



Étude de faisabilité technique du tramway de Québec et de Lévis



Dossier P-12-600-04

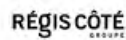
Consortium Tramway Québec-Lévis



SNC-LAVALIN



et ses partenaires



Intitulé du document
4^E SOUS LIVRABLE 1.4 NOTE TECHNIQUE CONTRÔLE AUX INTERSECTIONS ET PRIORITÉ

Numéro du document	Révision
610879-0400-4SEN-0003	00

PRINCIPAUX COLLABORATEURS :

Gilles BARBOT

Pascal CHOVIN

Stéphane TREMBLAY

Simon DAVIDSON

VÉRIFIÉ PAR : Stéphane Tremblay

APPROUVÉ PAR : André GENDREAU

NUMÉRO DU DOCUMENT :		610879-0400-4SEN-0003
REV.	DATE	TYPE DE RELÂCHE
PA	27/06/2013	Émission préliminaire pour commentaires internes
PB	28/06/2013	Émission préliminaire au RTC
00	18/09/2013	Émission finale au RTC

TABLE DES MATIÈRES

1.	OBJET	5
2.	GLOSSAIRE ET DÉFINITIONS.....	6
2.1	Glossaire	6
2.2	Définitions générales.....	6
3.	ASPECT FONCTIONNELS	7
3.1	Présentation.....	7
3.2	Priorité absolue.....	7
3.3	Traitement des demandes de priorité	8
3.3.1	Principes de fonctionnement du traitement centralisé	8
3.3.2	Principes de fonctionnement du traitement local.....	8
3.3.3	Choix de la configuration.....	9
4.	ÉQUIPEMENTS ET TECHNOLOGIE ACTUELLE	10
4.1	Détection.....	10
4.2	Contrôleur.....	10
4.3	Signaux lumineux.....	10
5.	ÉQUIPEMENTS POUR LE CONTRÔLE ET LA PRIORITÉ DU TRAMWAY	11
5.1	Détections des rames de tramway.....	11
5.1.1	Point de détection (PD).....	11
5.1.2	Point d'intersection (PI).....	11
5.1.3	Point d'annulation (PA)	11
5.1.4	Point de confirmation (PC) (optionnel).....	11
5.1.5	Équipements embarqués	14
5.1.6	Équipements fixes	14
5.2	Détections des véhicules routiers	14
5.3	Contrôleurs	15
5.3.1	Contrôle.....	16
5.3.2	Préemption et « Transit Signal Priority » (TSP)	16
5.3.3	Communication.....	16
5.3.4	Coordination des intersections	16
5.3.5	Traverse piétonne et couloir pour non-voyant.....	16
5.3.6	Priorité pour les véhicules d'urgence	17
5.4	Signaux lumineux et aide à la conduite.....	17
6.	CONFIGURATION AUX INTERSECTIONS	21
6.1	Tramway en site propre en position axiale.....	21
6.2	Tramway en site propre en position latérale	26
6.3	traverses piétonnes	30
6.4	Croisement aux transitions	32

LISTE DES FIGURES

Figure 1 :	Principe des points de détection.....	12
Figure 2 :	Principe station proche d'une intersection.....	13
Figure 3 :	Exemple d'enchaînement des signaux pour conducteur tramway	18
Figure 4 :	Exemple de signaux lumineux (France).....	19
Figure 5 :	Feux de priorité pour véhicule de transport en commun.....	20
Figure 6 :	Disposition des signaux lumineux aux carrefours pour le tramway en site propre en position axiale – en station – avec mail central.....	22
Figure 7 :	Disposition des signaux lumineux aux carrefours pour le tramway en site propre en position axiale – hors station – avec mail central	23
Figure 8 :	Disposition des signaux lumineux aux carrefours pour le tramway en site propre en position axiale – hors station – sans mail central	24
Figure 9 :	Disposition des signaux lumineux pour le tramway en transition de latéral à axial.....	25
Figure 10 :	Disposition des signaux lumineux aux carrefours pour le tramway en site propre en position latérale – en station – sans mail central.....	27
Figure 11 :	Disposition des signaux lumineux aux carrefours pour le tramway en site propre en position latérale – hors station – avec mail central.....	28
Figure 12 :	Disposition des signaux lumineux aux carrefours pour le tramway en site propre en position latérale – hors station – sans mail central.....	29
Figure 13 :	Disposition des signaux lumineux aux traverses piétonnes pour le tramway en site propre en position axiale et latérale.....	31

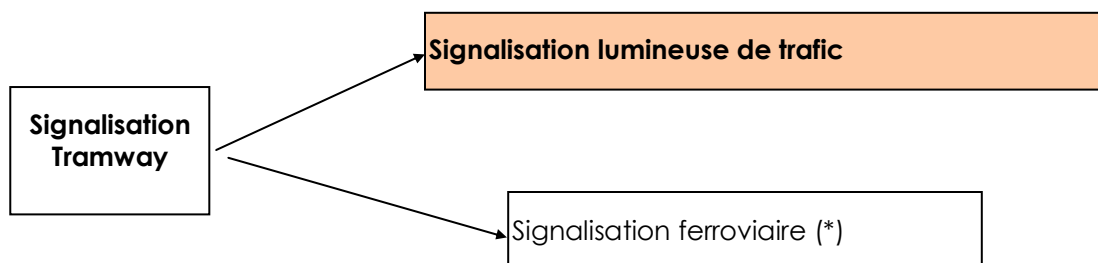
1. OBJET

Chaque conducteur de tramway est responsable de la marche de son véhicule et notamment :

- de la sécurité, par rapport aux autres rames;
- de la sécurité par rapport à d'éventuels obstacles sur la voie (piétons, véhicules divers, etc.);
- de la sécurité lors du franchissement des zones d'aiguillage;
- de l'adaptation de la marche par rapport au profil de la voie et de ce fait :
 - du confort et de la sécurité des voyageurs dans le véhicule;
 - de la sécurité du tramway.

Pour cela, il a été mis en place un certain nombre de dispositifs et de systèmes lui permettant de piloter son véhicule en sécurité. Un de ces ensembles constitue la « signalisation tramway ».

Cet ensemble se décompose comme suit :



(*) est décrit dans le 2^e sous livrable 1.4

Le présent document décrit les équipements de signalisation lumineuse routière situés sur le parcours du tramway de Québec et de Lévis.

Les équipements de signalisation concernés sont :

- la signalisation lumineuse à destination des véhicules routiers, des piétons, des cyclistes et des équipements associés;
- la signalisation lumineuse à destination des conducteurs de tramways et des équipements associés.

2. GLOSSAIRE ET DÉFINITIONS

2.1 GLOSSAIRE

Abréviations	Définitions
CEE	Centre d'exploitation et d'entretien
GLO	Gabarit Limite d'Obstacle
MR	Matériel Roulant tramway
PCC	Poste de Commande Centralisé tramway
PL	Poids Lourd
RTC	Réseau de transport de la Capitale
SAEIV	Système d'Aide à l'Exploitation et à l'Information Voyageurs
SLT	Signalisation Lumineuse de Trafic
TC	Transport en commun
VP	Véhicule Particulier
PD	Point de direction
PI	Point d'intersection
PA	Point d'annulation
PC	Point de confirmation

2.2 DÉFINITIONS GÉNÉRALES

Centre d'échanges : Point de convergence et d'échanges des usagers du tramway avec le réseau d'autobus ou avec tout autre mode de transport; le centre d'échanges peut être un terminus d'autobus, un stationnement incitatif pour automobiles, un stationnement pour un système d'auto-partage, un stationnement pour vélos ou un regroupement total ou partiel de toutes ces fonctions.

Station : Point d'embarquement ou de débarquement des usagers du tramway le long du tracé.

3. ASPECT FONCTIONNELS

3.1 PRÉSENTATION

Pour que le système de transport collectif tramway soit attractif, il est nécessaire que la vitesse commerciale des rames de tramway soit élevée. Pour cela, il est conseillé que le système tramway bénéficie de la priorité de passage absolue aux intersections routières gérées par signalisation lumineuse de trafic.

Les avantages de la priorité absolue pour le tramway sont les suivants :

- augmentation de la vitesse commerciale, d'où minimisation du parc de matériel roulant pour un même débit;
- amélioration de la régularité des horaires de passage aux arrêts, et garantie des temps de parcours;
- amélioration de l'attractivité du système de transport collectif;
- amélioration du confort des passagers car moins de séquences arrêt/démarrage;
- réduction de la consommation d'énergie électrique du tramway;
- facilité de conduite pour les conducteurs;
- économies en heures d'exploitation (heures de service, nombre de conducteurs, fiabilité permettant d'économiser sur les heures de temps supplémentaires induites, etc.).

La mise en œuvre de la priorité du tramway aux intersections routières oblige à repenser les stratégies de régulations des flux automobiles le long de la ligne de tramway.

Avec un système de priorité performant, la perturbation sur la circulation routière est limitée car le système accorde au tramway le temps de passage minimum. Le temps de franchissement par un tramway d'une intersection est plus faible s'il peut la franchir lancé, par rapport à un redémarrage en pied de feu (cas où la priorité n'est pas accordée).

3.2 PRIORITÉ ABSOLUE

Pour que le principe de la priorité absolue fonctionne bien, le système de priorité devra respecter les principes de base suivants :

- en fonctionnement normal (hors mode dégradé), il faut que toutes les rames de tramway bénéficient d'une priorité absolue. En d'autres termes, un tramway se présentant à un carrefour dans les conditions normales de fonctionnement et d'exploitation ne doit pas avoir à s'arrêter avant d'obtenir son vert;
- le paramétrage des divers délais d'approche mis en jeu doit être facile (réglages initiaux et mises à jour);
- la solution doit être robuste aux aléas de progression des rames de tramway (temps d'arrêt en station, distribution de vitesse (écarts de vitesse de circulation

en un point donné entre les différents conducteurs), incident de parcours, etc.) et aux pannes de certains capteurs mis en jeu;

- les appels de préemption pour les véhicules d'urgence et les phases pour piétons en cours dans l'axe perpendiculaire au tramway, particulièrement lorsque le temps alloué pour la traverse est élevé sont des cas où le tramway ne pourra avoir la priorité absolue.

