



# Les nœuds routiers

Les carrefours à feux

# Sommaire

---

## 1. Stratégie de régulation

- Objectif
- Choix de l'aménagement
- La boîte à outils
- Maîtrise du trafic
- Coordination du trafic
- Le plan de feux
- L'état sans trafic
- La supervision du trafic

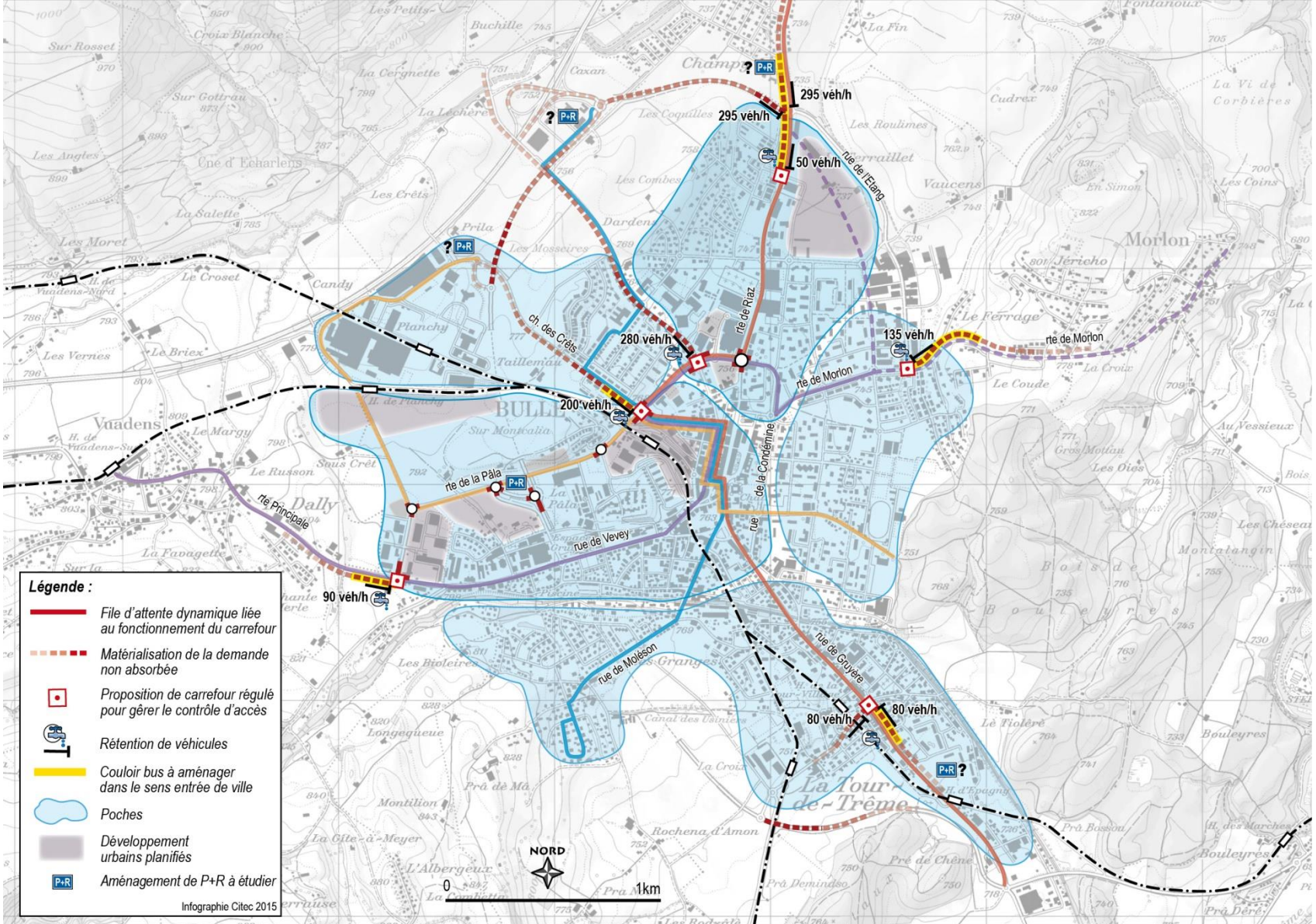
## 2. Capacité utilisée

- Notions de base
- Méthodologie (pré-dimensionnement)

# Stratégie de régulation

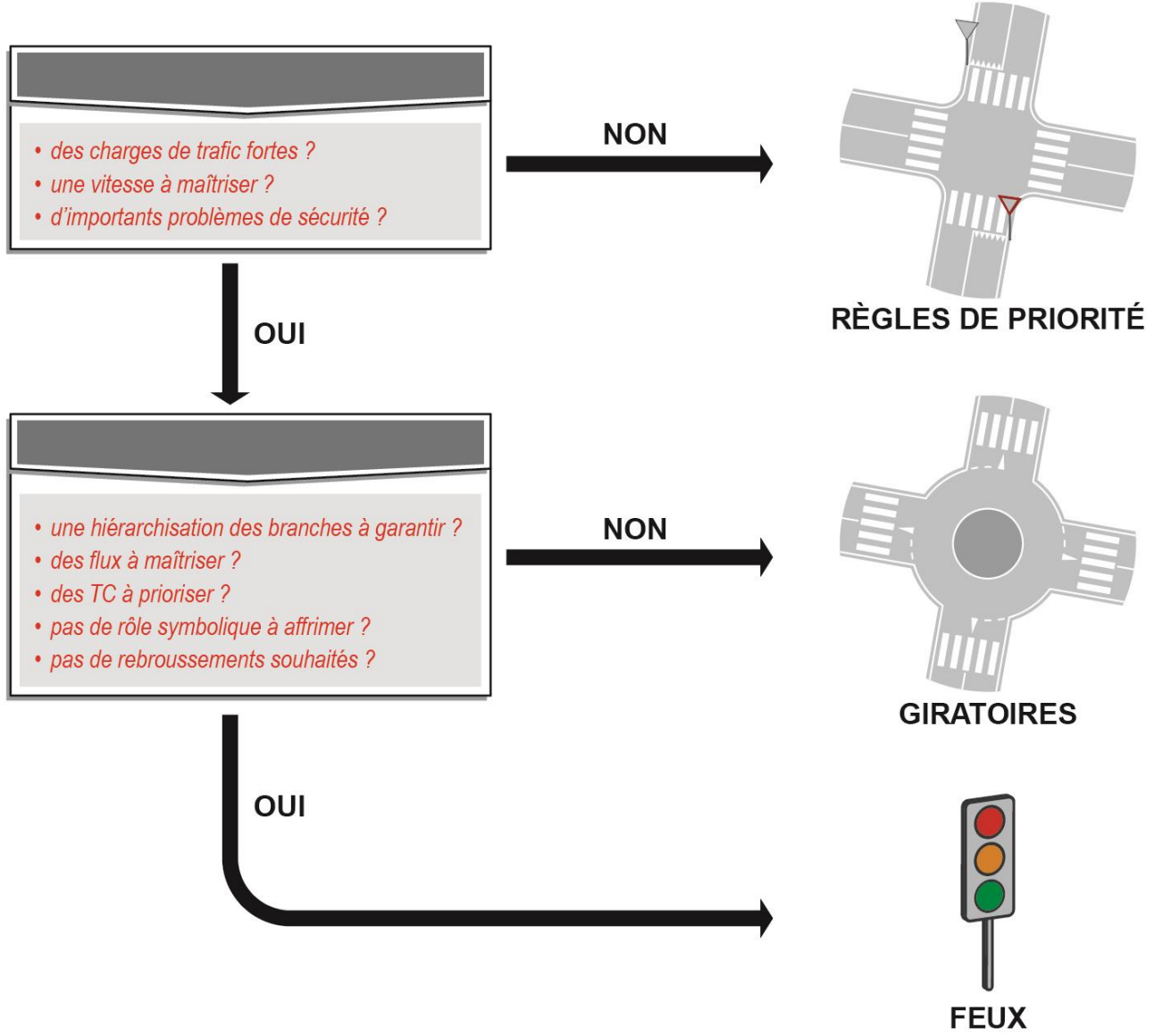
# Stratégie de régulation : Objectif

Définir de manière cohérente et intégrée à l'échelle d'un carrefour, d'un axe, d'une ville ou d'une agglomération, la stratégie de gestion du trafic (tous modes) :



# Stratégie de régulation : quel aménagement ?

Préalablement à la définition de la stratégie de régulation d'un aménagement, il faut se poser la question «quel aménagement convient le mieux à quelle situation?»

