

# CIV6706A

---

Régulation de la circulation – Feux de circulation (carrefours isolés) – feux adaptatifs



**POLYTECHNIQUE  
MONTRÉAL**

LE GÉNIE  
EN PREMIÈRE CLASSE

École Polytechnique de Montréal

Département des génies civil, géologique et des mines

Automne 2017

# OBJECTIF

Ce mode vise à faire fonctionner le carrefour (ou une ou plusieurs approches ou phases) **en fonction de la demande réelle**.

- On doit noter que ces stratégies sont empiriques et ne garantissent pas une minimisation des retards aux carrefours. Toutefois, elles permettent de produire des fonctionnements satisfaisants.
- Le déroulement du cycle est modifié selon la demande en faisant varier la durée ou la séquence des phases (p.ex. escamotage d'une phase pour laquelle il n'y a aucune demande).

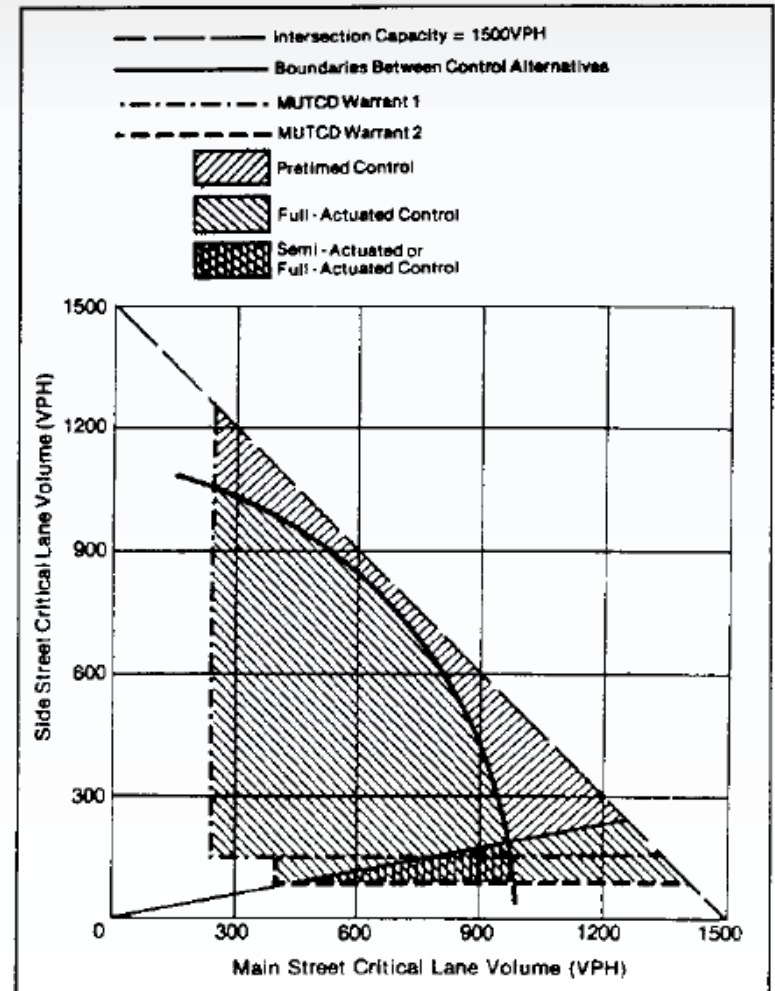
# JUSTIFICATION

Il y a peut de règles *fixes* qui permettent de choisir facilement entre un feu adaptatif et un feu à temps fixe.

- Souvent, il s'agit d'actions correctives

Consultez :

<http://mutcd.fhwa.dot.gov/html/2003r1/part4/part4c.htm>



**FIGURE 23-5 Determination of type of control: one recommendation.**

SOURCE: Tarnoff and Parsonson, "Selecting Traffic Signal Control at Individual Intersections," *NCHRP Report 233*, Transportation Research Board, Washington, DC, June, 1981.

## Tome V:

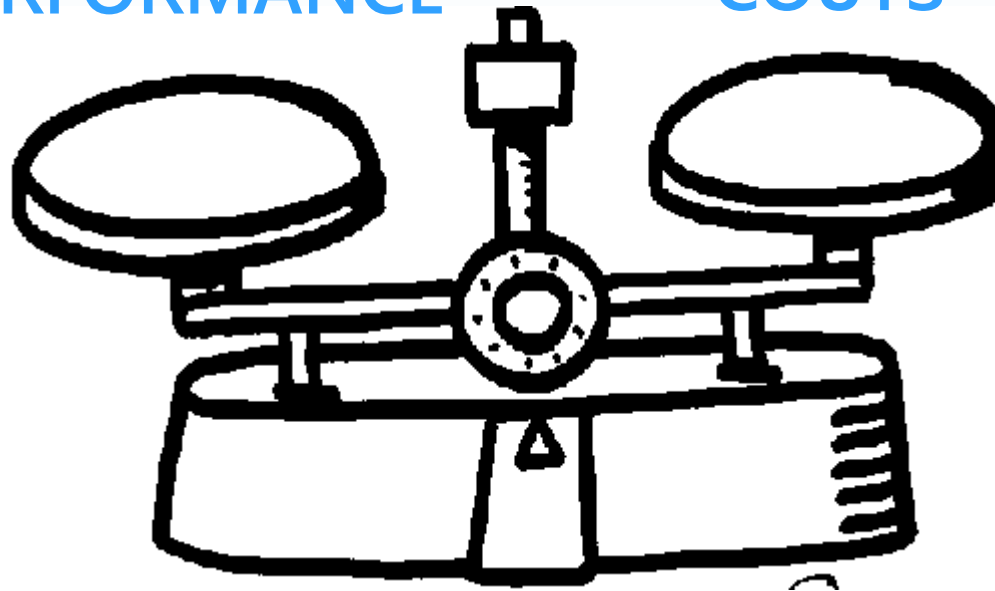
- *« mode à temps fixe : lorsqu'il y a très peu de variations des débits horaires dans les routes principales et secondaires, et que les variations sont constantes et prévisibles »*
- *« mode semi-adaptatif : lorsque la demande est forte et constante dans la route principale et que le débit dans la route secondaire est variable »*
- *« mode adaptatif : lorsque les débits de circulation sont variables à toutes les approches »*

En général:

- Les couts d'implémentation sont souvent non-négligables, et les bénéfices parfois petit en comparaison.
- De plus, ces bénéfices n'ont aucun impacte sur la sécurité.

