiés NF et APSAD.
- Le gros œuvre et le second œuvre devront prévoir les réservations dans les parois bétons afin de permettre le passage des canalisations. Le gros œuvre devra également prévoir des socles pour mettre en place les surpresseurs RIA.

## 5.6. Dossier de sécurité

### 5.6.1. Présentation

- Le projet de la ligne 18 est calqué sur le phasage de la loi MOP et de la norme EN 50126 dont les étapes 1 à 10 sont applicables. Les étapes 11 à 14 sont exclues du périmètre de ce plan et feront partis de la démarche sécurité de l'entité (ou des entités) en charge de la maintenance et de l'exploitation. La figure ci-dessous présente la synchronisation entre les dossiers STPG, les dossiers techniques justificatifs de sécurité spécifiques aux industriels, les phases de l'EN 50126 et de la loi MOP :

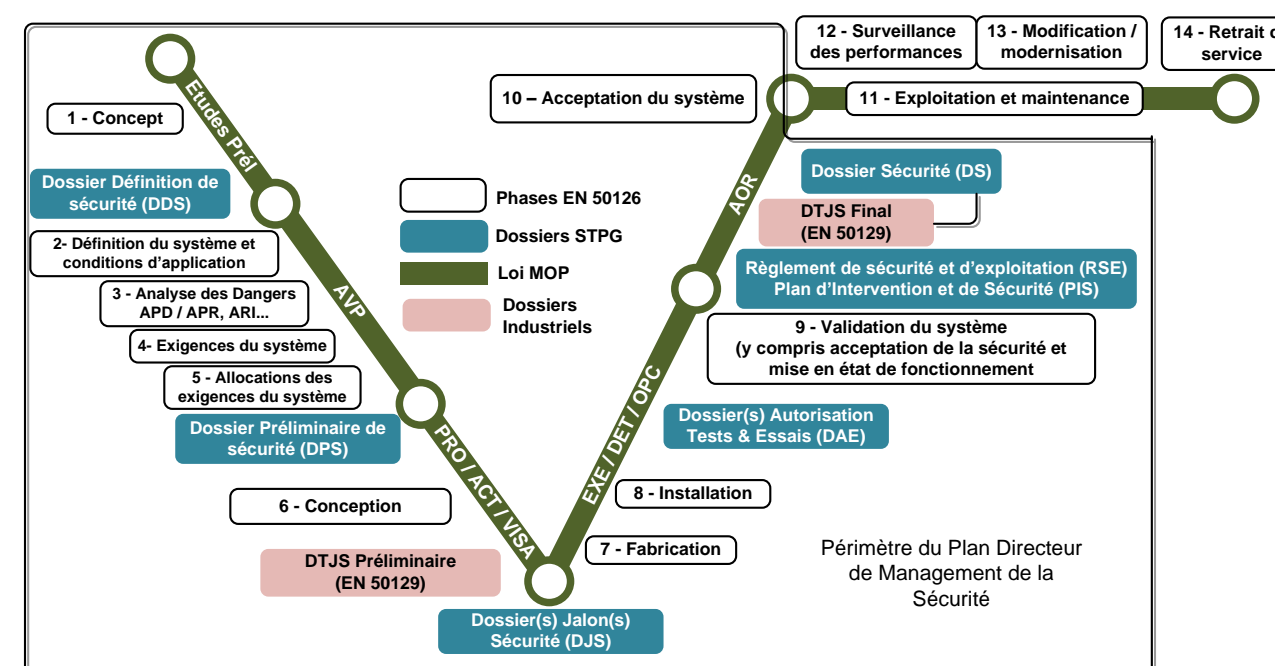


Figure 31: Cycle de Vie Sécurité du Projet L18

### 5.6.2. Objectifs sécurité

- L'objectif de sécurité du projet est basé sur l'application du 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 œuvre dans le cadre de ce projet 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 ;
  - définition des critères de clôture des dangers ;
- réalisation d'une analyse préliminaire des dangers (APD) et identification des exigences de sécurité associées (au niveau des sous-systèmes, des interfaces, au niveau des exigences de sécurité exportées vers l'exploitation et la maintenance).
- En ce qui concerne l'objectif de sécurité des systèmes constitutifs de la ligne 18, l'objectif spécifique de sécurité est que l'ensemble des équipements et des infrastructures offrent le même niveau de sécurité que ceux en service sur d'autres lignes exploitées 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 règlementaires et techniques de construction
  - en particulier, la conception et la réalisation des ouvrages d'art doivent respecter l'IT du 22/11/2005 (comportement au feu des matériaux, désenfumage, cheminements d'évacuation...) ainsi que l'arrêté du 24 décembre 2007 portant approbation des règles de sécurité contre les risques incendie et de panique dans les gares
  - les objectifs de sécurité seront définis en termes de « risques acceptables » ou « inacceptables » en fonction de la gravité et de l'occurrence des événements redoutés identifiés dans les analyses de dangers. Les critères de classification des risques sont définis au travers de la matrice de tolérance du risque

**L'objectif de sécurité à atteindre est l'absence de risques inacceptables.**

## 5.7. Fiabilité, Maintenabilité, Disponibilité

### 5.7.1. Présentation

Le niveau objectif de disponibilité et de qualité de service est élevé ; à minima, il doit atteindre le niveau observé sur des lignes exploitées sans conducteur telle la ligne 14 du métro parisien. Il doit être également cohérent avec ceux déjà définis pour les autres lignes du Grand Paris Express.

Les objectifs FMD sont fixés sur la base de la ligne 18 complète, c'est-à-dire une ligne de 37 km environ comportant 10 gares. Dans ce cadre, l'objectif de disponibilité technique (demandée au concepteur et au mainteneur) pour les différents groupes d'ouvrages tels que le courant fort/courant faible, le matériel roulant, les automatismes de conduite, commandes centralisées, les portes palières, les équipements électromécanique des gares et de la ligne, la voie, sont supérieurs à 99% (à l'exclusion des agressions par l'environnement dont le vandalisme, les incivilités et les anomalies suite aux opérations de maintenance préventive).

Ces objectifs de disponibilité sont déclinés 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 des incidents.

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.

### 5.7.2. Système d'Aide à la Maintenance (SAM)

Le SAM est un outil orienté maintenance et permet aux mainteneurs de réaliser des diagnostics avancés à travers des consultations de données et d'états non accessibles depuis le SCADA.

Le matériel roulant est composé de plusieurs sous-systèmes fournis par les différents équipementiers du matériel roulant. Le système d'aide à la maintenance du matériel roulant est donc *composite*.

Les installations fixes seront, pour certaines d'entre elles et selon les possibilités offertes par la solution industrielle retenue, équipées d'un système d'aide à la maintenance qui lui est propre offrant au personnel de maintenance compétent une interface homme/machine lui permettant de réaliser des consultations d'états, d'évènements et d'informations en complément du SCADA. Ces SAM s'inscrivent dans une démarche d'optimisation de la maintenance (corrective ou prévisionnelle) pour l'aide apportée à la réalisation d'un diagnostic.

Les SAM ne se substituent pas au SCADA, ils sont complémentaires en apportant un niveau de détails supplémentaire pour l'activité de maintenance et l'exploitation.

## 6. Exploitation et maintenance

## 6.1. Exploitation

### 6.1.1. Exploitation en ligne

#### 6.1.1.1. Caractéristique de la ligne

La ligne 18 dessert 10 gares sur une distance de 34,6 km entre l'aéroport d'Orly et Versailles Chantiers en traversant le plateau de Saclay. Le parc de véhicules est composé de rames polarisées<sup>1</sup> à roulement fer bénéficiant du pilotage automatique intégral.

La ligne comprend une section en viaduc de 13 km encadrée par 2 sections en tunnel. La distribution de l'énergie électrique de traction est assurée par 3<sup>ème</sup> rail sous 1500 Volts à courant continu.