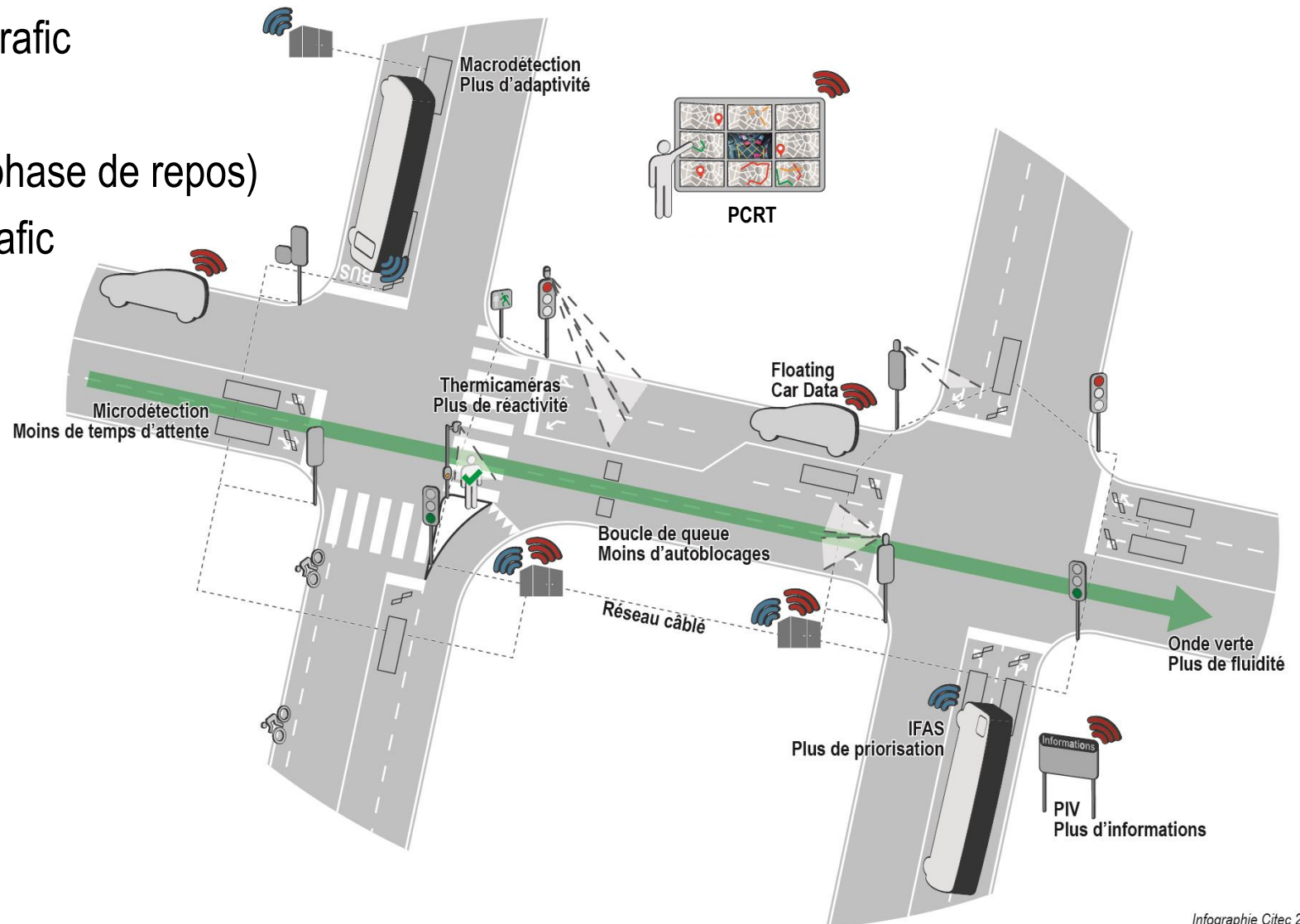


Infographie Citec 2018

# Stratégie de régulation : la boîte à outil

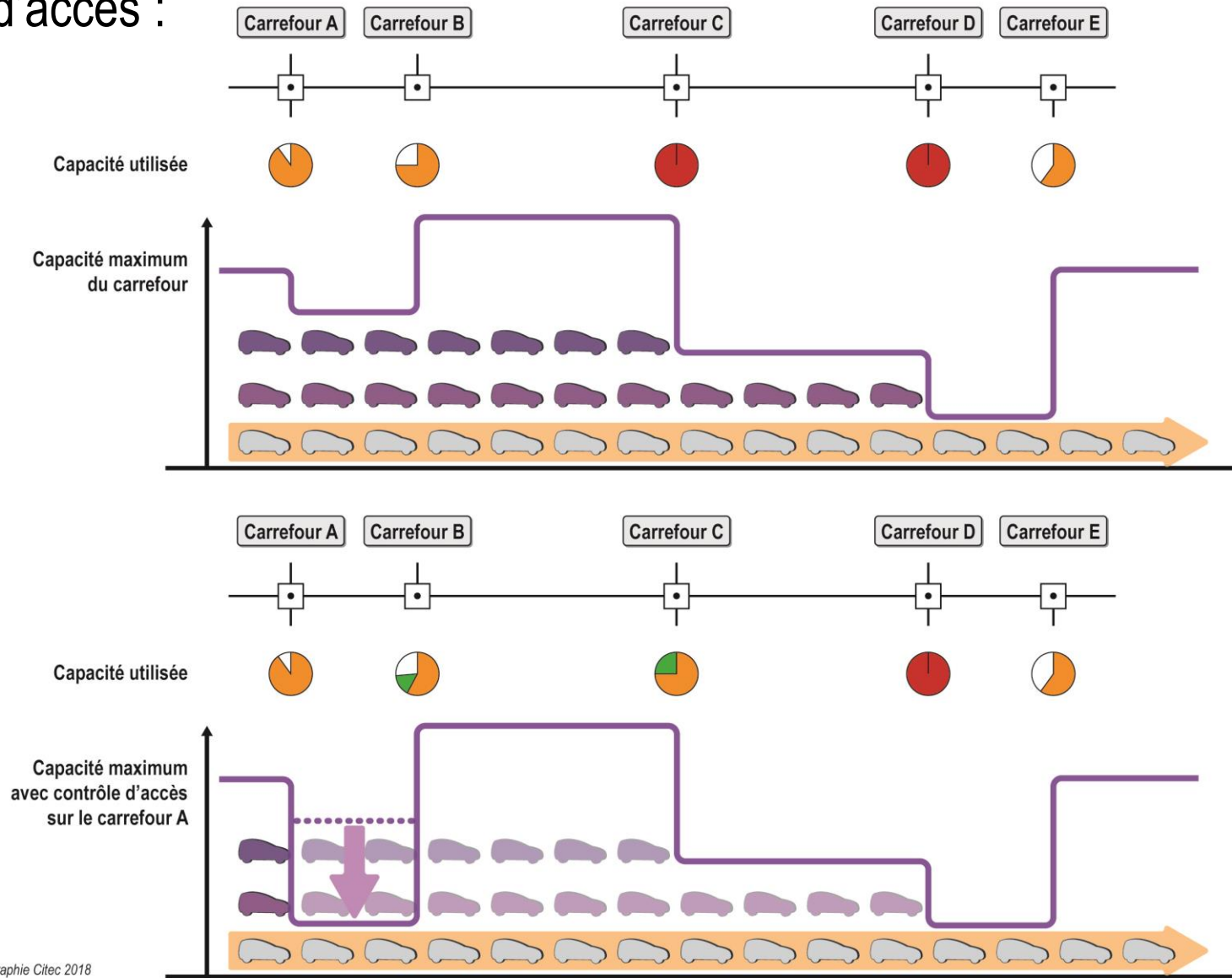
Si le choix de l'aménagement s'est porté vers un carrefour à feux, voici la boîte à outil à disposition pour définir la stratégie de régulation du ou des carrefours à l'étude :

- Maîtrise du trafic
- Coordination du trafic
- Le plan de feux
- Etat sans trafic (phase de repos)
- Supervision du trafic



