

# CIV6706A

---

Régulation de la circulation – Sujets divers – Normes du Tome V  
et MUTCD



**POLYTECHNIQUE  
MONTRÉAL**

LE GÉNIE  
EN PREMIÈRE CLASSE

École Polytechnique de Montréal

Département des génies civil, géologique et des mines

Automne 2017

# VOIES RÉSERVÉES

Les **voies réservées** sont mis à disposition de certains véhicules (en particulier les **véhicules à occupation multiple** (*high-occupancy vehicle*, **HOV**)).

- Transports collectif (autobus)
- Taxis
- Covoiturage

Sauf les cas spéciaux (en particulier les entrecroisements), les voies réservées n'ont généralement pas d'influence sur la **capacité par voie** ou le **délai des véhicules** : bénéfiques par passager.



P-250-1



P-250-2



P-250-4



P-250-7



P-250-5

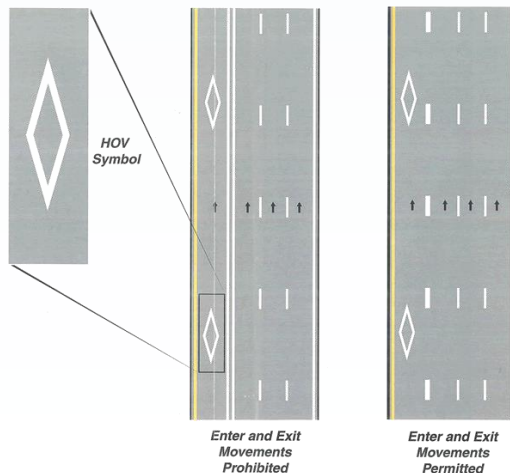


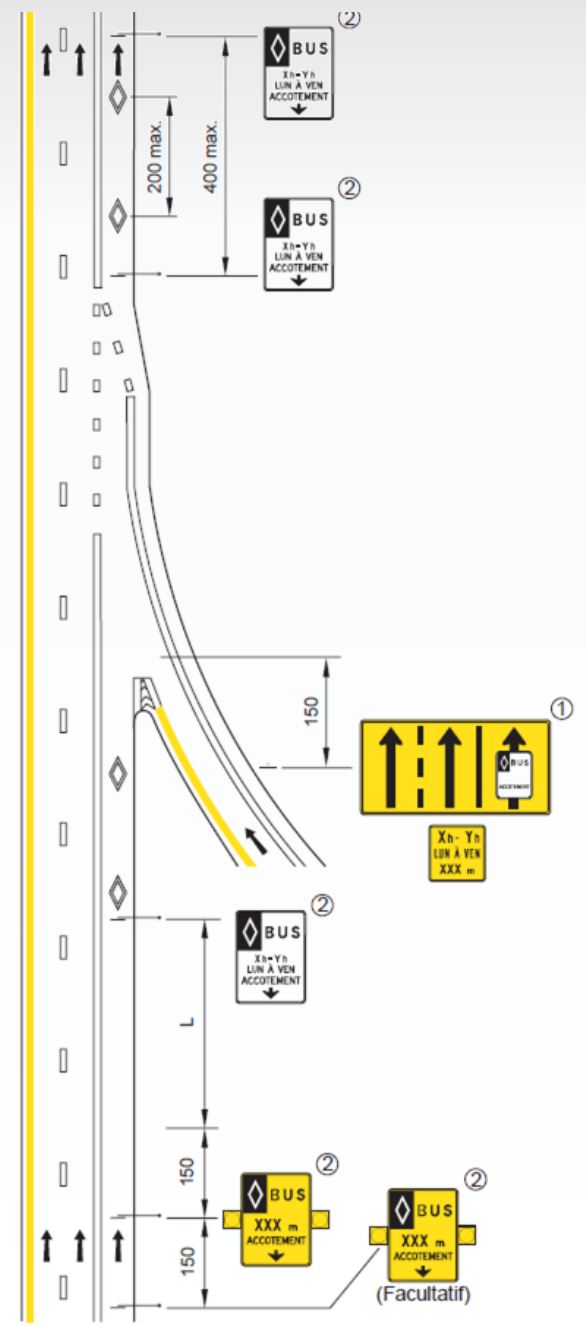
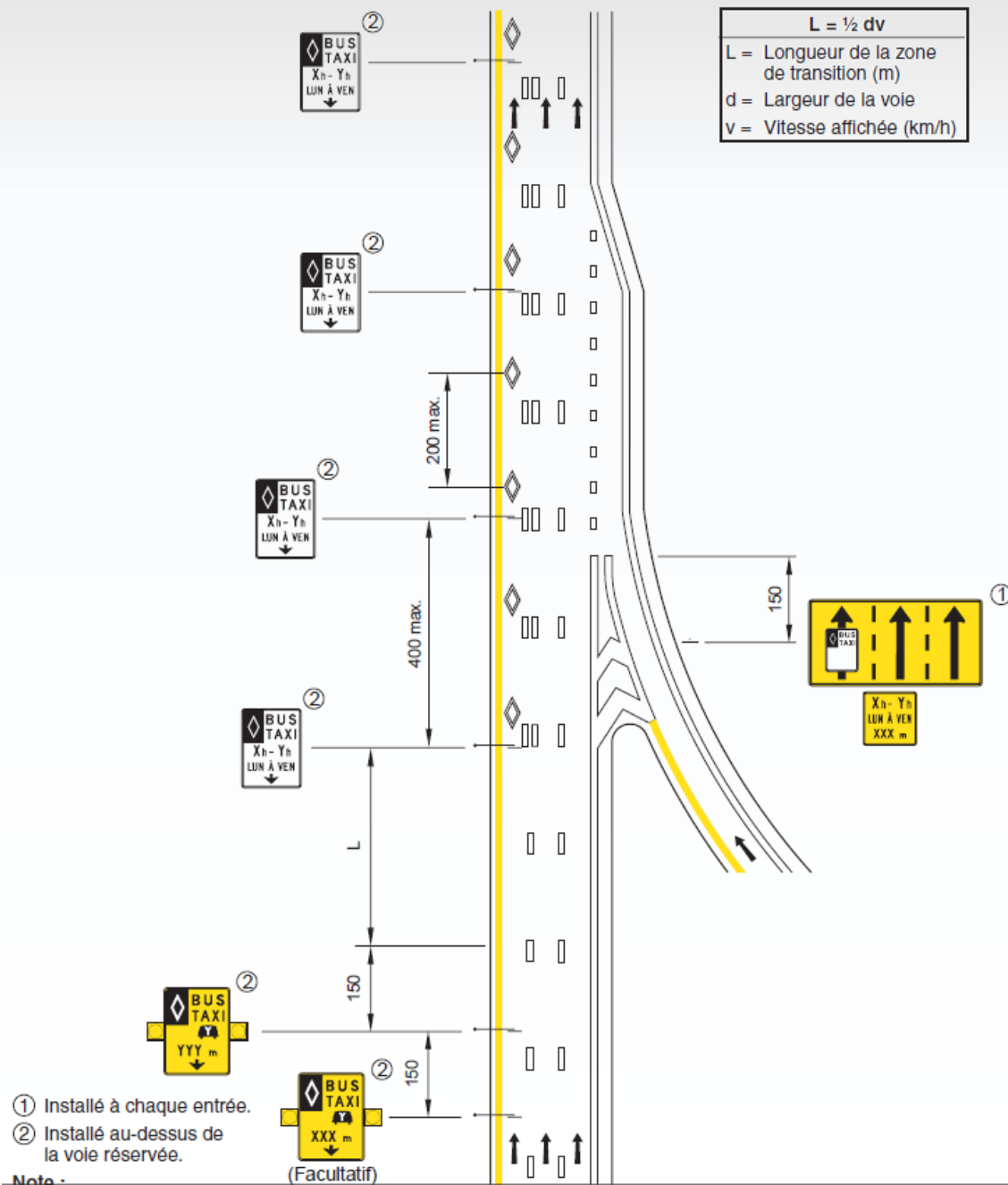
Macle

Les voies réservés sont souvent mis a disposition à permanence.

- Parfois, aussi, l'accotement de l'autoroute ou l'interdiction de stationnement sur rue peut servir de voie réservée durant les heures de pointe.

On distingue aussi le changement de voie interdit et permis :





Distance d'Installation <sup>(1)</sup> des panneaux de danger	
Vitesse affichée (km/h)	D (m)
30	50
50	75
60	75
70	100

1. La distance d'installation peut varier de plus ou moins 10 %.

- ① Installé au début de chaque pàté de maisons de même qu'à des intervalles ne dépassant pas 150 m, lesquels se mesurent selon la distance X, soit à partir du début du biseau jusqu'au panneau précédent.
- ② La longueur de la section partagée doit être établie en fonction des caractéristiques de circulation de l'intersection en question mais ne doit pas être inférieure à 15 m.

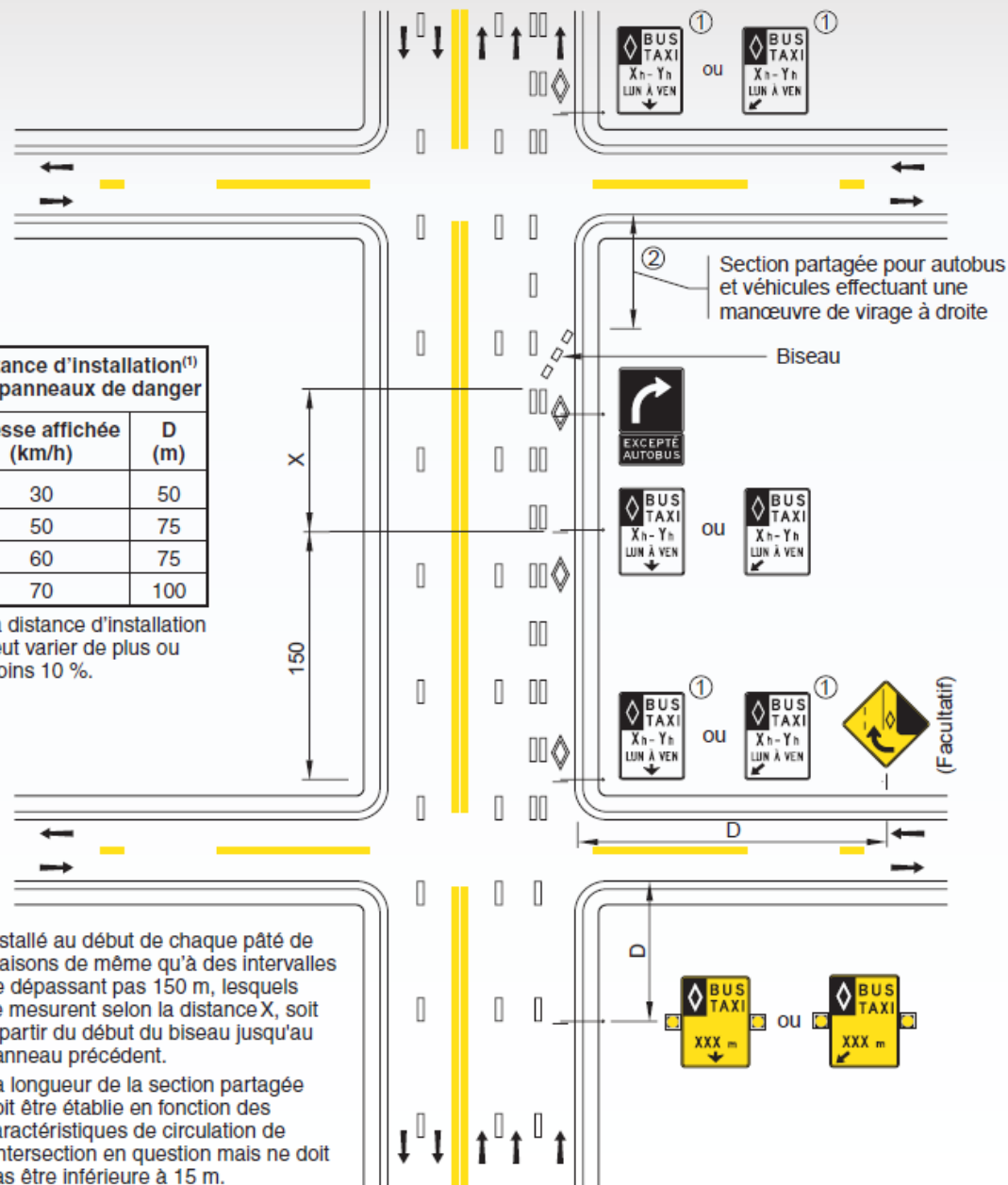


Figure 2G-9. Example of Signing for an Intermediate Entry to a Barrier- or Buffer-Separated HOV Lane