La vitesse d'exploitation maximale est de 100 km/h permettant une vitesse commerciale minimale de 65 km/h et un intervalle pouvant atteindre à terme 85s avec des rames de 3 voitures. L'intergare moyenne est de 3,7 km avec pour minimum, 1,5 km entre Antony-Pôle et Massy-Opéra et pour maximum 8,5 km entre CEA-St-Aubin et Saint-Quentin Est. Toutes les voies sont banalisées<sup>2</sup> de façon à permettre une circulation des trains dans les 2 sens sur une même voie apportant de la souplesse à l'exploitant.

L'ensemble des gares dispose de façades de quai. Seules les gares souterraines sont équipées de façades de quai toute hauteur.

La ligne 18 n'est pas interconnectée avec d'autres lignes de transport ferrées. Elle est en correspondance directe (quai commun) avec la ligne 14 à Orly ainsi qu'avec les lignes principales suivantes :

- Lignes B et C du RER à Massy-Palaiseau,
- Ligne tram-train Versailles-Massy-Evry à Massy-Palaiseau et Versailles-Chantiers,
- Ligne TGV à Massy-Palaiseau,
- Lignes Transilien et RER C, lignes TER et TGV à Versailles-Chantiers

La ligne est exploitée et supervisée depuis le centre d'exploitation situé à Palaiseau.

<sup>1</sup> Orientation du véhicule constante à la voie. L'extrémité d'un train en position avant dans un sens de marche donné ne peut se retrouver en position avant dans le sens contraire. Les rames rebroussement en terminus mais ne se retournent pas.

<sup>2</sup> Circulation dans les 2 sens sur une même voie.

Le système de transport, les gares, les ouvrages annexes, l'énergie, la sûreté et la sécurité incendie sont gérés de façon centralisée depuis le PCC/PCSI<sup>3</sup> 24h/24 tous les jours de l'année.

#### 6.1.1.2. Le centre d'exploitation

Le centre d'exploitation comprend la direction de ligne et le poste de commandes et de contrôles centralisés (DL-PCC), le site de maintenance et de remisage des rames voyageurs (SMR), le site de maintenance des infrastructures et des installations fixes (SMI). Le centre d'exploitation est situé sur le site de Palaiseau.

##### • La direction de ligne et le PCC

Cette entité assure l'exploitation de la ligne dans sa totalité. Y sont regroupés, la direction générale, les directions administratives, les directions techniques et des opérations.

Les postes de commandes et de contrôles centralisés (PCC) sont intégrés dans une salle qui occupe une place centrale dans le bâtiment. L'entité sécurité incendie et sûreté est intégrée à cette salle PCC en espace ouvert et communiquant avec les postes de supervision du système de transport.

La direction des opérations est en charge de l'exploitation de la ligne et de l'entretien des rames et des espaces publics (nettoyage).

##### • Le SMR

Le SMR est destiné au traitement des opérations liées au matériel roulant voyageurs. Il permet d'assurer les fonctions principales suivantes :

- Remisage des trains :

Le remisage des trains comprend 5 positions dédiées qui sont destinées principalement pour la gestion des prises en charge par la maintenance (tampon). En complément de ces positions de remisage, il est possible d'utiliser des positions supplémentaires sans contrainte sur l'exploitation, portant à 15 le nombre total de positions de remisage au SMR.

Les 5 positions dédiées sont réparties sur 2 voies séparées d'un quai central pour faciliter l'accès des agents d'exploitation, de maintenance et d'entretien. Deux mesures conservatoires sont prévues sur le faisceau du SMR. Ces mesures permettent la mise en œuvre à terme de 7 positions de remisage supplémentaires.

- Maintenance et entretien des trains voyageurs :

Un atelier de maintenance des trains permet la prise en charge des véhicules pour des opérations de maintenance préventives et correctives.

<sup>3</sup> Poste de commandes et de contrôles centralisés (PCC) et de sécurité/sûreté incendie (PCSI)

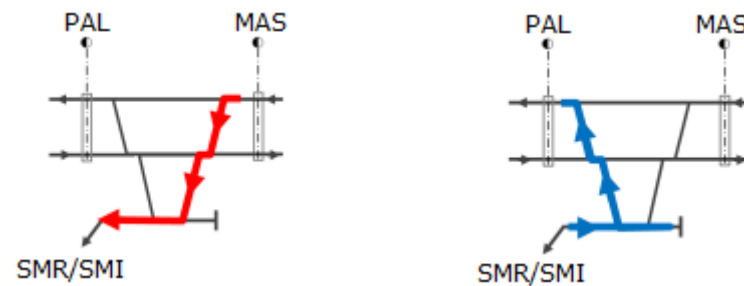
Une zone de lavage et de dégrassage équipée d'une machine à laver permet le nettoyage extérieur des trains (4 passages en moyenne et jusqu'à 20 passages maximum par jour). Une aire de dégrassage en enfilade permet des interventions de nettoyage plus lourdes (détagage, dégrassage de zones inaccessibles par la machine à laver,...).

- Fonction de voie d'essais des trains :

Le faisceau de voie du SMR comprend un tronçon avec lequel il est possible d'effectuer des essais avec un train par le mainteneur avant de l'injecter en ligne. Il permet également à l'exploitant certaines levées de doute fonctionnelles.

- Injections et retraits des trains en ligne :

Zone permettant l'injection de véhicules en ligne depuis le SMR ou le SMI (CE>Ligne) et vice-versa (Ligne>CE). Certaines manœuvres d'injections/retraits s'opèrent en cisaillement.



- Livraison des trains :

Les rames voyageurs sont livrées depuis la route par camion. Elles sont réceptionnées dans le hall de maintenance du SMR depuis une voie spécifiquement aménagée.

#### • Le SMI

Le Site de Maintenance des Infrastructures est destiné au traitement des opérations de maintenance des infrastructures et installations fixes. Il permet d'assurer les fonctions principales suivantes dont les détails sont fournis dans le paragraphe 4.5.2.

- Remisage des véhicules de maintenance des infrastructures (VMI)
- Chargement et déchargement des VMI
- Formation des convois
- Maintenance des VMI et des éléments déposés des installations fixes
- Stockage des pièces lourdes
- Livraison et enlèvement de matériel par la route

Le SMI n'est pas sous le contrôle du PCC sauf à sa frontière avec la zone des trains circulant en automatique sur le SMR.

### 6.1.1.3. Plan de voie

Le plan de voie est conçu pour assurer une robustesse et une souplesse d'exploitation optimale en permettant des configurations multiples de services partiels et de terminus provisoires en cas de situations perturbées ou dégradées. Il tient compte également des besoins de déplacement des trains de maintenance.