La validation des besoins relatifs aux appels piétons sera faite dans le livrable 4.1 du lot 3.

3.3 TRAITEMENT DES DEMANDES DE PRIORITÉ

Le traitement des demandes de priorité peut être réalisé de deux manières :

- traitement local par les contrôleurs de carrefours,
- traitement centralisé par un poste de régulation centralisé de gestion du trafic routier.

3.3.1 Principes de fonctionnement du traitement centralisé

Dans la configuration centralisée, les contrôleurs de carrefours sont reliés à des calculateurs centraux. Les contrôleurs reçoivent à un instant précis des calculateurs centraux les informations relatives aux changements de phase (vert/jaune/rouge) pour chaque feu. Les calculateurs centraux possèdent les tables de sécurité de tous les contrôleurs. Cette table de sécurité est également gérée en local par chaque contrôle pour garantir la sécurité.

En cas de défaillance de la transmission entre le contrôleur et le calculateur, le contrôle « reprend la main » en exécutant des cycles de feux prédéterminés, mais sans lien avec les autres contrôleurs de carrefours.

Les calculateurs sont généralement installés dans un centre de supervision « circulation routière ville », indépendant du Poste de Commande Centralisé Tramway qui est lui placé dans les locaux de l'exploitant tramway.

Les opérateurs du centre de supervision « circulation routière ville » peuvent réagir rapidement en cas d'incident pour débloquer la situation. Ils sont généralement en contact avec des équipes d'intervention terrains.

3.3.2 Principes de fonctionnement du traitement local

Chaque contrôleur carrefour est autonome. Il peut néanmoins recevoir des informations provenant des contrôleurs de carrefour encadrant (points de détection tramway, etc.).

Dans cette configuration, il peut être pertinent de prévoir un poste de supervision (remontées d'alarmes) dans le PCC tramway, afin d'avoir un retour en temps réel de l'état des équipements, et pouvoir déclencher rapidement une intervention si nécessaire.

3.3.3 Choix de la configuration

Les deux configurations sont mises en œuvre avec succès sur les lignes de tramway déjà en exploitation.

Le choix entre les 2 configurations dépend généralement des principes de gestion du trafic routier existant avant les travaux de construction du tramway.

Sur certains réseaux, tramway de l'agglomération de Montpellier notamment, les 2 configurations sont mises en œuvre sur une même ligne :

- gestion centralisée pour les communes traversées sur lesquelles le trafic routier était déjà géré en centralisé,
- traitement local par les contrôleurs pour les communes non raccordées au système centralisé.

Dans le cadre du projet du tramway de Québec et de Lévis, l'implantation d'un système centralisé est recommandée.

4. ÉQUIPEMENTS ET TECHNOLOGIE ACTUELLE

Il y a actuellement 105 carrefours munis de feux de circulation qui sont traversés par le tracé du tramway de Québec et de Lévis, soit 86 sur le territoire de la ville de Québec et 19 sur le territoire de la ville de Lévis. Certains feux existants devront être modifiés afin d'intégrer le projet du tramway alors que d'autres devront être démantelés. Des feux devront aussi être installés à d'autres intersections qui ne sont actuellement pas munis de feux.

4.1 DÉTECTION

Plusieurs intersections avec feux de circulation sont munies de boucles enfouies dans la chaussée, de radar ou caméra installés sur des fûts pour la détection véhiculaire.

Des systèmes de priorité pour les véhicules d'urgence sont également en fonction sur certains axes stratégiques sur lesquels le tramway circulera.

4.2 CONTRÔLEUR

Sur le territoire de la Ville de Québec, les contrôleurs existants sont tous de type 170 du distributeur Logisig avec le protocole Wapiti. Du côté de Lévis, on retrouve plusieurs types de contrôleurs, dont les types 170, KFT-2400 et quelques ASC-2 et ASC-8000.

4.3 SIGNAUX LUMINEUX

On retrouve divers types de signaux lumineux aux carrefours. Dans certains cas, les signaux lumineux des mouvements principaux et secondaires (virages à gauche) sont horizontaux, verticaux ou une combinaison des deux types.

La majorité des intersections touchées par le projet du tramway comporte également des feux pour piétons à décompte numérique et dans quelques cas des signaux sonores pour handicapés visuels.

Il est à noter que le type de fût et potence varie d'un secteur à l'autre. On retrouve du mobilier de type MTQ mais aussi différents types de mobilier décoratif.

5. ÉQUIPEMENTS POUR LE CONTRÔLE ET LA PRIORITÉ DU TRAMWAY

5.1 DÉTECTIONS DES RAMES DE TRAMWAY

Pour que le système de priorité du tramway soit performant, il est nécessaire de connaître avec précision les positions et temps de parcours des rames de tramway tout au long de la ligne.

Pour assurer une détection fine des rames de tramway, il est nécessaire de mettre en œuvre de nombreux points de détection tout au long de la ligne.

Pour une interstation, le principe de détection est décomposé de la façon suivante :

5.1.1 Point de détection (PD)

Les rames sont détectées en ce point qui est suffisamment éloigné de l'intersection pour permettre l'établissement d'une phase prioritaire tramway en respectant les contraintes des phases routières et piétons antagonistes.

5.1.2 Point d'intersection (PI)

Juste avant l'intersection, un détecteur permet de refaire une demande de priorité de passage, en cas d'imprévu entre PD et PI.

5.1.3 Point d'annulation (PA)

En sortie d'intersection, un détecteur permet de vérifier que le tramway a franchi l'intersection, pour autoriser au plus tôt les phases routières et piétonnes antagonistes.

5.1.4 Point de confirmation (PC) (optionnel)

Pour les intersections où la vitesse d'approche du tramway est importante (PD éloigné), il peut être pertinent d'introduire un point intermédiaire ; point de confirmation PC. Il sert à confirmer au contrôleur de carrefour l'instant de passage de la rame de tramway.

Ce principe est décliné pour chaque intersection.

Pour les intersections de faibles dimensions, le point PI peut également agir comme point d'annulation (PA).

Le schéma suivant illustre le principe avec les différents points de détection.

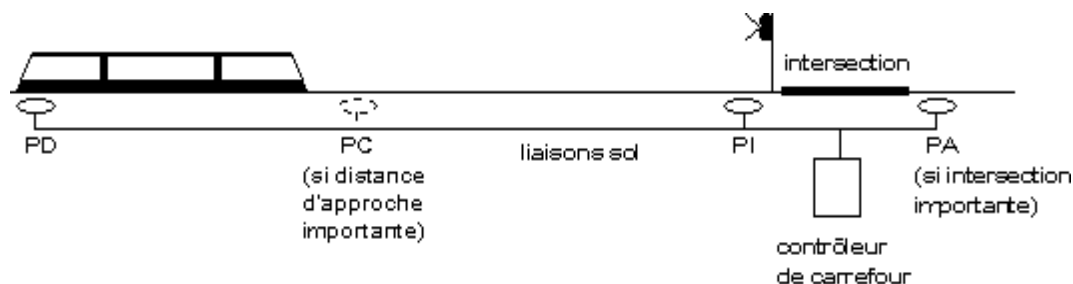


Figure 1 : Principe des points de détection

Un point de détection peut servir à plusieurs fonctions pour des intersections différentes.

Exemple : un point d'annulation (PA) peut servir comme point de détection (PD) pour une autre intersection.

Pour les stations tramway positionnées juste en amont d'une intersection, le principe de détection est similaire, mais le positionnement physique des points de détection est adapté.

Le point de détection (PD) est positionné pour détecter l'arrivée de la rame en station. Une anticipation de la demande de priorité est alors lancée sous forme d'une temporisation définit sur le temps d'arrêt à la station. Un point de détection intermédiaire (PC) est positionné juste en sortie de station pour détecter le départ de la rame et affiner la demande.

Le synoptique ci-dessous présente le principe de positionnement des boucles pour une station proche d'une intersection.

