

## Annexe 3.1 – CANADA / QUEBEC – Montréal – tunnels Ville-Marie et Viger

### 1. SOMMAIRE

Le complexe des tunnels Ville-Marie et Viger fait partie de l'axe autoroutier est-ouest de l'autoroute 720, situé au cœur du centre-ville de Montréal. Métropole du Québec et deuxième plus grande ville du Canada, Montréal comporte environ deux millions d'habitants sur l'île de Montréal et deux millions supplémentaires dans la zone urbaine adjacente.

Le complexe comporte un échangeur souterrain à plusieurs niveaux composé de deux tubes principaux comprenant trois à cinq voies de circulation et six tubes secondaires de raccordement d'une à deux voies de circulation formant cinq entrées et sept sorties. À ces tubes s'ajoutent plusieurs kilomètres de couloirs de secours, qui sillonnent le « Montréal souterrain » (**Figure n°1**).

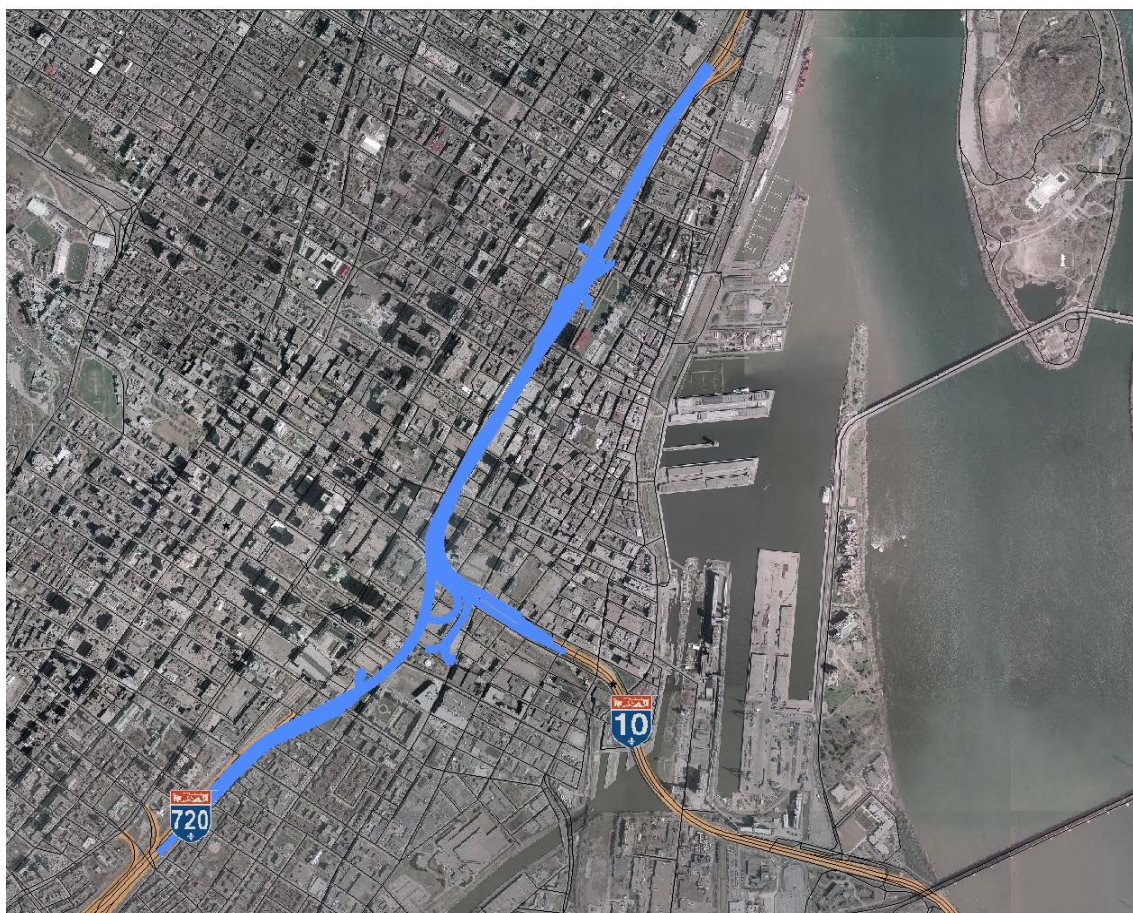


Figure 1 – Localisation du tunnel Ville-Marie au centre-ville de Montréal

Le système de tunnels est composé de deux tunnels indépendants, Ville-Marie (**Figure n° 2**) et Viger, séparés par un tronçon d'autoroute en tranchée ouverte qui est franchi par cinq passages supérieurs (**Figure n° 3**).