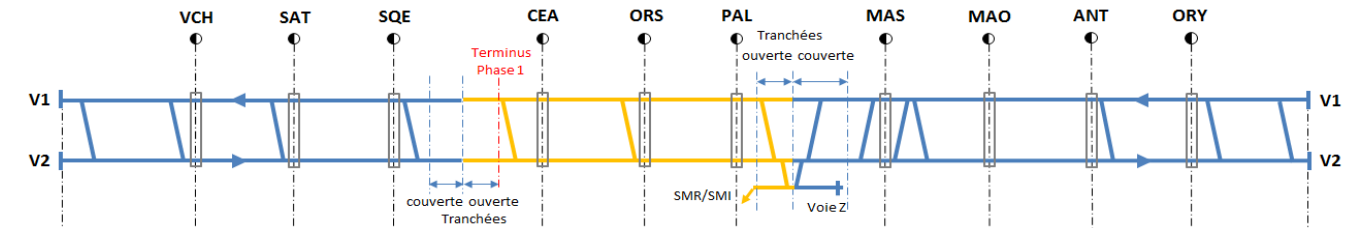


Figure 32 : plan de voie

- **ORY** : Gare terminus phase 1.b et phase 2. 60% de capacité du remisage des trains en terminus en phase 2. 1 aiguillage d'arrière-gare à proximité du quai pour le rebroussement des rames, 1 aiguillage de fond de tiroir pour la gestion du remisage en heures creuses et la robustesse de dégarage.
- **ANT** : 1 aiguillage d'avant-gare permettant un service partiel d'avant-terminus en cas d'indisponibilité de la gare d'Orly.
- **MAS** : Gare terminus phase 1a. 1 aiguillage d'avant-gare en « chapeau de gendarme » pour faciliter la continuité de service avec Orly. Aiguillage simple d'arrière-gare pour un service partiel MAS-ANT ou MAS-ORY.
- **INJ-RET** : zone d'injection et de retrait des rames depuis la ligne ou le centre d'exploitation. Certains mouvements s'opèrent en cisaillement en toute compatibilité avec l'intervalle minimum de 85s. Les aiguillages présents sur cette zone peuvent être utilisés en cas de besoin d'un service partiel avec la gare de Palaiseau pour terminus provisoire.
- **ORS** : Gare terminus phase 1a et 1b. 1 aiguillage d'arrière-gare permettant le carrousel imbriqué ORY-ORS et la gestion d'un service partiel avec la gare d'Orsay pour terminus provisoire.
- **CEA** : 1 aiguillage d'arrière-gare permettant le rebroussement des rames en phase 1.
- **SQE** : 1 aiguillage d'avant-gare permettant la gestion de services partiels avec les gares aval compatibles.
- **SAT** : 1 aiguillage d'arrière-gare permettant un service partiel d'avant-terminus en cas d'indisponibilité de la gare de Versailles-Chantiers (idem ANT).
- **VCH** : Gare terminus phase 2. 40% de capacité du remisage des trains en terminus en phase 2. 1 aiguillage d'arrière-gare à proximité du quai pour le rebroussement des rames, 1 aiguillage de fond de tiroir pour la gestion du remisage en heures creuses et la robustesse de dégarage.

### 6.1.1.4. Offre de service

L'exploitation est opérée 7 jours sur 7 et 365 jours sur 365, avec une hypothèse de 5h30 à 1h15 du dimanche au jeudi et jusqu'à 2h15 le vendredi, le samedi et les veilles de fêtes. Sous réserve d'une organisation de la maintenance ad hoc, la mise en place d'une exploitation continue 24h/24 sur 2 jours peut être mise en place selon le besoin. L'offre en période de vacances scolaire est réduite de 20%.

Seq.	Toutes phases	Lundi- Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche/fériés
<b>Début</b>	HCN	05:30 – 07:30	05:30 – 07:30	05:30 – 09:30	05:30 – 09:30
↓	HP	07:30 – 09:30	07:30 – 09:30	-	-
↓	HCJ	09:30 – 16:30	09:30 – 16:30	09:30 – 22:00	09:30 – 23:30
↓	HP	16:30 – 20:00	16:30 – 20:00	-	-
↓	HCJ	20:00 – 22:00	20:00 – 22:00	-	-
<b>Fin</b>	HCN	22:00 – 01:15	22:00 – 02:15	22:00 – 02:15	23:30 – 01:15

Tableau 3 : périodes d'exploitation journalières en période scolaire

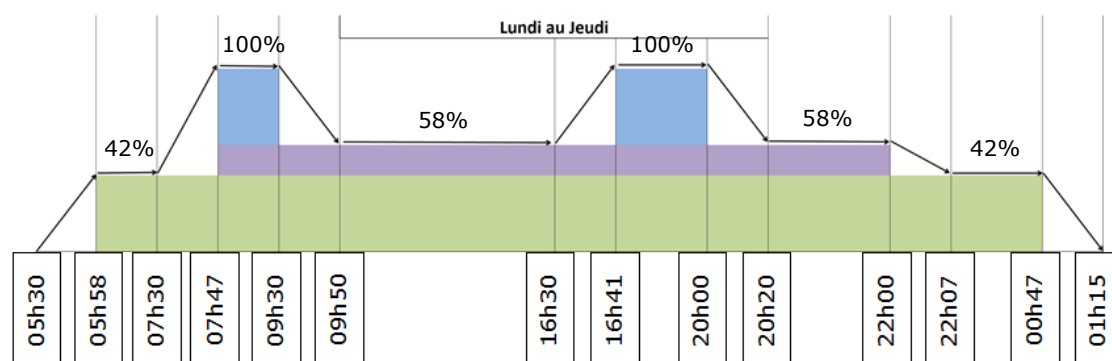


Figure 33 : parc affecté lundi à jeudi (hors réserves)

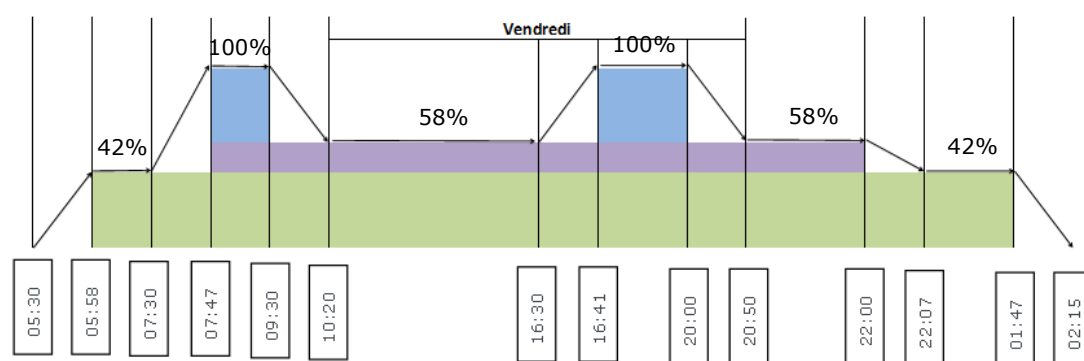


Figure 34 : parc affecté vendredi et veilles de fêtes (hors réserves)

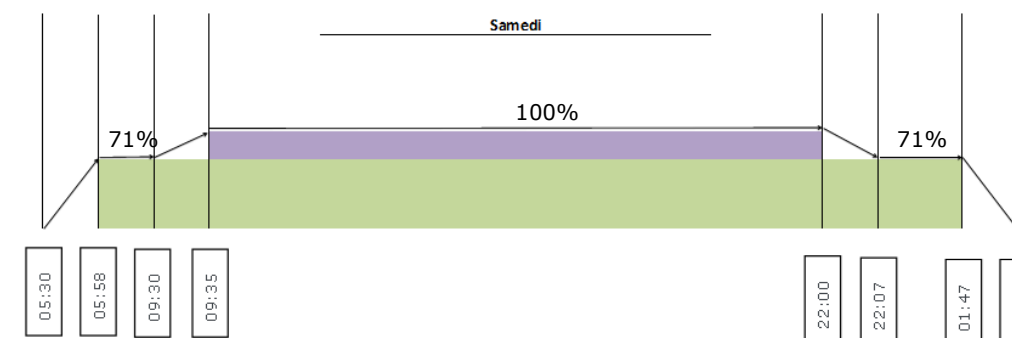


Figure 35 : parc affecté samedi et veilles de fêtes (hors réserves)