PERFORMANCE

COÛTS



# MODES DE DÉTECTION

Détection en **mode pointe/passage** (*small area, passage detection*) :

- Il s'agit surtout des boucles de dimensions 1.8 x 1.8 m (6x6 pieds). Les boucles inductives peuvent être utilisées pour plusieurs types de détection, tandis que les magnétomètres, par exemple, ne fonctionnent qu'en mode pointe.
- Consiste en fait à compter les véhicules et à indiquer qu'un véhicule demande le passage.
- Souvent ces détecteurs ne retiennent pas le nombre de véhicules qui sont servis par le carrefour. Il est alors difficile d'estimer la taille d'une file d'attente.

## Détection en **mode présence** (*large area, presence*) :

- Le détecteur enregistre la présence du véhicule aussi longtemps que celui-ci occupe l'aire de détection.
- Le contrôleur prolonge continuellement le temps vert tant que la boucle est occupée.
- En mode présence on peut utiliser une longue boucle (6 à 24 m par 1.8 m) ou encore plusieurs petites boucles.
- Une série de courtes boucles fonctionnent comme une longue boucle, pourvu que la distance entre les boucles soient inférieures à une longueur de véhicule.
- Boucles virtuelles (vidéo)



Detector	Measuring Capability				Method of Operation	Advantages	Disadvantages
	Count	Presence	Speed	Occupancy			
Loop	Yes <sup>1</sup>	Yes	Yes <sup>2</sup>	Yes	Vehicle passage cuts magnetic lines of flux generated around the loop. Resulting inductance change is detected and transmitted to an amplifying circuit.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Size and shape of detection zone can easily be set by size of loop</li> <li>• Excellent presence detector</li> <li>• Capable of measuring all traffic parameters</li> <li>• Relatively easy to install</li> <li>• Capable of detecting small vehicles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requires sawcutting of pavement</li> <li>• Installation requires closing of traffic lane or lanes for short periods of time</li> </ul>
	<sup>1</sup> Short loops may be used to count. Long loops (e.g., 20 ft (6.1 m)) do not count accurately, due to multiple occupancy on the loop. <sup>2</sup> See section 3.2 for speed determination techniques						
Magnetometer	Yes	Yes	No	Yes	Measures change in earth's magnetic field caused by vehicle; makes use of small cylindrical sensing head placed below pavement surface.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relatively easy to install</li> <li>• Capable of measuring count or presence</li> <li>• Reliable</li> <li>• Not affected by DC lines in vicinity</li> <li>• Under roadway location and not subject to damage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requires closing of traffic lane for installation</li> <li>• May double-count some vehicles due to magnetic material distribution</li> <li>• Poorly defined detection zone</li> </ul>
Magnetic, non-directional	Yes	No	No	No	Vehicle passage over wire coil embedded in roadway disturbs earth's lines of flux passing through coil and induces a voltage in the coil; voltage is amplified by high-gain amplifier to operate detector relay.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Under roadway location and not subject to damage</li> <li>• Relative ease of replacement</li> <li>• Low maintenance</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Non-directional</li> <li>• Difficult to set detection zone</li> <li>• Subject to false calls when located near large DC lines</li> <li>• Cannot detect presence</li> <li>• Necessitates closing of traffic lanes for installation</li> </ul>
Magnetic, directional (two-coil version)	Yes	No	No	No	(Same method of operation as non-directional magnetic detector.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Directional</li> <li>• Not affected by DC lines in vicinity</li> <li>• Low maintenance</li> <li>• Under roadway location and not subject to damage</li> <li>• Relative ease of replacement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requires closing of traffic lane for installation</li> <li>• More expensive than non-directional magnetic detector</li> <li>• Cannot detect presence</li> </ul>

Detector	Measuring Capability				Method of Operation	Advantages	Disadvantages
	Count	Presence	Speed	Occupancy			
Pressure	Yes	No	No	No	Weight of vehicle closes metallic contacts to complete a circuit.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Well-defined detection zone</li> <li>Rugged construction</li> <li>Reliable</li> <li>Capable of detecting all moving vehicles, regardless of speed</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Counts axles, which yields poor count accuracy</li> <li>Does not measure presence</li> <li>Installation may disrupt traffic for excessive period of time</li> <li>Major resurfacing requires the use of a frame extension</li> </ul>
Radar/Microwave	Yes	Dependent on design of specific unit	Yes	Dependent on design of specific unit	Passage of vehicle reflects microwaves back to antenna. May use Doppler principle as well as other techniques.	<ul style="list-style-type: none"> <li>May not necessitate closing of traffic lanes to install</li> <li>Non-pavement or roadway invasive</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Requires FCC license to operate</li> <li>Antenna alignment required</li> </ul>
Sonic, active	Yes	Yes	Poor accuracy	Yes	Emits bursts of ultrasonic energy at a rate of approximately 12 to 20 times per second; detects reflected ultrasonic pulse.	<ul style="list-style-type: none"> <li>May not necessitate closing of traffic lanes to install</li> <li>Can be used at locations with unstable pavement</li> <li>Can classify vehicle by height</li> <li>Non-pavement or roadway invasive</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Low Pulse Repetition Frequency (PRF) limits accuracy of occupancy and speed</li> <li>May be difficult to get complete lane coverage and avoid adjacent lane detection</li> <li>May be sensitive to temperature variations</li> <li>Cannot be used in certain high wall locations</li> </ul>
Video image processing	Yes	Yes	Yes	Yes	TV cameras transmit their images to processor; processor detects vehicles crossing line drawn across lane by analyzing image pixels.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Provides wide-area detection</li> <li>Can provide traffic information beyond capability of spot detectors</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>May be relatively expensive for simple applications</li> <li>Subject to phenomenological error sources such as shadows, occlusion and background lighting</li> </ul>

