

Annexe 2.8 – FRANCE – tunnel du Duplex A 86 à l'Ouest de Paris

1. SYNTHÈSE – DUPLEX A 86 À GABARIT RÉDUIT

Le tunnel Duplex d'A86 est situé à l'ouest de Paris sur l'autoroute A 86 entre Rueil-Malmaison (92) et Versailles Pont-Colbert (78) (**Figure 1**). Ce tunnel à gabarit réduit comporte un échangeur principal avec l'autoroute A13.

Le tunnel a été concédé à Cofiroute jusqu'en 2086. Cofiroute (société de Vinci Autoroutes) a en charge la construction, le financement et l'exploitation de cette infrastructure.

Le tunnel a été construit en deux phases successives :

- la section Nord (de Rueil à Vaucresson avec un raccordement à l'autoroute A13), d'une longueur de 4,5 km, a été mise en service en août 2009,
- la section Sud (de Vaucresson à Viroflay), d'une longueur de 5,6 km, a été mise en service en janvier 2011.

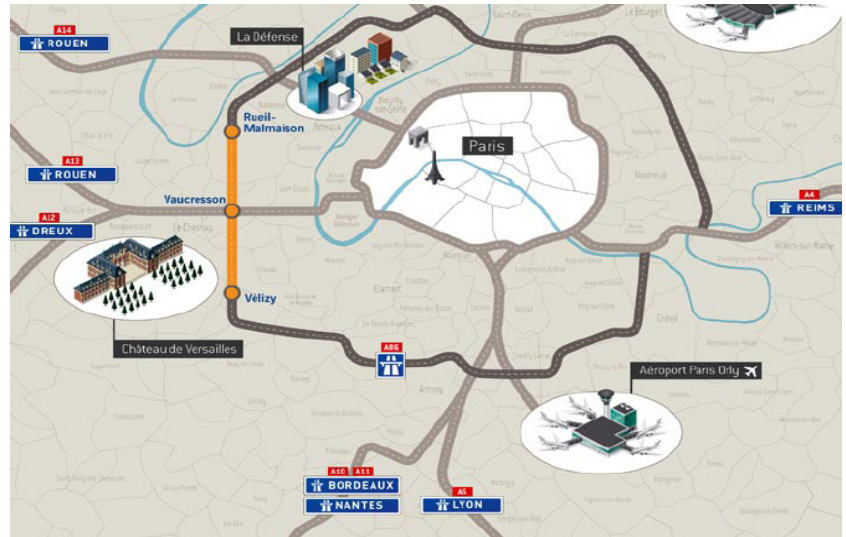


Figure 1 – situation du tunnel Duplex A 86

La longueur totale du tunnel est ainsi d'environ 10,1 km, ce qui en fait le plus long tunnel routier situé entièrement en territoire français.

Le Duplex comporte un tube unique avec deux espaces de circulation indépendants, qui sont superposés. Il est exploité en circulation unidirectionnelle avec deux voies dans chaque direction. L'accès au tunnel est strictement limité aux véhicules légers d'une hauteur maximale de 2 m et d'un poids total en charge inférieur à 3,5 tonnes. Son accès est interdit aux véhicules de plus de 2 m, aux véhicules de poids total en charge de plus de 3,5 tonnes, aux véhicules motorisés au GPL ou au GNL, ainsi qu'aux véhicules ayant un moteur de moins de 50cm³ de cylindrée et aux véhicules sans plaque d'immatriculation.

Le Duplex a été conçu sur la base des normes en vigueur en France et satisfait pleinement à la réglementation française. Au cours de l'année 2000 (l'ouvrage était alors en cours de conception), une nouvelle réglementation française majeure est entrée en vigueur (circulaire interministérielle 2000/63). Cette nouvelle réglementation a conduit à modifier de façon importante le projet initial, notamment en ce qui concerne les installations de ventilation et de désenfumage, les équipements de lutte contre l'incendie, ainsi que la protection au feu des structures (dalle de support de l'espace supérieur de circulation – cloisons diverses de séparation).

2. CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES

2.1 GÉOMÉTRIE

Le profil en long résulte des contraintes géologiques et géotechniques, ainsi que des échangeurs (échangeur avec A13 – échangeur avec la RN 12 à Viroflay - futur échangeur avec la RD 10).