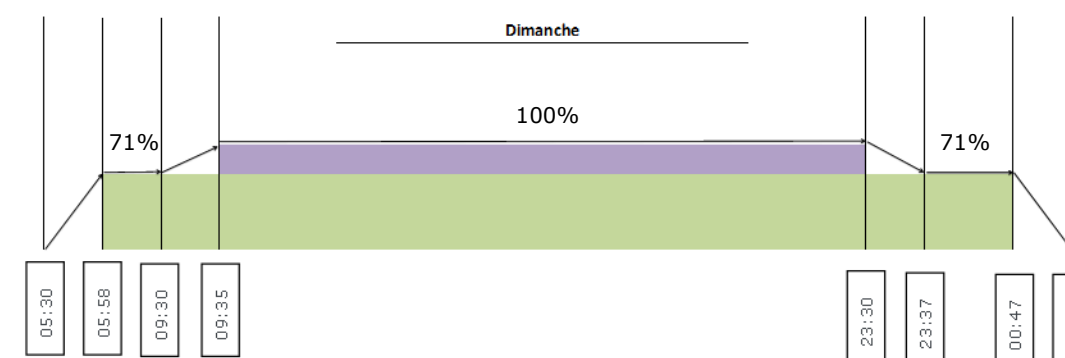


Figure 36 : parc affecté dimanche (hors réserves)

#### • Charge passagers et intervalles d'exploitation

Le dimensionnement de la ligne est défini pour permettre à terme un intervalle de 85s en heures de pointes avec des trains de 3 voitures, soit le doublement de la capacité d'emport en heure de pointe. Les intervalles proposés aux heures de pointe du matin pour répondre aux besoins pour les différents horizons de mise en service sont :

- En phase 1.a (MAS-CEA) : intervalle d'exploitation de 225s en heures de pointe (HP)
- En phase 1.b (ORY-CEA) : intervalle d'exploitation de 225s en HP
- En phase 2 (ORY-VCH) : intervalle d'exploitation de 170s en HP
- des trains de 3 voitures - capacité de 350 voyageurs en charge EL4 (4 personnes au m<sup>2</sup>).

	PPHPD	Intervalle HP	Carrousel HP
<b>Phase 1.a (MAS-CEA)</b>	5600	225s	7
<b>Phase 1.b (ORY-CEA)</b>	5600	225s	11
<b>Phase 2 (ORY-VCH)</b>	7400	170s	24

Tableau 4 : Charge passagers par heure et par destination (PPHPD)

La ligne 18 pourra permettre un PPHPD de 14800 avec l'intervalle minimum de 85s et des trains de 3 voitures.

• Production kilométrique

L'hypothèse retenue concernant le plan de production est adapté en fonction des périodes de vacances scolaires pour lesquelles sont définies des offres adaptées. Les productions kilométriques selon phase prennent pour valeurs estimatives (haut le pied compris) :

	Production kilométrique annuelle
<b>Phase 1.a (MAS-CEA)</b>	1 792 000
<b>Phase 1.b (ORY-CEA)</b>	3 175 000
<b>Phase 2 (ORY-VCH)</b>	6 296 000

• Dimensionnement du parc

La fiabilité du matériel roulant est définie avec un parcours moyen entre pannes de 8800km (MKBF), permettant de définir le besoin en réserve d'exploitation. Le besoin en réserve de maintenance est défini à partir d'un plan de maintenance standard basé sur le retour d'expérience des matériels similaires en exploitation. Le pas de maintenance retenu est de 30 000 km.

Le parc est donc dimensionné comme suit :

	Carrousel HP	Réserve Exploitation	Réserve Maintenance	Parc
<b>Phase 1.a (MAS-CEA)</b>	7	1	2	<b>10</b>
<b>Phase 1.b (ORY-CEA)</b>	11	2	2	<b>15</b>
<b>Phase 2 (ORY-VCH)</b>	24	2	3	<b>29</b>

Tableau 5 : Parc de Matériel Roulant Voyageurs

• Souplesse et robustesse de la ligne

La structure du plan de voie a été imaginée de façon à offrir de nombreuses solutions alternatives d'exploitation au futur exploitant permettant une grande souplesse.

• Marge d'exploitation

La marge d'exploitation est essentielle à l'exploitant car elle lui apporte de la souplesse pour compenser les petites perturbations.

La marge d'exploitation en gare est retenue ici car elle intègre le temps d'arrêt en quai.

La marge d'exploitation en gare est déduite de l'intervalle nominal considéré, du temps de stationnement de référence (le plus long) et de l'intervalle dynamique<sup>4</sup>. Soit, selon la formule suivante :

- Phase 1.a :  $Marge_{Expl} = Intervalle_{Nom} - Temps_{Stat} - Intervalle_{Dyn} = 225s - 30s - 40s = 155s$
- Phase 1.b :  $Marge_{Expl} = Intervalle_{Nom} - Temps_{Stat} - Intervalle_{Dyn} = 225s - 30s - 40s = 155s$
- Phase 2 :  $Marge_{Expl} = Intervalle_{Nom} - Temps_{Stat} - Intervalle_{Dyn} = 225s - 30s - 40s = 100s$

Le temps de détente résulte de l'écart temporel entre la marche type tendue et la marche type pratique. On obtient des valeurs différentes suivant les phases de mise en service :

	Temps de détente moyenne par sens (s)
<b>Phase 1.a (MAS-CEA)</b>	39s
<b>Phase 1.b (ORY-CEA)</b>	59s
<b>Phase 2 (ORY-VCH)</b>	191s

Le temps de battement correspond à une réserve de temps appliquée au quai de départ d'un terminus. Cette réserve de temps est définie principalement par l'écart entre le besoin théorique de rames en heures de pointes et le besoin pratique.

	Temps de battement (s)
<b>Phase 1.a (MAS-CEA)</b>	199s
<b>Phase 1.b (ORY-CEA)</b>	129s
<b>Phase 2 (ORY-VCH)</b>	122s

<sup>4</sup> L'intervalle dynamique est le temps minimum séparant 2 rames pour une vitesse et un matériel roulant donnés (36s avec une vitesse de 100km/h pour un matériel roulant à roue fer de 3 voitures).

La marge de régulation indique la capacité d'un train ayant été victime d'une perturbation à rattraper son retard. Cette capacité est globalisée sur une révolution, elle est donc constituée du temps de détente totale et du battement en terminus :

On obtient une marge de régulation résultante par phase de :

	Marge de régulation (s)
<b>Phase 1.a (MAS-CEA)</b>	277s
<b>Phase 1.b (ORY-CEA)</b>	252s
<b>Phase 2 (ORY-VCH)</b>	523s

• 33 services provisoires (SP)

Les services provisoires permettent à l'exploitant le maintien d'un service minimum en cas de mode dégradé. L'ensemble des services provisoires autorisés par le plan de voie est utilisable à la discrétion du futur exploitant selon les conditions de la perturbation :

- 14 services provisoires au départ d'un terminus
- 19 services provisoires hors départ d'un terminus

Pour exemple, en cas d'indisponibilité d'un terminus (colis suspect, incendie,...), le service commercial peut-être maintenu depuis la gare précédente (Antony-Pôle pour Orly et Satory pour Versailles-Chantiers).

Pour les autres cas de perturbations, les gares de Saint-Quentin Est, Orsay-Gif, Palaiseau et Massy-Palaiseau peuvent être utilisées comme terminus provisoires.

• Continuité de service

La mise en place d'une VUT est permise pour l'ensemble des intergares. La banalisation des voies rend possible ce mode d'exploitation. Les services partiels (SP) sont combinables entre eux par l'intermédiaire de voies uniques temporaires (VUT) afin de permettre la continuité de service aux voyageurs en cas de dysfonctionnement (mode dégradé) :

- SP+VUT
- SP1+VUT+SP2
- VUT1+SP+VUT2

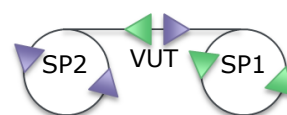


Figure 37 : exemple d'une liaison entre 2 services partiels par une circulation en voie unique

• Le carrousel imbriqué

Afin de permettre un renforcement de l'offre sur un tronçon de ligne spécifique, il est possible pour l'exploitant la mise en place d'un carrousel imbriqué en service partiel dans le carrousel nominal. Cette fonctionnalité est prévue entre les gares d'Orly et d'Orsay-Gif. L'imbrication entre Orly et Massy-Palaiseau est également permise. Cette fonctionnalité permet notamment une offre heures pleines en heures creuses à parc constant.