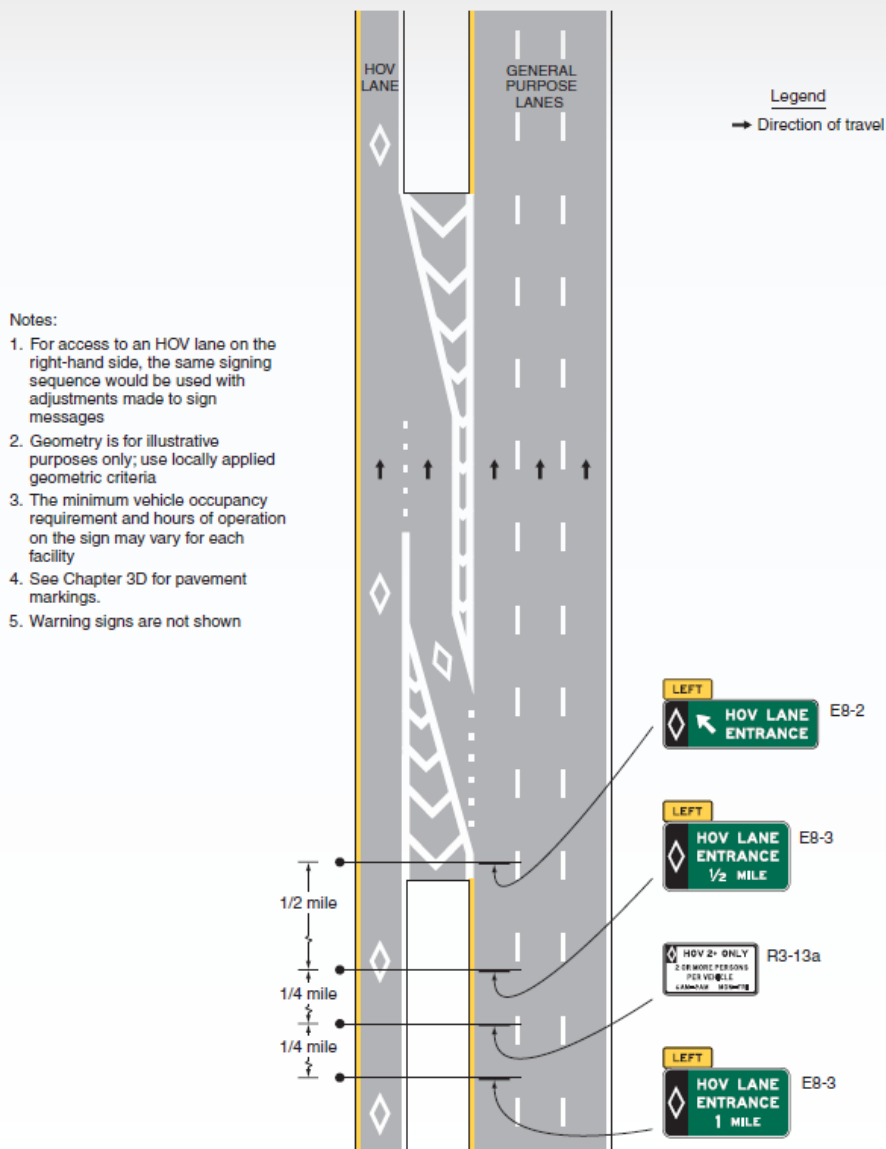


Figure 2G-10. Example of Signing for the Intermediate Entry to, Egress from, and End of Access-Restricted HOV Lanes

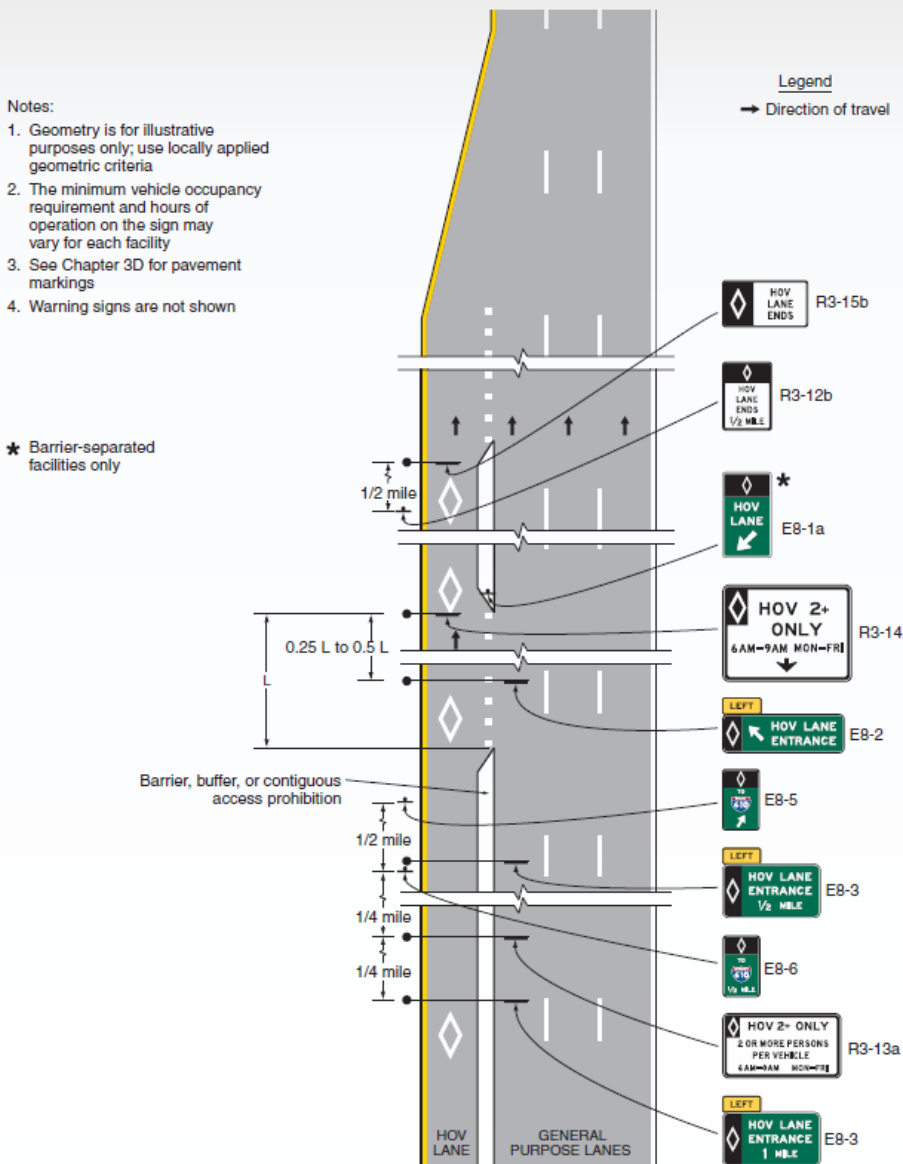
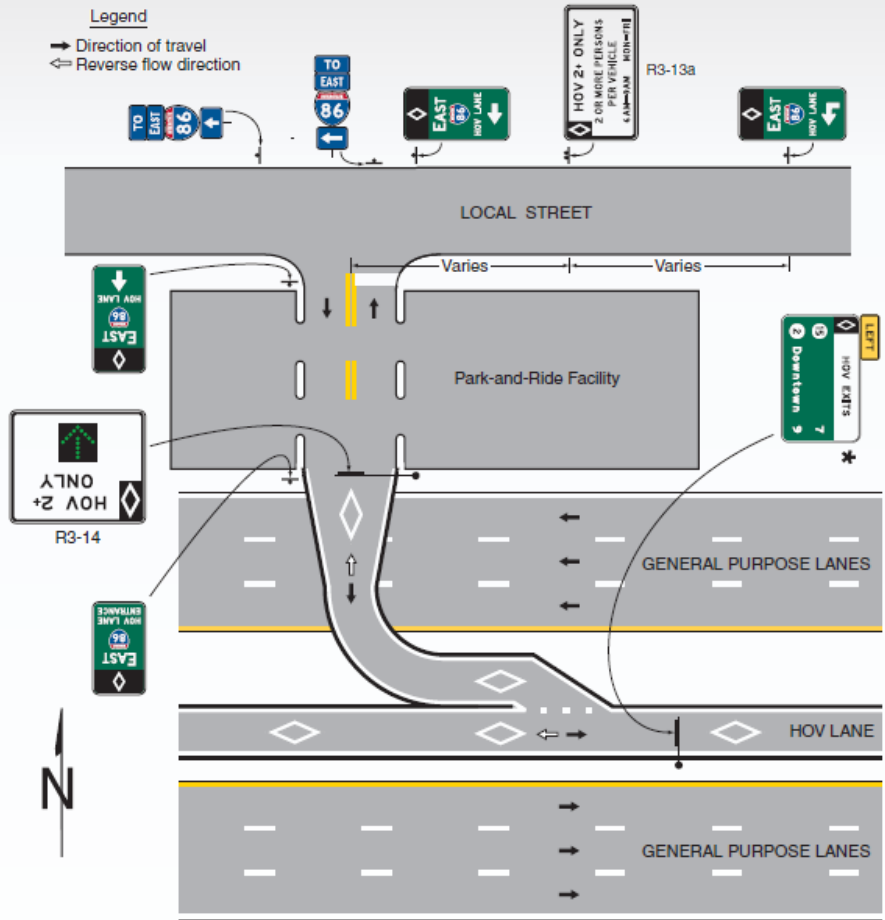
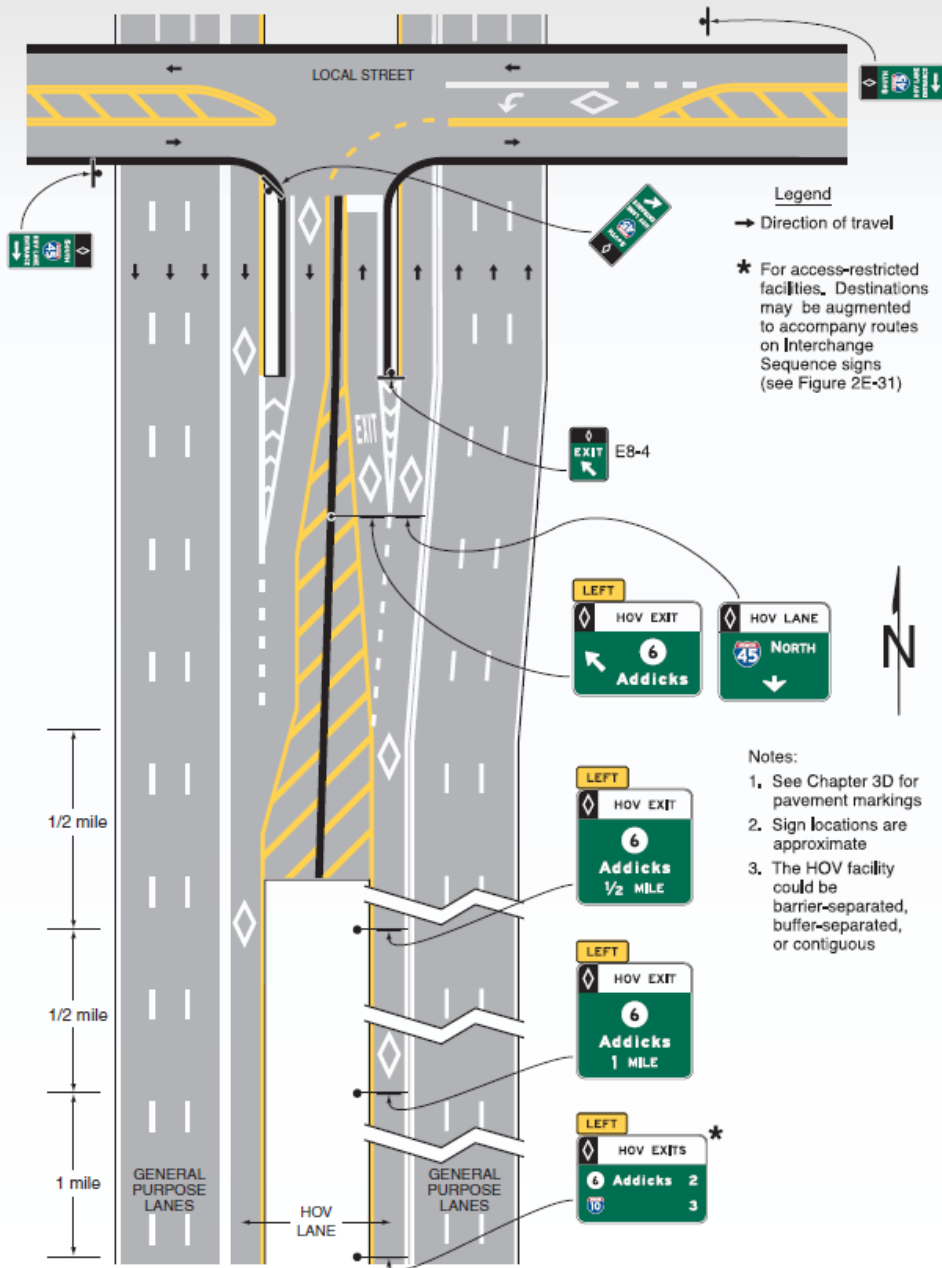


Figure 2G-13. Example of Signing for a Direct Entrance Ramp to an HOV Lane from a Park-and-Ride Facility and a Local Street