## Quelques définitions:

- le **vert minimum**  $G_{min}$  : temps de vert minimum accordé à une phase quel que soit la circulation
  - (ne pas confondre avec le  $G_{min}$  nécessaire au dégagement des piétons et des véhicules)
- le **vert maximum**  $G_{max}$  : durée du vert qui ne pourra en aucun cas être dépassée, quelle que soit la demande pour la phase considérée (*failsafe*)
- la **durée de prolongation**  $\Delta t$  ou *PT* (*unit extension, vehicle extension, passage time*) : durée dont le vert sera prolongée pour le passage d'un véhicule.
- **paramètres de rappel** (*recall settings*) : état par défaut de la signalisation (lorsque la demande est nulle, mise à part le vert maximum).
  - Cela permet d'anticiper le vert sur l'approche pour laquelle les arrivées sont les plus probables

## Quelques définitions:

- le **temps d'attente maximum**  $t_{max\_wait_i}$  : le temps d'attente maximum admissible d'un véhicule détecté sur la phase antagoniste de la phase  $i$  (indication rouge pour celui si)
- le **temps de détection**  $t_{det_i}$  : temps écoulé depuis la fin du rouge pour la phase  $i$  et la première détection à l'approche du GDM servi par la phase  $i$ .  $t_{det_i} = 0$  si il y a sursaturation.
- l'**écart intervéhiculaire**  $h$ , selon le comportement des usagers et modélisé avec la théorie de la circulation.
- l'**intervalle entre pelotons**  $I_{follow}$  : intervalle (écart) maximum devant séparer deux véhicules pour que le deuxième soit pris en compte avec une prolongation de vert.

# STRATÉGIES DE COMMANDE

Une **stratégie de commande** déploie une méthodologie ou un algorithme qui manipule la durée du cycle  $C$  et la répartition des temps de vert  $g_i$  et  $G_i$  d'un plan de feux fixe de base selon un certain objectif.

Tout les autres paramètres (temps de jaune, temps de rouge intégrale, ISPA, débit de saturation, etc.) sont déterminés et programmés de la même manière que les feux fixes.

# STRATÉGIE SEMI-ADAPTATIF

Le détecteur est placé sur la phase  $i + 1$  ayant des arrivées non-uniformes (p.ex. route secondaire ou virages à gauche irrégulières) :

- La durée de  $G_i$  (du mouvement principal) est manipulée.
- Deux modes de fonctionnement :
  - Temps de détection après  $G_{min_i}$  plus une durée de prolongation (dégagement)
    - $G_{min_i} \leq G_i = t_{det_i} + \Delta t q_{det} \leq G_{max_i}$
  - Temps d'attente maximum admissible pour le véhicule sur la phase antagoniste
    - $G_{min_i} \leq G_i = t_{det_i} + t_{max\_wait_i} \leq G_{max_i}$

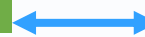
$$G_{min_i} \leq G_i = t_{det_i} + \Delta t q_{det} \leq G_{max_i}$$