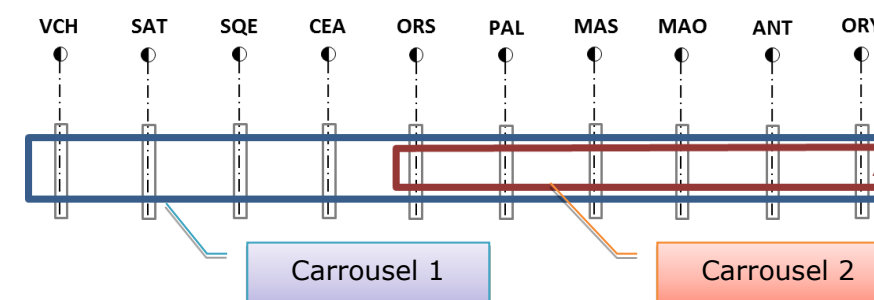


Figure 38 : Carrousel imbriqué (carrrousel 2 imbriqué dans le carrrousel 1)

• Remisage en terminus

Le remisage des rames est majoritairement prévu aux terminus, ce qui permet de limiter fortement les parcours non productifs (haut-le-pied) effectués par les véhicules en fin de service. Le nombre de positions aux terminus varie en fonction des phases de mise en service :

- Phase 1.a / MAS-CEA : jusqu'à 12 positions sont disponibles à Massy-Palaiseau et jusqu'à 16 à CEA, soit 28 positions au total
- Phase 1.b / ORY-CEA : 22 positions à Orly et 16 positions à CEA, soit 37 positions au total
- Phase 2 / ORY-VCH : 22 positions à Orly et 12 positions à Versailles-Chantiers, soit 34 positions au total

Ces valeurs prennent en compte l'utilisation exceptionnelle du quai de départ comme position de remisage. En complément, pour VCH et ORY, la valeur affichée prend également en compte l'utilisation de la position mixte de retournement en fond de tiroir.

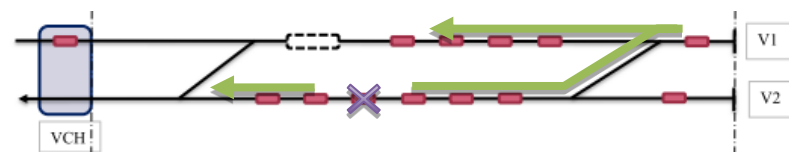
En phase 2, les aiguillages d'arrière-gare des 2 terminus sont disposés de façon à :

- garantir le besoin de remisage des trains en heures creuses de nuit sans nécessiter d'envoyer des trains sur le SMR de Palaiseau ;
- de faciliter les mouvements des trains entre quais et zone de remisage pour fluidifier les opérations de nettoyage intérieur des trains aux terminus (sans d'accès de personnel à la plateforme des voies);

de permettre la mise en exploitation de tous les autres trains du terminus en cas de panne d'un train.



Pour ce faire, les aiguillages d'arrière-gare de terminus sont disposés de manière la plus espacée possible afin d'y placer la quasi-totalité des positions de remisage.



**Figure 39 : exemple de dégarage avec une rame bloquée en remisage**

### 6.1.2. Exploitation en gare

La conception des gares accompagne et soutient l'ambition du projet de réseau de transport public du Grand Paris. Elle vise à développer une nouvelle génération de gares de métro, déclinée dans la diversité des territoires de la Région Ile-de-France.

Une gare est d'abord un dispositif spatial qui permet aux voyageurs d'aller des trains aux espaces publics et équipements de la ville. La gare du réseau de transport public du Grand Paris est un lieu organisé de façon claire et compacte, permettant à tous un accès facile au service de transport. Elle accueille les voyageurs dans des conditions irréprochables de sécurité et d'information. Elle gère de façon attentionnée la circulation des flux piétons. Souterraine ou aérienne, elle offre au public un environnement lisible et apaisant. Lieu de travail, elle constitue un outil ergonomique, au service de l'exploitation du réseau de métro.

Plus généralement, la gare est conçue pour faciliter l'usage complémentaire du métro automatique et de tous les autres modes de déplacement : Train, RER, tramway, bus, modes actifs, modes motorisés individuels. La gare optimise les liaisons d'un mode à un autre : avec les gares routières, parcs relais... Elle structure l'intermodalité et les services qui y sont liés afin de garantir la continuité de la chaîne de mobilité. Outre ces connexions physiques, la gare offre un accès public aux différents réseaux d'information et de communication.

Dans ce cadre et ces objectifs, l'exploitation des gares de la ligne 18 peut être décomposée en 4 grands secteurs :

- La relation de service,
- La supervision des espaces et des équipements,
- La surveillance des sécurités,
- L'entretien

#### 6.1.2.1. La relation de service

La relation de service recouvre une forme particulière de relation entre le producteur du service de transport et les clients-usagers, reposant sur des rencontres organisées dans le cadre de la délivrance d'une prestation.

L'enjeu principal pour faciliter la relation entre un consommateur le producteur d'un service repose sur le niveau, l'accessibilité, la qualité et la lisibilité des informations dont dispose le consommateur.

L'articulation et l'architecture de l'information voyageurs est une donnée primordiale pour fluidifier la relation de service.

Les situations nécessitant de la relation de service sont les suivantes :

- Accueil des voyageurs occasionnels : la ligne 18 est en correspondance notamment avec le TGV à Massy-Palaiseau et l'aéroport d'Orly, sources de voyageurs en transit et non réguliers. Une assistance en gare est alors indispensable, tant pour le voyageur lui-même que pour l'image du réseau et son attractivité.
- Actions commerciales : tout voyageur doit être muni d'un titre de transport valide pour utiliser le service de transport. Il est impératif de proposer un service de distribution de titres, au guichet ou depuis un automate. Le service après-vente ainsi que la lisibilité des formules commerciales proposées doivent compléter le dispositif.
- La gestion des flux voyageurs : lorsque l'intégrité du service proposé est affectée, l'accompagnement des voyageurs est capital. L'orientation des flux de passagers doit pouvoir être organisée et maîtrisée jusqu'au retour à la normale. La mise en place de services partiels combinés ou non avec des circulations en voie unique temporaire nécessite une grande robustesse garantie en grande partie par l'accompagnement des voyageurs à pied d'œuvre.

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

L'enjeu premier pour l'exploitant est d'assurer la sécurité des personnes et des biens et la sûreté des espaces dans le cadre du service de transport proposé. Pour ce faire, des moyens techniques de supervision sont présents afin de contrôler et de commander les différents systèmes de la gare. Cette supervision est assurée depuis un poste dédié au PCC en coordination avec l'agent en gare.

Les installations supervisées depuis le PCC sont classées en 2 catégories : les ELS (équipements liés au système de transport) et les ENLS (équipements non liés au système de transport).

Les ELS sont représentés notamment par les postes d'énergie, les façades de quai, les automatismes de conduite, les rames de métro, ...

Les ENLS sont représentés notamment par les ascenseurs, les escaliers mécaniques, les portes et grilles, la billetterie et les lignes de contrôle,...

Ces installations sont surveillées et supervisées en temps réel depuis le PCC assisté par le système de commandes centralisées permettant des actions rapides et efficaces en cas de besoin.

La solution d'hypervision retenue permet l'utilisation d'outils numériques nomade pour télésurveiller depuis la gare ou tout autre point d'accès connecté au système. Ce principe apporte de la souplesse au PCC pour la gestion des gares par les agents équipés et présents sur place.