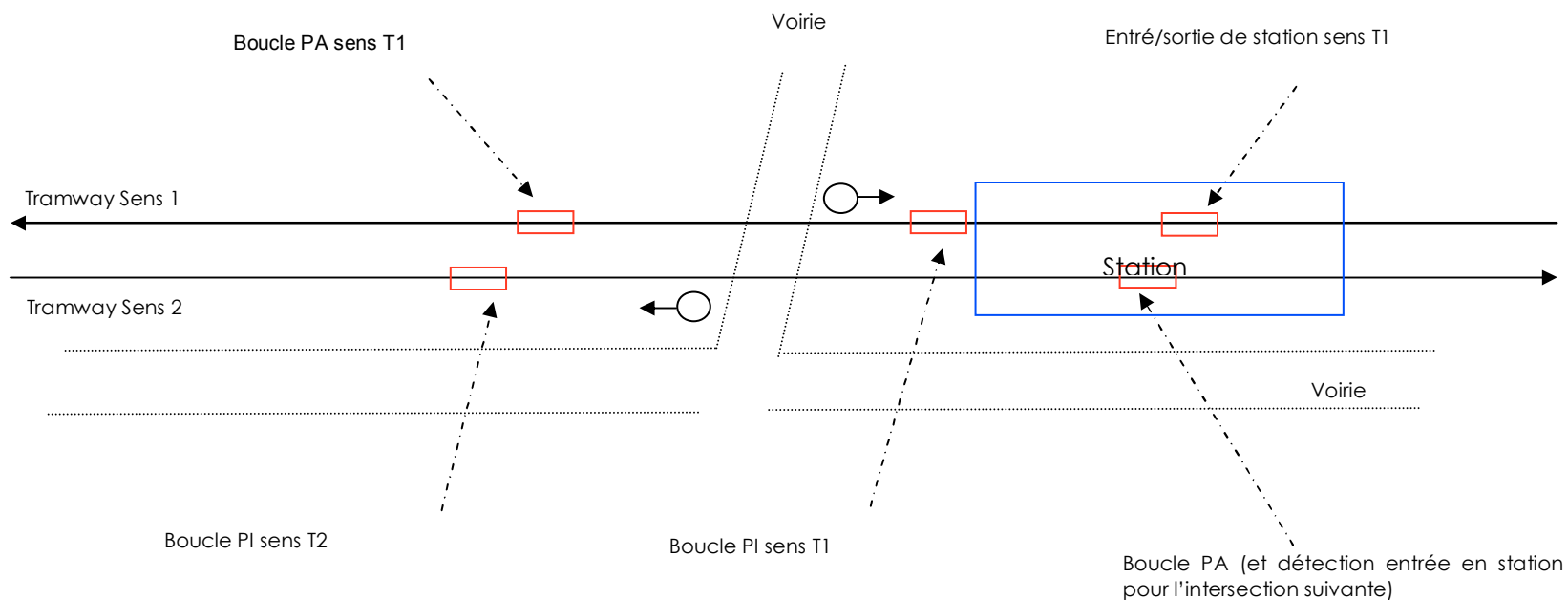


Figure 2 : Principe station proche d'une intersection

5.1.5 Equipements embarqués

Les rames sont équipées d'émetteurs de demande de priorité. Les rames étant réversibles et pouvant être allongées, il est conseillé d'équiper chaque rame avec 2 émetteurs (1 à chaque extrémité de la rame), pour connaître précisément la distance nez de la rame - antenne.

Un émetteur est composé d'une antenne fixée sous la rame, généralement associé à un boîtier électronique installé dans la rame. Le boîtier est relié aux commutateurs installés dans les cabines de conduites pour connaître la cabine active.

5.1.6 Equipements fixes

Au sol, des boucles de réceptions sont mises en œuvre dans la plateforme tramway, entre les 2 files de rail. Ces détecteurs associés à des récepteurs détectent les signaux émis par les émetteurs des rames. Elles permettent également de faire de la détection magnétique (présence d'une masse magnétique au-dessus de la boucle).

Les récepteurs sont généralement installés dans les armoires des contrôleurs. Lorsque la distance de la boucle par rapport à l'armoire contrôleur est trop importante, il est nécessaire de mettre en place un coffret intermédiaire pour installer le récepteur. Pour limiter les émergences, ces coffrets peuvent être installés dans le mobilier de station.

Les informations des récepteurs sont transmises au(x) contrôleur(s) de carrefour(s). Pour les points de détection utilisés pour plusieurs intersections, les informations d'un récepteur peuvent être transmises à un contrôleur ou au centre de contrôle qui répercute l'information aux autres contrôleurs. Il est également possible de dupliquer les informations à la sortie du récepteur pour faire une transmission directe à chaque contrôleur concerné. Le principe sera à étudier plus en détail dans les étapes ultérieures des études du système tramway, en collaboration avec les services techniques de la ville concernée.

Dans les zones avec imbrication d'intersection(s) et d'une zone de signalisation ferroviaire, les informations de détection des rames de la signalisation ferroviaire peuvent être mises à disposition du contrôleur de carrefour.

5.2 DÉTECTIONS DES VÉHICULES ROUTIERS

En plus de la détection conventionnelle dans les voies de virage et les rues transversales, aux intersections avec risque de congestion routière sur la plateforme tramway, il peut être pertinent d'installer également un système de détection des véhicules routiers bloqués à proximité ou sur la plateforme tramway.

De plus, sur le pont de Québec, les véhicules routiers devront être détectés pour donner priorité au tramway et vider la voie en avant de lui pour éviter qu'il soit pris dans la congestion.

Ces informations sont utilisées pour agir sur la signalisation routière des intersections :

- en aval afin de fluidifier le flux de circulation qui risque de bloquer le passage du prochain tramway;

- en amont afin de faire de la rétention avant le passage du tramway, et relâcher le flux routier juste après le passage du tramway.

Un système de boucle de détection est sensible à la variation des champs magnétiques et la proximité des caténaires pourraient influencer sur celles-ci. Toutefois, les expériences ailleurs dans le monde ont démontré que lorsqu'elles sont installées selon les règles de l'art, les boucles de détection sont un mode de détection fonctionnel.

Comparativement à la détection par boucle de détection, la détection non-intrusive telle que les radars et les caméras offre une plus grande flexibilité d'un point de vue de la gestion de la circulation. Au fil de l'évolution du volume de la circulation, les zones de détection des files d'attente peuvent être ajustées sans la nécessité d'une réfection des infrastructures existantes.

Le système de détection non-intrusif qui offre aussi une redondance au système de priorité du tramway en cas de défaillance ou d'entretien de ces systèmes est le mode de détection privilégié pour le projet de tramway de Québec et de Lévis. Le mode de détection non-intrusif qui fait une couverture par zone pourra aussi être utilisé pour détecter les véhicules routiers bloqués à proximité ou sur la plateforme tramway tel que mentionné précédemment.

Toutefois, des boucles pourraient être conservées sur les routes secondaires dans certains cas. Dans l'axe du tramway, mais compte tenu de l'ampleur des travaux à réaliser, aucune boucle existante ne pourra être conservée. Compte tenu que la technologie fait en sorte qu'il n'est pas nécessaire d'avoir une caméra par approche, les modes de détection non intrusive sont privilégiés pour l'ensemble de chaque carrefour, dans le projet du tramway de Québec et de Lévis.

5.3 CONTRÔLEURS

Actuellement, sur l'ensemble des tracés du projet de tramway, différents types de contrôleurs existent. La majorité sont des 2070 avec logiciel Wapiti qui peuvent comporter des composantes variées et dont certaines peuvent être désuètes. La dimension des coffrets existants est également restreinte, ce qui donne peu de flexibilité pour l'intégration des fonctionnalités TSP et de communication. Ces contrôleurs existants ne sont pas adaptés pour intégrer la priorité véhiculaire et du tramway.

Dans le but d'uniformiser les équipements, de s'assurer de leur compatibilité et d'avoir une marge de manœuvre quant à la dimension des coffrets, il est recommandé, dans la présente étude de faisabilité, que tous ces équipements soient remplacés. Les nouveaux contrôleurs de feux de circulation devront avoir suffisamment de flexibilité et de fonctionnalités afin d'assurer une intégration dans le milieu environnant. Les nouveaux contrôleurs devront être en mesure d'intégrer les caractéristiques suivantes :

5.3.1 Contrôle

Pour les intersections plus complexes où il y a présence de plusieurs phases pour piétons, de baie de virage à gauche et de voie de virage à droite, il est requis que les cabinets soient en mesure d'accommoder de 16 à 24 phases. Ces besoins seront définis en fonction des programmations définies dans le livrable 4.1 du lot 3.

5.3.2 Prémption et « Transit Signal Priority » (TSP)

Les cabinets devront avoir la capacité de gérer deux systèmes de gestion de la priorité en parallèle soit celui existant du service d'incendie et celui du futur tramway. Pour le tramway, la troncation du rouge ou prolongement du vert est le mode de fonctionnement de base du TSP.

5.3.3 Communication

Les nouveaux contrôleurs devront avoir la capacité de s'intégrer dans les réseaux de communication actuels ainsi qu'au nouveau réseau de communication du centre de contrôle du Tramway. Les réseaux de coordination actuels pour certains tronçons devront être revus.

Pour une communication par fibre optique, le cabinet devra être équipé d'un convertisseur de média (fibre optique à Ethernet) et le contrôleur devra être équipé d'un port de communication Ethernet et permettre une communication via le protocole TCP/IP. Une dorsale de communication est déjà prévue pour le système SAE, SIV, billettique, communication et vidéosurveillance (3^e sous-livrable 1.4).

5.3.4 Coordination des intersections

Les contrôleurs de marque différente ne peuvent communiquer ensemble que ce soit de contrôleur à contrôleur ou via un contrôleur maître. Afin d'assurer une coordination entre les différents systèmes, tous les contrôleurs doivent avoir une heure synchronisée. Les contrôleurs existants qui n'ont pas de lien de communication constant avec le centre de contrôle et dont le tramway aura un impact sur leur niveau de services, un système d'horloge GPS devra être installé et raccordé au contrôleur existant.

5.3.5 Traverse piétonne et couloir pour non-voyant

Les boutons pour piétons devront avoir une confirmation sonore et visuelle lorsqu'un appel est logé au contrôleur.

Pour les intersections identifiées comme étant un couloir utilisé par les non voyants, les nouveaux contrôleurs devront être en mesure de gérer les systèmes pédestres sonores. Étant donné que les piétons traversent les rails aux intersections ou traverses piétonnes sans qu'il y ait de barrières, une texture spéciale et propre au tramway pourrait être appliquée au sol de part et d'autre des rails indiquant aux personnes non-voyantes la présence du couloir du tramway.

5.3.6 Priorité pour les véhicules d'urgence

La priorité pour les véhicules d'urgence devra être maintenue aux endroits où elle est en place actuellement.

5.4 SIGNAUX LUMINEUX ET AIDE À LA CONDUITE

Les informations minimales à présenter au conducteur de tramway sont :

- feu du haut : signal d'arrêt (équivalent au signal « rouge » routier). Généralement une barre horizontale;
- feu du milieu : signal d'annonce d'arrêt (équivalent au signal « jaune » routier). Généralement un rond centré;
- feu du bas : signal traversée de l'intersection autorisée (équivalent au signal « vert » routier). Généralement une barre verticale.