L'origine du tunnel est située en bord de Seine à Rueil-Malmaison. Le profil en long est en rampe jusqu'à l'autoroute A13. Il est ensuite en pente descendante sous Viroflay, puis de nouveau en rampe montante à Pont-Colbert et Versailles (**Figure 2**).

Au nord, l'échangeur de Rueil-Malmaison permet de raccorder le duplex A86 à la section d'A86 non concédée, ainsi qu'au réseau de voies locales.

L'échangeur avec l'A13 permet aux usagers de rejoindre l'autoroute A13 par des bretelles partiellement souterraines. Il assure également les échanges avec le réseau de voiries locales.

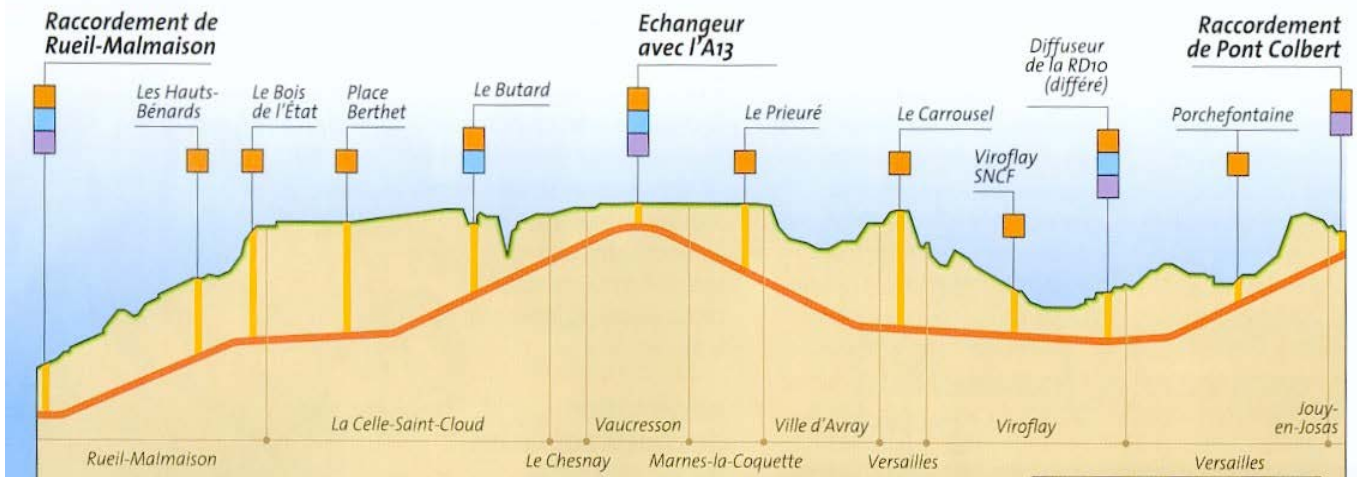


Figure 2 – profil en long du Duplex A86

2.2 PROFIL EN TRAVERS

2.2.1 Tunnel routier (Figure 3)

Le tunnel comporte deux étages pour le trafic, avec une circulation unidirectionnelle:

- l'A86 extérieure (en direction du Sud) est située au niveau inférieur,
- l'A86 intérieure (en direction du Nord) est située au niveau supérieur.

Chaque niveau comporte deux voies de 3,0 m de largeur et une bande d'arrêt d'urgence (BAU) de 2,5 m de largeur :

- au niveau inférieur, la BAU est située à droite, bordant la voie lente,
- au niveau supérieur, la BAU est située à gauche, bordant la voie rapide.