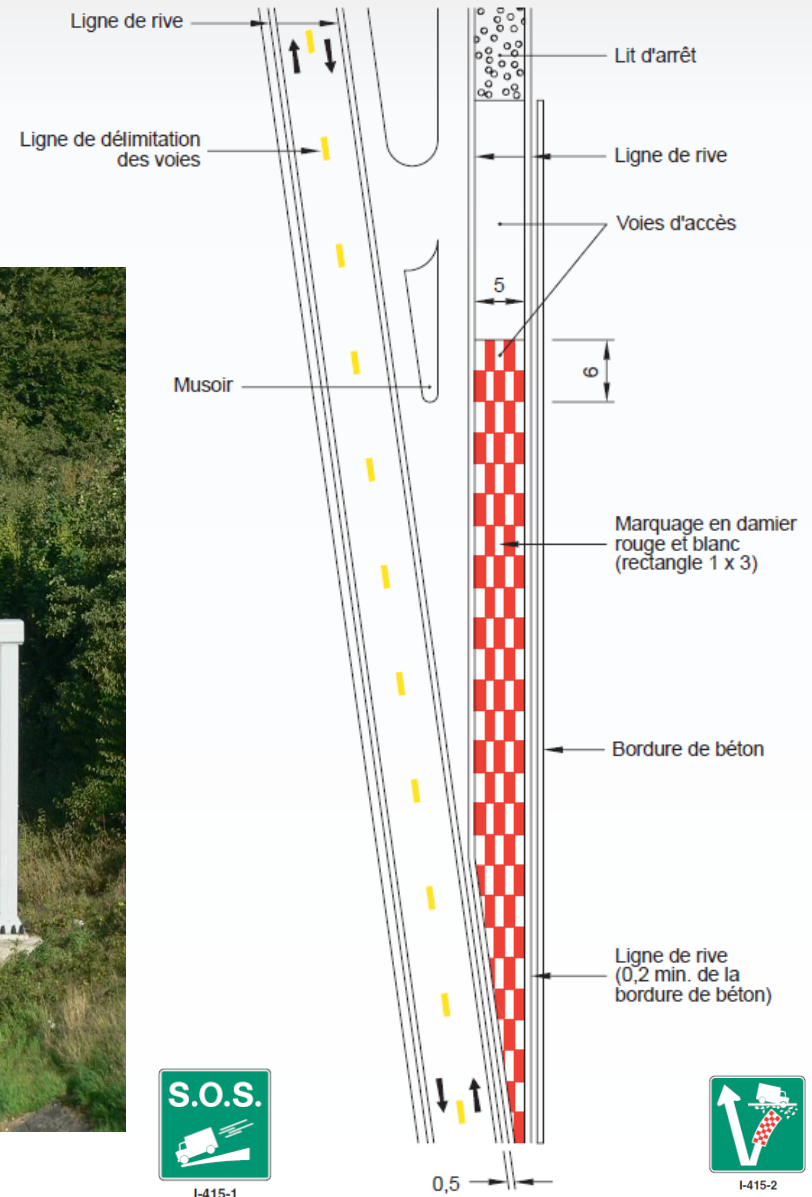
- Notes:
1. The minimum vehicle occupancy requirement on the sign may vary for each facility
  2. See Chapter 3D for pavement markings
  3. Warning signs are not shown
  4. Sign locations are approximate
  5. Additional signs may be required to direct drivers from the surrounding streets into the park-and-ride lot and the HOV lane
  6. Additional signs are required on the adjoining surface streets to inform non-HOVs that they should not enter the HOV facility
  7. This figure illustrates a reversible HOV lane with a direct access ramp
  8. The guide signs directing local street traffic to the HOV lane should include the word ENTRANCE when the direct access ramp does not traverse a park-and-ride facility
- \* For access-restricted facilities; destinations may be augmented to accompany routes on Interchange Sequence signs (see Figure 2E-31)

Figure 2G-15. Examples of Guide Signs for Direct HOV Lane Entrance and Exit Ramps



- Notes:
1. See Chapter 3D for pavement markings
  2. Sign locations are approximate
  3. The HOV facility could be barrier-separated, buffer-separated, or contiguous

# VOIE DE SECOURS AVEC LIT D'ARRÊT



# GESTION DES VOIES

De plus les voies peuvent être gérées de manière dynamique :

- **Voies réversibles**
  - Barrières amovibles ou signalisation illuminé
  - Permet une répartition de la chaussée (quand la disponibilité est limité) en réponse à des débits polarisés
  - Ponts, artères majeures, zones de construction
- Voies pour camions sur autoroute en congestion
  - Augmentation de la performance de capacité avec le lissage de la circulation
- Circulation sur accotement
  - Nécessite une infrastructure particulière
  - Augmentation de capacité avec vitesse à écoulement libre diminuée



# SIGNALISATION POUR VOIES ET VIRAGE

Indiquer à l'usager de la route la voie dans laquelle il doit se ranger pour effectuer sa manœuvre.

- Aucune autre manœuvre que celles indiquées sur les panneaux ne peut être effectuée dans chacune des voies concernées.
- Un fond noire indique immédiatement un mouvement pour une voie particulière.



P-100-1  
Aller tout droit



P-100-2-G  
Tourner à gauche



P-100-2-D  
Tourner à droite



P-100-2-P-1



P-100-2-P-2



P-100-3-G  
Aller tout droit  
ou tourner à gauche



P-100-3-D  
Aller tout droit  
ou tourner à droite



P-100-4  
Tourner à droite  
ou à gauche



P-100-5  
Voie réservée  
aux virages à  
gauche, dans les deux  
sens de la circulation



P-100-5-P



**P-100-6-G**  
Voie de gauche :  
tourner à gauche  
et voie de droite :  
aller tout droit



**P-100-6-D**  
Voie de gauche :  
aller tout droit  
et voie de droite :  
tourner à droite



**P-100-7-G**  
Voie de gauche :  
tourner à gauche  
et voie de droite :  
aller tout droit  
ou tourner à gauche



**P-100-7-D**  
Voie de gauche :  
aller tout droit  
ou tourner à droite  
et voie de droite :  
tourner à droite



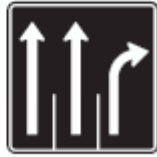
**P-100-10-G**  
Voie de gauche :  
tourner à gauche  
et voie de droite :  
aller tout droit  
ou tourner à droite



**P-100-10-D**  
Voie de gauche :  
tourner à gauche  
ou aller tout droit  
et voie de droite :  
tourner à droite



**P-100-8-G**  
Voie de gauche :  
tourner à gauche  
et voie centrale :  
aller tout droit



**P-100-8-D**  
Voie de gauche  
et voie centrale :  
aller tout droit  
et voie de droite :  
tourner à droite



**P-100-9-G**  
Voie de gauche :  
aller tout droit  
ou tourner à gauche  
et voie de droite :  
aller tout droit



**P-100-9-D**  
Voie de gauche :  
aller tout droit  
et voie de droite :  
aller tout droit  
ou tourner à droite



**P-100-11-G**  
Les deux voies  
de gauche :  
tourner à gauche



**P-100-11-D**  
Les deux voies  
de droite :  
tourner à droite



**P-100-11-P-1**



**P-100-11-P-2**



**P-100-12-G**  
Voie de gauche :  
tourner à gauche  
et voie de droite :  
tourner à gauche,  
aller tout droit ou  
tourner à droite

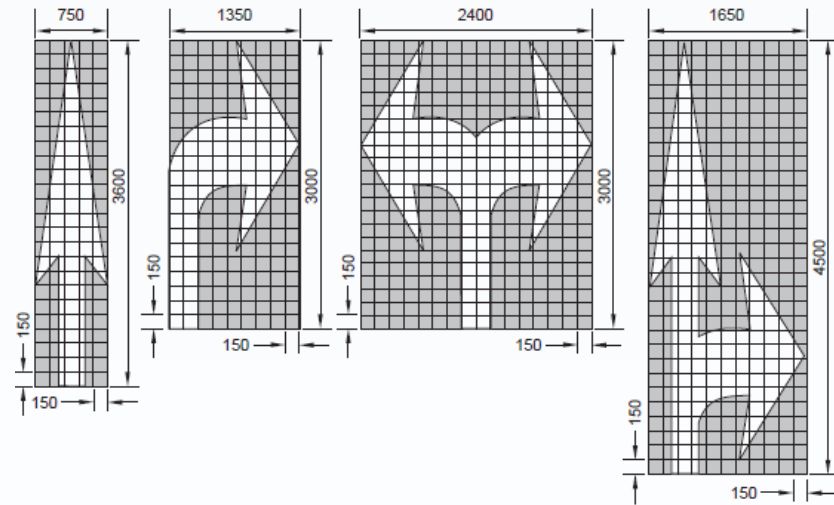


**P-100-12-D**  
Voie de gauche :  
tourner à gauche,  
aller tout droit ou  
tourner à droite  
et voie de droite :  
tourner à droite

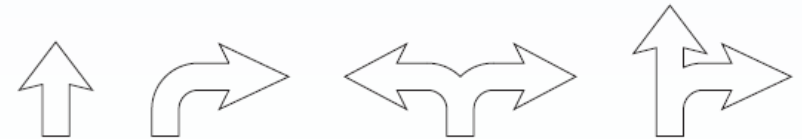
## Annexe B

### Types de flèches

Flèches de sélection de voies



A. Tracées sur la chaussée



B. Vues par l'automobiliste

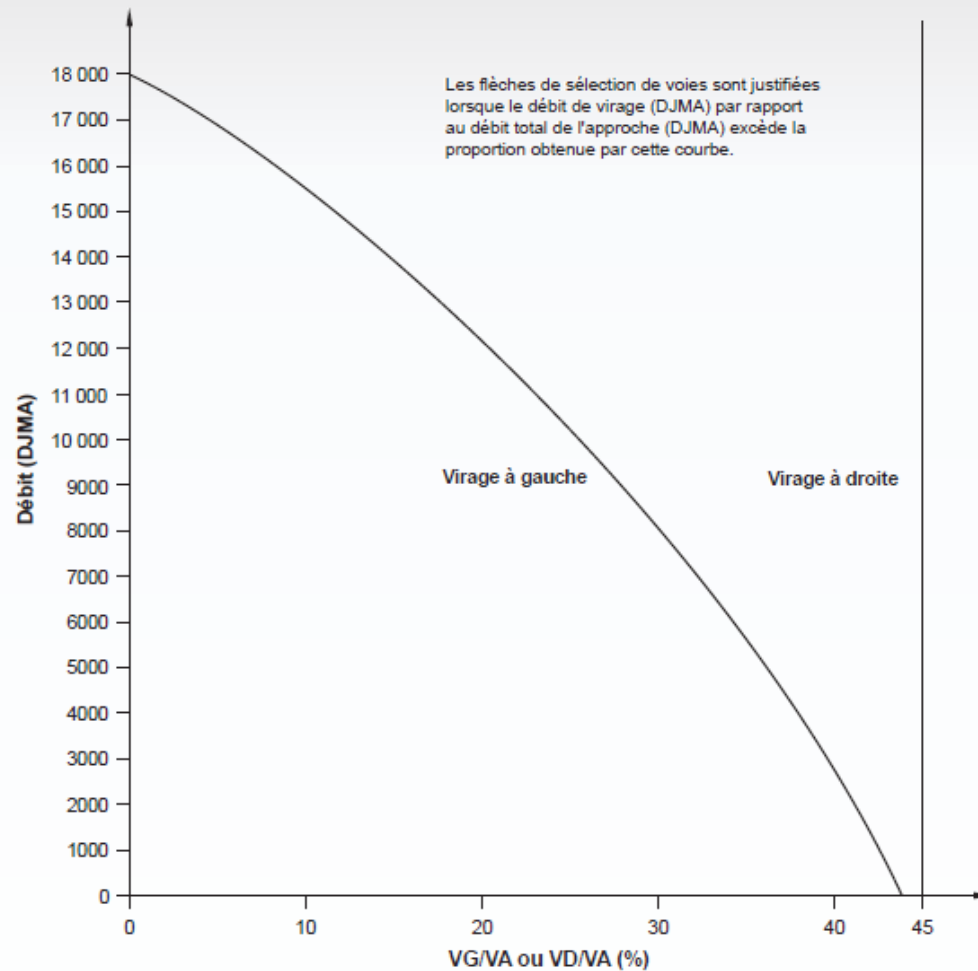
#### Notes :

- des flèches de dimensions différentes peuvent être utilisées pourvu qu'elles conservent le même aspect visuel et qu'elles ne soient pas réduites à plus de 60 %;
- les cotes sont en millimètres.

« Les flèches de sélection de voies sont justifiées lorsque:

- le débit de virage (DJMA) par rapport au débit total de l'approche (DJMA) dépasse la proportion obtenue par la courbe illustrée à la figure 6.11-1
- Ces flèches sont également requises lorsque les panneaux de direction des voies, sont installés.
- Les flèches, de couleur blanche, doivent être espacées également et en nombre minimal de trois. Cette séquence de trois flèches est répétée au besoin.