Phase/GDM  $i$

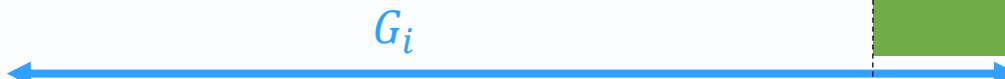
$G_{min_i}$



$\Delta t$



$G_i$



$G_{max_i}$



$t_{det_i}$

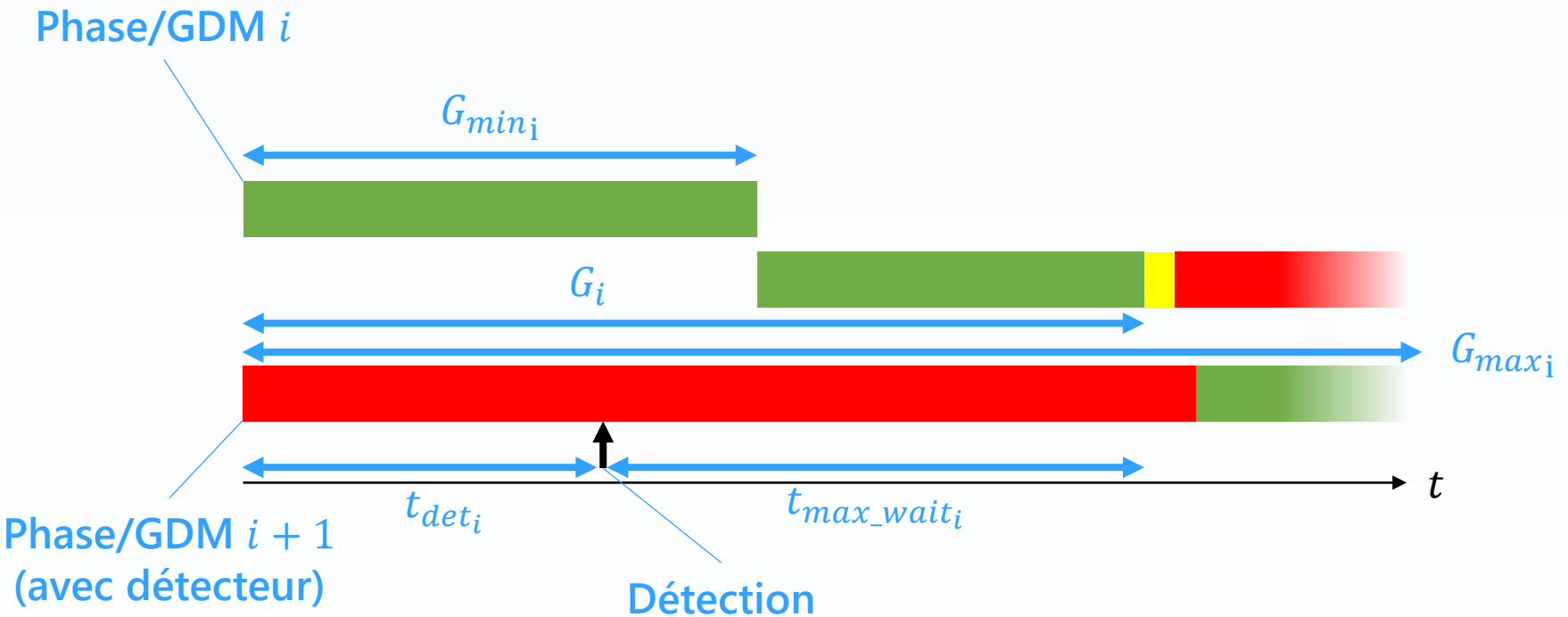


$t$

Phase/GDM  $i + 1$   
(avec détecteur)

Détection  $q_{det} = 1$

$$G_{min_i} \leq G_i = t_{det_i} + t_{max\_wait_i} \leq G_{max_i}$$



## Autres particularités :

- Dans certains cas, on peut escamoter les phases de virages protégés qui ne reçoivent pas de demande