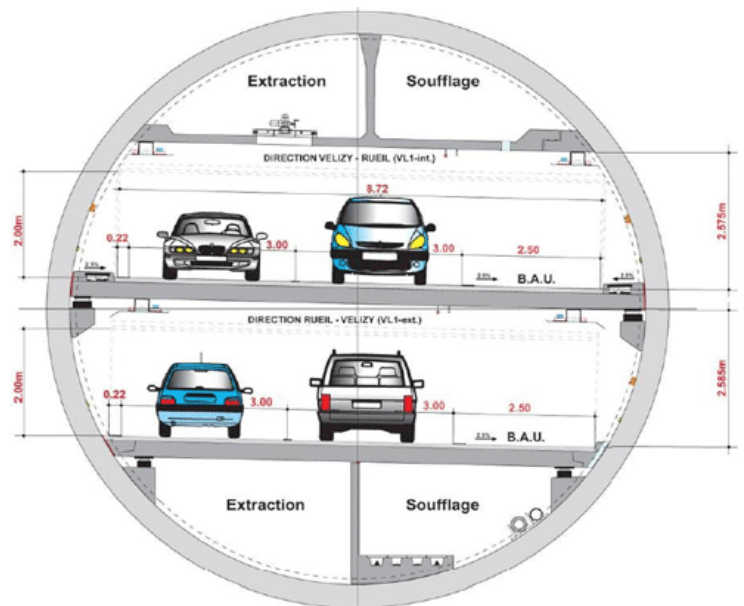


Figure 3 – profil en travers

2.2.2 Issues de secours

Le Duplex comporte 13 puits de secours répartis tout au long du tunnel (**Figure 4**). Ils sont équipés d'ascenseurs. Les inter-distances varient de 500 m à 1.200 m).

Ces puits de secours permettent aux équipes d'intervention d'accéder au tunnel depuis la surface pour assurer l'évacuation des usagers.

Des abris pressurisés, étanches à l'eau et aux fumées, sont répartis selon un espacement de 200 m. Ces abris ont une résistance au feu de deux heures.

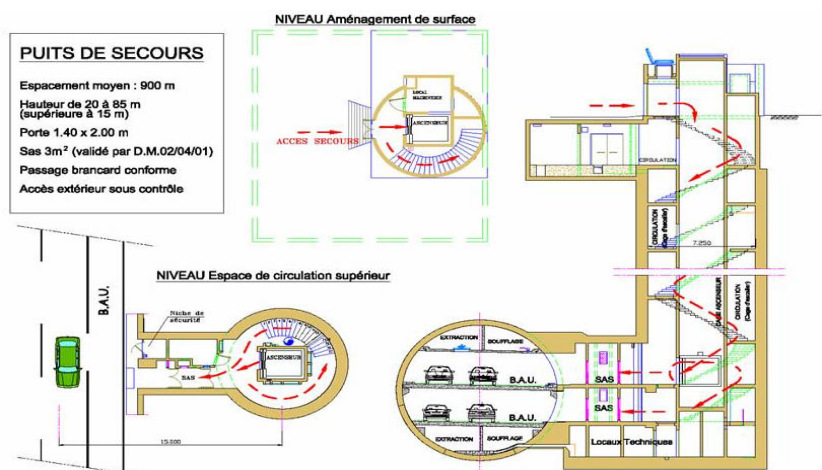
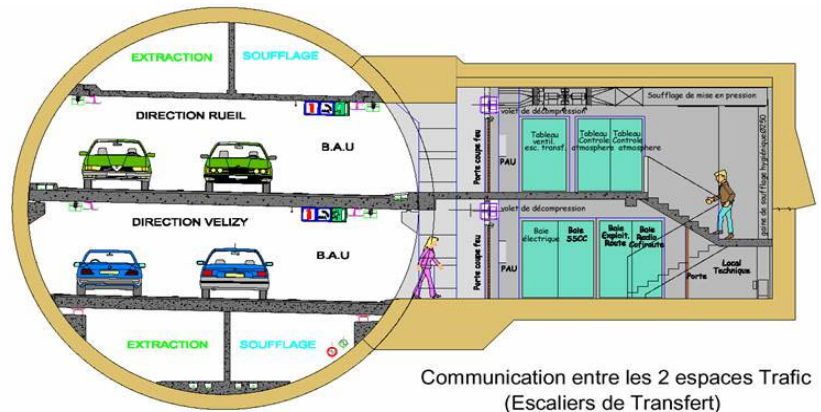


Figure 4 – vue d'un puits de secours

Ces 54 abris sont dotés d'escaliers qui relient les deux niveaux assurant ainsi autant d'issues de secours entre les deux espaces de circulation (Figure 5).

Chaque abri offre deux possibilités d'issues de secours :

- en cas d'incident au niveau inférieur, l'issue de secours est assurée vers le niveau supérieur,
- en cas d'incident au niveau supérieur, l'issue de secours est assurée vers le niveau inférieur.