La conception du système permet une supervision globalisée (ligne et gares) permettant d'éviter des situations de sur-incidents lors de perturbations sur la ligne ou en gare.

### 6.1.2.3. La supervision sécurité/sûreté

Les réglementations de sécurité dans les ERP (établissements recevant du public) impliquent la responsabilité de l'exploitant sur la sécurité/sûreté. Il est en charge notamment de :

- La remontée et le traitement des alarmes de sûreté et sécurité incendie
- La vidéo-protection des espaces
- La maîtrise du territoire / prévention en matière de sûreté

Une gare est un ERP. Sa gestion doit donc garantir :

- En termes de sécurité incendie : un niveau de sécurité vis-à-vis des risques d'incendie et de panique conforme aux textes réglementaires
- En termes de sécurité publique : à la fois une perception positive de la sécurité et une sécurité réelle adaptée au contexte potentiellement malveillant de son environnement.

#### • Surveillance de la sécurité incendie

La surveillance est assurée de manière centralisée depuis un poste central de sécurité incendie (PCSI), armé par au moins un agent de sécurité qualifié. La salle PCC comprend un espace dédié et ouvert disposant du poste central de sécurité incendie. Un agent SSIAP 2 (SSIAP : Service Sécurité Incendie et Assistance à Personnes) à minima est présent à ce poste pendant les heures d'ouverture au public des établissements couverts. Il a pour rôle :

- La réponse aux appels de secours,
- La surveillance et commande de la mise en sécurité incendie,
- La gestion du désenfumage des gares,
- La gestion de la sonorisation de sécurité,
- La libération des lignes de contrôle,
- Les levées de doute,
- La relation avec les services de secours (police, pompiers,...)

Une surveillance locale peut être nécessaire en complément de la surveillance centralisée. Les ERP gares de 1<sup>ère</sup> catégorie ont ainsi l'obligation d'avoir au moins un membre du personnel présent en permanence pendant les heures d'ouverture au public. La réglementation n'exige aucun niveau de qualification pour ce personnel, uniquement une formation.

- Orly : 1<sup>ère</sup> catégorie
- Antony-Pôle : 2<sup>ème</sup> catégorie
- Massy-Opéra : 3<sup>ème</sup> catégorie
- Massy-Palaiseau : 1<sup>ère</sup> catégorie

- Palaiseau : 5<sup>ème</sup> catégorie
- Orsay-Gif : 5<sup>ème</sup> catégorie
- CEA : 5<sup>ème</sup> catégorie
- Saint-Quentin Est : 2<sup>ème</sup> catégorie
- Satory : 3<sup>ème</sup> catégorie
- Versailles-Chantiers : 1<sup>ère</sup> catégorie

#### • Surveillance pour la sûreté de la ligne

La salle PCC comprend un espace sûreté ouvert disposant de 2 postes de supervision (PCS). Le PCS assure une permanence 7/7j pendant les heures d'ouverture des gares et de la ligne. La permanence de nuit en dehors des heures d'exploitation est assurée par les opérateurs de ligne présent 24/24h (sécurité des sites et la gestion des accès). Le PCS assure le lien avec le PC sécurité de la sous-direction de la police régionale des transports.

En complément de la présence et de la veille assurées par le personnel en charge de la relation de service, une mission de prévention est prévue pour garantir la sécurité du public. Cette présence est effective sur la période d'ouverture des gares au public.

### 6.1.2.4. L'entretien

Sous la responsabilité de l'exploitant, les espaces et équipements pourront être contrôlés en temps réel dans les gares à fort flux voyageurs en matière de netteté, de propreté, et de bon fonctionnement. Les gares de flux faible à modéré pourront être contrôlées 2 fois par jour.

La maîtrise de l'état perceptible de la gare sera également facilitée par la présence de l'agent d'exploitation en gare. Cet agent pourra assurer, de façon ponctuelle ou opportuniste, des interventions qualité sur la zone qu'il aura en responsabilité.

Le nettoyage et la gestion des déchets des espaces voyageurs pourront être confiés (ou sous-traités) à une entreprise spécialisée. Des locaux spécifiques sont envisagés pour cette activité.

## 6.2. Maintenance

### 6.2.1. Présentation

La maintenance de la ligne 18 est organisée de manière à maximiser la disponibilité des équipements en exploitation dans un schéma technico-économique cohérent et maîtrisé et dans le respect des règles de sécurité.

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 OT 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 sur la ligne 18 par les différents titulaires de la maintenance devra répondre aux objectifs suivants :

- garantir la sécurité des personnes et des biens,
- respecter la réglementation,
- répondre aux objectifs de performances assignés par la maîtrise d'ouvrage et l'autorité organisatrice au système 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.

#### 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 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.

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 ni 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. Deux sites industriels de maintenance permettent de couvrir les besoins conformément aux niveaux de maintenance définis dans la norme européenne NF EN 13-306:2010 (anciennement NF FD X 60-000) :

- Niveaux 1 à 3 pour la maintenance du matériel roulant,
- Niveaux 1 à 3 pour la maintenance des installations fixes

La maintenance, la direction de ligne ainsi que le PCC sont regroupés au sein du « Centre d'Exploitation » basé à Palaiseau. La maintenance y est assurée depuis deux sites conjoints et distincts :

- Site de maintenance et du remisage (SMR) : site de maintenance des rames voyageurs comprenant un atelier de maintenance des trains, une zone de réception des trains, des positions de remisage, la zone de lavage des trains et la fonction voie d'essais.
- Site de maintenance des infrastructures (SMI) : il comprend des ateliers de maintenance dédiés aux systèmes du périmètre du GI, des zones de stockage, une zone de remisage des véhicules de maintenance ferrés dits VMI, des zones de manœuvre et de chargement des convois VMI, un atelier de maintenance des VMI et une zone dédiée aux véhicules routiers.

## 6.2.2. Maintenance des installations fixes

### 6.2.2.1. Types de maintenance

- La maintenance corrective

Cette maintenance est déclenchée par l'exploitant grâce aux alarmes transmises par le système de commandes centralisées du PCC. Les services techniques compétents sont informés au juste moment afin d'assurer une intervention efficace et rapide en lien avec les exigences de disponibilité.

- La maintenance préventive

Cette maintenance est quant à elle planifiée à l'avance par les services techniques fonctionnels selon un plan de maintenance particulier. Le PCC dispose en conséquence de l'ensemble des informations fondamentales lui permettant d'élaborer un plan d'exploitation robuste et adapté.

La communication entre l'exploitant et les différents mainteneurs est facilitée par les outils métiers informatisés que chaque entité peut connecter sur la base de données générale des systèmes de transport (gestion de maintenance [GMAO], gestion documentaire [GED], Gestionnaire de flottes, générateurs de rapports d'activité,...).

- La maintenance prédictive

Les installations stratégiques pour la disponibilité transmettent des données fonctionnelles à travers les commandes centralisées pour la réalisation d'une analyse comportementale en temps réel permettant l'identification de dérives fonctionnelles. Ce système logiciel permet d'anticiper le traitement d'un dysfonctionnement avant qu'il ne soit préjudiciable pour l'exploitation. Les installations stratégiques sont essentiellement mécaniques (aiguillages de retournement, façades de quai, organes électromécaniques,...).

### 6.2.2.2. Organisation des équipes de maintenance de la RATP-Infrastructures

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 site unique (SMI de Palaiseau).

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.

### 6.2.2.3. Organisation des équipes de maintenance des systèmes des gares hors périmètre RATP-Infrastructures

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 signalment.

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.

Les interventions de maintenance seront en partie réalisées pendant les horaires d'ouverture des gares avec une organisation des opérations occasionnant le moins de gêne aux voyageurs dans un niveau de sécurité maximum.