Chaque poteau de feu tramway supporte en outre, un quatrième feu d'aide à la conduite, placé en dessous des trois précédents. Il permet de fournir au conducteur tramway les informations suivantes :

- système de priorité tramway opérationnel;
- rame de tramway détectée et prise en compte (traitement de la demande de priorité en cours);
- signalisation qu'un changement d'état va se produire dans quelques secondes (valeur de 3 secondes généralement retenue).

Ce signal permet au conducteur de tramway d'adapter sa vitesse à l'approche des intersections.

La figure suivante présente un exemple (tramway de Montpellier) de l'ordre d'enchaînement des états lumineux (états 1 à 6) :

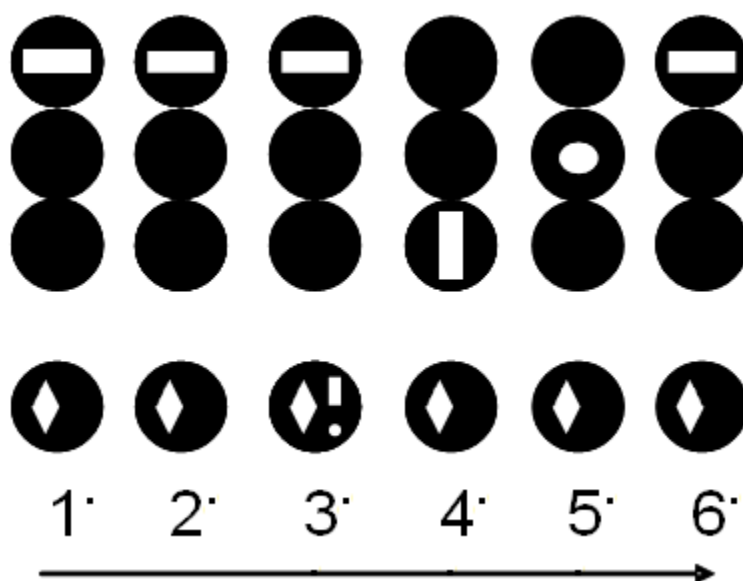


Figure 3 : Exemple d'enchaînement des signaux pour conducteur tramway

État 1 : état en l'absence de rame de tramway. Le losange du signal d'aide à la conduite est allumé fixe (système opérationnel).

État 2 : état avec détection d'une rame en approche. Le losange du signal d'aide à la conduite clignote (rame détectée).

État 3 : le point d'exclamation clignote (informe le conducteur tramway que le vert tramway va être donné dans les 3 secondes).

État 4 : état pour le passage du tramway (le losange reste clignotant). Le losange du signal d'aide à la conduite devient fixe 3 secondes avant le passage à l'état 5.

État 5 : fin de l'autorisation de passage tramway.

État 6 : fin du cycle passage tramway. Idem à l'état 1.

En fonction des aménagements et insertion de la plateforme de tramway, plusieurs signaux lumineux peuvent être installés sur des supports communs. Pour éviter le risque de confusion, il est préconisé de mettre en œuvre des signaux lumineux spécifiques destinés à informer les conducteurs des rames de tramway.

Cela permet :

- aux conducteurs des rames de tramway d'identifier les signaux lumineux qui leurs sont destinés, sans risques de confusion par rapport à ceux destinés aux conducteurs des véhicules routiers;
- aux conducteurs des véhicules routiers d'identifier les signaux lumineux qui leurs sont destinés, sans risques de confusion par rapport à ceux destinés aux conducteurs des rames de tramway.

En France, les signaux lumineux mis en œuvre pour les conducteurs de tramway sont de type R17 ou R18 installés en amont du carrefour.

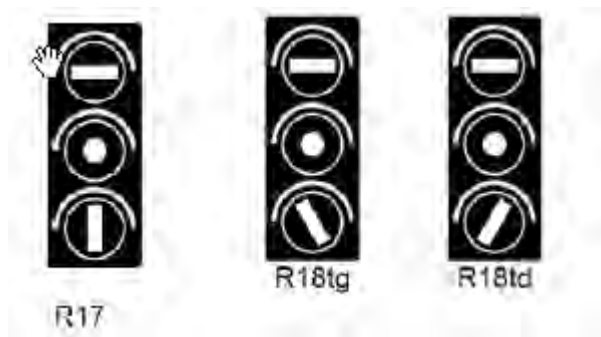


Figure 4 : Exemple de signaux lumineux (France)

En Amérique, le *Manual of Uniform Traffic Control Device* (MUTCD) publié par le Federal Highway Administration est un ouvrage de référence reconnu pour les signaux lumineux relatifs à ce type d'aménagement. Pour les signaux lumineux qui gèrent le tramway, ceux-ci peuvent être du même type que les feux qui contrôlent la circulation véhiculaire à condition qu'ils ne soient pas visibles par les autres usagers de la route. Dans le cas du tramway de Québec et de Lévis, la solution à privilégier consiste à utiliser les feux de priorité pour véhicule de transport en commun tels que montrés à la figure 4.

Deux options sont possibles, soit l'utilisation de signaux lumineux à 2 ou 3 lentilles. Lorsque les signaux lumineux à 3 lentilles sont utilisés, le triangle avise les conducteurs du tramway que le feu passera en mode arrêt bientôt comme le fait le feu jaune pour les automobilistes. Lorsque les signaux lumineux à 2 lentilles sont utilisés, les conducteurs sont avisés que le feu passera en mode arrêt par le clignotement du signal prioritaire.

Toujours selon les spécifications du MUTCD, ces signaux lumineux pour le tramway doivent se trouver à une distance minimale de 1,0 mètre dans l'axe horizontal ou vertical des signaux lumineux pour les autres usagers de la route et les feux pour piétons.

Selon les normes du ministère des Transports du Québec, les signaux lumineux des mouvements principaux doivent comporter deux têtes de feu et doivent être installés en aval du carrefour pour chaque approche. Il n'existe toutefois aucune réglementation spécifique relativement aux signaux lumineux pour le tramway. Dans certaines conditions, les signaux lumineux peuvent être installés en amont du carrefour mais leur position doit en tout temps respecter les critères de visibilité des têtes de feu à l'arrêt.

Afin de rendre plus compréhensible les signaux lumineux aux intersections, il serait souhaitable que les signaux lumineux dédiés au Tramway ne soient pas visibles par les usagers de la route. L'ajout de signaux lumineux directionnels pour les approches du tramway limiterait la confusion des usagers de la route confrontée à une trop lourde signalisation (lumineuse et statique).

	Three-Lens Signal	Two-Lens Signal
SINGLE LRT ROUTE 	STOP PREPARE TO STOP Flashing GO	STOP GO ⁽²⁾
TWO LRT ROUTE DIVERSION 	 Flashing ⁽¹⁾	 ^{(1),(2)}
	 Flashing ⁽¹⁾	 ^{(1),(2)}
THREE LRT ROUTE DIVERSION 	 Flashing ⁽¹⁾	 ^{(1),(2)}

Notes:

All aspects (or signal indications) are white.

(1) Could be in single housing.

(2) "Go" lens may be used in flashing mode to indicate "prepare to stop".

Source : MUTDC, 2009 Edition, page 779

Figure 5 : Feux de priorité pour véhicule de transport en commun

Il est à noter qu'une normalisation de la signalisation pour les tramways devra faire partie du tome V - Signalisation du MTQ.

6. CONFIGURATION AUX INTERSECTIONS

On peut classer les croisements du tramway avec la voie publique selon quatre catégories :

- tramway au centre de la chaussée;
- tramway en rive;
- traverses piétonnes;
- croisement aux transitions.

6.1 TRAMWAY EN SITE PROPRE EN POSITION AXIALE

Pour le positionnement des signaux lumineux du tramway, deux options sont possibles soit l'installation en amont ou en aval. Pour l'installation en amont, les signaux lumineux sont installés dans le mail central sur les fûts utilisés pour les feux piétons alors que dans le cas des installations en aval, les signaux lumineux verticaux pour le tramway seront installés sur les fûts dans le mail central sur lesquels sont déjà disposées les têtes de feux horizontaux pour les mouvements tout droit et de virage à gauche. La disposition typique des signaux lumineux pour les deux cas est présentée aux figures 6, 7, 8 et 9 selon la présence ou non de station et mail central.