Communication entre les 2 espaces Trafic (Escaliers de Transfert)

	Circulaire	Projet
Surface	15 m ²	33 m ²
Porte	1.40 x 2.00	1.40 x 2.00
Largeur passage hors Escaliers	1.80 x 2.20	Conforme
Accès Handicapés	OUI	Conforme

Figure 5 – vue des escaliers d'évacuation entre les deux niveaux

La Figure 6 ci-contre illustre le concept général des issues de secours:

- connexions tous les 200 m par des escaliers entre les deux espaces de circulation,
- 12 puits de secours débouchant à l'air libre selon un espacement variant de 500 m à 1.200 m.

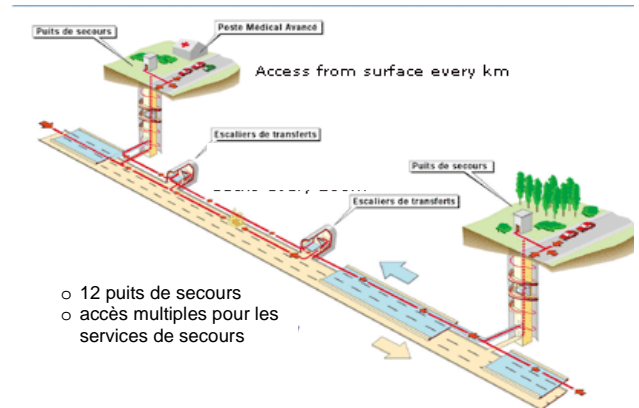


Figure 6 – concept général des issues de secours

2.3 CONDITIONS DE CIRCULATION – PANNES ET ACCIDENTS

Les risques de congestion de la circulation sont limités, aux entrées par un contrôle des accès au tunnel en fermant les voies de péage, et aux sorties par une fluidification de la circulation quittant le tunnel en agissant sur la signalisation dynamique à l'aval de la tête de sortie du tunnel.

2.3.1 Conditions de circulation

Comme déjà mentionné l'accès au tunnel est interdit aux véhicules de plus de 2 m de hauteur, de plus de 3,5 tonnes, ainsi qu'aux véhicules ayant un carburant GPL ou GNL, aux véhicules de moins de 50cm³ de cylindrée ou sans plaque d'immatriculation. Les véhicules transportant des matières dangereuses sont également interdits.

La vitesse à l'intérieur du tunnel est limitée à 70 km/h. Elle est contrôlée par des caméras fixes. La vitesse sur les bretelles de raccordement et sur les échangeurs est limitée à des valeurs comprises entre 30 km/h et 70 km/h selon les caractéristiques géométriques des dites voies.

Les utilisateurs peuvent obtenir librement des informations concernant les conditions de circulation avant d'accéder aux têtes de tunnel, soit par internet ou avec leur téléphone mobile.

2.3.2 Volume de trafic

Le trafic croît de façon continue depuis la mise en service complète du Duplex en 2011. En 2013, le trafic moyen en jour ouvrable a augmenté de 12% avec un volume moyen de 26.700 véhicules par jour. Au cours de la même année 2013, le trafic moyen en fin de semaine et pendant les périodes de vacances a augmenté de 6,3%, avec un volume moyen de 14.000 véhicules par jour.

2.3.3 Pannes et accidents

évènement	2011	2012	2013
accident avec des blessés	3 (sans incendie)	3 (sans incendie)	Pas de recueil d'information
accident sans dommage corporel	2 (sans incendie) : 1 dû à une perte de contrôle du véhicule - 1 dû à une véhicule hors gabarit	/	Pas de recueil d'information
pannes	1 (avec incendie)	2 (sans incendie)	> 1

Il y a peu de pannes et d'accidents dans le Duplex et leur nombre est stable sur les deux années 2011 et 2012.

Le tunnel est fermé immédiatement à la circulation lorsque survient un incendie.

2.4 SIGNALISATION

Le Duplex est équipé de panneaux de signalisation particuliers:

- dimensions inférieures à celles des panneaux courants. Ces panneaux, qui se présentent sous la forme de caissons lumineux, sont situés au-dessus des voies de circulation,
- utilisation de panneaux lumineux de petite taille au lieu de panneaux de grande taille non lumineux,
- panneaux à messages variables (PMV) situés tous les 400 m au-dessus des voies de circulation (**Figure 7**). Ils comportent une seule ligne d'au maximum 12 caractères de 200 mm de hauteur, ainsi que deux feux clignotants. Le Duplex est équipé de 64 PMV.