# Stratégie de régulation : maîtrise du trafic

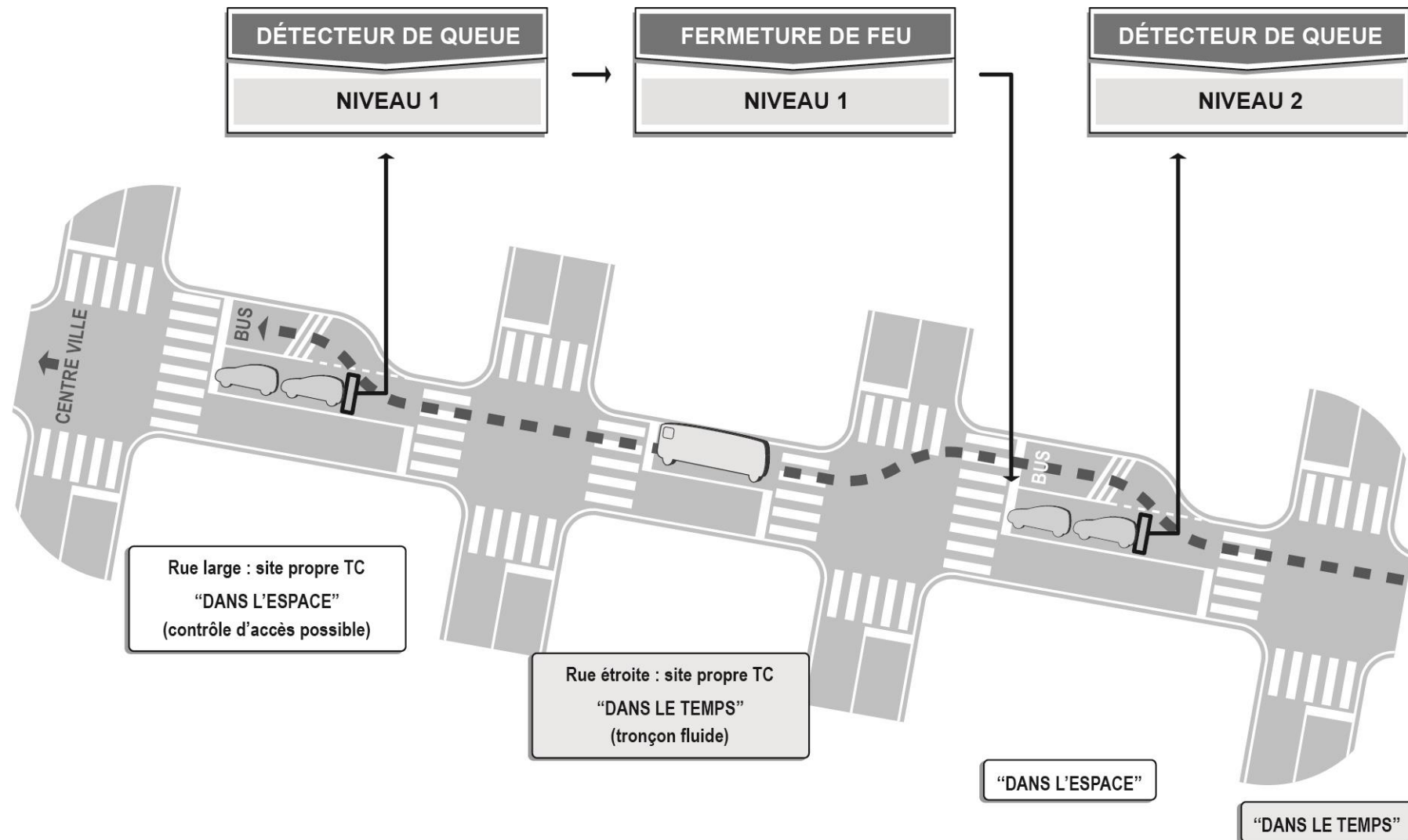
La maîtrise du trafic a pour but d'optimiser la circulation des véhicules en prenant en compte l'hétérogénéité du réseau routier. Ci-dessous est représenté le principe du contrôle d'accès :



Infographie Citec 2018

# Stratégie de régulation : maîtrise du trafic

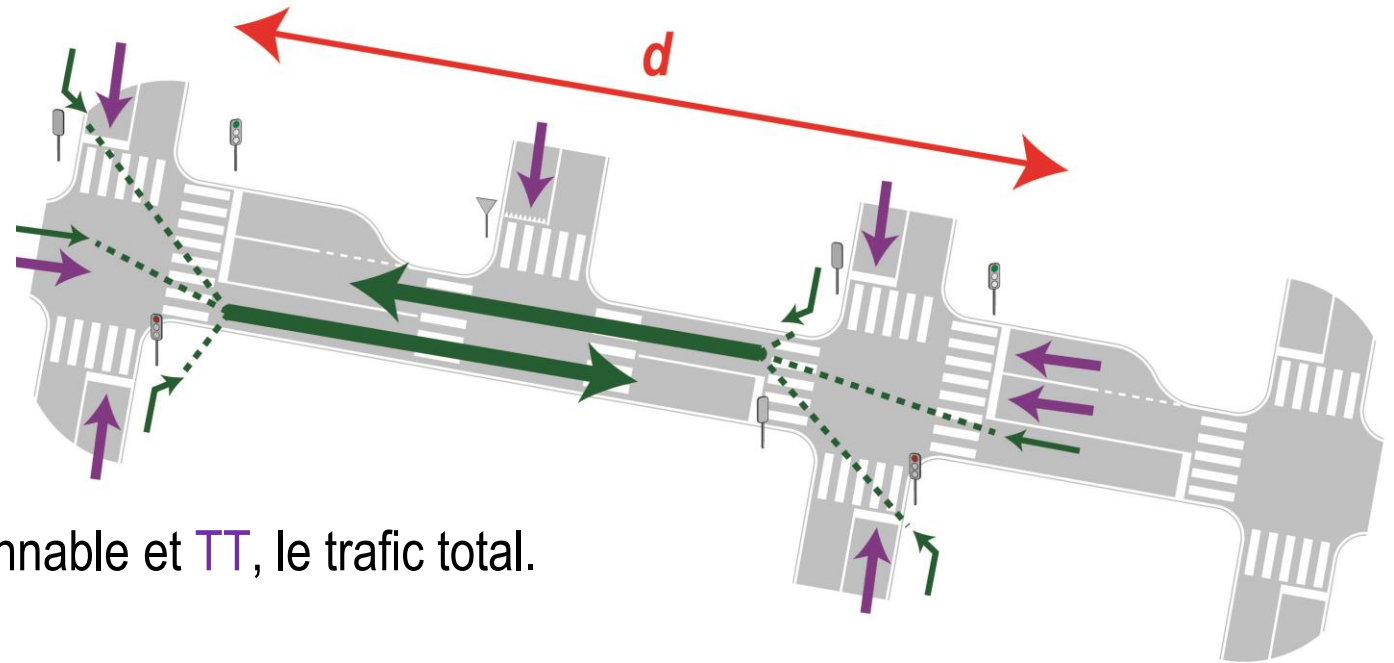
La maîtrise du trafic permet aussi de faciliter la progression des bus. Elle peut se faire dans l'espace (site propre) ou dans le temps (priorisation dans la régulation) :



# Stratégie de régulation : **coordination du trafic**

Lorsqu'au minimum deux carrefours sont proches et que la part de trafic transitant entre les aménagements est importante, la coordination entre les carrefours permet d'optimiser et fluidifier l'écoulement des véhicules. Le critère générique adimensionnel pour apprécier ce besoin : le coefficient de coordination (CC) :

$$CC = \frac{TC}{TT} \times \frac{1}{d^2}$$

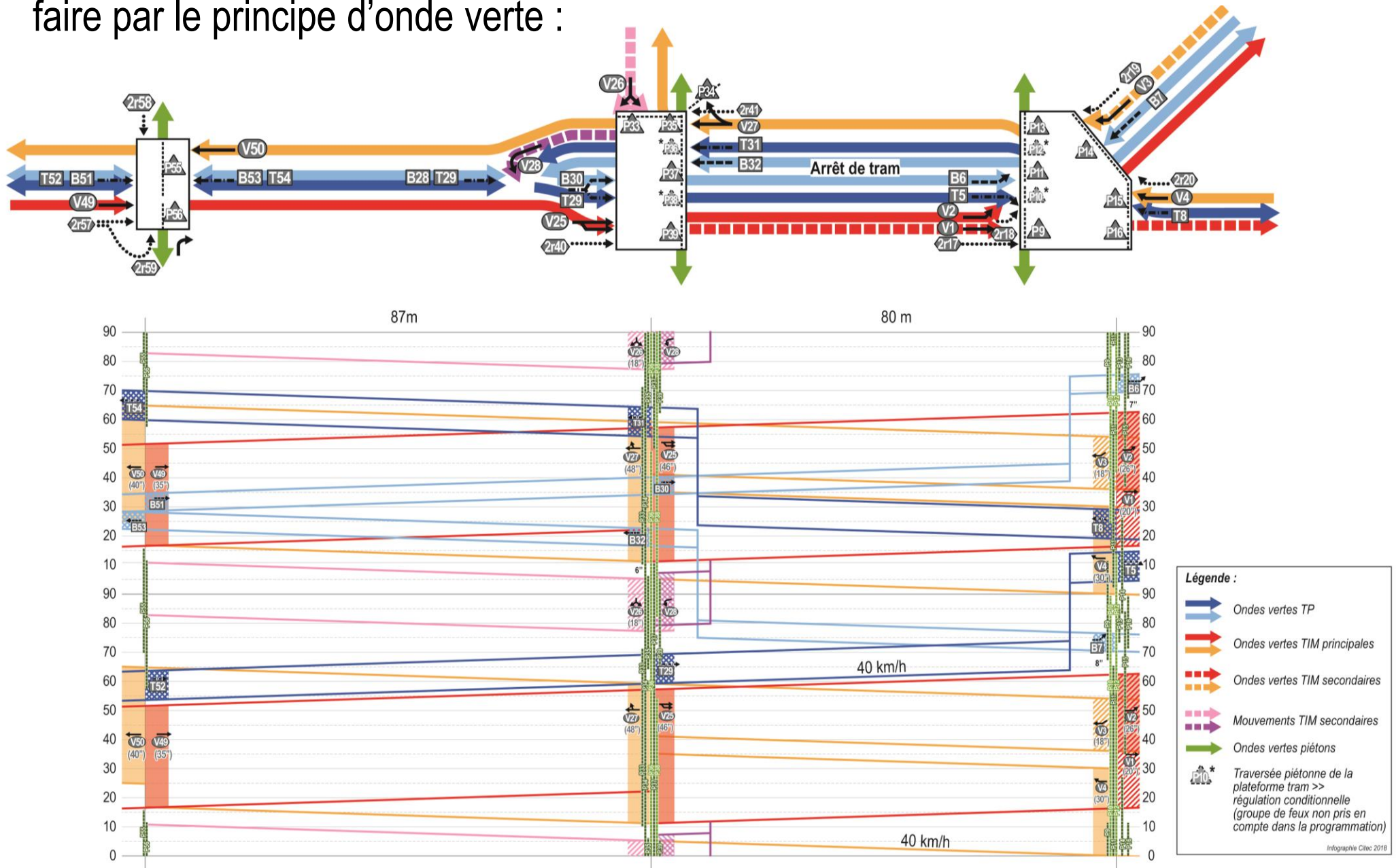


Avec **TC**, le trafic coordonnable et **TT**, le trafic total.