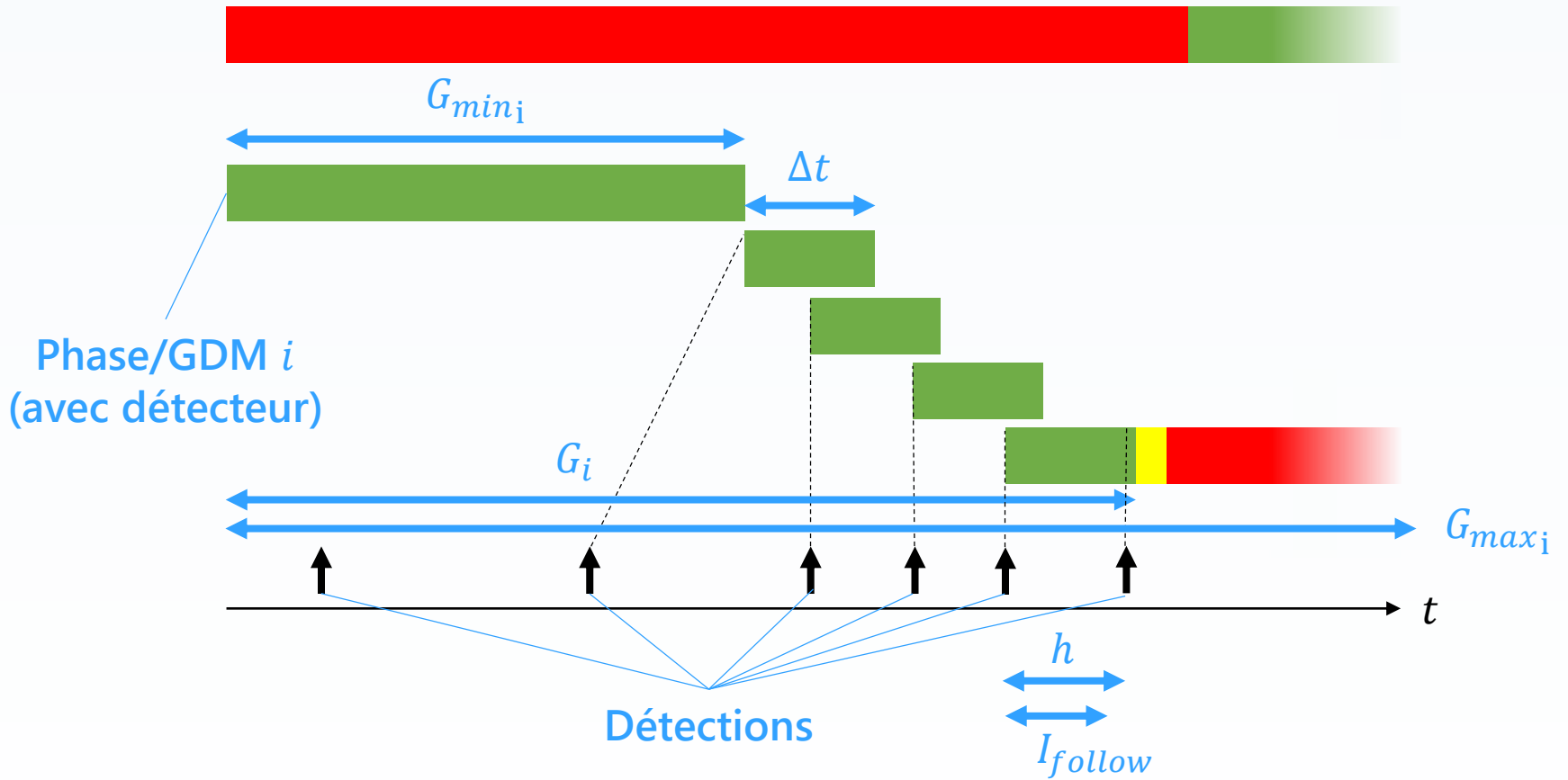
$$t_{det_{i+1}} > C$$

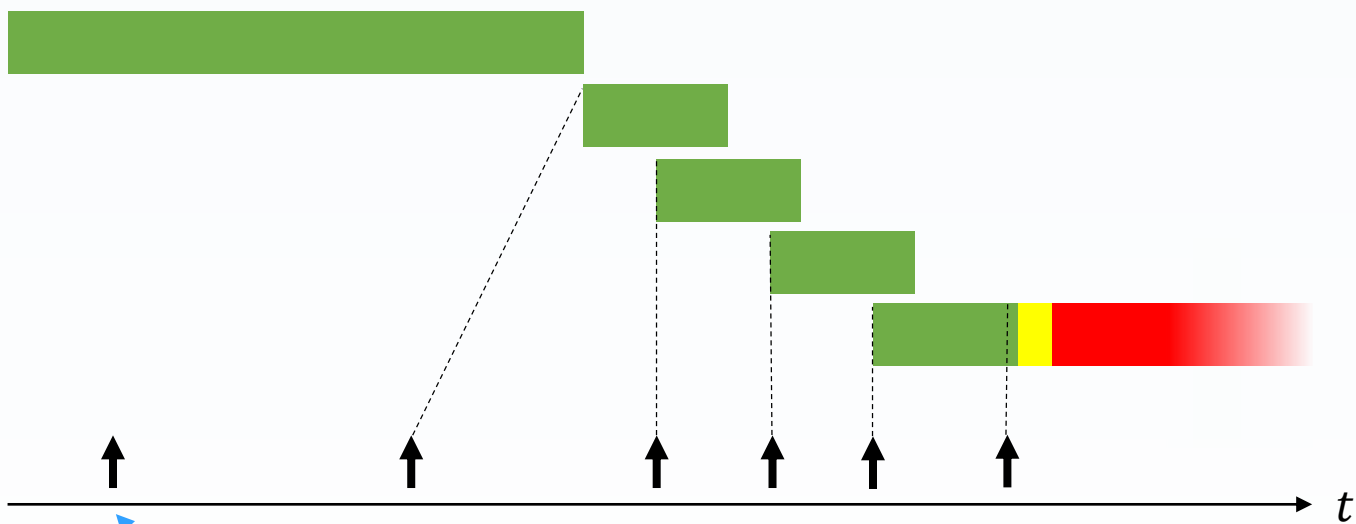
- Cependant, il n'est généralement pas souhaitable d'escamoter une approche complètement car ceci peut piéger les usagers qui ne sont pas détectés (piétons, faute de fonctionnement du détecteur, etc.)
  - Envisageable dans les cas où le risque est faible et/ou avec alternance d'escamotage sur les cycles.

# COMMANDE À INTERVALLE VÉHICULE

Cette stratégie vise à répartir le temps perdu pour un **feu adaptatif** sur les intervalles véhiculaires les plus longues.

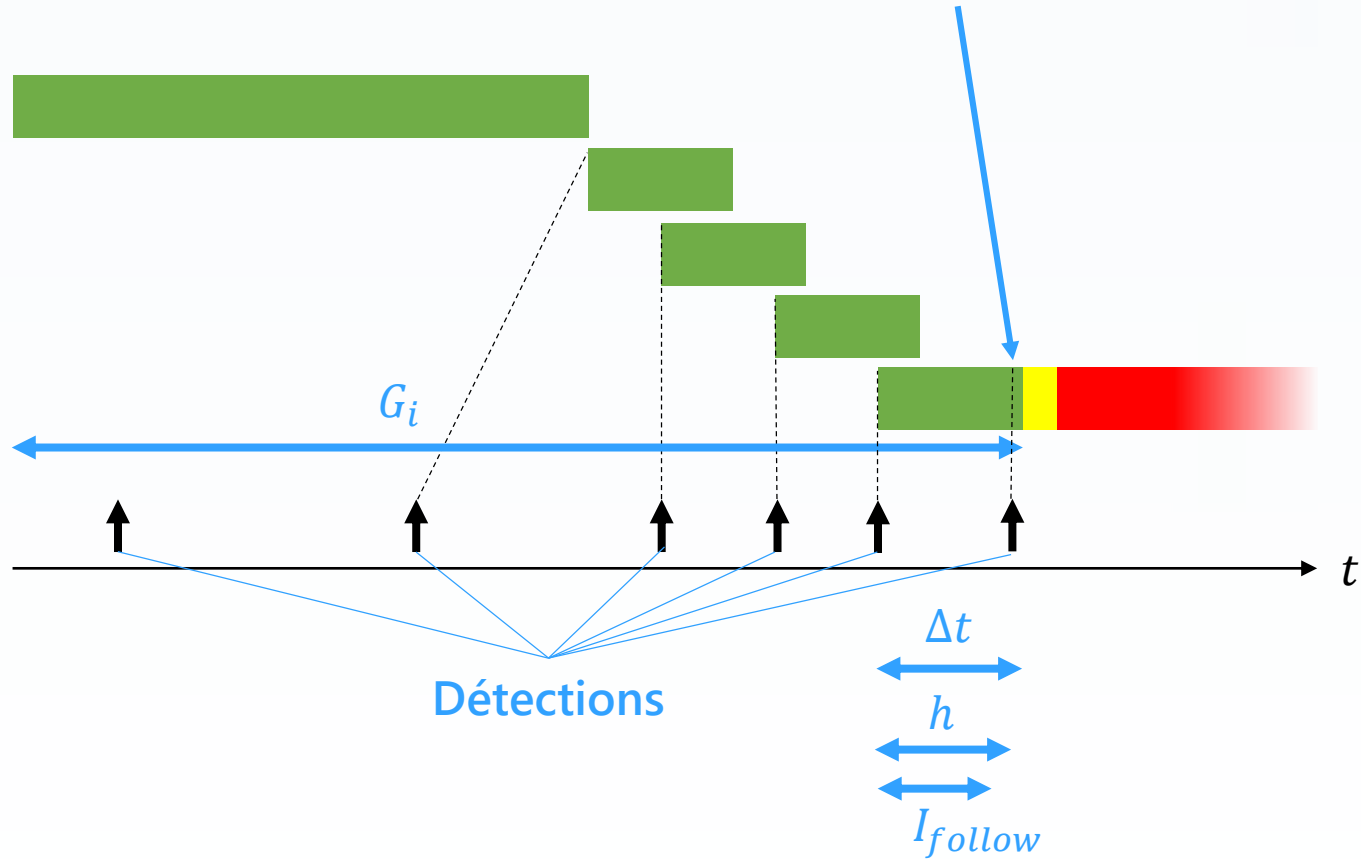
- Typiquement advenant des pelotons formés des carrefours situés en amont (LeCocq, 1971)
- On prolonge le vert minimum (servant à dégager la file d'attente) en fonction des nouvelles arrivées
- La prolongation d'une phase desservant un GDM se fait à partir des détections sur le même GDM