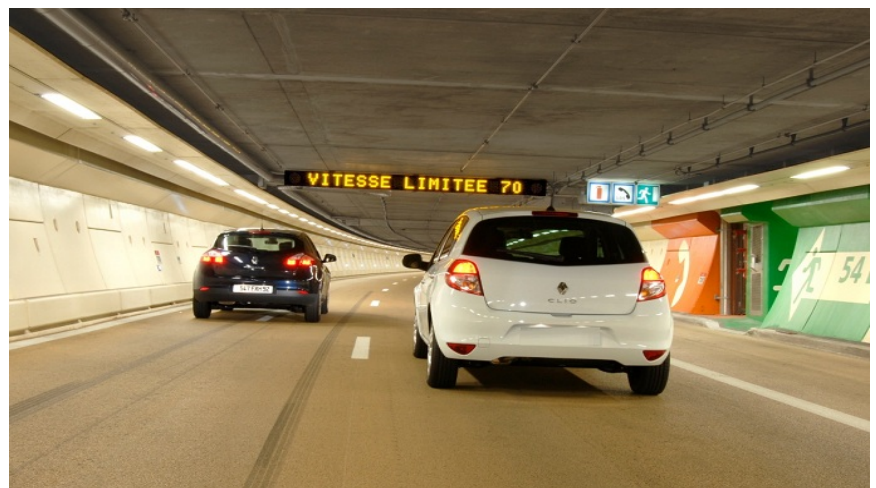


Figure 7 – vue des PMV et de la signalisation lumineuse

3. VENTILATION

L'installation de ventilation du Duplex est un système mixte (**Figure 8**):

- une ventilation transversale pour chacun des deux étages de circulation, dimensionnée pour un incendie de 15 MW et comportant 6 usines de ventilation (pour l'apport d'air frais et l'extraction d'air vicié),
- pour chaque étage, des bouches d'extraction des fumées motorisées et télécommandées avec un espacement de 400 m, sont reliées aux gaines d'extraction situées soit en-dessous, soit au-dessus des espaces de circulation (**Figure 8**),
- les gaines d'air frais sont équipées de bouches d'injection d'air frais avec un espacement de 8 m,
- une ventilation semi-transversale pour l'échangeur de Rueil Malmaison et pour une partie de l'échangeur avec l'autoroute A13,
- une ventilation longitudinale pour toutes les autres parties du Duplex.

La ventilation des bretelles d'entrée souterraines est dimensionnée pour un incendie de 10 MW (15 MW en tenant compte des marges de sécurité). L'installation de ventilation des issues de secours est totalement

indépendante de celle du tunnel proprement dit. Les issues de secours sont en surpression par rapport au tunnel.

Deux ventilateurs d'air frais sont installés aux entrées de chaque étage de circulation pour réduire le niveau de pollution de l'air. Des accélérateurs sont installés et utilisés en cas d'incendie. Des rideaux d'air ont été installés en amont des points d'insertion des bretelles souterraines sur la section courante en vue d'isoler les bretelles par rapport à la section courante.

La gestion de l'installation de ventilation et de son régime de fonctionnement en air frais et en air vicié dépend intégralement des mesures des différents capteurs. La ventilation est pilotée par le système informatique de la GTC (Gestion Technique Centralisée) en appliquant des scénarios prédéfinis pour les conditions normales d'exploitation, ainsi que dans le cas d'un incendie ou de conditions particulières liées à l'environnement. Un évènement ne peut être classifié comme incendie qu'après validation par un opérateur.

Le tunnel est fermé au trafic lorsque les niveaux de pollution sont élevés pendant une longue durée.