- Si  $CC < 10$ , la coordination n'est pas souhaitable ;
- Si  $CC > 20$ , la coordination est nécessaire ;
- Dans le cas intermédiaire, l'analyse se fait au cas par cas selon des critères de nécessité (risque de remontées de files d'attente), de faisabilité (géométrie et trafic homogènes), et d'évaluation (vitesse, présence de transports en commun, etc).

# Stratégie de régulation : **coordination du trafic**

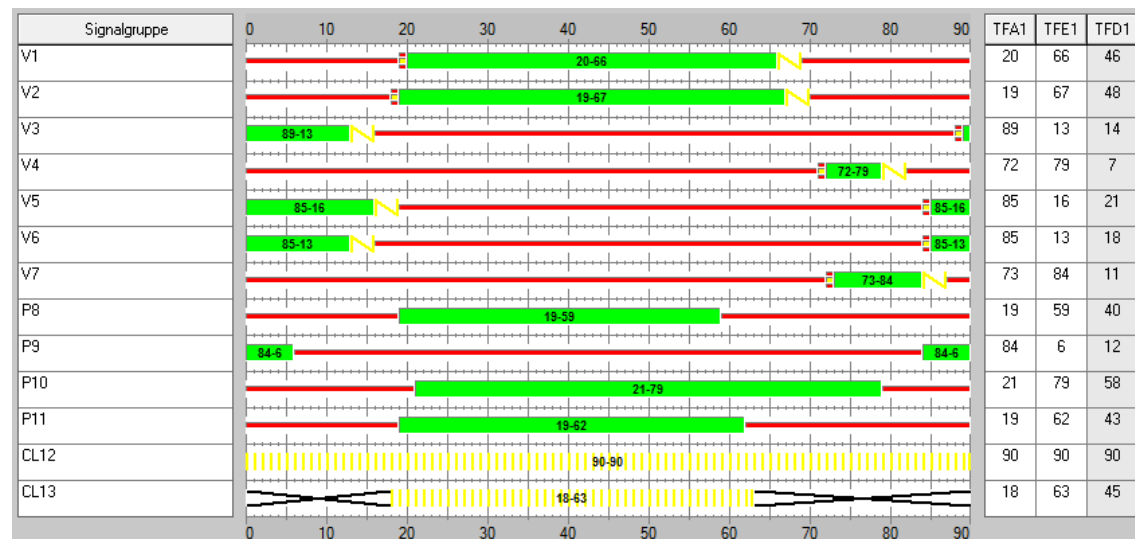
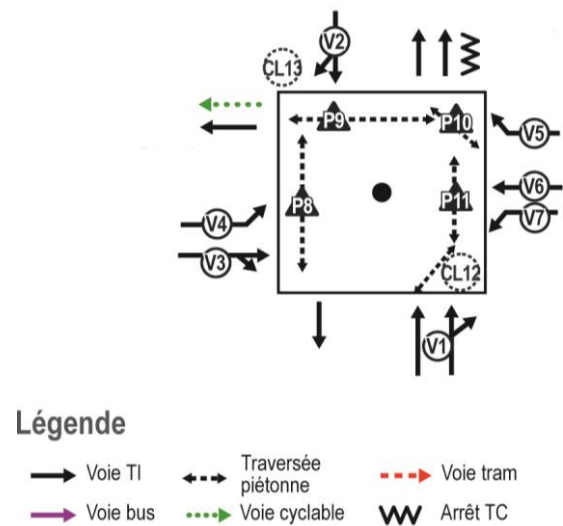
Une fois le besoin en coordination vérifié, la coordination entre mouvements peut se faire par le principe d'onde verte :



# Stratégie de régulation : le plan de feux

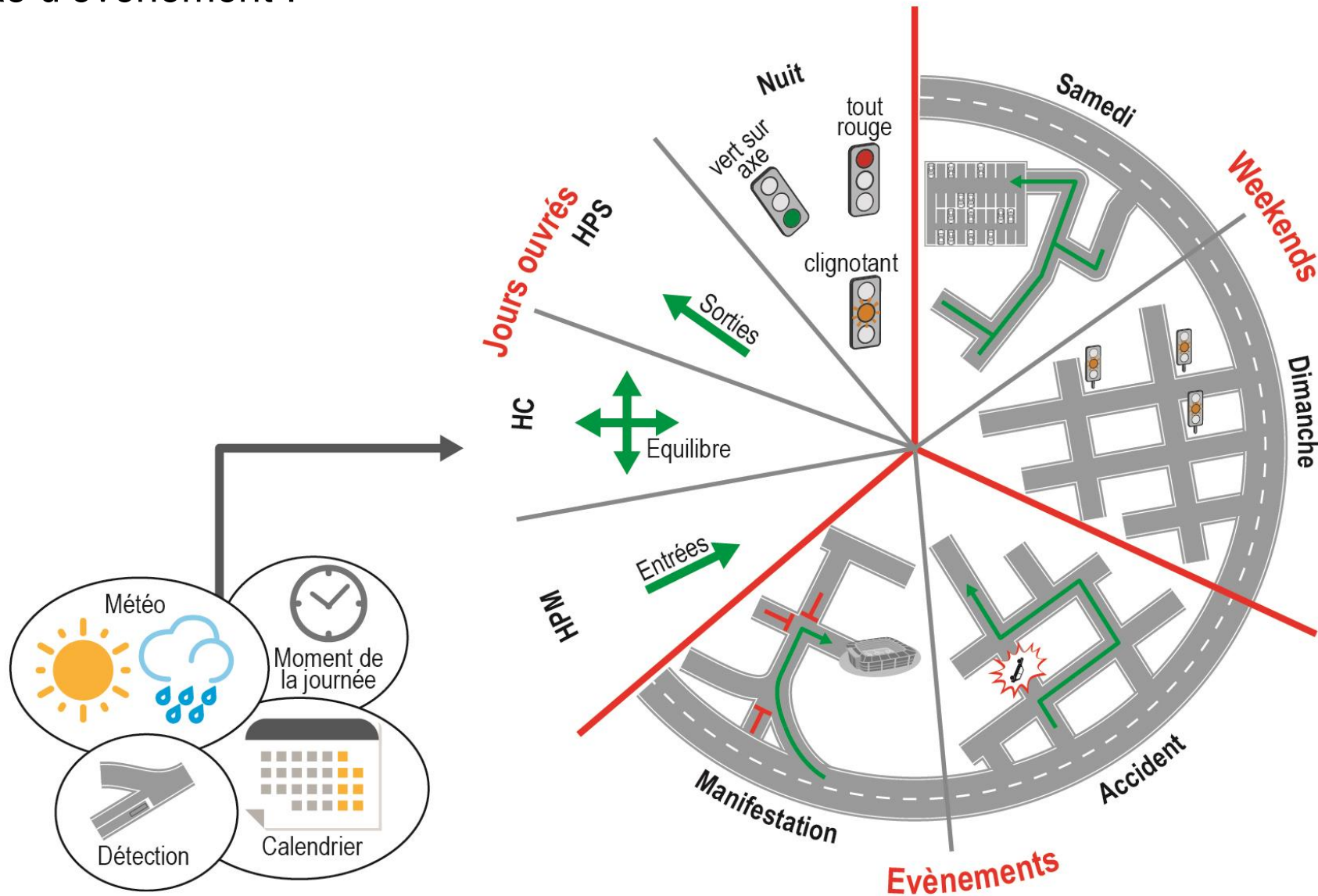
Le plan de feux représente l'ordonnancement et le dosage de chaque mouvement. Il peut être :

- Fixe (plan de feux de secours ou carrefour sans matériel de détection) ;
- Cyclique adaptatif (l'ordre d'ouverture des groupes de feux est toujours le même et la durée de cycle s'adapte à la demande) ;
- Acyclique adaptatif (l'ordre des groupes de feux est déterminé selon le principe «premier arrivé, premier servi» et la durée de cycle s'adapte à la demande) ;
- Cadré (les plages d'ouverture et fermeture des groupes de feux sont prédéfinies, et la durée de cycle est fixe. Ce plan de feux permet une coordination rigide entre carrefours).