Le complexe comprend huit bâtiments techniques communément appelés « tours de ventilation », qui abritent tous les équipements mécaniques et électriques lourds, tels ventilateurs, pompes, transformateurs, génératrices de courant, ainsi que les équipements électroniques de télécommunication et de surveillance comme les automates programmables et les systèmes de transmission de données.

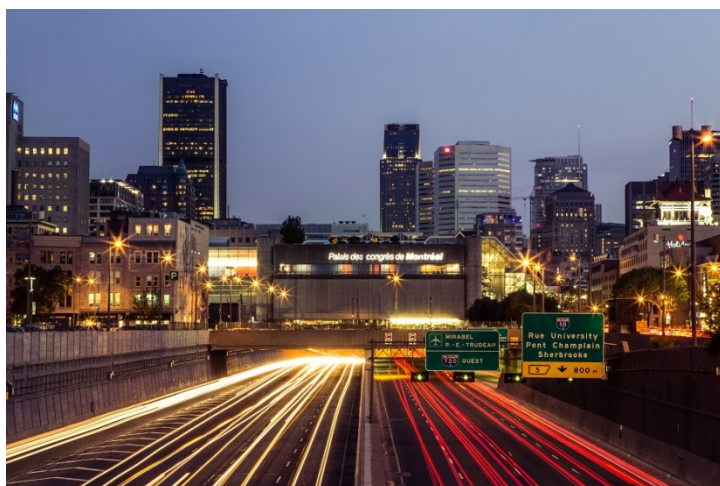


Figure 2 – entrée Est du tunnel de Ville-Marie

L'infrastructure permet de traverser le centre-ville en quatre à cinq minutes et assure un lien rapide entre le quartier des affaires et les autoroutes 10 et 15, notamment aux périodes de pointe de circulation.

Le tunnel principal, Ville-Marie, a été inauguré en 1974, alors que le tunnel Viger ne l'a été qu'en 1985. De 1996 à 2002, dans le cadre de la réalisation du Quartier international de Montréal, le secteur de l'autoroute en tranchée ouverte située entre les deux tunnels a été progressivement et partiellement recouvert, en raison notamment de l'agrandissement du Palais des congrès de Montréal et de la construction de l'édifice abritant la Caisse de Dépôt et Placement du Québec, prolongeant ainsi le tunnel Ville-Marie.

Depuis leur construction, les infrastructures et les systèmes ont vieilli malgré un entretien régulier et des interventions de réparation ou de modernisation ciblées. Des efforts considérables ont été déployés par le Ministère des Transports du Québec afin de maintenir un niveau de sécurité optimal conforme aux normes d'aujourd'hui.

Le nombre d'incidents et d'accidents dans le tunnel est inférieur à la moyenne nationale malgré la complexité géométrique du tronçon. Un prix de l'AIPCR-Québec a d'ailleurs été décerné en 2006 pour les stratégies de désenfumage mises au point pour les incendies dans ce tunnel complexe.

Un suivi continu de l'état du complexe est réalisé et les efforts de réfection et de mise à niveau se poursuivent en fonction des besoins concrets, en accord avec les meilleures pratiques du domaine des tunnels routiers et en s'appuyant sur l'évolution des technologies applicables à l'exploitation de ce type d'ouvrage.



Figure 3 – Secteur en tranchée ouverte entre les tunnels Viger (en bas) et Ville-Marie (en haut)

## 2. CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES DES TUNNELS

Les tunnels Ville-Marie et Viger comportent un échangeur souterrain à plusieurs étages conçu et construit avec des hauteurs sous plafond variables (**Figure n° 4**).