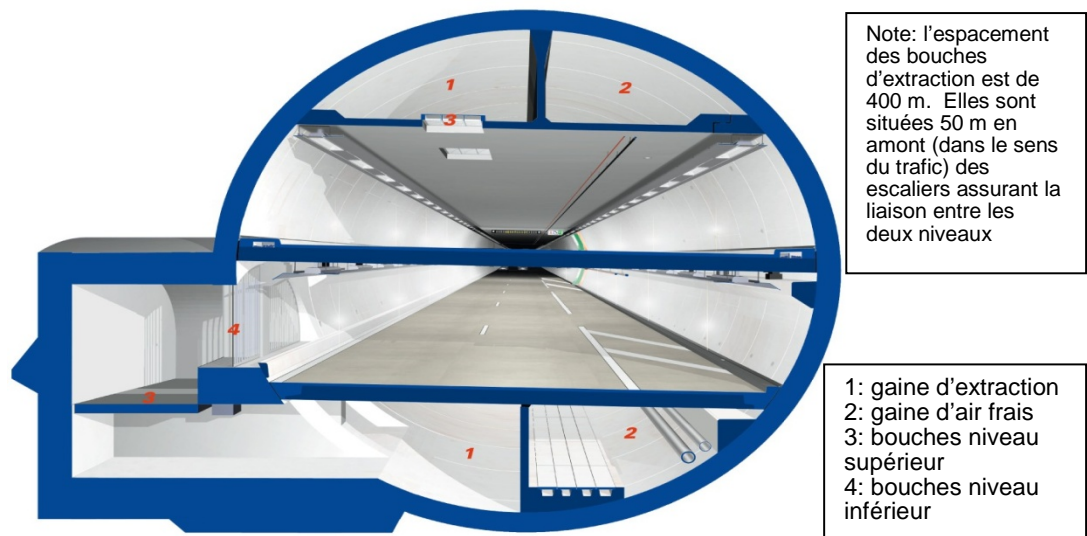


Figure 8 – concept du système de ventilation en profil en travers

En cas d'incendie l'objectif de l'installation de ventilation est d'éviter la propagation des fumées dans l'espace de circulation. Dans ce but, un courant d'air est maintenu dans le sens du trafic afin d'éviter la remontée des fumées vers l'amont de l'incendie. L'extraction des fumées est assurée à partir de la bouche d'extraction aval la plus proche de l'incendie, et un courant d'air est assuré en sens contraire au-delà de la trappe.

3.1 ENVIRONNEMENT – QUALITÉ DE L'AIR

À l'intérieur du tunnel

Les émissions de pollution sont faibles du fait que l'accès au tunnel n'est autorisé qu'aux véhicules légers de moins de 2 m de hauteur. Les bouchons de circulation sont prohibés à l'intérieur du tunnel.

Au voisinage du tunnel

La qualité de l'air est contrôlée de façon continue par des capteurs (mesures de concentration en NO₂, CO, PM₁₀ et PM 2.5, et comparaison avec les seuils standards) de façon à évaluer l'impact du tunnel sur l'environnement. Ces mesures peuvent être consultées par le public sur le site internet du Duplex. Aux têtes de tunnel les capacités d'extraction de ventilation ont été surdimensionnées de façon à éviter les problèmes de pollution.

4. ÉQUIPEMENTS D'EXPLOITATION

Le Duplex est doté de tous les équipements courants d'exploitation et de sécurité. Certains équipements sont spécifiques au tunnel du Duplex:

Énergie électrique

Puissance installée de 18 MW (équivalent à une ville de 12.000 habitants), 3 sous-stations énergie, 22 transformateurs.

Système de contrôle et de supervision

- 450 caméras, 70.000 points de contrôle et de commande.

Équipements passifs pour améliorer le confort et la sécurité des usagers

- présence d'une bande d'arrêt d'urgence située du même côté de la chaussée que les issues de secours,
- mise en peinture des piédroits avec une couleur verte autour des issues de secours et avec une couleur orange autour des niches de sécurité,
- revêtement de chaussée de couleur claire, piédroits peints de couleur claire, plafond peint en noir,
- éclairage de couleur blanche (13.000 luminaires, 4.000 plots lumineux) pour assurer un bon niveau d'éclairage, une uniformité longitudinale et transversale tout au long du tunnel.

Système de communication

- les messages de sécurité sont retransmis sur 10 stations radio FM grand public,
- transmission des radiocommunications des services d'intervention et d'urgence en tout point du tunnel et de ses annexes,
- 237 postes téléphoniques d'appel d'urgence, 675 boutons d'urgence (espacement 40 m).