# Stratégie de régulation : le plan de feux

Le plan de feux peut s'adapter selon la période de la journée, de la semaine ou en cas d'événement :



# Stratégie de régulation : état sans trafic

- L'état sans trafic (ou image de repos) est défini selon l'objectif (maîtrise des vitesses, premier arrivé premier servi,...) à remplir :

	VERT TOURNANT	CLIGNOTANT*	VERT SUR L'AXE	TOUT ROUGE
<b>AVANTAGES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nécessite peu de matériel de détection</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• diminue les temps d'attente sur l'axe principal</li> <li>• évite les habitudes dangereuses du tout rouge pour les traversées piétonnes simples</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• diminue les temps d'attente sur l'axe principal</li> <li>• évite les habitudes dangereuses du tout rouge pour les traversées piétonnes simples</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• minimise les temps d'attente pour l'ensemble des usagers</li> <li>• limite le nombre d'arrêts inutiles</li> <li>• maîtrise la vitesse des véhicules</li> </ul>
<b>INCONVENIENTS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• augmente les temps d'attente de tous les mouvements</li> <li>• hache le trafic</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• dangereux</li> <li>• augmente le nombre d'arrêts sur les axes secondaires</li> </ul> <p><small>*Il ne s'agit pas d'une phase de repos mais d'un type de fonctionnement dégradé ou spécifique (nuit)</small></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• incite à des vitesses élevées sur l'axe principal</li> <li>• augmente les temps d'attente sur les axes secondaires</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nécessite un équipement important en matériel de détection</li> <li>• crée des habitudes dangereuses avec des traversées piétonnes simples</li> </ul>

# Stratégie de régulation : **supervision du trafic**

Les informations de terrain (occupation des boucles de détection, plans de feux, vidéosurveillance,...) peuvent être remontées à un poste central de régulation du trafic (PCRT ou poste de supervision). Depuis le PCRT, il est possible de :

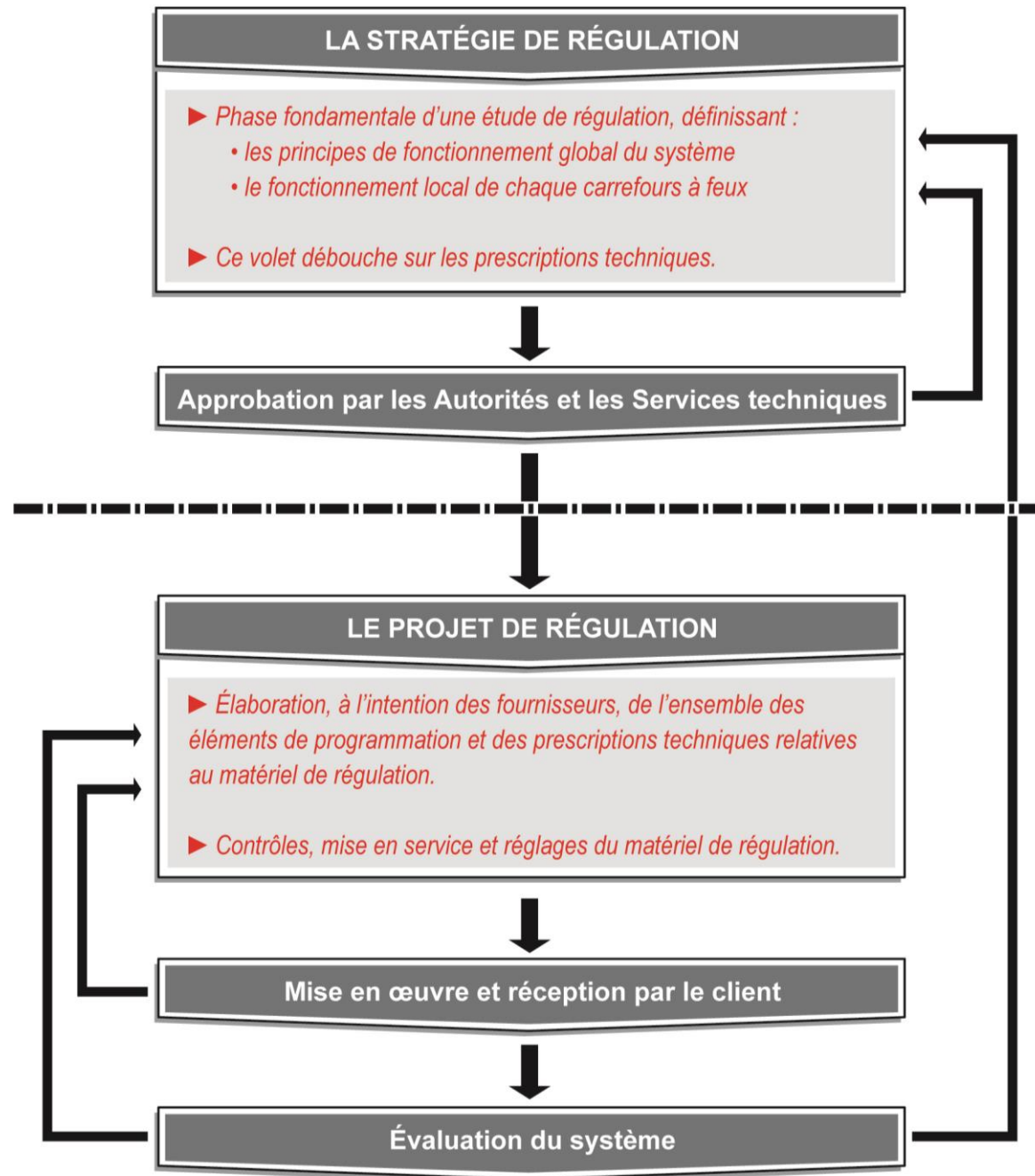
- Visualiser (vidéosurveillance et état de saturation) en continu le trafic sur réseau ;
- Intervenir (changer de plan de feux) en cas d'accident, de congestion ou de manifestation (plans de gestion du trafic) ;
- Informer les usagers de la route en cas d'accident, de congestion ou de manifestation, (via une application, les panneaux à message variable ou la radio) ;



- Gérer à distance les interfaces complexes (tunnel, passage à niveau,...) ;
- Intervenir rapidement en cas de détection d'une panne matérielle sur le terrain ;
- Gérer dynamiquement le stationnement,...