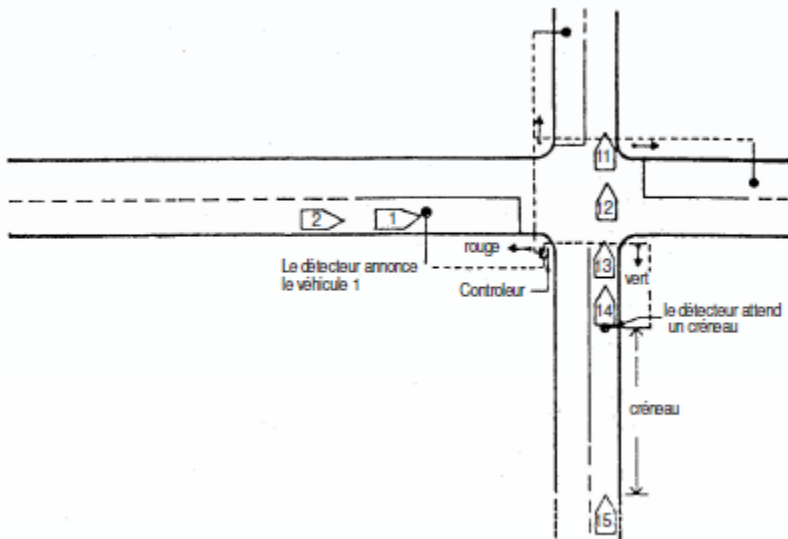
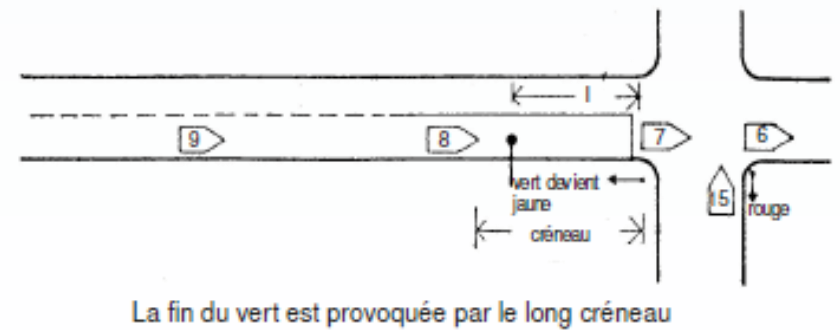
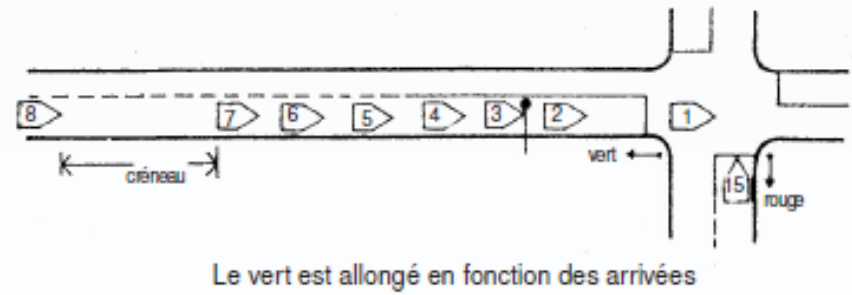
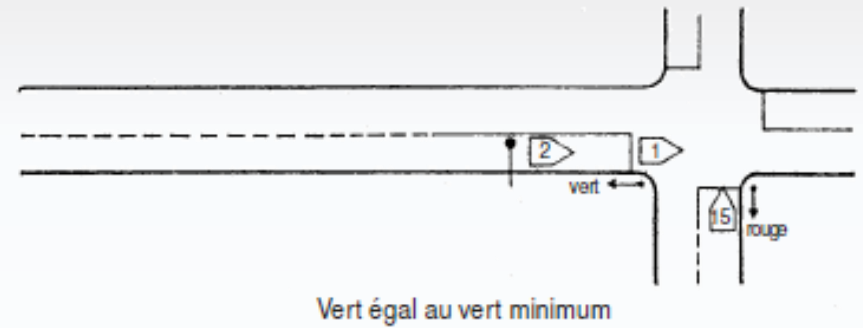
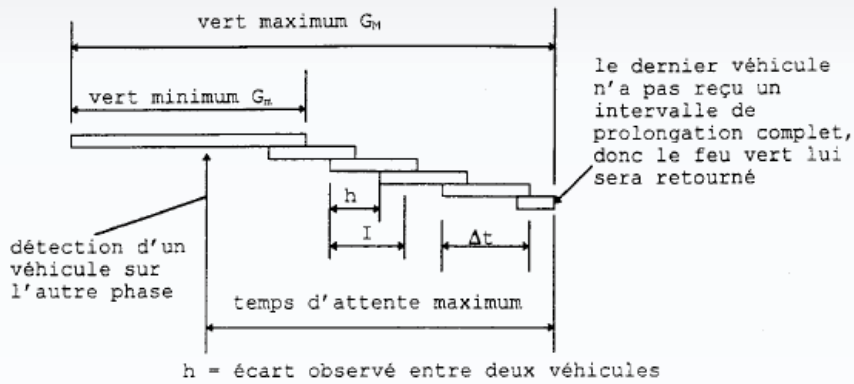