Les tunnels sont connectés au réseau de voirie de surface par huit bretelles d'accès souterraines d'une à deux voies de circulation. Les deux tubes principaux ont des largeurs variables allant de trois à cinq voies de circulation dans chaque direction. Ces tubes se superposent sur une longueur de 1.220 mètres, ce qui représente plus de la moitié de la longueur du tronçon principal.

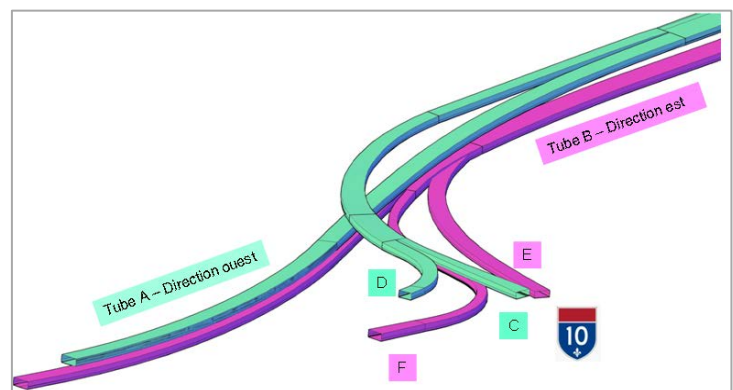
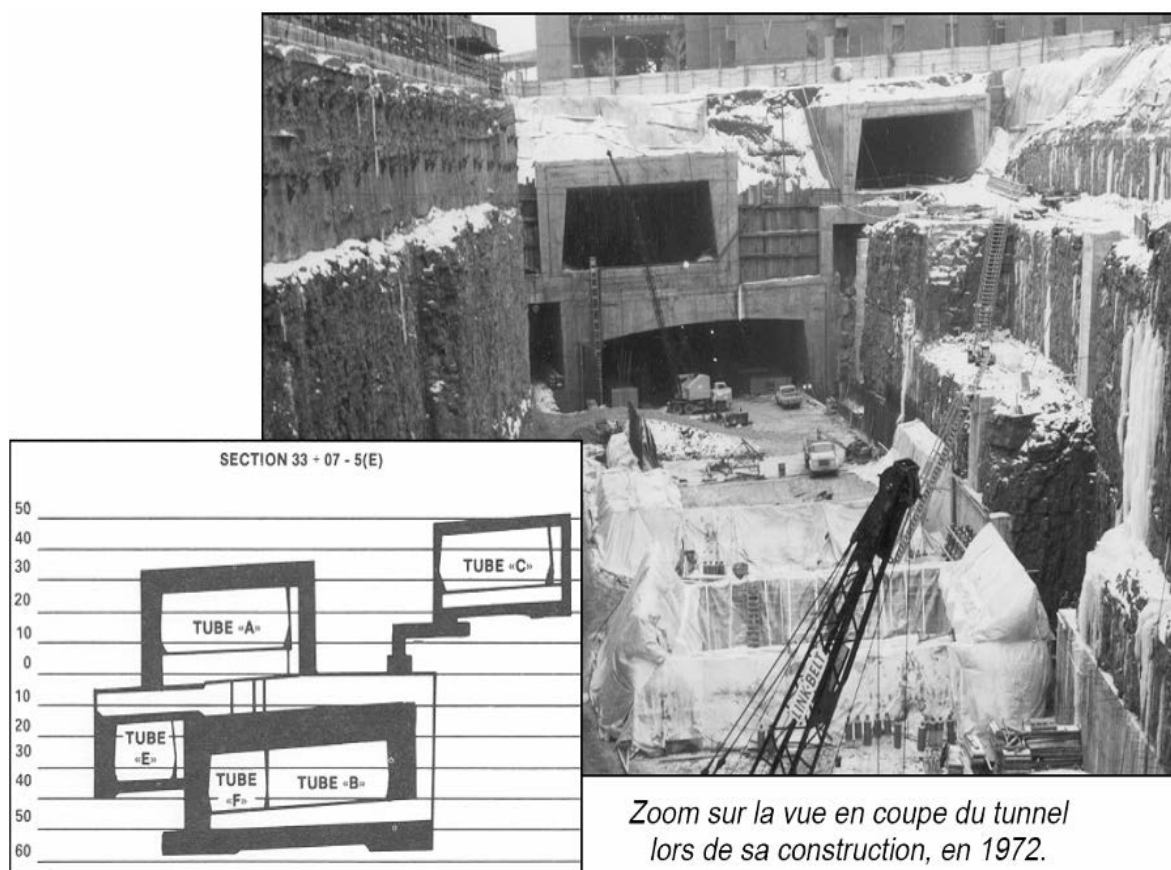