Aux intersections, les flèches de sélection de voies sont tracées entre la ligne d'arrêt et un point situé entre 50 m et 100 m en amont, selon que le milieu est urbain ou rural. »



VG/VA : Rapport des véhicules tournant à gauche sur les véhicules à l'approche.  
 VD/VA : Rapport des véhicules tournant à droite sur les véhicules à l'approche.

Figure 6.11-1  
 Justification des flèches de sélection de voies

## Signal avancé de direction des voies:

- Fond jaune sur diamant.
- « Lorsque le nombre de voies disponibles pour le mouvement tout droit, à la ligne d'arrêt, est moindre que celui à environ 200 m en amont de la ligne d'arrêt. »



D-100-5



D-100-5-P



D-100-10-G



D-100-10-D



D-100-8-G



D-100-8-D



D-100-9-G



D-100-9-D



D-100-12-G



D-100-12-D



D-100-2-G



D-100-2-D



D-100-2-P-1



D-100-2-P-2



D-100-11-G



D-100-11-D



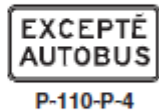
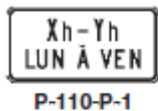
D-100-11-P-1



D-100-11-P-2

# Manœuvres obligatoires ou interdites à certaines intersections:

- Seuls ces panneaux doivent être utilisés pour compléter une signalisation de sens unique.
- S'applique peut importe les voies.



Obligation d'aller tout droit



Obligation de tourner à gauche



Obligation de tourner à droite



Obligation d'aller tout droit ou de tourner à gauche



Obligation d'aller tout droit ou de tourner à droite



Obligation de tourner à droite ou à gauche



Interdiction de faire demi-tour



Interdiction de tourner à gauche



Interdiction de tourner à droite

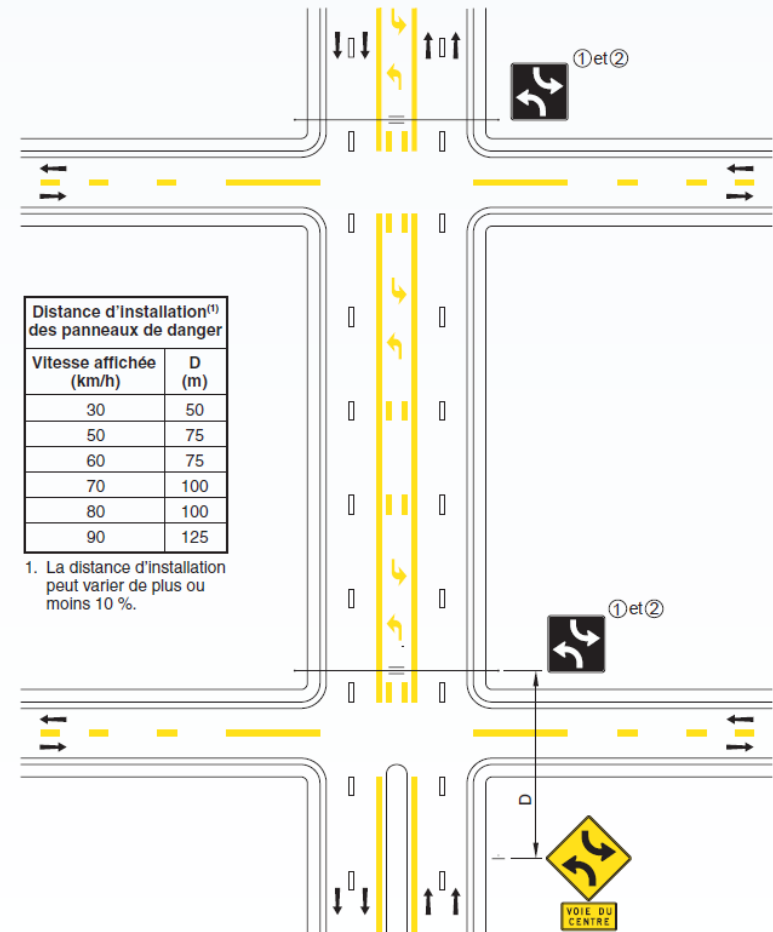


Interdiction d'aller tout droit

# VOIE DE VIRAGE À GAUCHE À DEUX SENS

Principalement utilisé sur:

- route à haut débit et vitesse sans médiane
- avec commerces et autres entrées privées nécessitant des virages à gauche fréquents et éloignés des carrefours
- augmente la capacité de base en servant de voie de virage gauche exclusive
- occupe une empreinte plus large



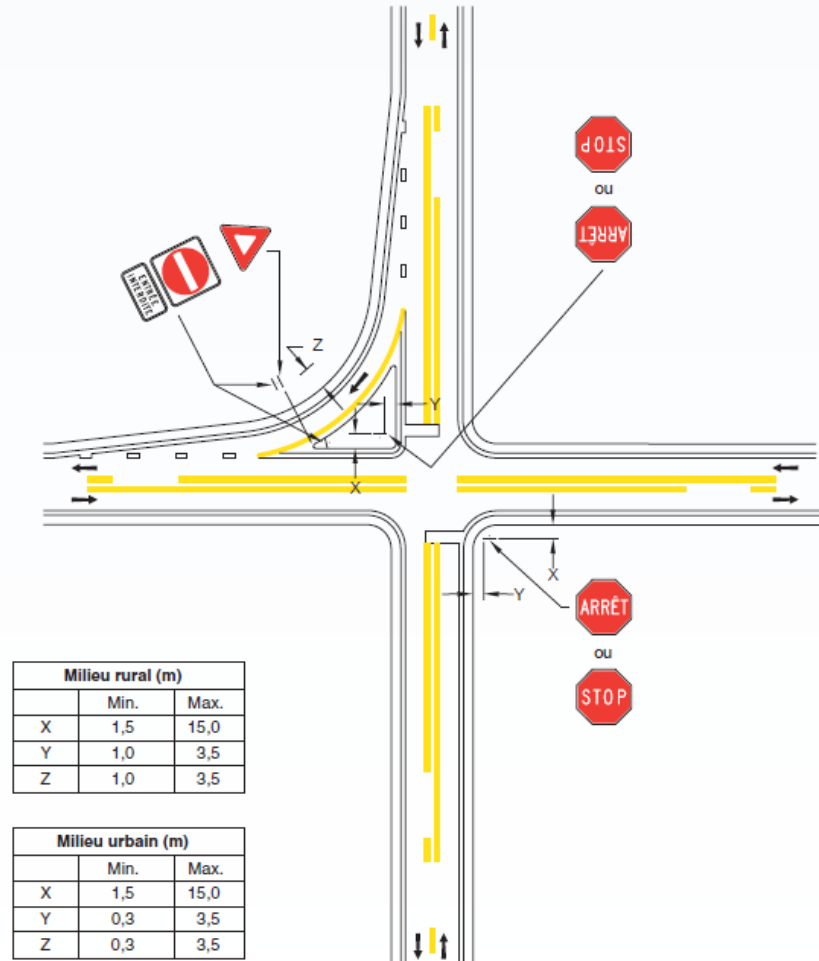
① Installé au-dessus de la voie de virage à gauche dans les deux sens.

② Installé à chaque intersection de même qu'à des intervalles d'au plus 150 m.

# ARRÊT BIDIRECTIONNEL

Minimum de signalisation pour tout carrefour en Amérique du Nord. (*Level II signalisation*)

- L'entrecroisement d'une route secondaire sur une route principale crée généralement un arrêt bidirectionnel
- Faible capacité, grands délais pour la route secondaire
  - Capacité de saturation pour la route principale



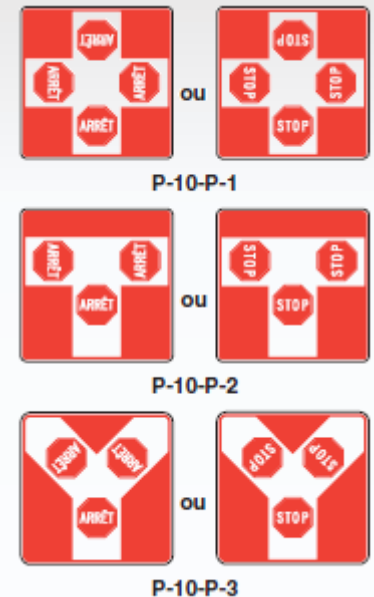
# ARRÊT SUR CHAQUE APPROCHE

Des arrêts sont placés sur toute les approches.

- Répartition des capacités et délais plus équitable

Selon le cas, les conditions suivantes doivent être satisfaites pour envisager l'installation de panneaux « Arrêt » sur chacune des approches :

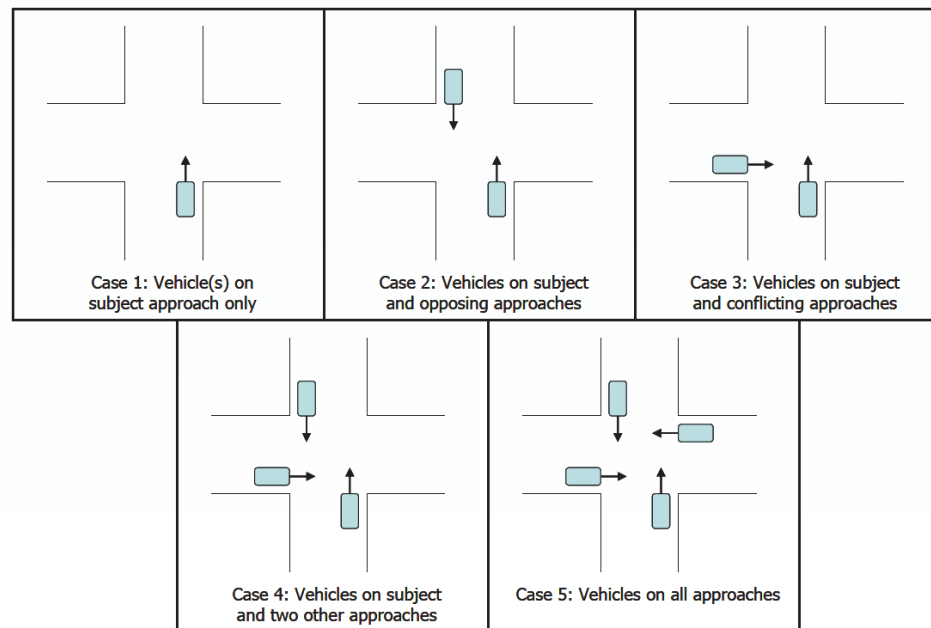
- 1 - le rapport du débit de la route la plus achalandée sur celui de la route secondaire est inférieur ou égal à 2.3
- 2 - la vitesse pratiquée au 85e centile sur chacune des approches du carrefour est inférieure à 70 km/h



- 3 - il n'y a pas, sur la route la plus achalandée, de feux de circulation à moins de 250 m, ni de panneaux « Arrêt » à moins de 150 m de part et d'autre du carrefour
- 4 - lorsqu'il y a un risque qu'à l'approche d'un carrefour un véhicule arrêté ou stationné bloque la vue d'un éventuel panneau « Arrêt » à droite et qu'il est impossible d'installer un signal avancé d'arrêt et également impossible de placer un panneau « Arrêt » à gauche lorsque la circulation s'effectue dans le même sens, il faut que l'arrêt et le stationnement soient interdits en bordure de chacune des approches de l'intersection. La distance, à partir du panneau « Arrêt », sur laquelle cette interdiction s'applique est égale à 60 % de la distance indiquée au tableau 2.28-1
- 5- les chemins publics à 4 voies contiguës sont pourvues d'un terre-plein surélevé aux approches de l'intersection

# La capacité exacte d'un carrefour à arrêt est un sujet compliqué (HCM 2010, Ch19 et Ch20).

- La capacité dépend des arrivés poisson au carrefour et ceux-ci en fonction des configurations et des taux de débits entre chaque approche ainsi que des piétons *et* les taux de virages de ceux-ci
- Dans la plupart des cas, le choix entre une signalisation à arrêts et une signalisation à feux est suffisant



# CARREFOURS GIRATOIRES

Le **carrefour giratoire** (*roundabout*) est caractérisé par l'absence de signalisation entièrement (mis à part le céder-le-passage).