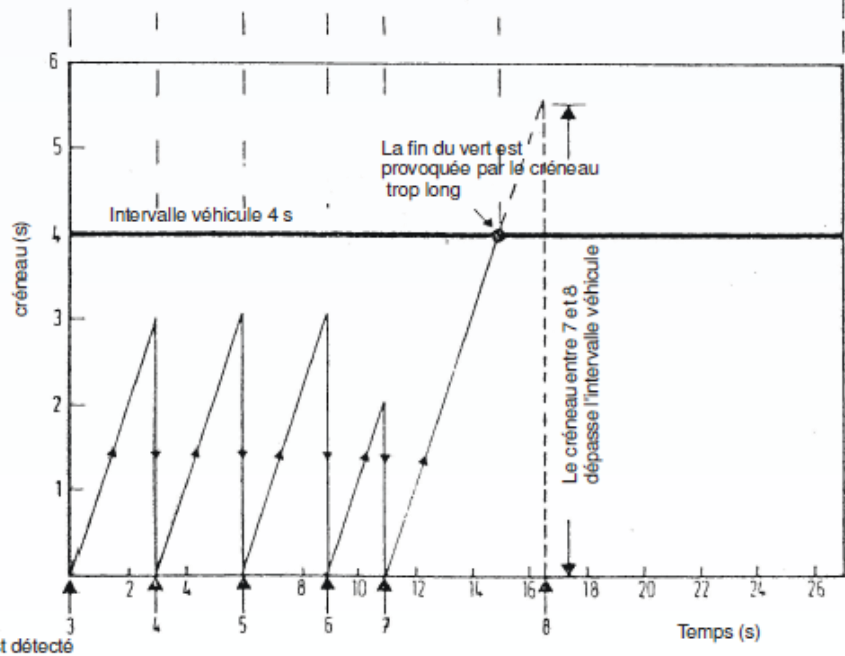
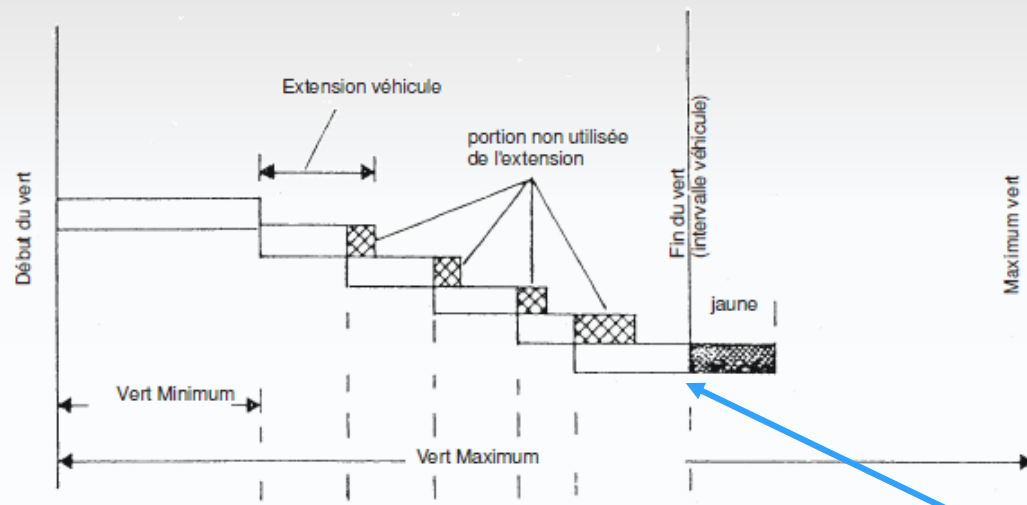


On ignore cette détection: au moins une autre détection c'est faite et on peut supposer que le premier véhicule a pu circuler.

Même si l'écart entre détections  $h$  était inférieure à  $\Delta t$ , elle était supérieure à  $I_{follow}$ . Donc il n'y a pas de prolongement.







Aucune détection avant la fin du temps d'extension:

$$h_{j+1} > I_{follow}, \Delta t_j$$

## Paramètres:

- $G_{max_i}$  en fonction de la demande de pointe et autres défauts (p.ex.:  $C < 120s$ )
- $G_{min_i}$  en fonction du nombre de véhicules en attente moyen et le temps de dégagement de ces files d'attente, et le temps de traversée des piétons
- $\Delta t$  en fonction de la vitesse et la longueur des véhicules
- $I_{follow}$  en fonction de la durée déjà accordée au vert

Il y a une relation entre la position du détecteur d'une part et la durée de prolongation et l'intervalle initial d'autre part.

- On doit donc tenir compte de cette interaction lors du choix des paramètres.

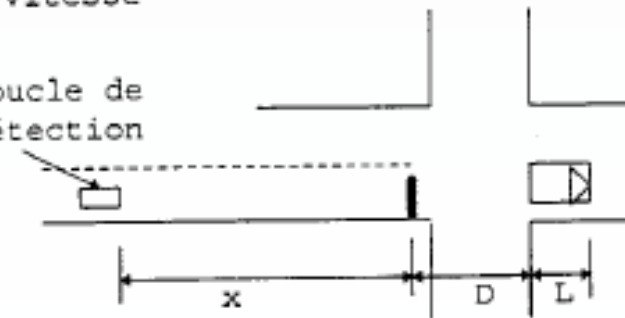
## L'intervalle de prolongation $\Delta t$ :

- Lorsqu'un véhicule est détecté, on veut qu'il puisse passer à travers le carrefour au feu vert sans être arrêté à la ligne d'arrêt.
- $\Delta t = \frac{x}{v}$  Dans ce cas le dégagement du carrefour se fait pendant le temps de jaune
- $\Delta t = \frac{(x+D+L)}{v}$  Dans ce cas le dégagement se fait juste avant le feu jaune (p.ex. norme MTQ).