Alimentation en eau – système de drainage – équipements de lutte contre l'incendie

- Installation novatrice de défense incendie: des sprinklers sont installés sur toute la longueur du tunnel. En cas d'incendie l'installation pulvérise de l'eau pendant une durée de 30 mn sous la forme de fines gouttelettes, sur une distance de 100 m centrée sur l'incendie. Les objectifs principaux sont : (1) contrôler le développement de l'incendie – (2) faciliter l'intervention des services de secours – (3) améliorer les conditions de survie en aval d'un incendie,
- La conduite de lutte contre l'incendie est alimentée en permanence avec de l'eau sous pression. Elle peut alimenter deux poteaux d'incendie (2 x 60 m³/h) pendant une heure avec une pression statique comprise entre 6 et 10 bars. L'installation comporte trois réservoirs d'eau situés à proximité immédiate du tunnel,
- En cas d'incendie le tunnel est fermé physiquement par la fermeture des voies de péages qui sont situées en amont de l'entrée en tunnel, ainsi que par des barrières motorisées situées aux entrées. Ces barrières sont équipées de deux lumières clignotantes (R2) et de panneau de signalisation B1 (sens interdit).

5. SÉCURITÉ, ÉVACUATION ET COMPORTEMENT DES USAGERS

Dispositions particulières pour les personnes à mobilité réduite (PMR)

Les PMR peuvent rejoindre des emplacements sécurisés sans assistance. Les escaliers de transfert comportent des abris dédiés aux PMR dans lesquels ils peuvent attendre l'arrivée des secours. Ces abris sont équipés de postes d'appel d'urgence, de haut-parleurs et de caméras de télésurveillance. Les puits d'évacuation sont équipés d'ascenseurs permettant aux PMR de rejoindre la surface.

Analyse de risques, plan d'intervention et entraînement

De nombreuses rencontres sont organisées entre l'exploitant et les intervenants extérieurs, en particulier la Direction Interdépartementale des Routes de l'Ile-de-France (DIRIF) qui gère les sections non concédées d'A86. Ces rencontres sont destinées à faire le point et à coordonner les analyses des risques, les plans d'intervention et les exercices.

Management des usagers

Des séances de retour d'expérience et d'entraînement sont organisées de façon régulière avec tout le personnel d'exploitation afin d'améliorer les dispositions et procédures existantes.

6. EXPLOITATION

Le tunnel du Duplex A 86 est exploité à partir d'un poste central de contrôle (occupé 24h / 24h), situé à Uriel-Malaise (**Figure 9**). Ce poste de contrôle intervient en coordination avec deux autres acteurs publics:

- la DIRIF qui est l'exploitant des tronçons non concédés d'A86, situés de part et d'autre du Duplex,
- le CRICR (Centre Régional d'Information et de Coordination Routière) qui couvre la totalité de la région Ile-de-France. Le CRICR recueille les informations relatives au trafic et aux conditions de circulation dans la région Ile-de-France et les régions voisines, et en informe les usagers de la route. Il procure également des

informations et des recommandations concernant les dispositions de gestion de la circulation mises en œuvre en cas de travaux ou d'évènements particuliers ou de manifestations.

Le poste d'exploitation du Duplex dispose d'une salle de contrôle dotée d'un mur animé comportant le plan du tunnel et de ses équipements principaux, ainsi que les images vidéo de la télésurveillance à l'intérieur du tunnel et sur ses accès. Toutes les informations relatives aux équipements d'exploitation et de sécurité sont supervisées à partir du poste de contrôle via le système de gestion technique centralisée et le réseau de télétransmission.

Un point d'appui d'exploitation est situé au milieu du tunnel (à l'échangeur de Vaucresson avec l'autoroute A13). Il a en charge la maintenance des bretelles de l'échangeur et de leur espace environnant.

L'organisation générale de l'exploitation est la suivante:

- période diurne (6h-22h): 2 superviseurs et 6 patrouilleurs,
- période nocturne (22h-6h): 2 superviseurs et 4 patrouilleurs.

En cas d'incendie

- Tous les accès au tunnel sont fermés (contrôle aux gares de péage).
- Les services d'intervention et les équipes de lutte contre l'incendie interviennent en utilisant les véhicules spécifiques mis à disposition par l'exploitant : 2 véhicules pour les pompiers et une ambulance situés à chaque tête de tunnel, ainsi qu'aux échangeurs.



Figure 9 – vue du poste central de contrôle du Duplex A86