TYPE 1 :
SITE PROPRE AXIAL - EN STATION - AVEC MAIL CENTRAL

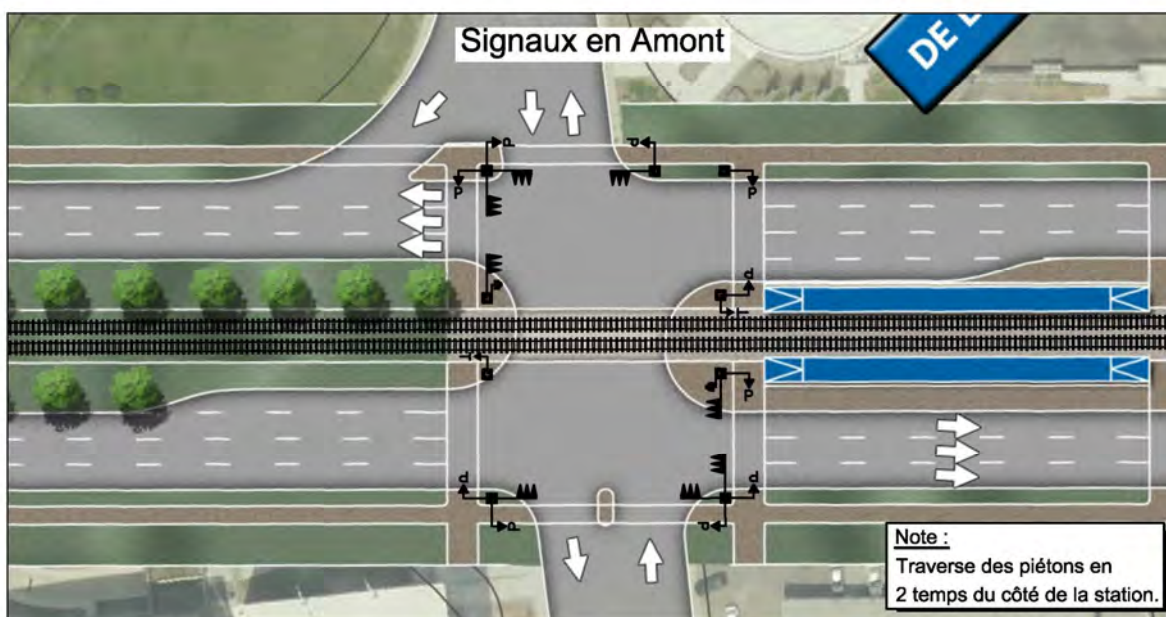
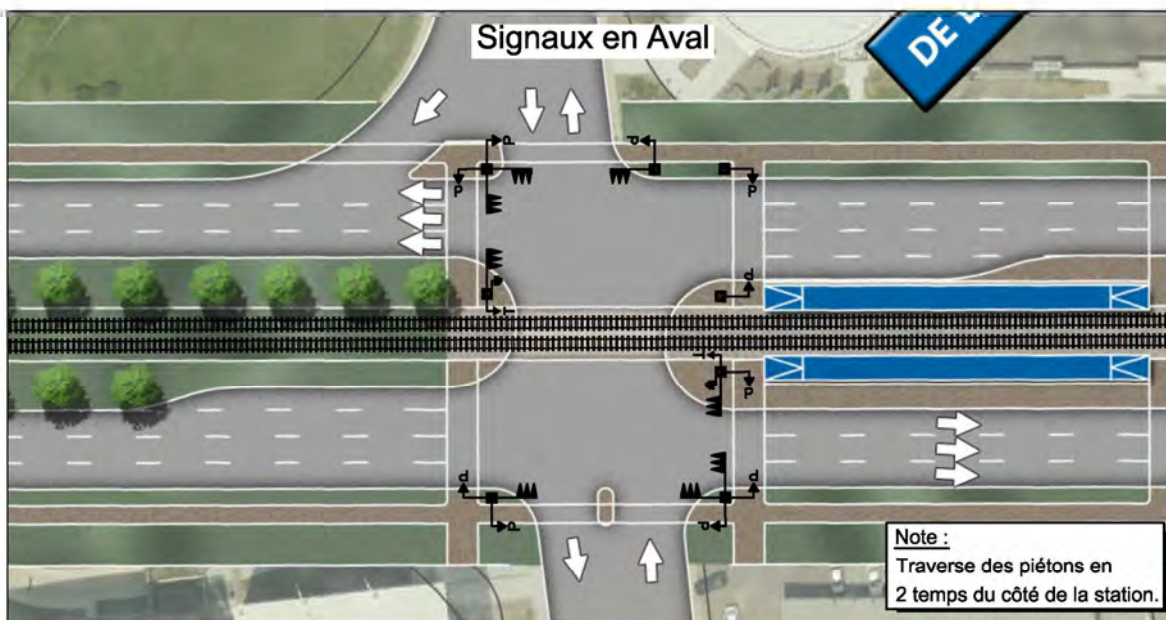


Figure 6 : Disposition des signaux lumineux aux carrefours pour le tramway en site propre en position axiale – en station – avec mail central

TYPE 2 :
SITE PROPRE AXIAL - HORS STATION - AVEC MAIL CENTRAL

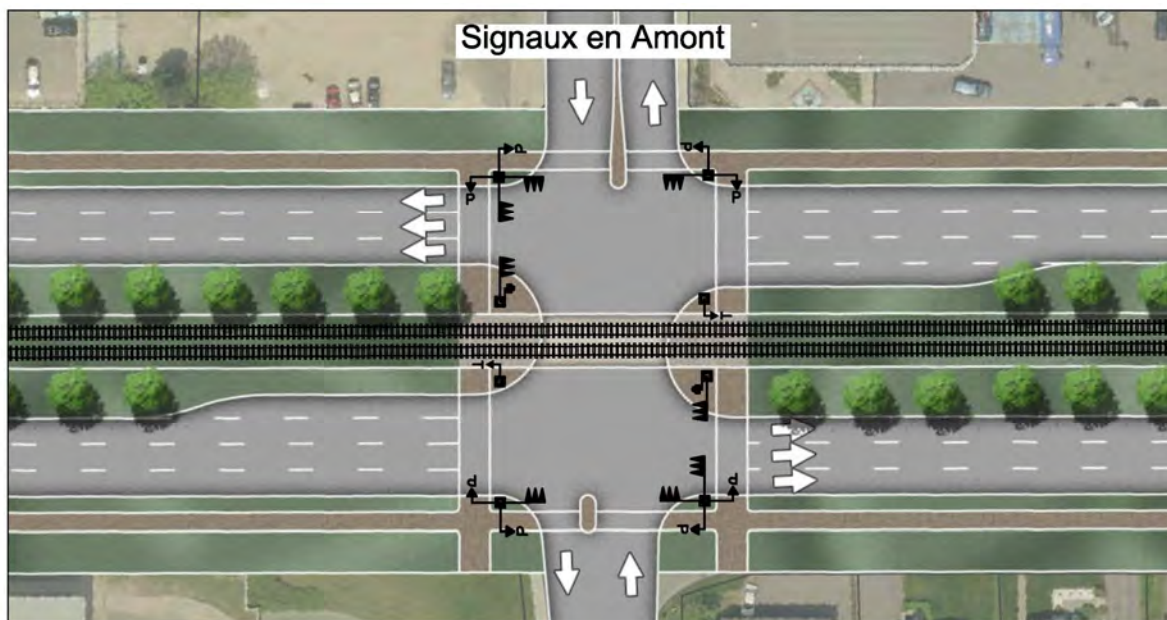
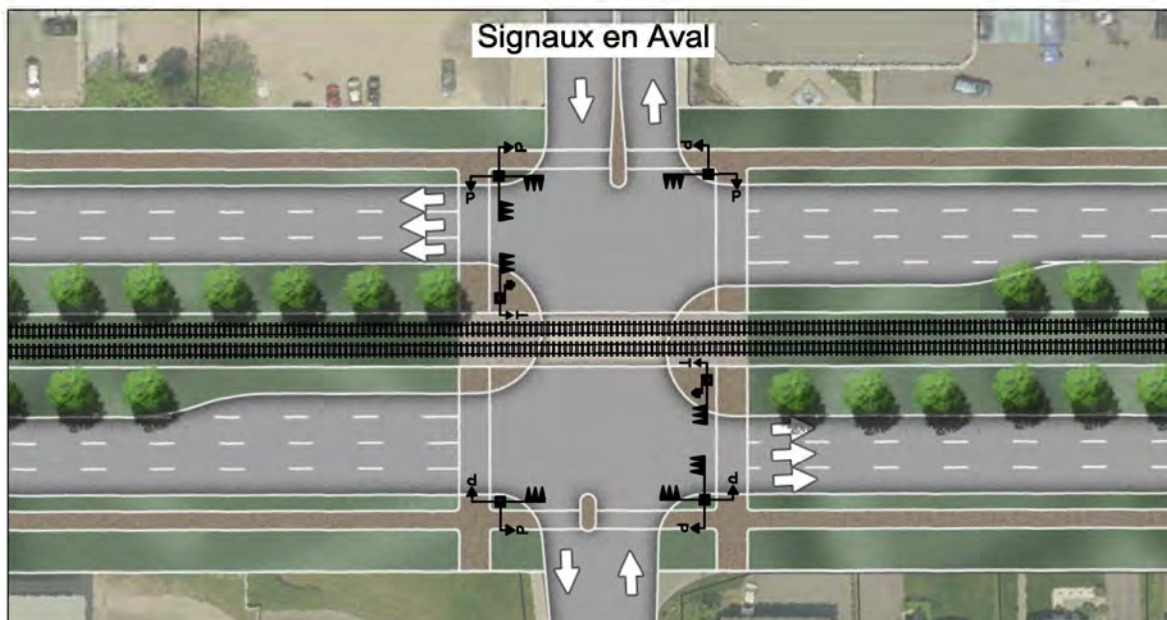


Figure 7 : Disposition des signaux lumineux aux carrefours pour le tramway en site propre en position axiale – hors station – avec mail central