Figure 4 – Modèle 3D simplifié de la disposition des tubes du tunnel Ville-Marie

Ce complexe jouxte le « Montréal souterrain » où se trouvent des tunnels piétonniers, le tunnel du métro, des centres commerciaux et des stationnements. La proximité d'autres infrastructures souterraines et l'interférence avec les réseaux des services municipaux ont constitué des défis de conception et de construction et contribue encore aujourd'hui à une complexité d'exploitation.

Les différentes sections du tunnel ont été construites in situ en tranchée, dans le lit d'une ancienne rivière et ensuite recouvertes (**Figure n° 5**). Le point le plus bas du tunnel est situé à une profondeur de 42 mètres sous le niveau du sol. Une bonne partie des tubes se retrouve ainsi en dessous du niveau de la nappe phréatique. De plus, l'emplacement au pied du Mont-Royal favorise l'alimentation de la nappe phréatique par l'eau de ruissellement pluvial provenant du versant sud de la montagne.



Zoom sur la vue en coupe du tunnel lors de sa construction, en 1972.

Figure 5 – Vue du chantier de construction du tunnel Ville-Marie durant l'hiver 1972

### 3. PRINCIPALES DISPOSITIONS GÉOMÉTRIQUES

#### 3.1 TRACÉ EN PLAN ET PROFIL EN LONG

La longueur cumulée des tubes du complexe de tunnels est de 7.773 m, soit 6.497 m pour le tunnel Ville-Marie et 1.379 m pour le tunnel Viger. Le profil en long présente des déclivités de -3,26 % à +7,49 % en direction de l'ouest et de -5,07 % à +3,66 % en direction de l'est (**Figure n° 6**).

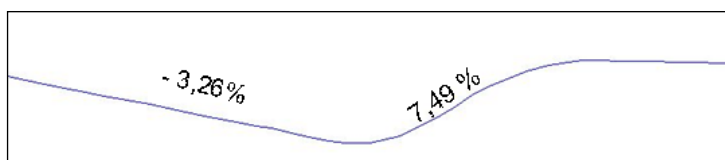


Figure 6 – Profil en long du tunnel Ville-Marie en direction ouest

La complexité de l'échangeur souterrain réside notamment dans les variations importantes du profil en long de chacun des tubes, et dans l'agencement relatif de ces tubes dans l'ensemble du tunnel. Les tubes de circulation ont des dimensions variant de 6,9 m à 21,1 m en largeur et de 4,39 à 4,90 m en hauteur. Les **figures n° 7 et 8** suivantes présentent quelques coupes transversales caractéristiques, qui permettent d'apprécier la complexité du profil transversal du tunnel.