#### 6.2.2.4. Site de Maintenance des Infrastructures (SMI)

Le SDMI (schéma directeur de la maintenance des infrastructures) de la ligne 18 prévoit dès 2027 un SMI à Palaiseau qui supportera la maintenance des équipements et des systèmes confiés en gestion technique à la RATP-Infrastructures.

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

La ligne 18 n'étant pas connectée avec d'autres réseaux, le SMI est conçu de manière à garantir un maximum d'autonomie sur les opérations courantes de maintenance. Toutefois, les opérations nécessitant des moyens lourds pourront donner lieu à l'insertion de véhicules spéciaux de travaux ferrés (issus de la sous-traitance) sur les voies du SMI depuis la route. Sans liaison avec le réseau RFN, l'utilisation de longs rails soudés (LRS) n'est pas possible. Le remplacement de rails s'opère en conséquence par tronçon de 18 mètres.

Le SMI est en activité 24h/24 pendant 365 jours par an. La maintenance des installations fixes et plus particulièrement celle de la voie implique une activité le week-end sur le site.

Le SMI est pourvu de zones de stockage couvertes et ouvertes. Les pièces légères sont stockées dans un magasin couvert et fermé (quincaillerie, cartes électroniques, composants électriques,...). Les pièces lourdes sensibles sont stockées dans un magasin couvert dédié (transformateur, armoires électriques,...). Les pièces lourdes non sensibles sont stockées à l'air libre (appareils de voie, rail,...). Les articles à risque (lubrifiants, batteries, produits chimiques,...) sont stockés dans des espaces dédiés respectant la réglementation en vigueur.

Des zones de stockage des déchets selon leurs classifications sont prévues afin d'assurer le contrôle, la traçabilité et le traitement dans les règles de qualité, de sécurité et d'environnement en vigueur.

Le site dispose des moyens de supervision afin de permettre aux équipes d'accéder à l'ensemble des données produites par les systèmes suivi en maintenance (poste de maintenance SCADA). Cette supervision est similaire à celle du PCC avec des niveaux d'information liés aux différents profils utilisateurs. Le SCADA au PCC concentre les alarmes et le SCADA dédié aux mainteneurs permet d'accéder à l'état des équipements ainsi qu'aux informations de synthèse sur les défauts détectés.

Des informations complémentaires plus détaillées sur l'état d'un équipement seront disponibles en utilisant les éventuels SAM (Systèmes d'Aide à la maintenance) dédiés à certains systèmes, 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.

#### 6.2.2.5. Les véhicules de maintenance des infrastructures (VMI-I)

Le matériel roulant d'intervention sera composé de wagons équipés de modules spécialisés par métier (voie, énergie, OA...) encadrés, selon les configurations, par deux engins locotracteurs électriques bi-mode 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, l'auscultation, 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).

Les VMI présents sur le SMI sont remisés et maintenus sur le site. Les véhicules spéciaux issus de la sous-traitance sont acheminés depuis la route pour être insérés sur les voies du SMI.

La formation des convois ainsi que leurs chargements sont prévus sur des zones spécifiques du site. L'injection en ligne des VMI est soumise à l'autorité de l'exploitant de la ligne selon un planning précis fournis préalablement par la RATP-Infrastructures.

#### 6.2.2.6. Les trains de travaux

Les VMI en convois sont appelés « train de travaux » et servent aux travaux lourds nécessitant des moyens matériels ou logistique importants.



Figure 40 : convoi de VMI formant un train de travaux

La vitesse maximum de circulation en ligne est de 60 km/h en conduite manuelle supervisée (CMS). La vitesse de circulation sur les sites de maintenance est limitée à 15 km/h et s'opère en conduite manuelle intégrale (CM-SMI) uniquement sous responsabilité du mainteneur.

##### • Les locotracteurs

Les locotracteurs sont des véhicules dédiés aux déplacements de convois en conduite manuelle supervisée (mode contrôlé par l'automatisme de conduite GOA1). Ils assurent les mouvements à partir de 2 sources d'énergie distinctes : l'alimentation par 3<sup>ème</sup> rail ou les batteries embarquées.

Les batteries permettent aux locotracteurs des déplacements sur des zones hors tension.

Le mode de conduite manuelle supervisé se fera sous la responsabilité de conducteurs dédiés et permet sous certaines conditions aux locotracteurs de circuler au sein d'un carrousel de rames voyageurs lors d'un besoin d'interventions en nuits longues par exemple ou pour réaliser une intervention urgente.

- Les wagons

Chaque wagon est équipé de modules selon l'usage ou la fonction de maintenance à assurer :

- Transport de personnel, capotage, transport d'outillage, grue, nacelle, citerne, soudure, nettoyage haute pression, aspirateur, plateforme élévatrice, déroulage, forage et injection.
- ...

### 6.2.2.7. Cas particulier du VMI d'auscultation (VMI-A)

Le train d'auscultation constitue un atout majeur pour garantir un niveau élevé de disponibilité des installations de la L18. Le choix de concentrer plusieurs instruments de mesure sur un matériel ferroviaire dédié résulte d'une démarche d'optimisation de la maintenance pour réduire les coûts, contribuer à une bonne disponibilité de la ligne 18 et se doter d'outils performants capables de fournir des informations fiables (diagnostic) sur l'état des installations ciblées.

Le VMI d'auscultation aura pour missions principales la surveillance et le contrôle de la voie ferrée, du 3ème rail, des infrastructures de télécommunication et des paramètres liés à l'ouvrage (génie civil) à l'aide d'un système mécatronique embarqué.

L'auscultation automatisée de la voie permet à minima la surveillance :

- du profil, de l'usure et de l'intégrité du rail,
- de la géométrie de la voie,
- de l'intégrité des fixations,
- de la géométrie des appareils de voie.

L'auscultation automatisée du 3ème rail permet la détection d'anomalies ou la dérive de paramètres caractéristiques tels que sa géométrie ou son efficacité électrique (variation de tension, détection d'arc électrique, etc.).

La mesure de l'enveloppe du tunnel permettra de suivre l'évolution du GLO (Gabarit Limite d'Obstacle). Elle permet la détection des zones critiques, encombrées ou en évolution.

### 6.2.2.8. 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. Le planning général des travaux est soumis à l'exploitant à travers son pôle ingénierie d'exploitation afin de définir un échéancier coordonné compatible avec les contraintes de chacun.

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.

## 6.2.3. MAINTENANCE DU MATERIEL ROULANT VOYAGEUR (MRV)

### 6.2.3.1. Présentation

La maintenance des rames voyageurs (ou Matériel Roulant Voyageurs) concerne l'ensemble des sous-systèmes composant le véhicule.

Un matériel roulant ferroviaire se décompose en 4 grandes familles fonctionnelles :

- Accès et confort des voyageurs
- Traction et freinage
- Automatismes de conduite
- Captation et distribution de l'énergie

La maintenance du matériel roulant voyageurs de la ligne 18 sera réalisée au sein du centre d'exploitation de Palaiseau sur le site de maintenance et de remisage (SMR). Par hypothèse, le mainteneur du matériel roulant voyageurs sera l'opérateur de transport retenu par IDF-M pour l'exploitation de la ligne.

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.

La maintenance des Véhicules de Maintenance des Infrastructures (VMI) sera gérée directement par la RATP-Infrastructures au SMI (à l'exception du reprofilage des roues qui pourra être réalisé sur le tour en fosse du SMR).

### 6.2.3.2. Traitement de la maintenance

La maintenance des matériels roulants ferroviaires est basée sur un plan de maintenance axé principalement sur le parcours kilométrique des rames. Une rame voyageurs abrite toutefois de nombreux sous-systèmes répondant plus à des notions de cycles ou de temps de fonctionnement. Le programme de maintenance sera donc construit à partir des plans de maintenance de l'industriel selon une approche multicritères intégrant les obligations sécuritaires, les contraintes organisationnelles et économiques.