TYPE 3 :
SITE PROPRE AXIAL - HORS STATION - SANS MAIL CENTRAL

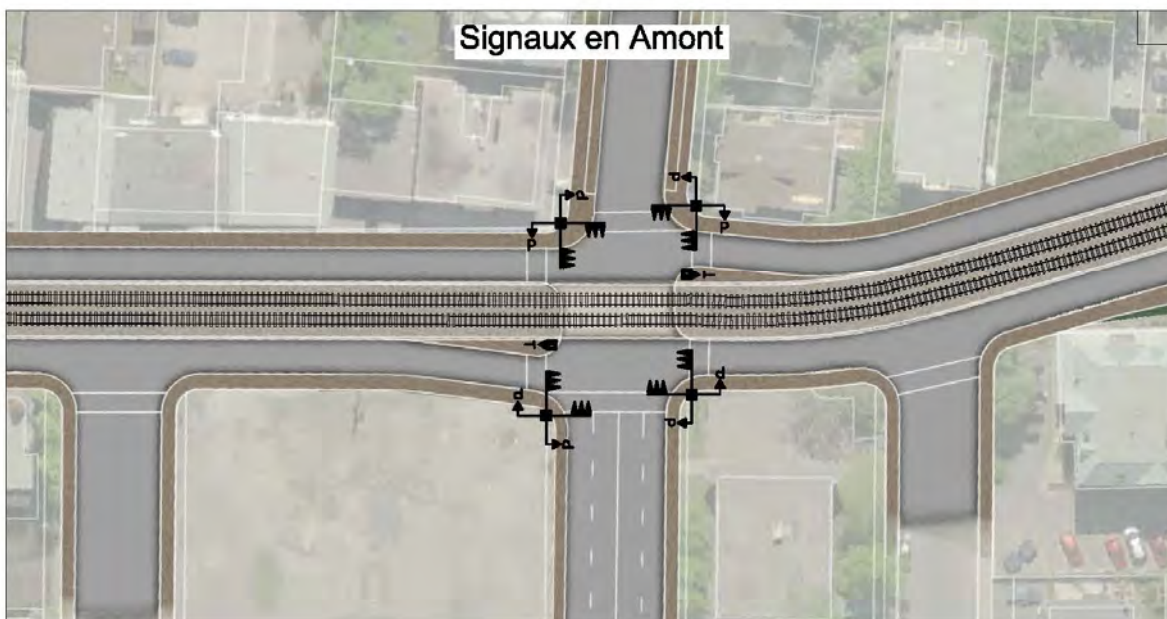
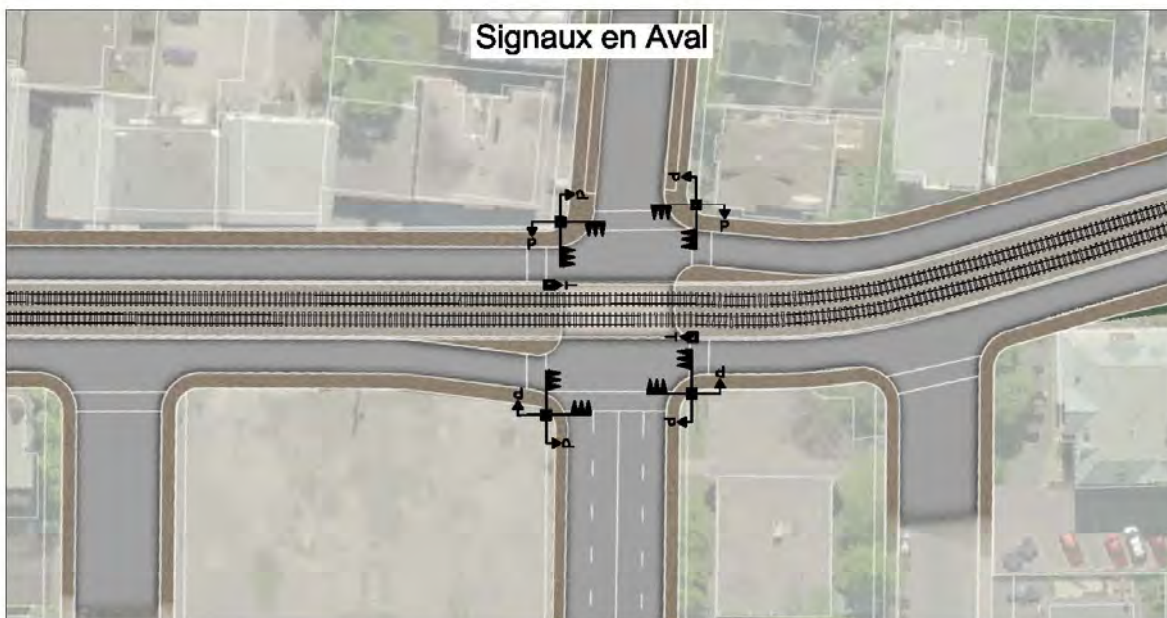


Figure 8 : Disposition des signaux lumineux aux carrefours pour le tramway en site propre en position axiale – hors station – sans mail central

TYPE 4 :
TRANSITION LATÉRAL - AXIAL

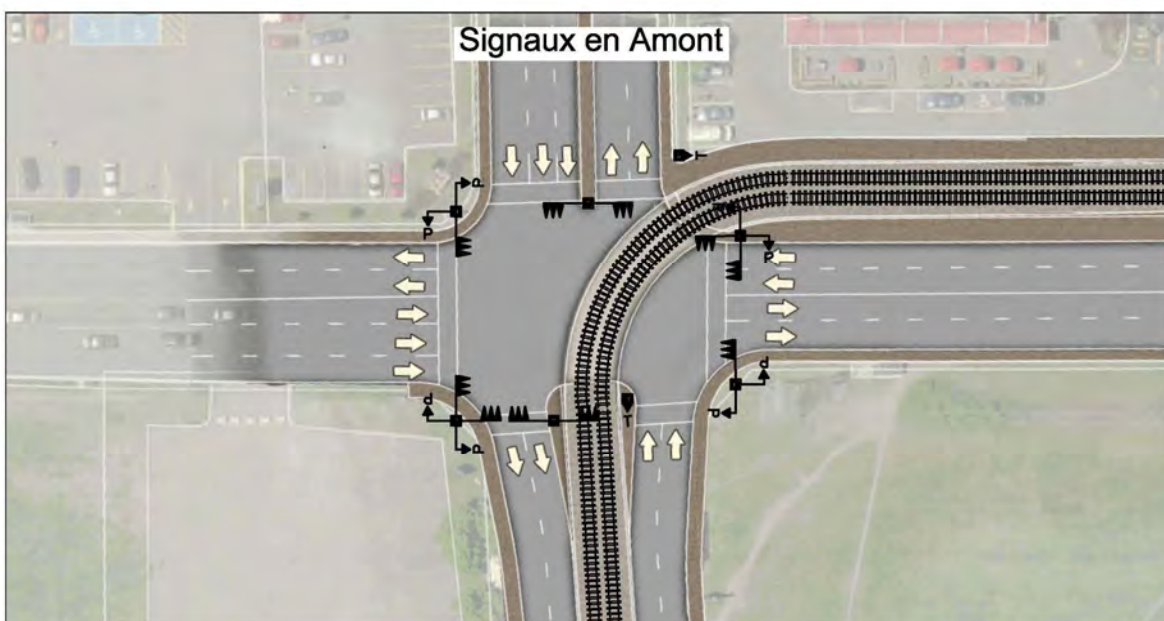
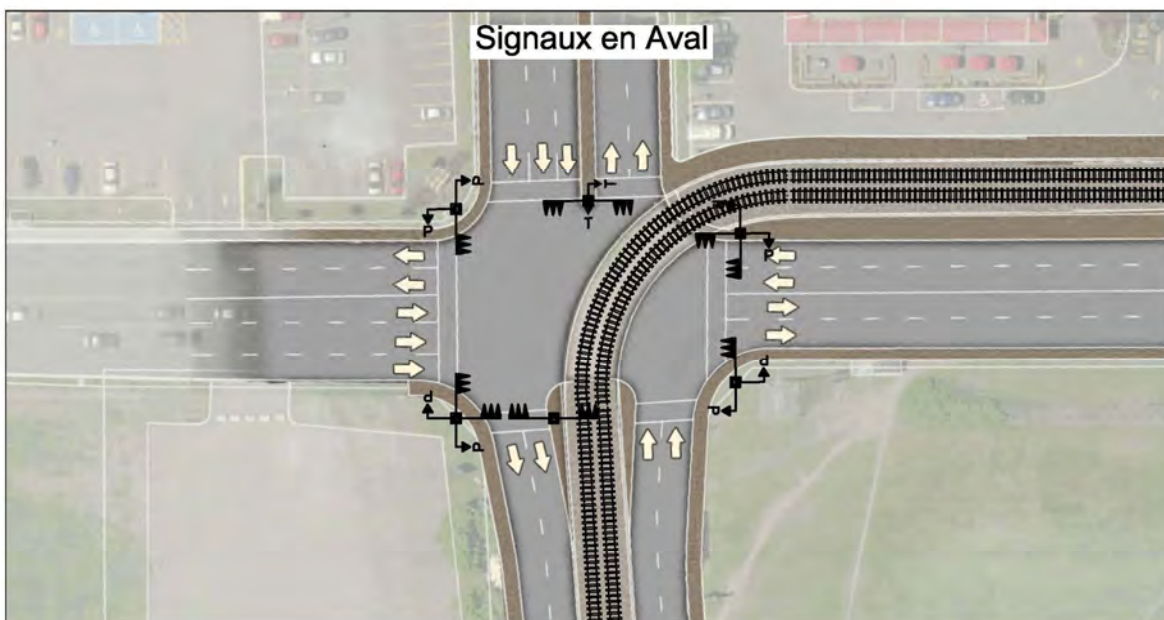


Figure 9 Disposition des signaux lumineux pour le tramway en transition de latéral à axial

6.2 TRAMWAY EN SITE PROPRE EN POSITION LATÉRALE

La configuration des feux de circulation demeure la même qu'en l'absence du tramway sauf qu'en plus des feux pour le tramway, il faut ajouter des feux pour piétons de part et d'autre des voies pour le tramway. Comme dans le cas où le tramway est en site propre en position axiale, les signaux lumineux pour le tramway peuvent être placés en amont ou en aval, sur les fûts où sont situés les feux pour piétons.

La disposition typique des signaux lumineux pour les deux cas est présentée aux figures 10, 11 et 12 selon la présence ou non de station et mail central.