**Rond-point**

Source de l'image: Bing Maps

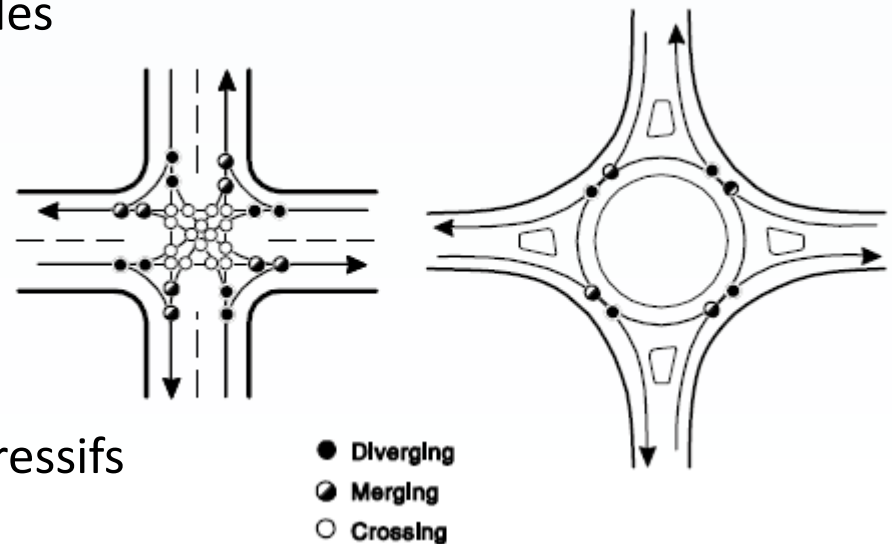


**Carrefour giratoire**

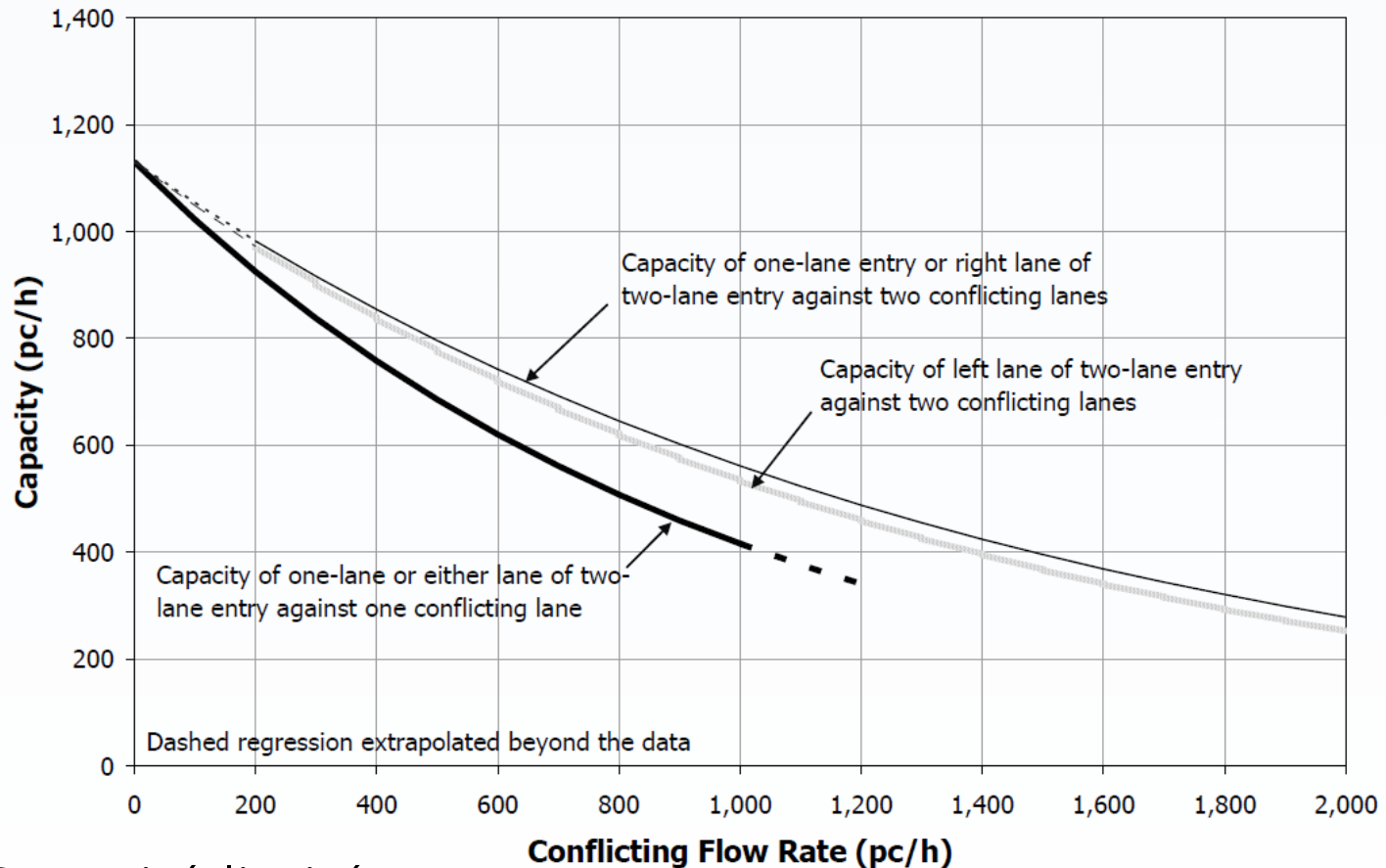
Source de l'image: Wikimedia commons

Les carrefours giratoires ne comportent jamais de dispositifs de régulation de la circulation (panneaux arrêt, feux de circulation, etc.). À cet effet, **les conflits sont gérés entièrement par les utilisateurs.**

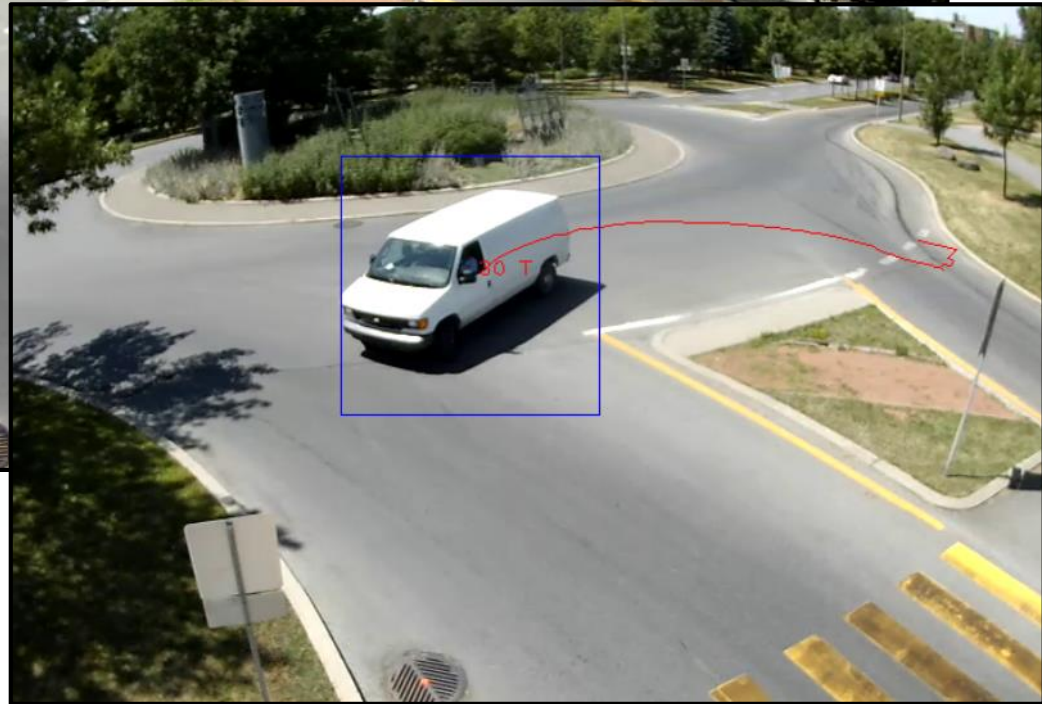
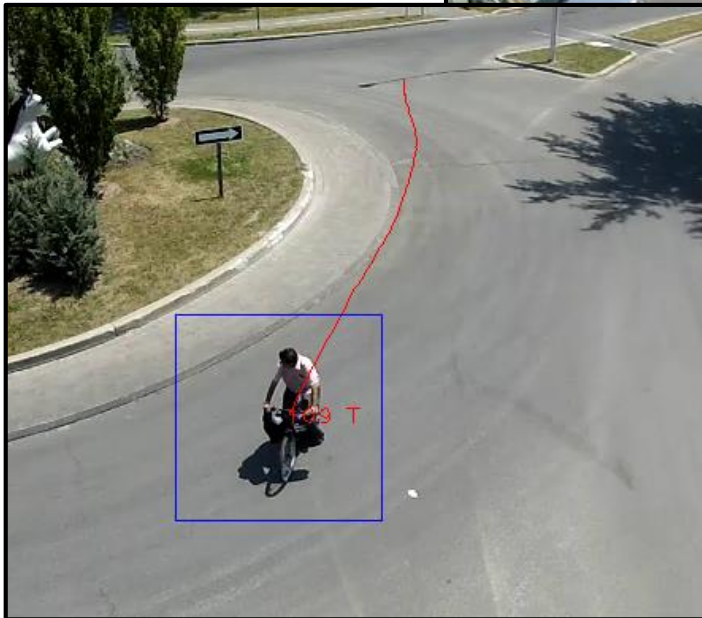
- Conflits d'entrecroisement et de suivi
- Aucun conflit dû au virage à gauche ou dû au mouvements antagonistes
- Modération de la vitesse (30 km/h)
  - Problèmes particulier avec les usager vulnérables et les ruelles
- Performance exceptionnel en terme de délai quand sous-saturé
- Défaillance quand sursaturé (perte d'équité)
  - Entraîne des mouvements agressifs



La capacité à l'approche dépend grandement du débit d'entrecroisement :



- Capacité limitée
- Problèmes avec l'ajout de voies (entrecroisement, comportements)

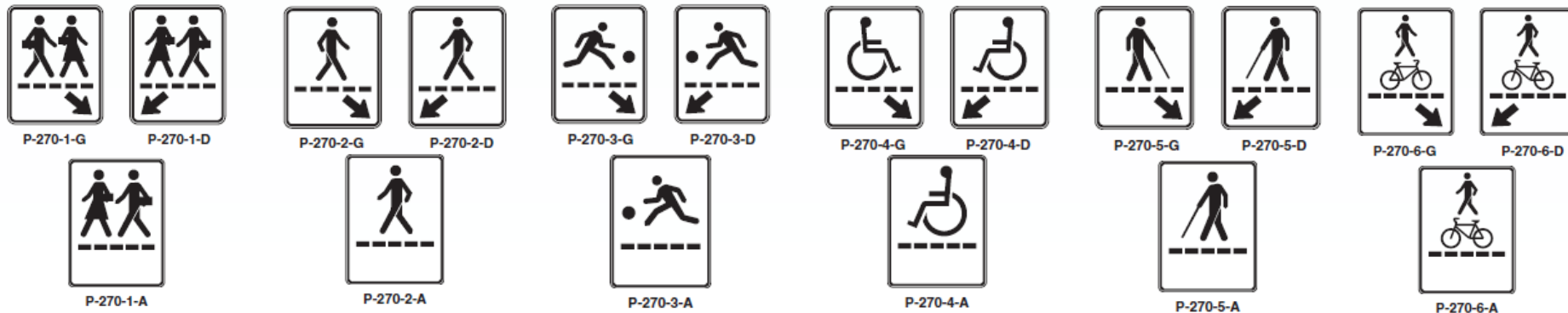


# PASSAGES POUR PERSONNES



Pour les long quartiers, en particulier les artères commerciales, les zones scolaires, ou les carrefours à arrêt bidirectionnel, on souhaite peut-être implémenter un passage pour personne.

- Même sans signalisation, les piétons ont priorité
- dans ce cas, les véhicules doivent céder le passage



Justification si **toutes** les conditions suivantes sont réunies:

- il n'y a aucune signalisation qui règle la circulation à moins de 100 m de l'endroit où le passage est situé
- la distance de visibilité du passage est égale ou supérieure à la distance indiquée au tableau 2.28-1
- le débit de circulation correspond aux données des abaques 2.28-1 ou 2.28-2 selon le cas
- la vitesse permise est d'au plus 70 km/h.

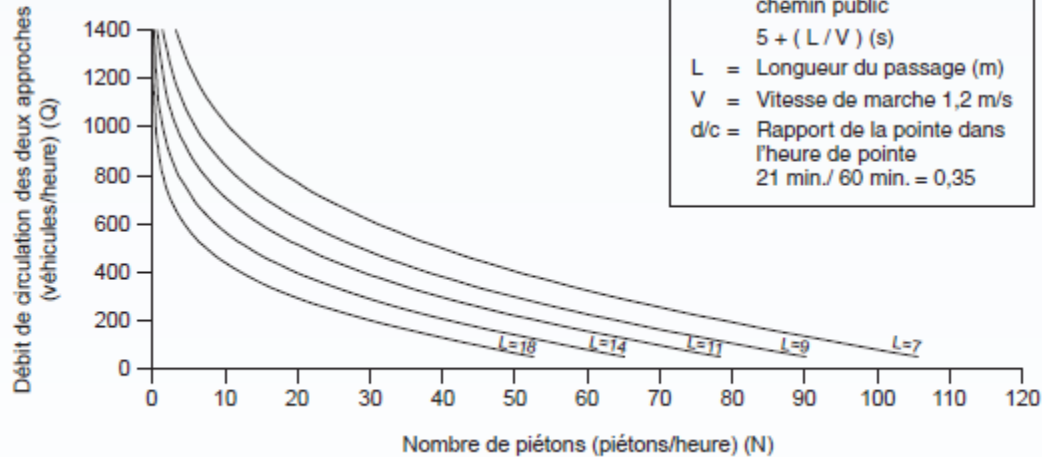
Tableau 2.28-1  
Distance minimale de visibilité

Vitesse de base <sup>(1)</sup> (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110
Distance (m)	45	65	85	110	140	170	200	240

1. Vitesse de base = Vitesse affichée + 10 km.

Sinon, le passage doit se faire au carrefour suivant ou avec signalisation.