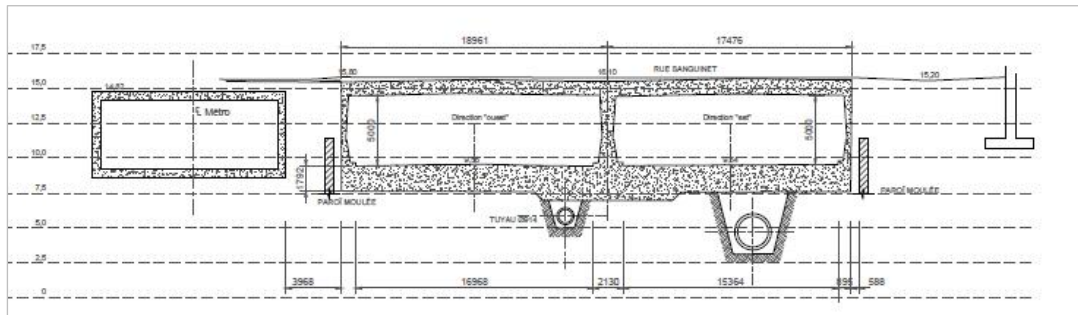


Figure 7 – Exemple de coupe transversale à proximité du Métro de Montréal

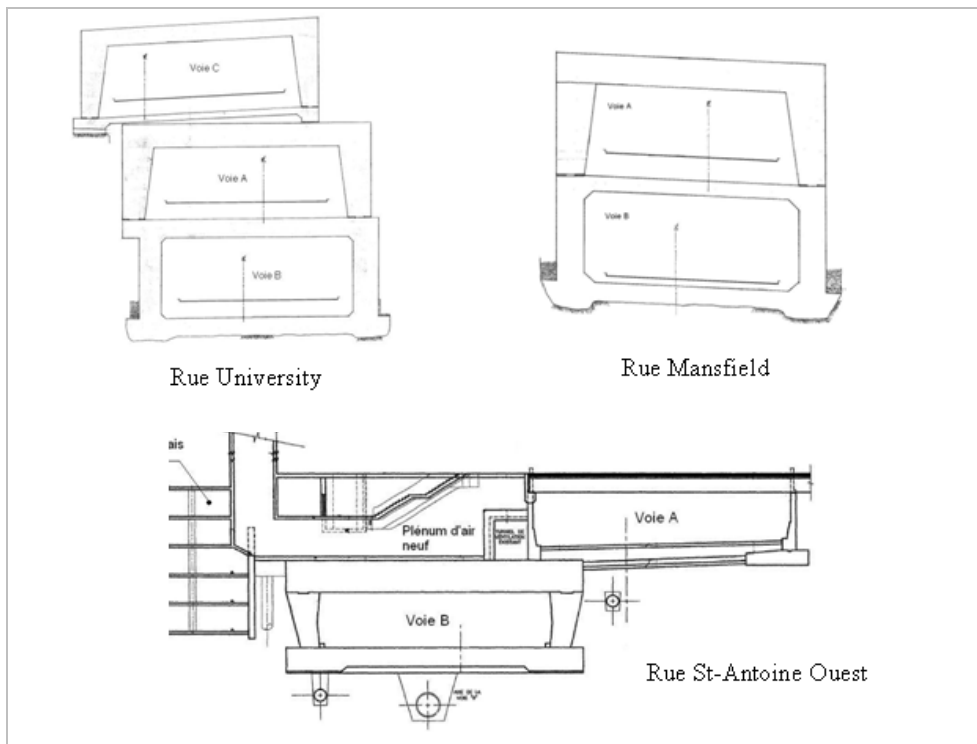


Figure 8 – Exemple de coupe transversale et de la superposition des tubes

### 3.2 PUIXS DE VENTILATION

La configuration de la tour de ventilation n° 9 près de la rue University présente une complexité particulière avec six niveaux souterrains (Figure n° 9), et, au niveau supérieur, le poste de contrôle et de gestion de l'ensemble du réseau des autoroutes urbaines de Montréal.