TYPE 5 :
SITE PROPRE LATÉRAL - EN STATION - SANS MAIL CENTRAL

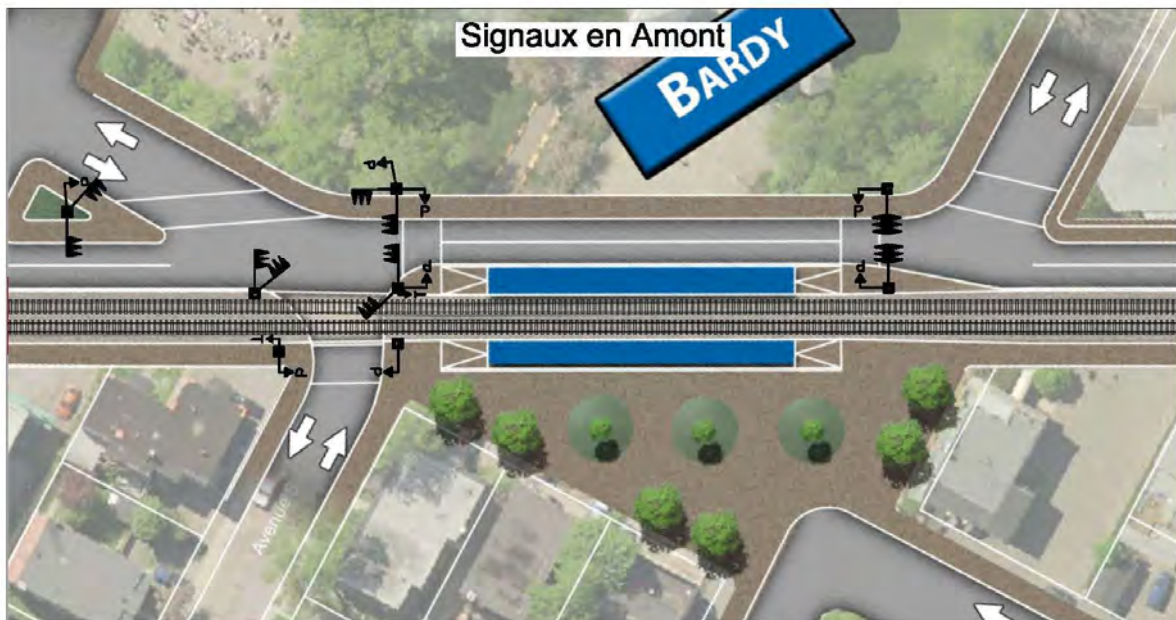
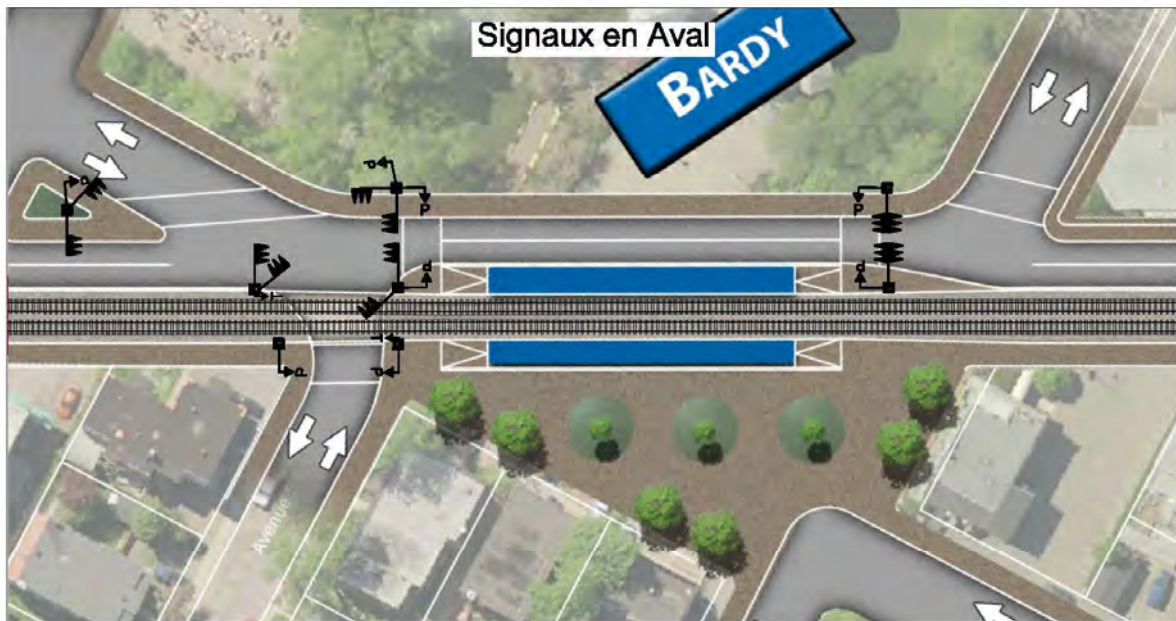


Figure 10 : Disposition des signaux lumineux aux carrefours pour le tramway en site propre en position latérale – en station – sans mail central

TYPE 6 :
SITE PROPRE LATÉRAL - HORS STATION - AVEC MAIL CENTRAL

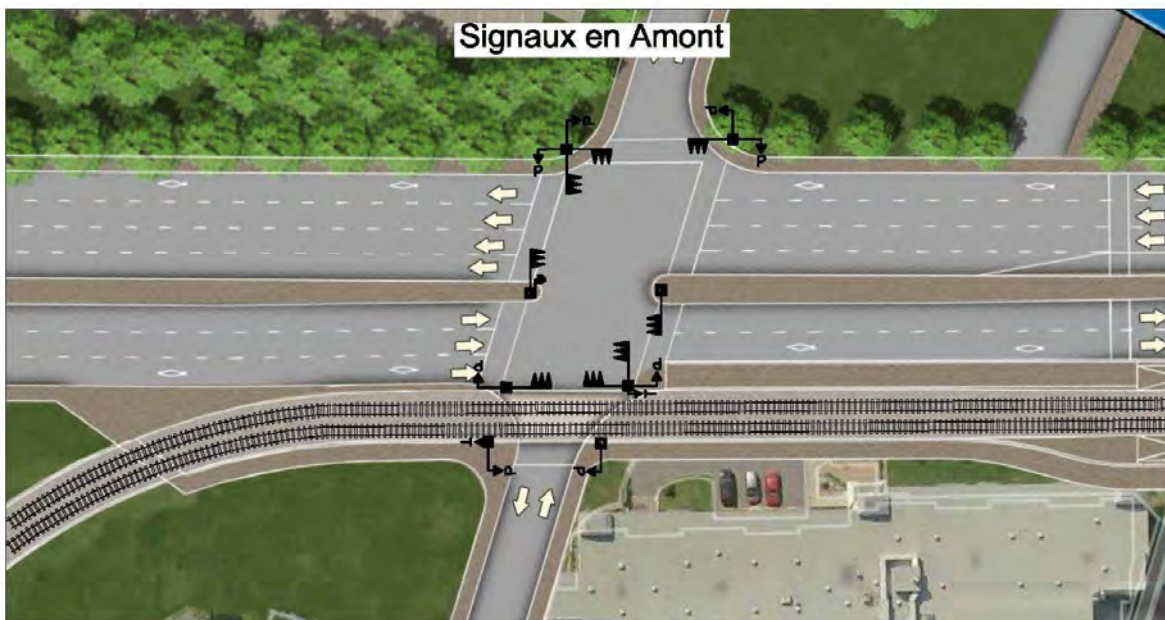
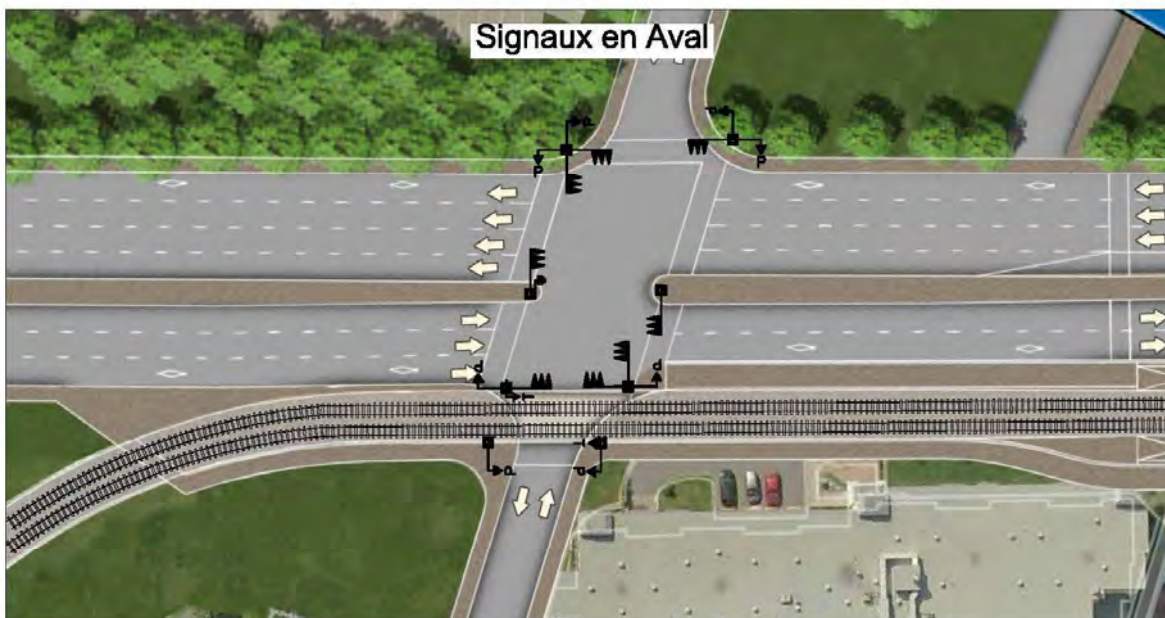


Figure 11 : Disposition des signaux lumineux aux carrefours pour le tramway en site propre en position latérale – hors station – avec mail central