- La maintenance corrective

Cette maintenance est déclenchée par le PCC grâce aux alarmes transmises par le système de commandes centralisées du PCC. Le service technique compétent est informé au juste moment afin d'assurer une intervention efficace et rapide en lien avec les exigences de disponibilité. Les rames en défaut sont mises à disposition du mainteneur au SMR par l'exploitant.

- La maintenance préventive

Cette maintenance est organisée selon des échéances de maintenance structurantes (immobilisations longues) planifiées préalablement en tenant compte des installations à disposition et de l'organisation à prévoir. En découle le plan théorique de maintenance élaboré par calcul selon les valeurs d'engagement kilométrique de chaque véhicule. Le pôle ingénierie de maintenance élabore en conséquence un suivi journalier des engagements afin de réaliser une planification des immobilisations optimales et lissées.

Les consignes d'engagement kilométrique sont transmises chaque jour au PCC afin d'orienter l'affectation des véhicules sur les services. Le planning des immobilisations pour maintenance est transmis également au PCC afin qu'il puisse mettre à disposition les rames au juste moment au mainteneur.

La communication entre l'exploitant et le mainteneur est facilitée par les outils métiers informatisés que chaque entité peut connecter sur la base de données générale des systèmes de transport (GMAO, Gestion des engagements kilométriques, Gestionnaire de flottes, générateurs de rapports d'activité,...).

- La maintenance prédictive

Les sous-systèmes du train à travers les commandes centralisés permettent la mise en place d'un système de maintenance prédictive basée sur l'analyse en temps réel de données événementielles et contextuelles afin de détecter toute dérive fonctionnelle. **L'objectif est de** permettre au mainteneur d'anticiper le traitement d'un dysfonctionnement avant qu'il ne soit préjudiciable pour l'exploitation. Les sous-systèmes stratégiques sont essentiellement mécaniques (portes voyageurs, système de frein à friction, bogie,...).

### 6.2.3.3. Politique de maintenance

La politique de maintenance permet de définir précisément les besoins organisationnels et logistiques selon des contraintes technico-économiques spécifiques :

- Choix de la stratégie de maintenance :

La stratégie consiste à choisir la dominance de la maintenance entre préventif et correctif. Un taux de maintenance préventive élevé a un impact fort sur les coûts de maintenance. Un taux élevé de maintenance corrective a un impact fort sur la disponibilité des rames.

L'hypothèse retenue ici correspond à une répartition de 70% préventif et 30% correctif. Cette répartition permettra d'assurer la disponibilité opérationnelle nécessaire à un réseau de transport tel que la ligne 18.

- Choix de la stratégie de sous-traitance

Le choix de la sous-traitance s'appuie sur de nombreux paramètres environnementaux, contractuels, techniques et organisationnels tels que :

- les niveaux de maintenance de 4 à 5 (selon la norme NF FD X 60-000.),
- La qualification insuffisante des effectifs,
- Les travaux nécessitant des investissements lourds et difficiles à amortir,
- La faible valeur ajoutée de l'opération aux équipes de maintenance

### 6.2.3.4. Site de Maintenance et de Remisage (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 »).

Cette entité fonctionnelle permet d'assurer la maintenance d'un parc de matériels roulants et d'offrir une capacité de remisage partielle (le remisage étant assuré principalement en arrière-gare de terminus).

Le site est conçu de manière à permettre au mainteneur la réalisation de l'ensemble des tâches avec un niveau de sécurité élevé et un niveau de confort optimal.

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.

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

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.

Le site est conçu pour être en activité 24h/24 pendant 365 jours par an si besoin.

### 6.2.3.5. Organisation des équipes

Le futur mainteneur est en mesure d'appliquer une organisation adaptée à la ligne 18 et conforme à la politique de maintenance.

2 grandes entités sont identifiées :

- Personnel fonctionnel
- Personnel opérationnel

Le personnel fonctionnel assure la logistique et l'ingénierie de maintenance. Cette entité a pour charge principale le suivi logistique (gestion des stocks, stratégie d'achat), le suivi des activités de maintenance (indicateurs de maintenance, rapport d'activité,...), la gestion des opérations de maintenance (plans et gammes de maintenance), la gestion documentaire technique, la capitalisation du retour d'expérience (amélioration continue, optimisation des processus de maintenance, formation,...), les procédures et les modes opératoires.

Le personnel opérationnel assure la réalisation des opérations de maintenance dans le respect des procédures et des règles de sécurité. Il dispose pour la maintenance préventive de plannings d'intervention, de procédures, de liste de pièces, etc. transmis par la cellule ingénierie de maintenance.

Il traite avec le PCC la gestion des interventions de maintenance corrective. Il dispose d'outils métiers informatisés et systèmes lui permettant de réaliser les diagnostics et les analyses nécessaires (GMAO, GED, SAM,...).

Les équipes opérationnelles n'interviennent pas en ligne sauf en cas de force majeure et sur requête de la direction de ligne.

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 18.

### 6.2.4. Les outils métiers informatisés

Les outils métiers informatisés permettent au(x) mainteneur(s) des facilités de gestion de ses opérations de maintenance. L'outil métier principal est le logiciel de GMAO.

Certains outils métiers permettent, par exemple, une gestion fine de la flotte dans son contexte environnemental et contractuel afin d'anticiper et de lisser les charges importantes afin de ne pas risquer de perturber l'exploitation commerciale (objectif de performance pour la disponibilité opérationnelle).

### 6.2.4.1. Gestion de la maintenance assistée par ordinateur (GMAO)

Les futurs mainteneurs disposeront de leur propre outil de gestion de la maintenance assistée par ordinateur (GMAO) spécifiée et acquise sous leur responsabilité.

Le système de commandes centralisées est conçu de manière à fournir les données nécessaires aux systèmes externes de GMAO au travers d'une base de données mise en partage et alimentée par les systèmes de supervision des installations techniques (hyperviseur de maintenance du SCADA) .

L'outil GMAO dispose généralement des fonctionnalités principales suivantes :

- Gestion des équipements (installations, ouvrages techniques, bâtiments,...)
- Gestion de configuration installée
- Gestion des stocks (consommables, pièces de rechange, inventaires,...)
- Gestion des achats et des approvisionnements
- Gestion des signalements d'avaries (maintenance corrective, suivi des évènements)
- Gestion des maintenances planifiées (préventive, correctif planifié, travaux,...)
- Gestion des ressources humaines (présences, compétences, planning,...)
- Production des indicateurs clefs de performance (ICP [KPI])
- Production de tableaux de bord (synthèses d'activités, indicateurs temps réels,...)
- Reporting (édition de rapports)

Ces différentes fonctions récupèrent diverses données issues du SCADA et éventuellement des SAM afin de générer des bons de travaux automatiques ou autres mises à jour d'informations.

### 6.2.4.2. Système d'Aide à la Maintenance (SAM)

Le SAM est un outil orienté maintenance et permet aux mainteneurs de réaliser des diagnostics avancés à travers des consultations de données et d'états non accessibles depuis le SCADA.

Le matériel roulant est composé de plusieurs sous-systèmes fournis par les différents équipementiers du matériel roulant. Le système d'aide à la maintenance du matériel roulant est donc composite.

Les installations fixes seront, pour certaines d'entre elles et selon les possibilités offertes par la solution industrielle retenue, équipées d'un système d'aide à la maintenance qui lui est propre offrant au personnel de maintenance compétent une interface homme/machine lui permettant de réaliser des consultations d'états, d'évènements et d'informations en complément du SCADA. Ces SAM s'inscrivent dans une démarche d'optimisation de la maintenance (corrective ou prévisionnelle) pour l'aide apportée à la réalisation d'un diagnostic.

Les SAM ne se substituent pas au SCADA, ils sont complémentaires en apportant un niveau de détails supplémentaire pour l'activité de maintenance et l'exploitation.







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

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