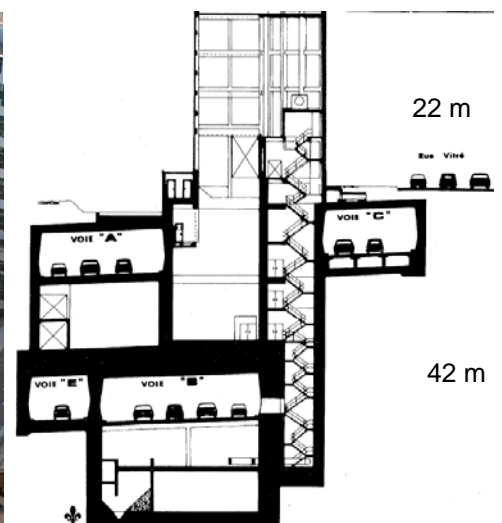
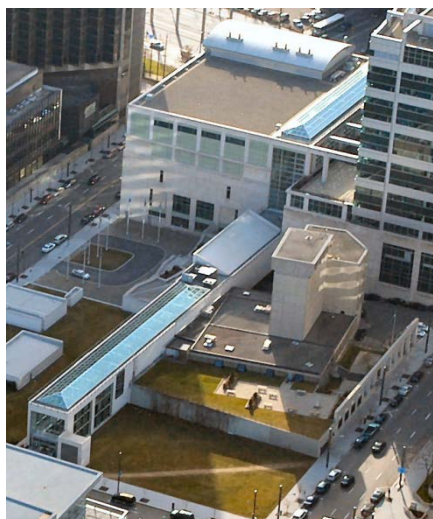


Figure 9 – Tour de ventilation n° 9 : vue extérieure et structure en profondeur

### 3.3 ACCÈS ET SORTIES DE SECOURS

Les tunnels comptent plus de cinq kilomètres de chemins et galeries d'évacuation d'urgence vers l'extérieur, vers des stationnements souterrains ou des bâtiments adjacents.

L'accès aux tubes d'évacuation est possible grâce aux soixante-et-onze portes de secours accessibles à des intervalles moyens de 94 m.

## 4. TRAFIC, CONDITIONS DE CIRCULATION, PANNES ET ACCIDENTS

### 4.1 TRAFIC ET CONDITIONS DE TRAFIC

La circulation dans le tunnel est unidirectionnelle. Pour des raisons de sécurité, la vitesse maximale est limitée à 70 km/h et le transport de matières dangereuses y est interdit.

En semaine une congestion routière est observée dans certaines bretelles et tubes de sorties. Dans ces circonstances la période pendant laquelle la congestion est observée peut atteindre 90 minutes le matin et 135 minutes en fin d'après-midi. Durant ce temps des files d'attente de 100 m à 200 m peuvent se former. Des congestions occasionnelles sont aussi enregistrées en soirée lors d'événements culturels et sportifs se déroulant au centre-ville. Dans l'ensemble, les tubes principaux du tunnel sont rarement congestionnés étant donné le nombre de voies disponibles.

Le Trafic Moyen Journalier Annuel (TMJA) est assez stable. Il se situe en 2012 autour de 100.000 véhicules par jour (toutes directions confondues). Le niveau de trafic le plus faible est enregistré en août avec 89.000 véhicules par jour alors que le débit le plus élevé est en mai, avec 104.000 véhicules par jour.

En semaine, le débit varie de 99.000 véhicules par jour le lundi, à 111.000 véhicules par jour le vendredi. La fin de semaine, la circulation est moins importante, soit 78.000 véhicules par jour le samedi et 67.000 véhicules par jour le dimanche. Le tunnel suit les horaires des emplois au centre-ville avec des périodes de pointe typiques de 7 h à 9 h le matin (**Figure n° 10**) et de 16 h à 18 h le soir.