# Capacité utilisée

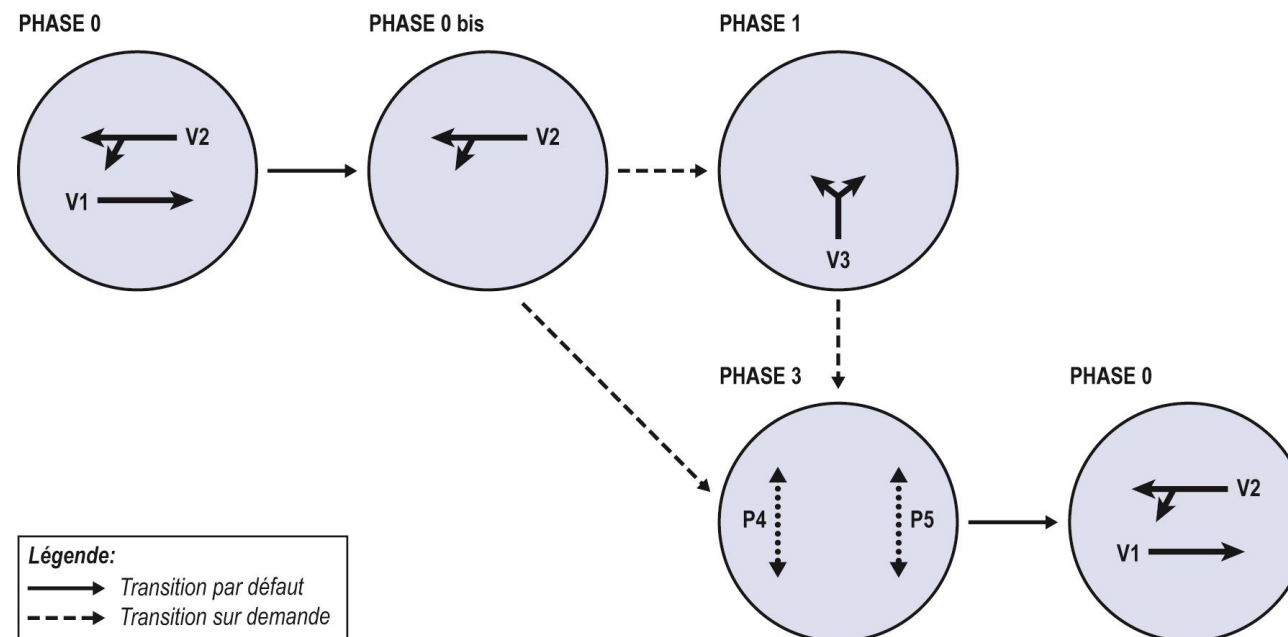
# La stratégie



# Capacité utilisée : notions de base

## Notions de base

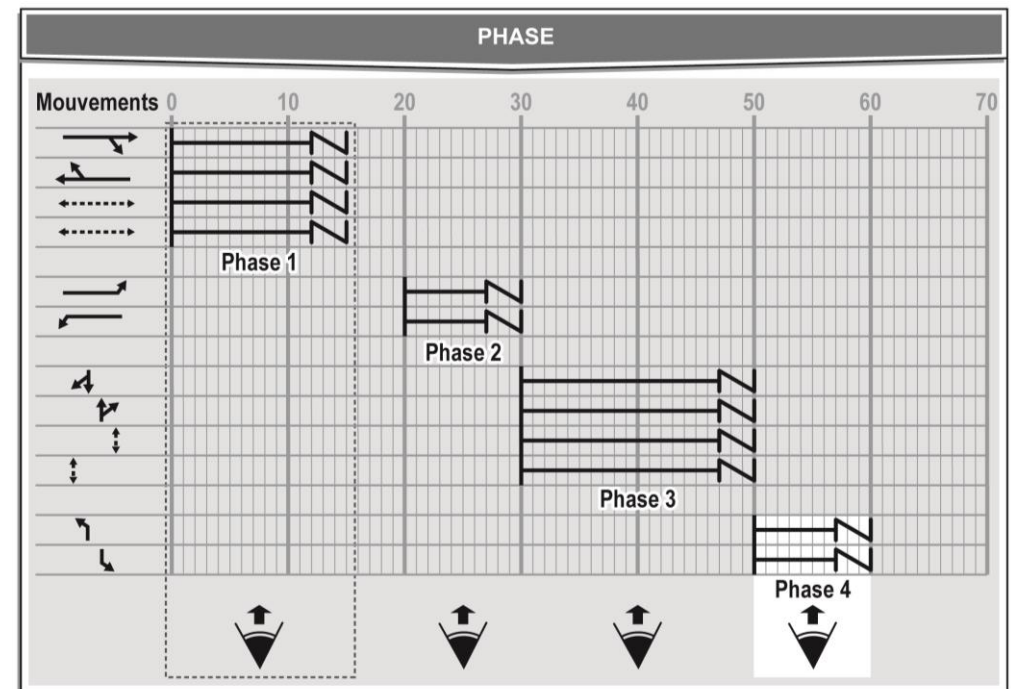
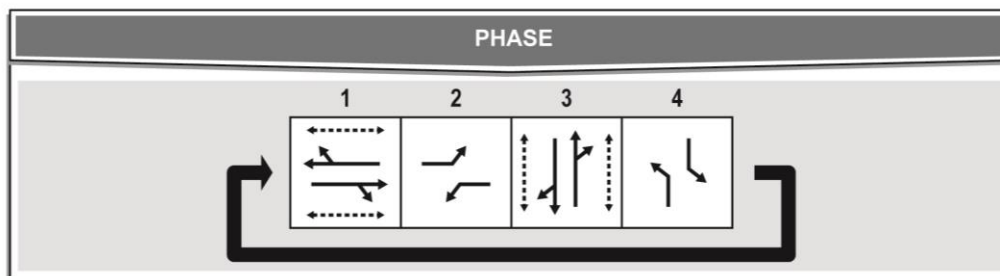
- Cycle
- Phase : ensemble de mouvements compatibles
- Temps de vert (TV)
- Temps intervert (TIV) ou temps de dégagement
- Temps intervéhiculaire



# Capacité utilisée : **méthodologie (pré-dimensionnement)**

## Méthode des mouvements déterminants


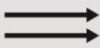
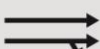

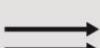

- **Données de base** : plan des voies et charges de trafic [uv/h]
- **Mouvements déterminants** : Ensemble de mouvements incompatibles dont la somme des temps verts nécessaires à écouler la demande est maximale.
- **Méthodologie usuelle** :
  - Définir les mouvements déterminants (analyse selon les axes X et Y);
  - Calculer les temps de vert et temps intervert de chaque mouvement déterminant;
  - Vérifier que tous les autres mouvements (non déterminants) peuvent être donnés... sinon il y a une erreur;
  - Calculer la capacité utilisée (CU) du carrefour à feux : **CU [%] =  $\Sigma TV / (\text{durée du cycle} - \Sigma TIV)$**



# Capacité utilisée : **méthodologie (pré-dimensionnement)**

## Méthode des mouvements déterminants

- Calcul du TV pour les cas «particuliers» :

FACTEUR EN FONCTION DU NOMBRE DE VOIES		
	=	1
	=	2
	≈	1.8
	≈	1.5
	=	3
	≈	2.5

- Interprétation des résultats

- **CU ≤ 100%** : offre ≥ demande, fonctionnement du carrefour à feux assuré

*Les secondes supplémentaires théoriquement disponibles dans ce cas de figure sont soit données en plus à un mouvement (les piétons notamment), soit permettent de diminuer d'autant la durée du cycle.*

- **CU > 100%** : offre < demande, carrefour à feux saturé

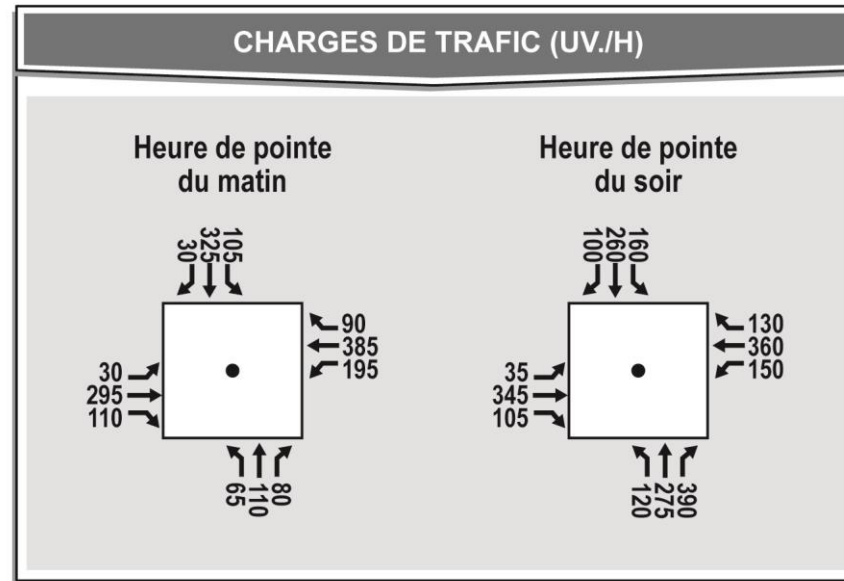
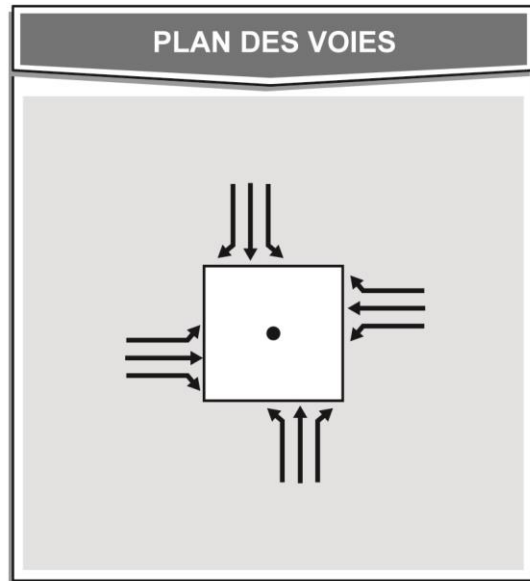
- Mesures d'accompagnement

- Augmenter l'offre : calibrage des voies (cibler les mouvements déterminants et/ou très gourmands en TV)
- Diminuer la demande : reports de trafic

# Capacité utilisée : méthodologie (pré-dimensionnement)

Application (cas théorique)