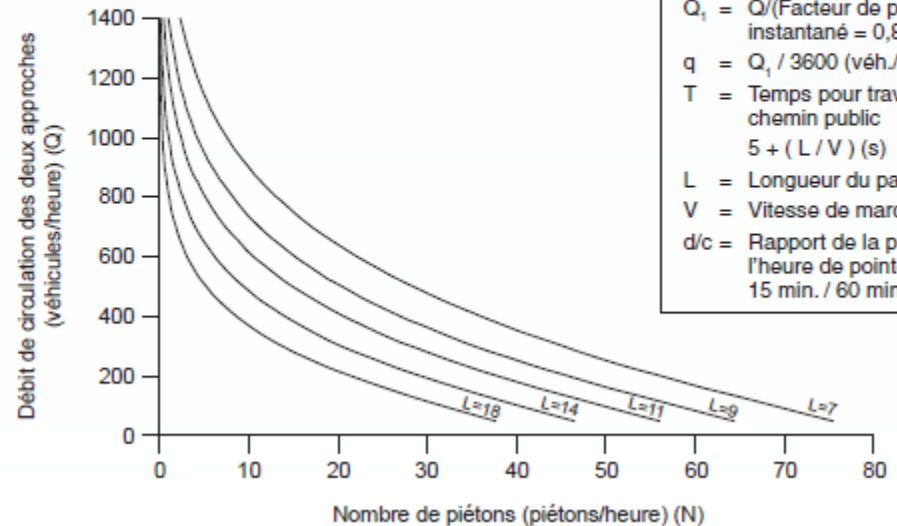
## Piétons adultes



$$N = \frac{Q_1 e^{-qT}}{1 - e^{-qT}} \times d/c$$

$N$  = Nombre de piétons/heure  
 $Q$  = Débit de véhicules mesuré (véh./h)  
 $Q_1$  =  $Q$  / (Facteur de pointe instantané = 0,8)  
 $q$  =  $Q_1 / 3600$  (véh./s)  
 $T$  = Temps pour traverser le chemin public  
 $5 + (L / V)$  (s)  
 $L$  = Longueur du passage (m)  
 $V$  = Vitesse de marche 1,2 m/s  
 $d/c$  = Rapport de la pointe dans l'heure de pointe  
 $21 \text{ min.} / 60 \text{ min.} = 0,35$

## Écoliers et terrain de jeu



$$N = \frac{Q_1 e^{-qT}}{1 - e^{-qT}} \times d/c$$

$N$  = Nombre d'écoliers ou d'enfants/heure  
 $Q$  = Débit de véhicules mesuré (véh./h)  
 $Q_1$  =  $Q$  / (Facteur de pointe instantané = 0,8)  
 $q$  =  $Q_1 / 3600$  (véh./s)  
 $T$  = Temps pour traverser le chemin public  
 $5 + (L / V)$  (s)  
 $L$  = Longueur du passage (m)  
 $V$  = Vitesse de marche 1,2 m/s  
 $d/c$  = Rapport de la pointe dans l'heure de pointe  
 $15 \text{ min.} / 60 \text{ min.} = 0,25$

## Commentaires:

- Les passages de personnes non-signalisés sont fortement découragés sur des largeurs de traversé de plus de trois voies.
  - Dans ce cas, une signalisation illuminé est nécessaire.
- Un passage pour écoliers ou pour terrain de jeux peut être installé même si les conditions de la norme ne sont pas respectées lorsqu'un brigadier assiste les enfants.
  - Dans tous les cas, la présence d'un brigadier est hautement recommandée.
- La signalisation de passage devrait être supplémentée par les panneaux danger D-270 dans certains cas où la justification de base est jugée insuffisante.



D-270-1-G



D-270-1-D



D-270-2-G



D-270-2-D



# SIGNALISATION POUR TRAVAUX

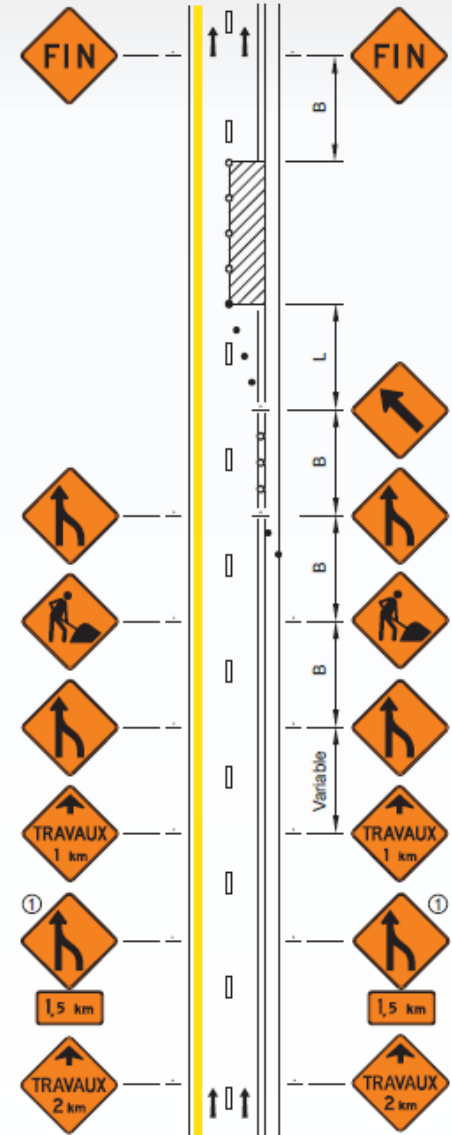
Plus de 500 pages de normes et dessins normalisées dans le Tome 5...!

- Équipements de visibilité/sécurité
- Signalisation verticale
- Marquage/déviation/fermeture des voies
- Détours
- Dispositifs de retenue pour entrave

La politique peut varier entre juridictions...



L : Longueur du biseau  
B : Espacement des panneaux

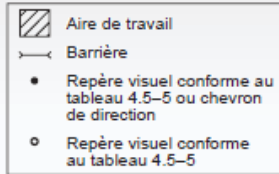


① Ou autre panneau illustrant la manœuvre appropriée.

# Typologie de la signalisation pour chantier :

- Travaux de très courte durée ou mobile
  - travaux prévisibles et non prévisibles de moins de 15 minutes qui doivent être faits à proximité d'un véhicule d'accompagnement
- Travaux de courte durée
  - travaux programmables devant être réalisés dans un délai d'au plus 24 heures
  - en pratique, un minimum de signalisation et souvent utilise (cônes, signaleur) surtout sur routes à faible vitesse/municipales
- Travaux de longue durée
  - travaux programmables devant être réalisés dans un délai de plus de 24 heures
  - caractérisé par des installations plus permanentes de signalisation
    - voies de contournement de chantier
    - détours affichées
    - reprogrammation des feux
    - dispositifs de retenue (pylône, barrières Jersey)

## ENTRAVE DE LA VOIE DE GAUCHE



V (km/h)	L (m)	E (m)	B (m)
60 et moins	10 d	10	50
70	20 d	10	75
80 et 90	30 d	15	100
100	40 d	20	125

V : Vitesse affichée par le panneau à fond blanc P-70 pour les valeurs « L » et « B ». Pour la valeur « E », « V » correspond à la vitesse affichée par les panneaux à fond orange T-70

L : Longueur du biseau

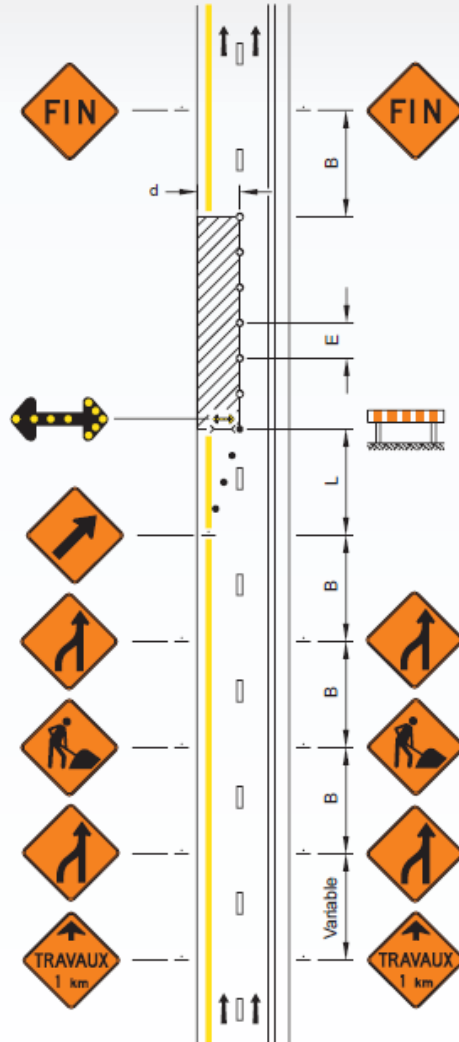
E : Espacement des repères visuels

B : Espacement des panneaux

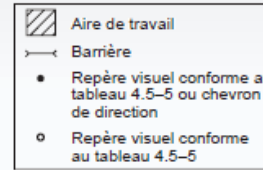
d : Largeur de l'entrave sur une voie (voie ≤ 3,65 m)

### Notes :

- les repères visuels délimitant un biseau doivent être installés à des intervalles de 5 m;
- les cotes sont en mètres.



## ENTRAVE DE LA VOIE DE GAUCHE AVEC CIRCULATION SUR L'ACCOTEMENT PAVÉ



V (km/h)	L (m)	E (m)	B (m)
60 et moins	10 d	10	50
70	20 d	10	75
80 et 90	30 d	15	100
100	40 d	20	125

V : Vitesse affichée par le panneau à fond blanc P-70 pour les valeurs « L » et « B ». Pour la valeur « E », « V » correspond à la vitesse affichée par les panneaux à fond orange T-70

L : Longueur du biseau

E : Espacement des repères visuels

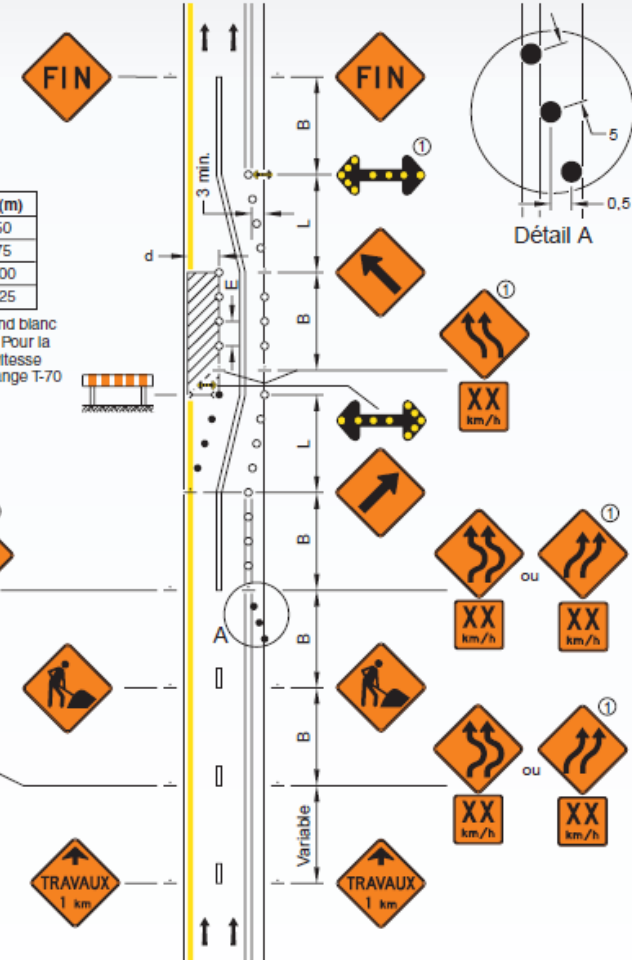
B : Espacement des panneaux

d : Largeur de l'entrave sur une voie (voie ≤ 3,65 m)

① Requis si la longueur de l'aire de travail ≥ 200 m.

### Notes :

- les panneaux peuvent être ajoutés conformément à la section 4.31;
- les repères visuels délimitant un biseau doivent être installés à des intervalles de 5 m;
- le marquage existant doit être effacé et remplacé par le marquage temporaire illustré;
- les cotes sont en mètres.