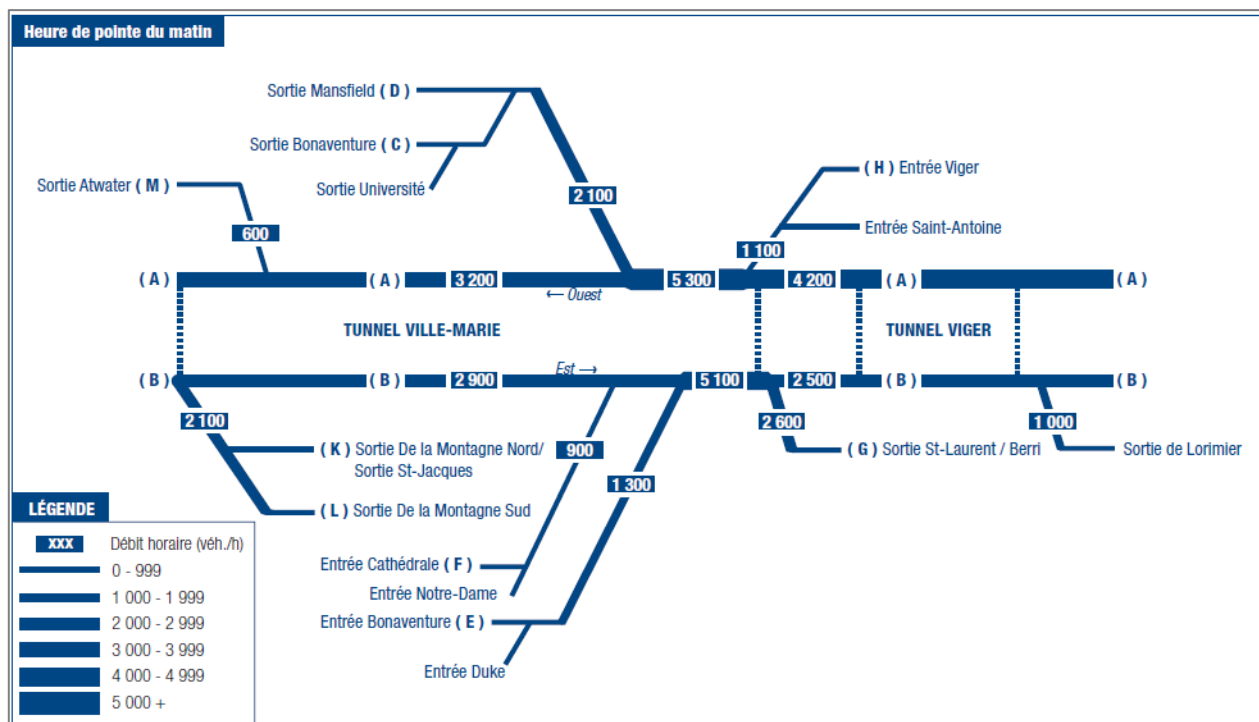


Figure 10 – Distribution du flux de trafic à l'heure de pointe du matin

## 4.2 STATISTIQUES D'ACCIDENTS

De façon générale, on retiendra que certaines zones d'entrecroisement sont parmi les plus problématiques en matière d'accident. Les courbes et contre-courbes serrées peuvent occasionner des pertes de contrôle alors que les pentes favorisent l'accélération. Pour ces raisons, la vitesse maximale dans le tunnel est limitée à 70 km/h.

Toutefois, le nombre d'accidents dans le tunnel est inférieur à celui enregistré pour une section d'autoroute équivalente à l'air libre (même débit, même vitesse, etc.). Une des raisons possibles est le niveau d'alerte accru des usagers provoqué par l'environnement confiné et mieux éclairé, ainsi que par une surveillance continue et accrue favorisant des interventions rapides.

Depuis 1995, 163 accidents sont en moyenne répertoriés annuellement sur le réseau des tunnels, dont 20 à 48 accidents avec blessés. Au cours des 20 dernières années, dix accidents mortels ont été recensés, dont trois en 1995, deux en 2007 et un pour chacune des années 2001, 2005, 2006, 2012 et 2013. De ce nombre trois sont survenus en direction de l'ouest et sept en direction de l'est.

Les évènements impliquant un camion sont en décroissance d'une moyenne annuelle de 18 dans les années 90, à une moyenne de 10 dans les années 2000.

## 5. SURVEILLANCE, COMMUNICATION ET SIGNALISATION

La sécurité des usagers et de l'infrastructure est assurée grâce au déploiement de mesures de surveillance spécifiques et à un ensemble d'équipements, dont :

- un système informatique dédié, SCADA-iFIX® (Gestion Technique Centralisée), mis en place pour la supervision continue (24 heures sur 24, 7 jours sur 7), le contrôle, l'acquisition de données et la commande à distance des équipements :
  - Une salle de contrôle assurant en continu la télésurveillance par l'intermédiaire de 85 caméras,
  - Un nombre important de sondes, capteurs, analyseurs et de détecteurs de mouvement, de gaz (monoxyde de carbone et bioxyde d'azote) et de sondes de température,
  - Près de 300 téléphones d'appel d'urgence installés près des niches d'incendie, des deux côtés de la chaussée et dans les issues de secours,
  - Près de 350 unités de feux de circulation, contrôlées à partir du centre des opérations permettent de gérer l'assignation des voies pour avertir les automobilistes d'accidents, de pannes ou de travaux dans le tunnel.