■ **Données de base :**

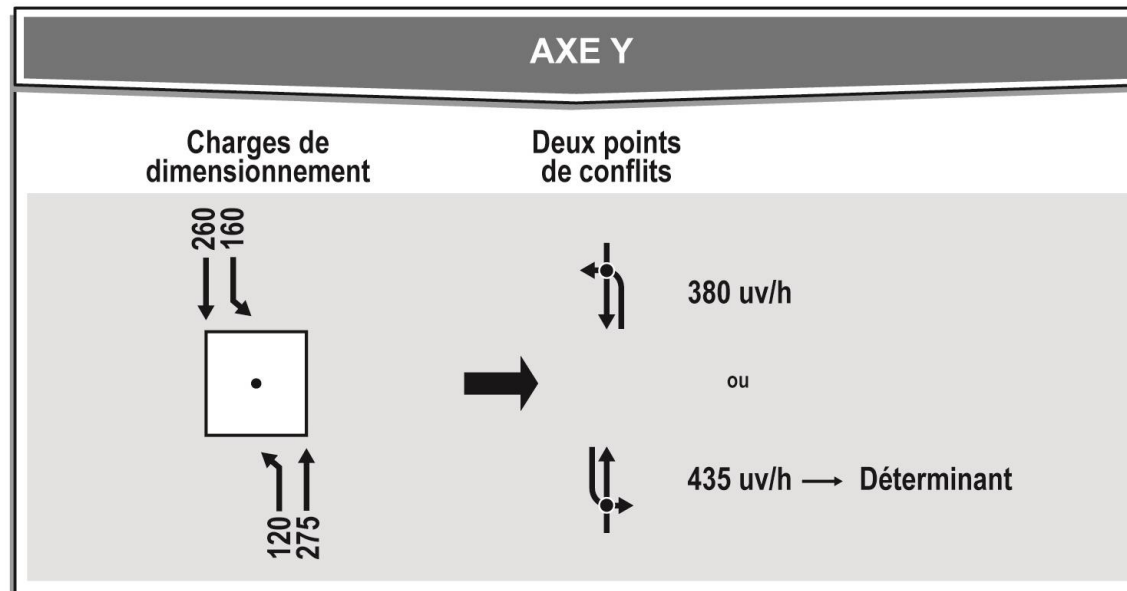
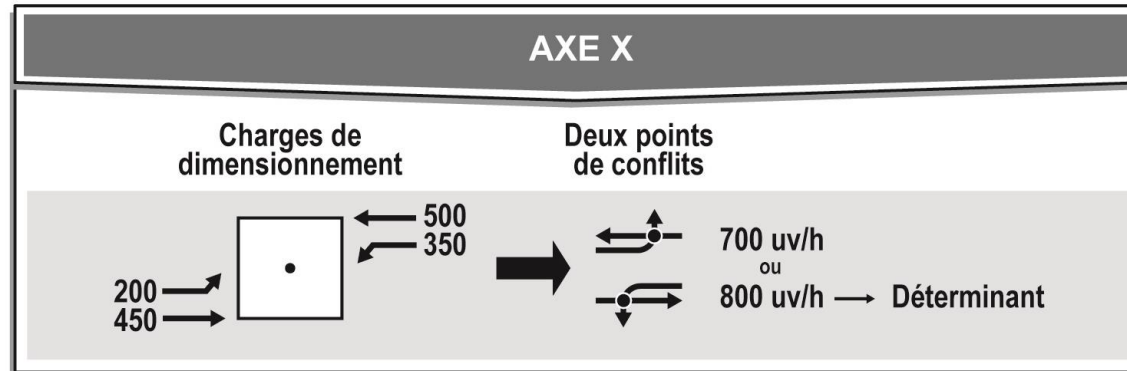


■ **Hypothèses :**

- Calcul à l'heure de pointe du soir (HPS)
- Cycle de 90''
- Temps intervéhiculaire de 2''
- Temps intervert de 5''

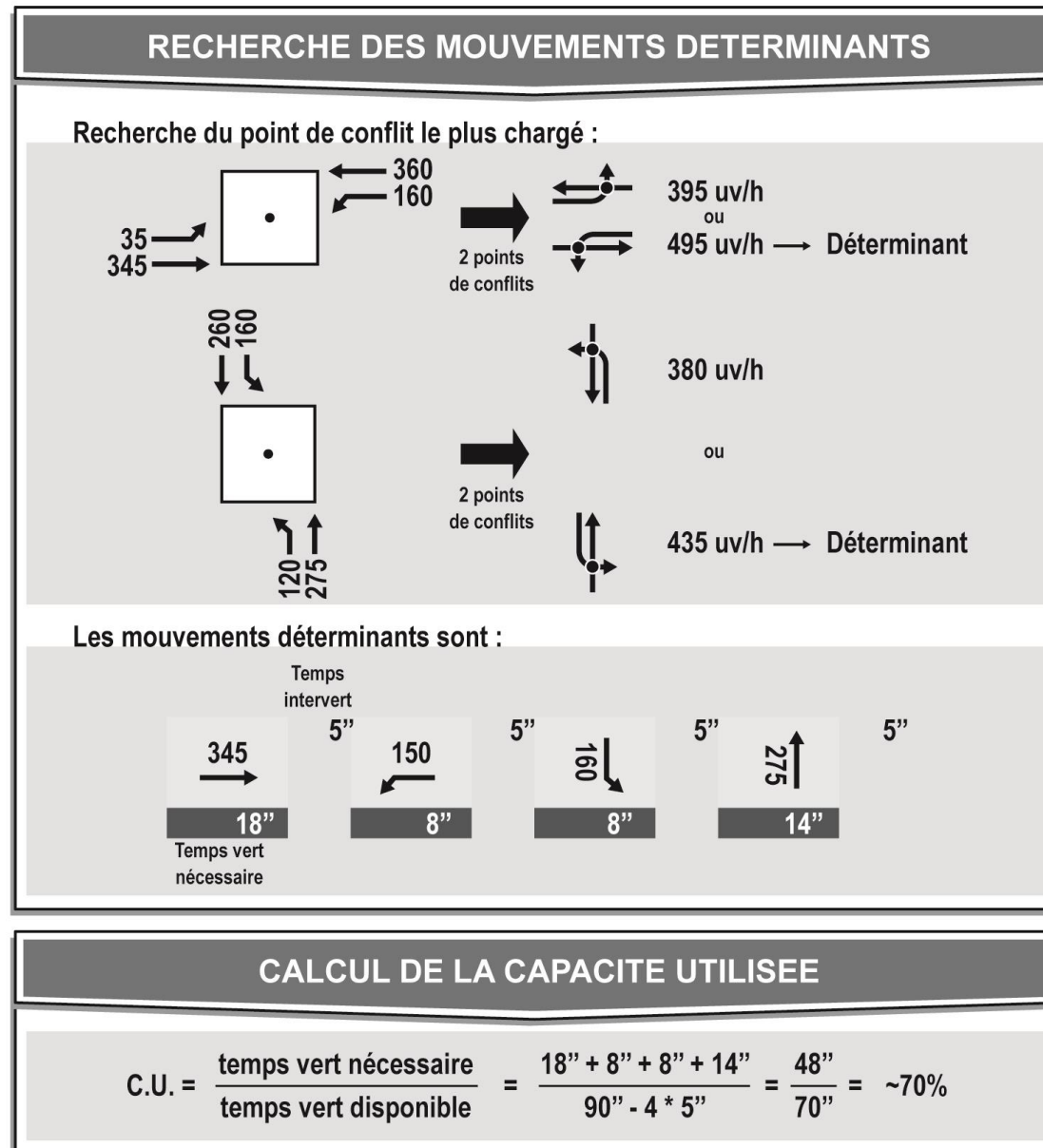
# Capacité utilisée : méthodologie (pré-dimensionnement)

## Application (cas théorique)



# Capacité utilisée : méthodologie (pré-dimensionnement)

## Application (cas théorique)



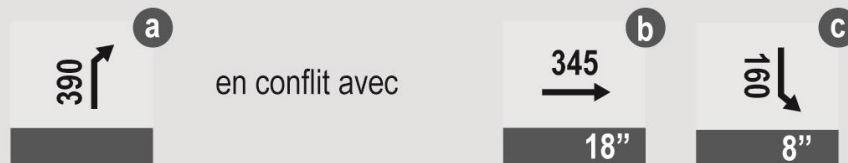
# Capacité utilisée : méthodologie (pré-dimensionnement)

## Application (cas théorique)

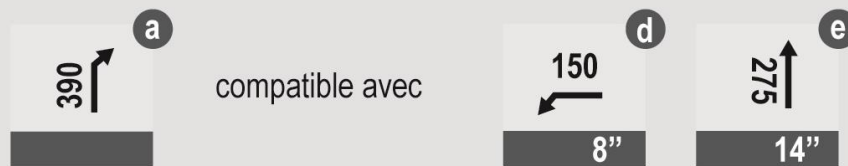
### VERIFICATION

Vérification que les mouvements de tourner-à-droite et les traversées piétonnes puissent s'écouler pendant le temps de vert des mouvements déterminants (en conflit avec mouvements déterminants) :

Par exemple :