# EXEMPLE

Supposons une autoroute à 4 voies et vitesse affichée de 100 km/h nécessitant une entrave sur la voie extérieure :

- Une étude technique démontre qu'une déviation des 4 voies nécessite une limite de vitesse affichée de 70 km/h aux lieux de déviation. Cependant, une fermeture de voie extérieure nécessite une limite de vitesse affichée de 90 km/h.
- En supposant une vitesse à écoulement libre de 10 km/h supérieure à la vitesse affichée dans tout les cas, en utilisant la méthode du HCM, quel signalisation est plus avantageuse pour la capacité du tronçon à LOS D?

# CONCEPTION CARREFOUR ALTERNATIF



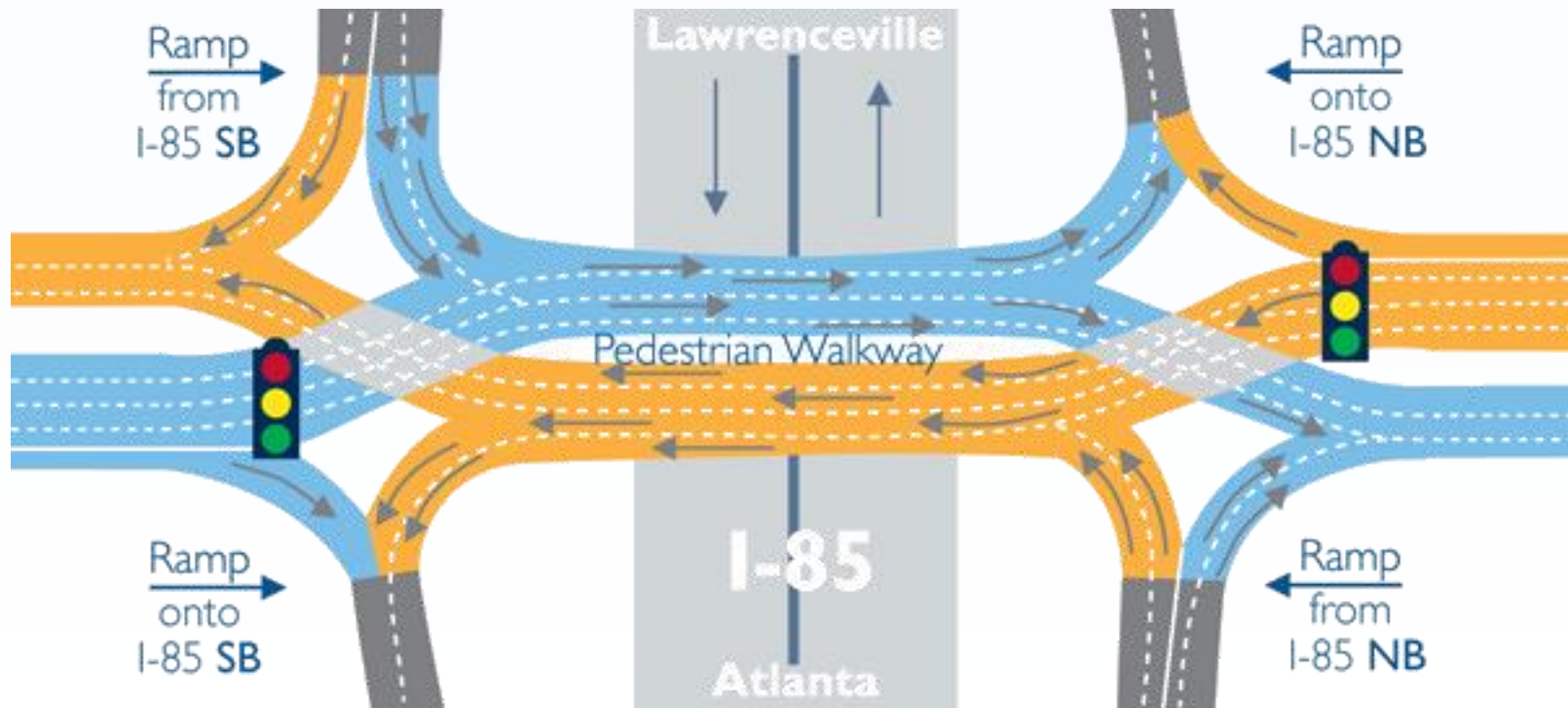
Il existe une multitude de conceptions de carrefours alternatifs.

- Généralement, l'objectif des ces carrefours est de minimiser l'effet des virages à gauches conflictuels.
  - Le carrefour giratoire satisfait à cette exigence, mais seulement dans les cas où on souhaite obstruer à la vitesse et où les débits ne sont pas élevés.
- Le principe de base est de séparer les mouvements des différentes approches et de les faire traverser à une suite d'entrecroisements contrôlés par un feu.
  - Dans ce sens, on crée plusieurs « mini » carrefours à feu simple (sans virages) à partir d'un seul pair de couloirs.
  - Cette pratique occupe plus d'espace physique.

# CONCEPTION CARREFOUR ALTERNATIF



*Diverging diamond :*



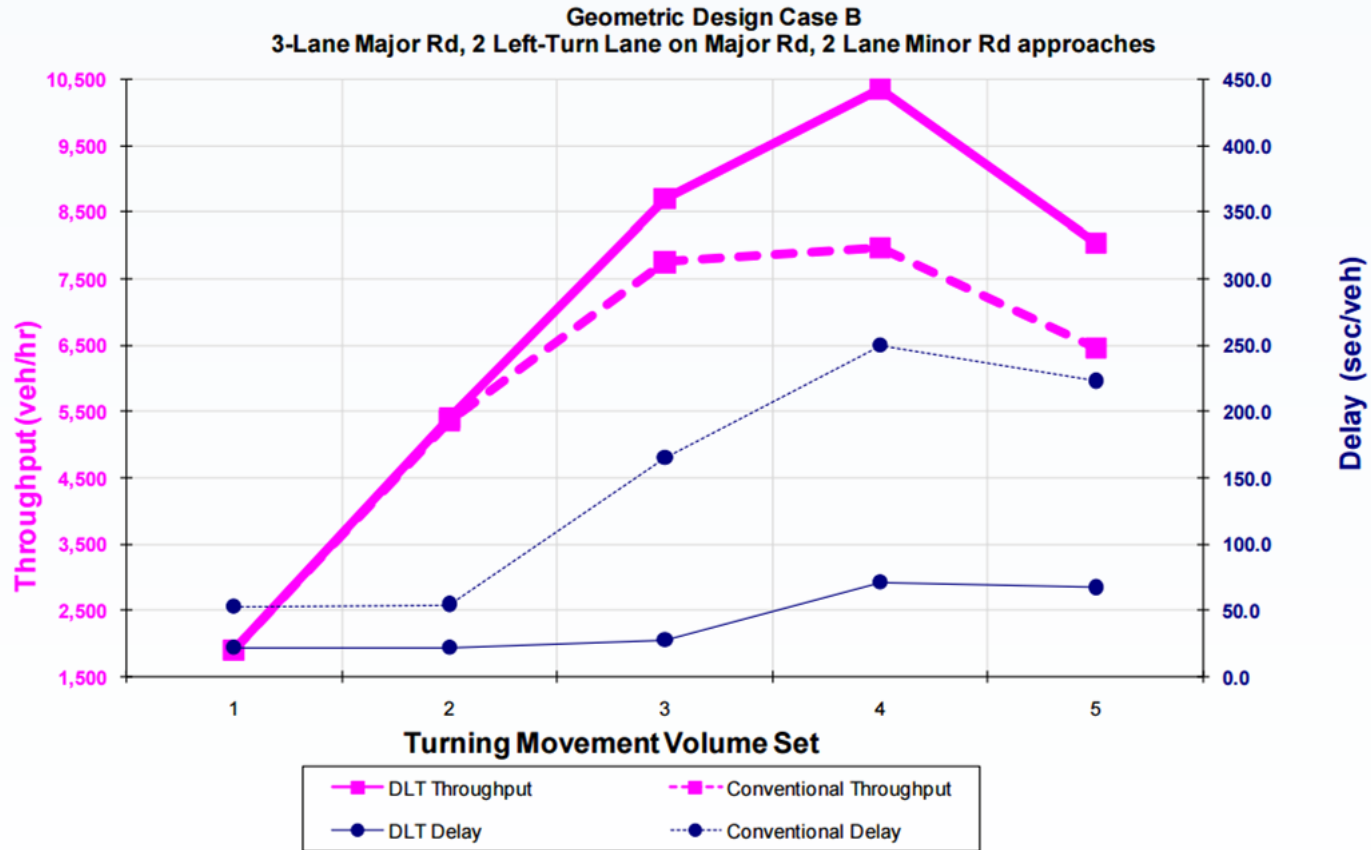
# CONCEPTION CARREFOUR ALTERNATIF



*Displaced left-turn :*



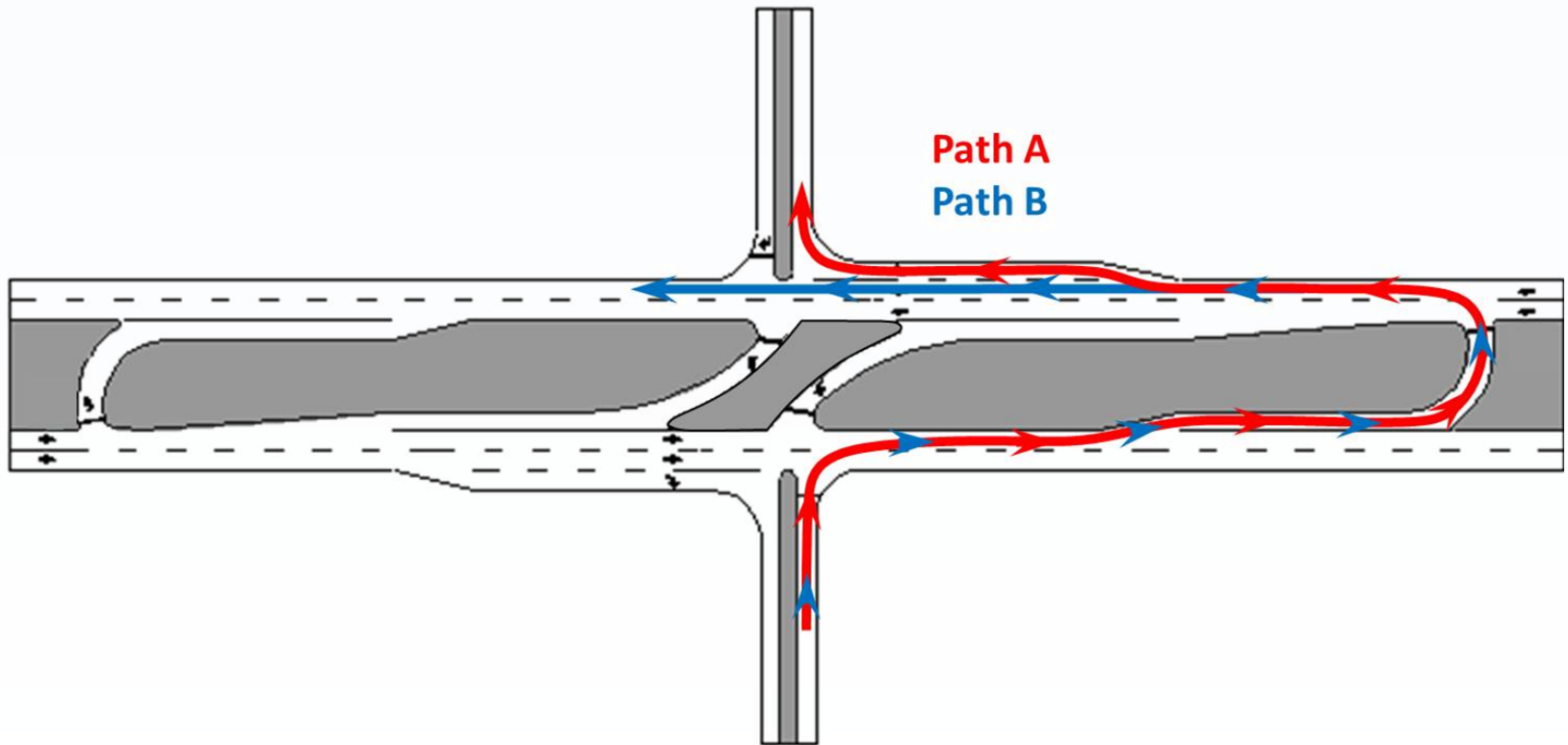
# Displaced left-turn :