## 6. ÉQUIPEMENTS MÉCANIQUES SPÉCIFIQUES

Le tunnel est doté de divers équipements mécaniques d'exploitation, notamment :

- 87 ventilateurs (31 ventilateurs d'alimentation et 42 ventilateurs d'extraction),
- 8 groupes électrogènes de secours:
  - o 5 dans le tunnel Ville-Marie : 4 de 800 kW, et un de 1 200 kW,
  - o 3 dans le tunnel Viger, de 600 kW, 210 kW et 250 kW.
- 2 stations de pompage totalisant neuf pompes :
  - o 5 dans le tunnel Ville-Marie, dont 3 verticales et 2 submersibles. Les pompes du même type sont identiques. Les débits totaux en fonctionnement en parallèle sont de 896 l/s à 352 kPa (35,85 mce) pour les pompes verticales, de 574 l/s à 400 kPa (40,8 mce) pour les pompes submersibles, et de 1 470 l/s à 352 kPa pour le fonctionnement en parallèle de toutes les pompes,
  - o 4 pompes submersibles pour le secteur du tunnel Viger, chacune d'un débit nominal de 175 l/s à 172 kPa (17,6 mce) et un débit total en fonctionnement en parallèle de 700 l/s à 172 kPa.

## 7. VENTILATION

Des séquences automatiques et manuelles de ventilation environnementale pour la dilution des émissions polluantes et pour assurer une qualité d'air adéquate dans le tunnel sont programmées selon les seuils suivant :

Scénario de ventilation	CO	NOx
Démarrage manuel des ventilateurs	> 50 ppm	> 5 ppm
Arrêt manuel des ventilateurs	> 30 ppm	> 3 ppm
Démarrage automatique des ventilateurs	> 80 ppm	> 8 ppm
Activation d'un signal d'alarme et fermeture du tunnel	> 150 ppm	> 15 ppm

La ventilation de désenfumage du tunnel Ville-Marie est de type semi-transversal avec une alimentation distribuée transversalement et des points d'extraction massifs. Le tunnel est ainsi divisé en zones entre deux tours de ventilation. Il y a soixante-treize ventilateurs, installés dans six tours de ventilation. Quarante-deux ventilateurs sont utilisés principalement en alimentation et trente-et-un en extraction.

La ventilation de désenfumage du tunnel Viger est longitudinale avec des points d'extraction massive. Il y a quatorze ventilateurs, dont six sont installés dans deux tours de ventilation (trois par tour) et huit accélérateurs installés dans les tubes de circulation, au-dessus des voies (quatre par direction).

Une séquence de désenfumage est établie pour contrôler la succession de démarrage automatique des ventilateurs en fonction de la position d'un incendie identifié par numéro de caméra. Le déclenchement et l'arrêt d'une séquence de désenfumage sont effectués par l'opérateur.

## **8. ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX**

### **8.1 AIR**

Les quatre-vingt-sept ventilateurs sont démarrés au moins deux fois par semaine pendant 30 minutes pour des essais et l'entretien préventif. En raison de la proximité de zones résidentielles, certains ventilateurs sont activés entre 10 h et 13 h, les lundis et mercredis alors que le reste des ventilateurs démarrent la nuit.

### **8.2 QUALITÉ DES EAUX**

Les eaux de ruissellement des tunnels Ville-Marie se retrouvent dans un bassin de décantation au point le plus bas du tunnel. Un traitement primaire par décantation des solides en suspension et par séparation des boues est effectué avant de renvoyer les eaux dans le réseau d'égout pluvial vers la station d'épuration.