TYPE 7 :
SITE PROPRE LATÉRAL - HORS STATION - SANS MAIL CENTRAL

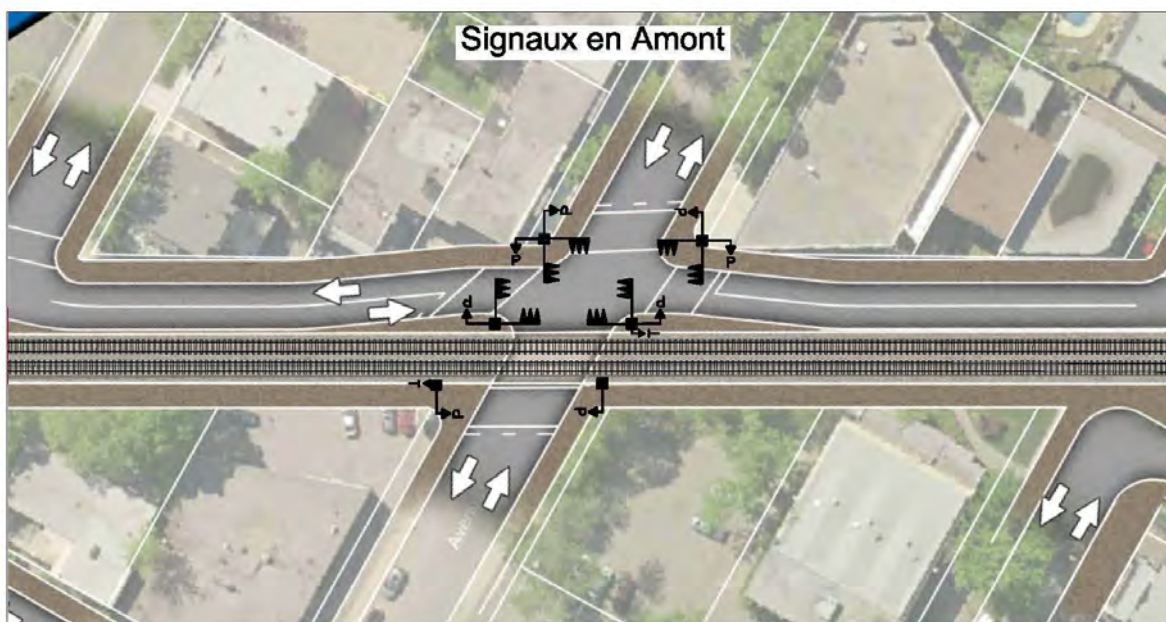
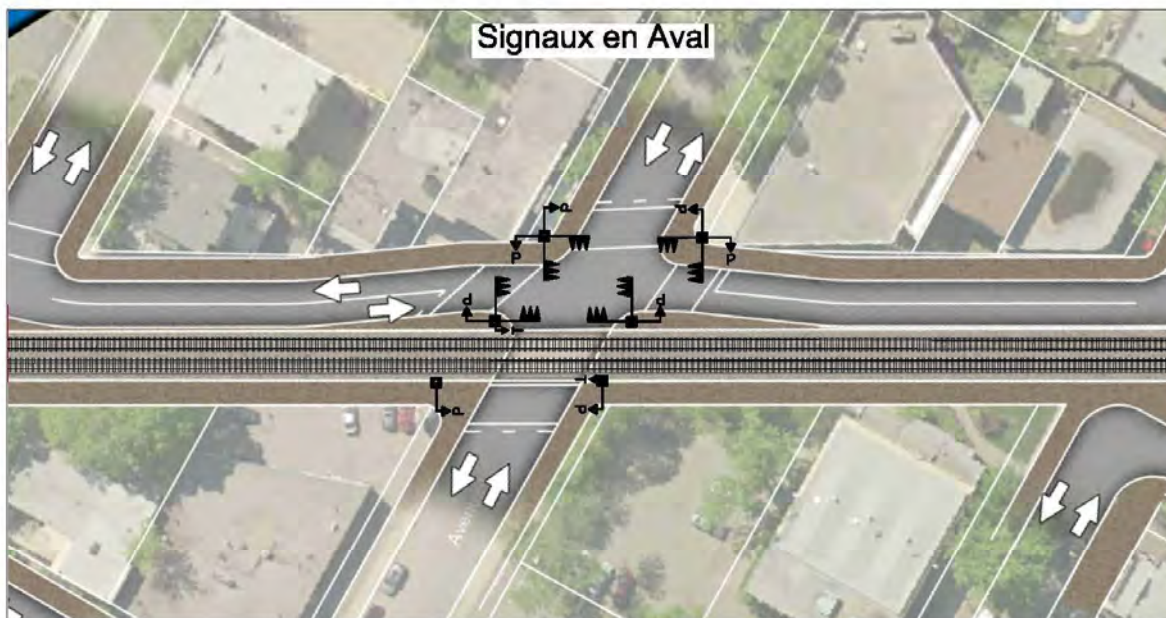


Figure 12 : Disposition des signaux lumineux aux carrefours pour le tramway en site propre en position latérale – hors station – sans mail central

6.3 TRAVERSES PIÉTONNES

Lorsque les stations sont situées entre deux intersections en position axiale ou latérale d'une route ayant des débits de circulation importants ou comportant plus d'une voie de circulation par direction, des traverses piétonnes contrôlées par des feux de circulation et des feux pour piétons doivent être ajoutés.

La disposition typique des signaux lumineux est présentée à la figure 13.

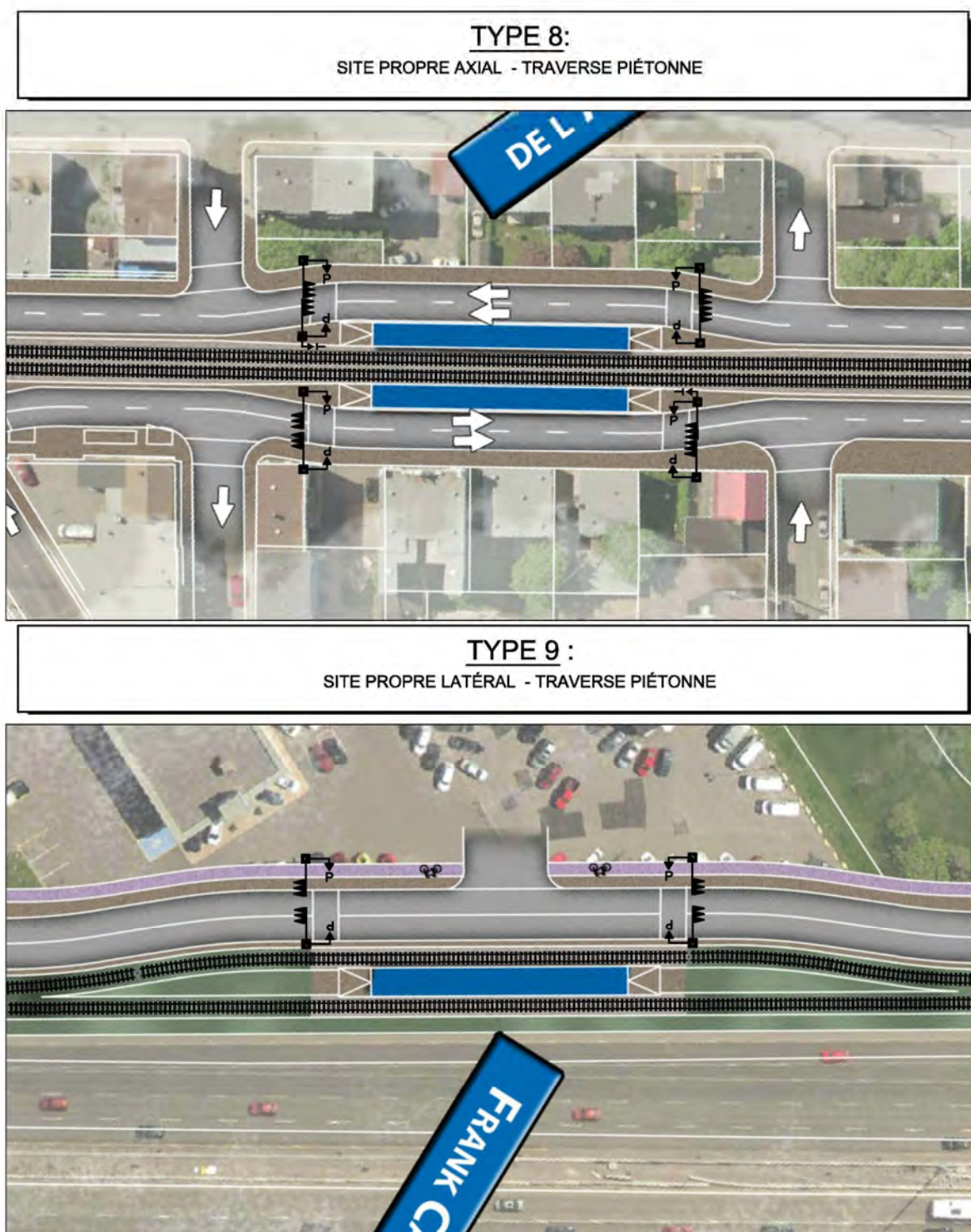


Figure 13 : Disposition des signaux lumineux aux traverses piétonnes pour le tramway en site propre en position axiale et latérale

6.4 CROISEMENT AUX TRANSITIONS

Lorsqu'il n'y a pas de piétons qui peuvent traverser les voies de circulation véhiculaire et que les seuls mouvements véhiculaires possibles sont les tout droit, deux options sont possibles pour la signalisation du tramway :

- installation de feux de signalisation avec priorité pour le tramway comme les intersections standards;
- installation d'un système de signalisation avec feux clignotants et barrière comme une traverse de chemin de fer standard avec préemption en amont.

Toutefois, afin d'avoir une harmonie dans les technologies utilisées et les modes de préemption aux carrefours avec feux, l'installation de feux de signalisation avec priorité pour le tramway comme les intersections standards est la solution privilégiée.