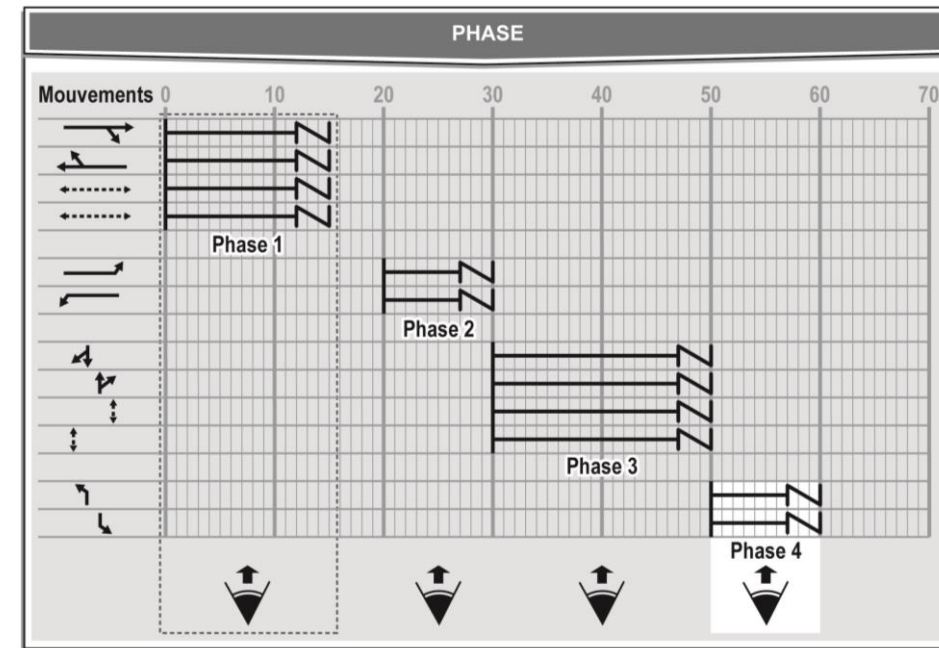
Mais :



Il faut vérifier que le temps vert nécessaire pour écouter **a** est inférieur à **b** + **d** + 5", soit :

$$\frac{390 \text{ uv/h} * 2''/\text{uv}}{40 \text{ cycles/h}} = 20''/\text{cycle} < 8'' + 14'' + 5'' = 27''/\text{cycle}$$

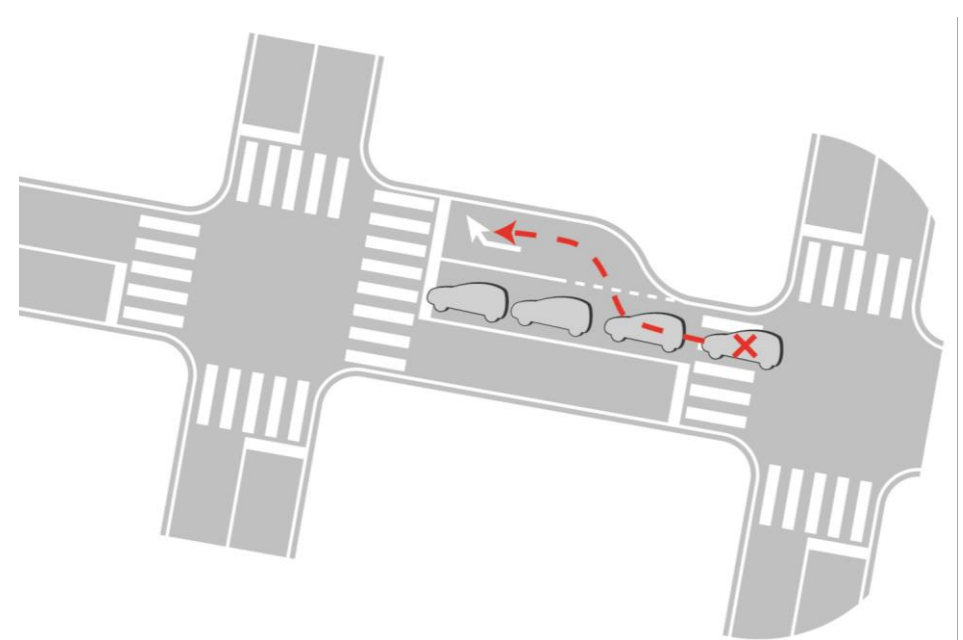
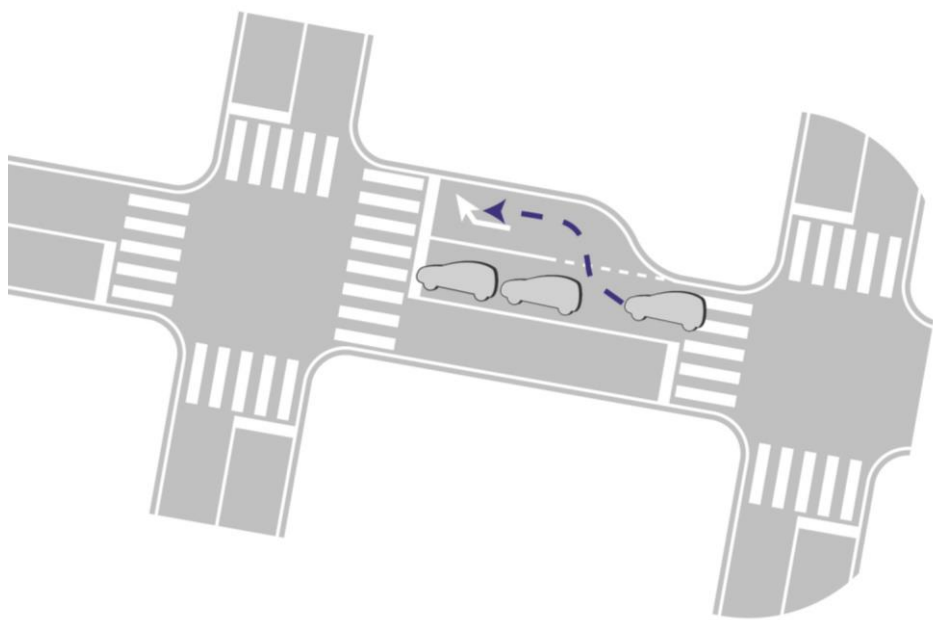
OK



# Capacité utilisée : **méthodologie (pré-dimensionnement)**

## Calcul longueur présélection

- Majoration de 30% pour la prise en compte des pics d'hyperpointe ;
- Exemple chiffré pour le pré-dimensionnement d'une voie de présélection de tourne-à-droite :
  - Demande sur le mouvement : 200 uv/h
  - Temps de vert nécessaire avec majoration d'hyperpointe (cycle de 90") :  $200 * 1.3 * 2 / 40 = 13''$
  - Nombre de véhicule par phase :  $13'' / 2'' \approx 7$  véhicules
  - Longueur minimum de la voie de présélection (véhicules de 6 mètres) :  $6 * 7 = 42$  mètres
- Ils convient ensuite de vérifier que les autres voies de présélection sur la branche ne bloquent pas l'accès à la voie de tourne-à-droite :



# Capacité utilisée : **méthodologie (pré-dimensionnement)**

## Prise en compte des piétons

- Mouvement à part entière à considérer dans la définition des mouvements déterminants; attention, être attentif aux éventuels ilots (mouvement piéton ainsi séparé en deux si la taille de l'îlot le permet).
- Des passages piétons peuvent être donnés en conflit avec des tourne-à-droite si la demande sur le mouvement est faible (maximum 75-100uv/h).
- Le temps de vert et le temps de dégagement sont fonction de la longueur du passage piéton (hypothèse de 1m/s).
- Exemple chiffré pour un passage piéton de 12m (sans îlot) :  $TV = T_{\text{dég}} = 12''$ .
- Si la ligne d'arrêt des voitures est proche (2-4 mètres) du passage pour piéton, le temps de dégagement est une bonne approximation de la durée intervert entre les deux mouvements.

# Capacité utilisée : **méthodologie (pré-dimensionnement)**

## Prise en compte des transports publics

- Si le passage des transports publics est compatible avec les autres mouvements -> calcul de capacité classique du carrefour.
- Si le passage des transports publics n'est pas compatible avec les autres mouvements -> calcul de capacité du carrefour avec et sans transports publics pondéré par la probabilité de passage d'un ou plusieurs convois durant un cycle -> calcul de l'offre réelle du carrefour.
- Exemple chiffré pour une ligne de tram franchissant un carrefour donné (cadence de 5min) :
  - Longueur tram : 25m
  - Longueur carrefour (entre lignes d'arrêt) : 15m
  - Vitesse de franchissement du carrefour : 18km/h
  - Temps de vert minimum nécessaire pour franchir le carrefour :  $8'' = (15+25)/18$
  - A ce temps s'ajoute le temps intervert avec le mouvement suivant :  $\sim 10''$
  - Total horaire de considération du tram dans le carrefour :  $432'' = (8+10)*12*2$ , soit  $\sim 12\%$  du temps !



ÉCOLE POLYTECHNIQUE  
FÉDÉRALE DE LAUSANNE



# Villes et Transports

---

EPFL  
Génie Civil

Responsable du cours:  
Franco Tufo, Ingénieur Transports EPFL  
[franco.tufo@epfl.ch](mailto:franco.tufo@epfl.ch) ■