# CONCEPTION CARREFOUR ALTERNATIF

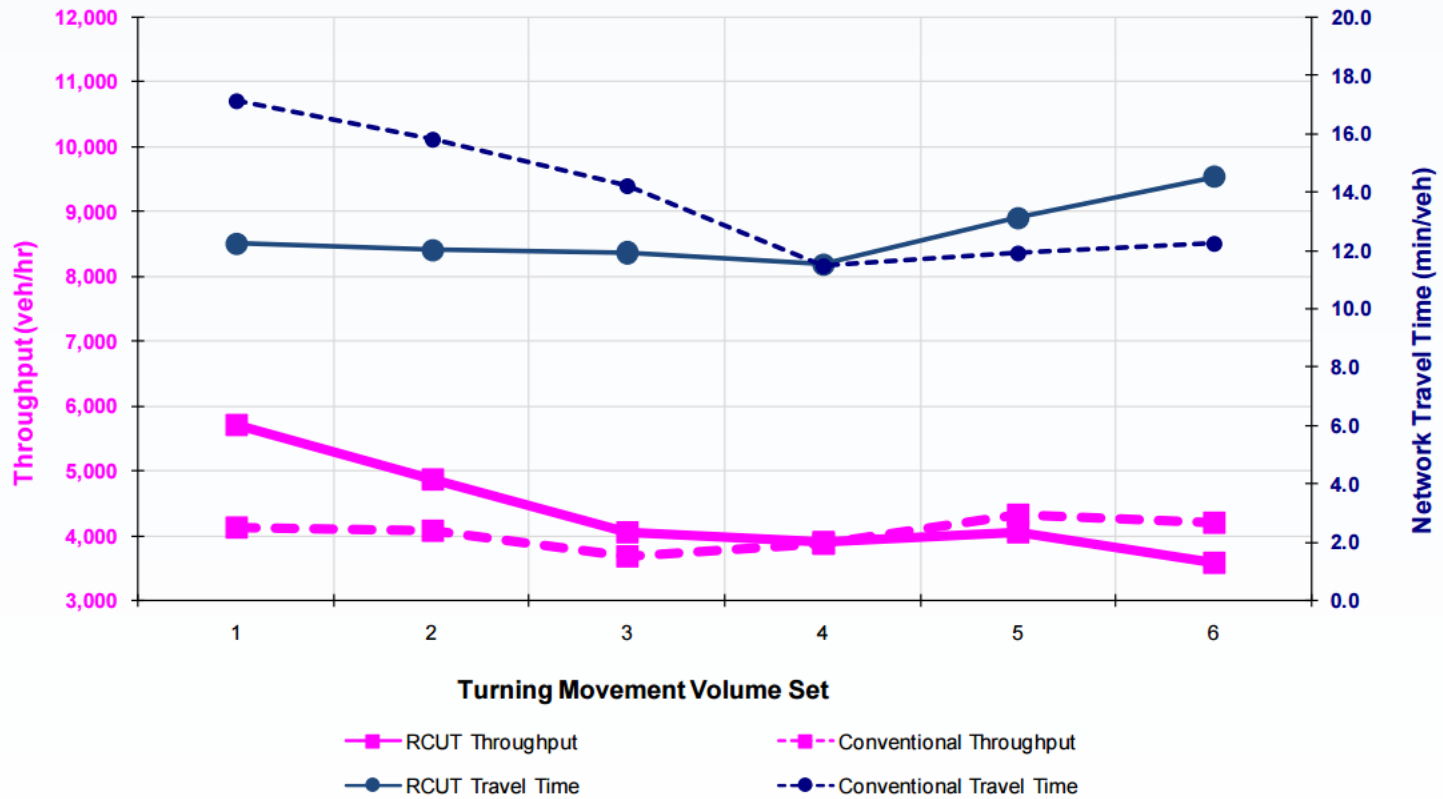


*Restricted Crossing U-Turn Intersection :*



<https://www.youtube.com/watch?v=BLwl01NCp9I>

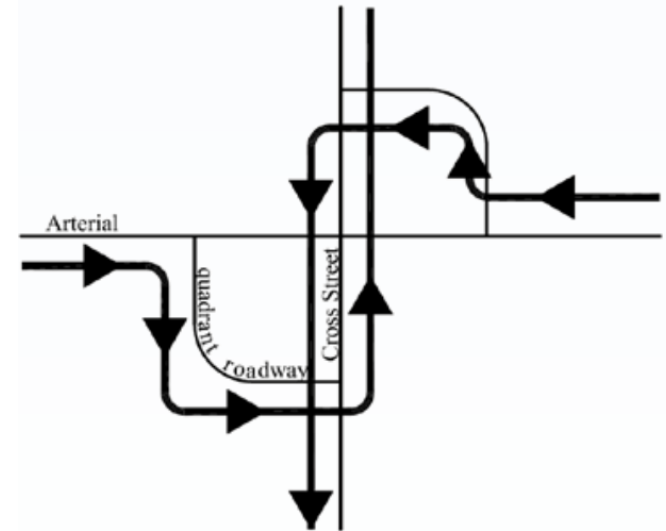
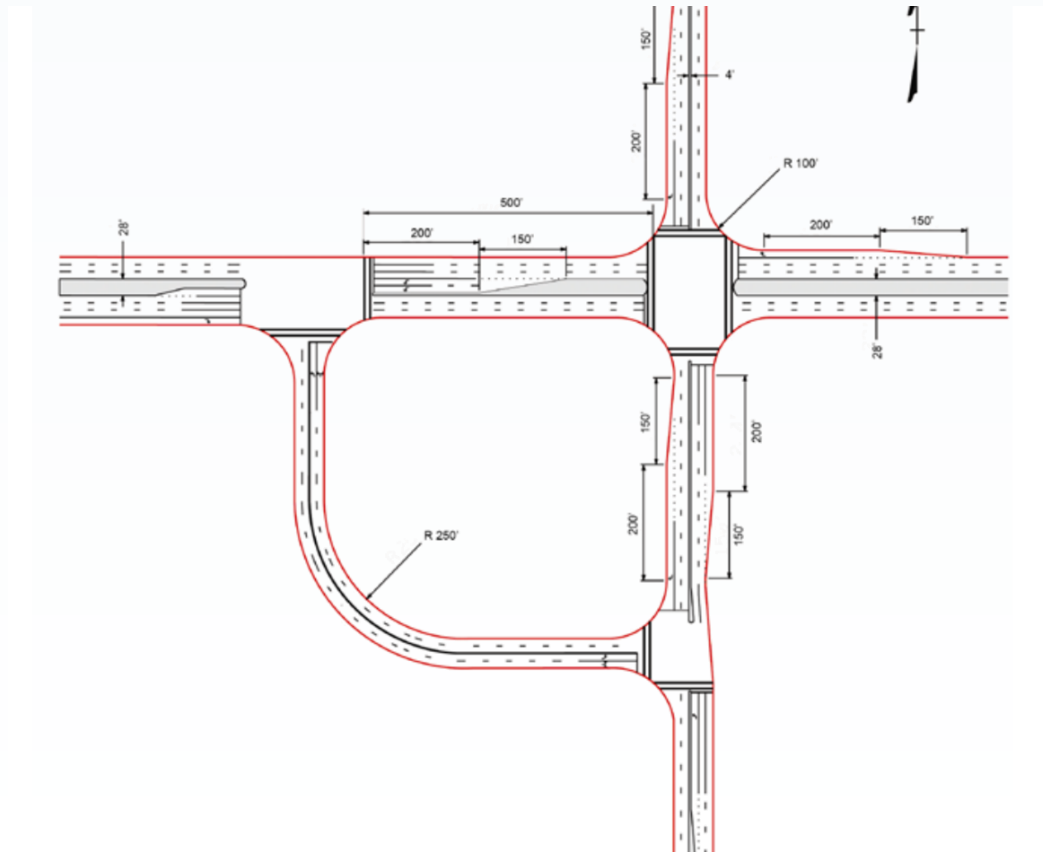
# Restricted Crossing U-Turn Intersection :



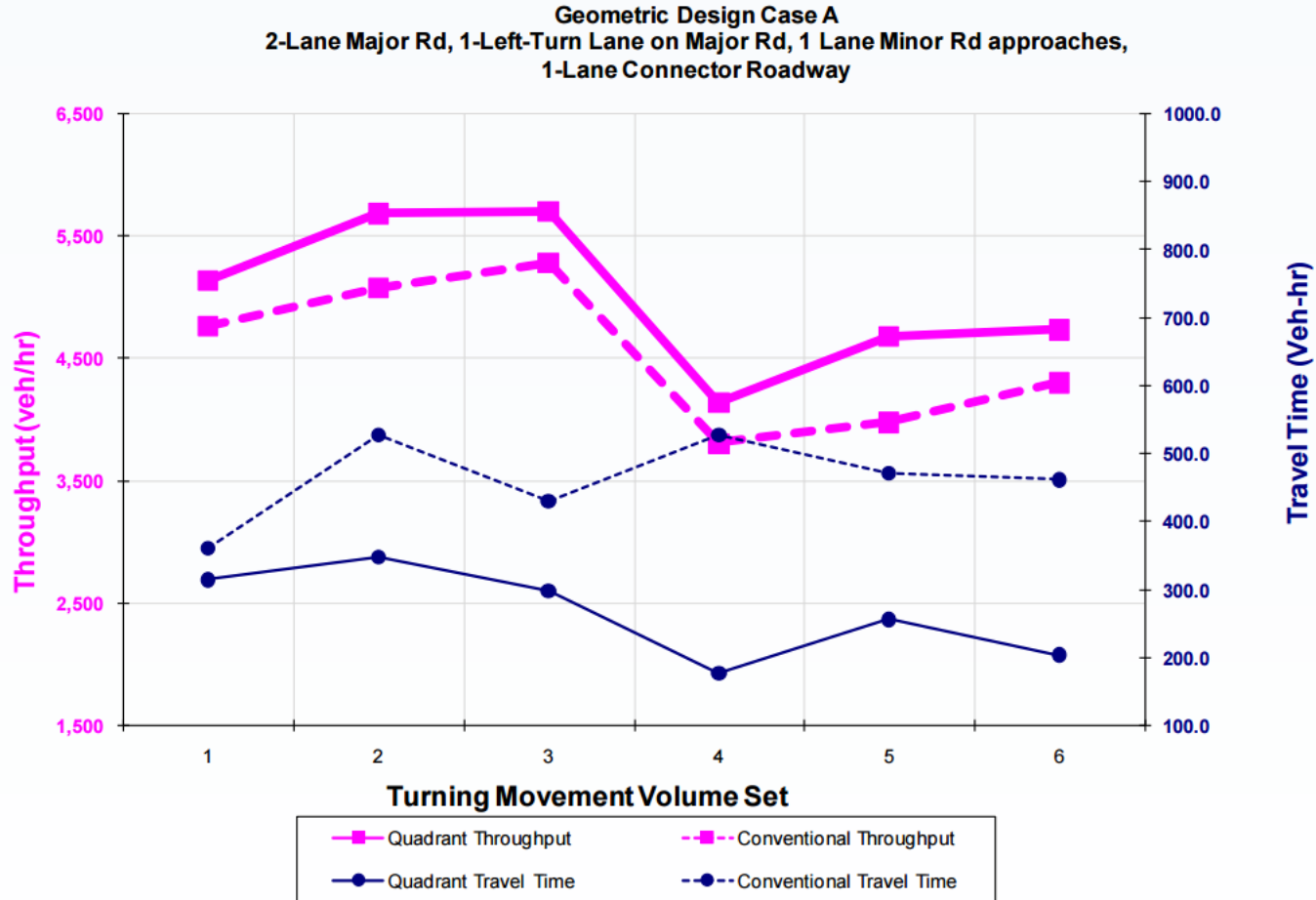
# CONCEPTION CARREFOUR ALTERNATIF



*Quadrant roadway intersection :*



# Quadrant roadway intersection :



# CONCEPTION CARREFOUR ALTERNATIF



Etc...



Source: Google™ Earth

Figure 150. Example of a continuous green T-intersection in Arlington, VA.



Source: Google™ Earth

Figure 146. Photo. Hamburger intersection in Fairfax, VA.

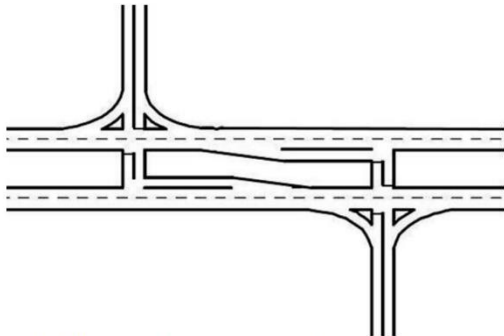
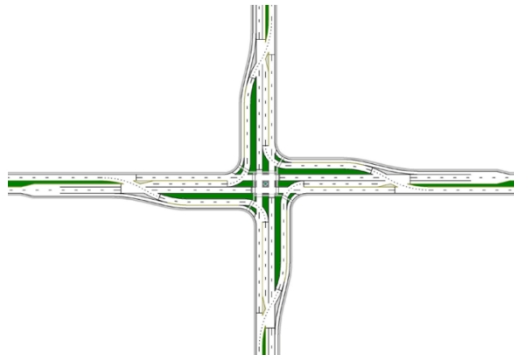


Figure 148. Illustration. Typical geometry of an offset T-intersection. <sup>(75)</sup>



Source: Quadrant Engineering, LLC

Figure 151. Illustration. Typical geometry of a parallel flow intersection.



Source: Google™ Earth

Figure 144. Photo. Typical jughandle intersection in New Jersey.

C'est tout pour aujourd'hui!