$$\Delta t = x / v$$

v = vitesse

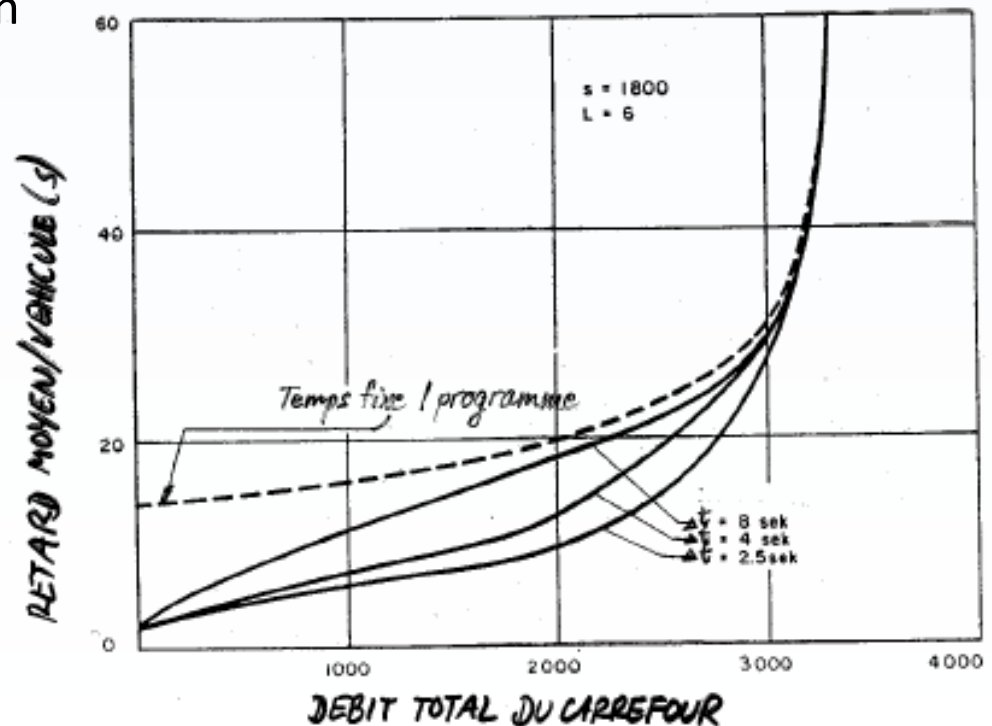
boucle de  
détection



- \* Voir note concernant relation entre  $I_{follow}$  et  $\Delta t$  plus bas.

## L'intervalle de prolongation $\Delta t$ :

- Un temps de  $\Delta t$  trop long cause trop de retards. À la limite, ce type de régulation s'approche au temps fixe car l'extension se fera la majorité du temps.
- Le temps de prolongation devrait être aussi court que possible pour un fonctionnement efficace du carrefour.
  - Un temps de prolongation trop court est trop peu enclenché.
- FHWA recommande une prolongation de 3 secondes si les vitesses d'approche sont 50 km/h et de 3.5 secondes pour des vitesses plus élevées.



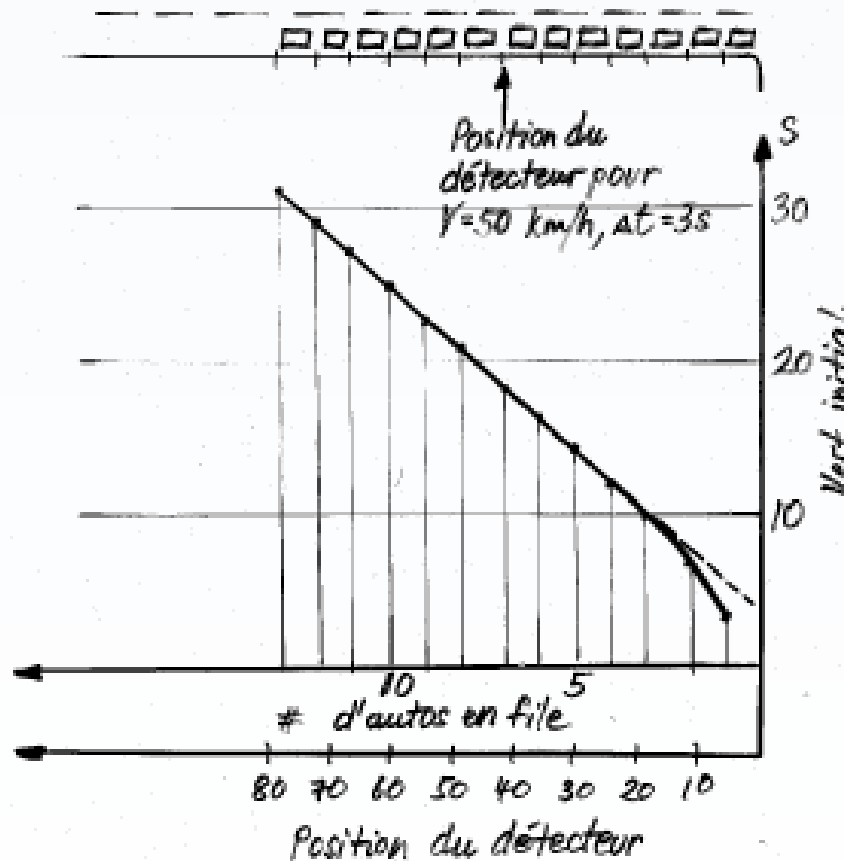
L'**intervalle vert initial**  $G_{min_i}$  est déterminé :

- Soit par le temps nécessaire à l'écoulement des véhicules dans la file (qui s'est accumulée pendant le temps de rouge) entre la ligne d'arrêt et la boucle de détection
  - Si on ne fait pas de relevé sur le nombre de véhicules dans la file, on le détermine comme suit:  $n = \frac{x}{L}$  où :  $n$  = nombre probable de véhicules dans la file,  $x$  = distance entre la boucle et la ligne d'arrêt,  $L$  = espacement entre les véhicules (par défaut, 8 m en milieu rural et 6 m en milieu urbain)
- On calcule le temps initial  $G_{min_i}$  selon les observations de Greenshields :

$$G_{min\_veh_i} = 3.7 + 2.1n \quad \text{if } n > 5$$

$$G_{min\_veh_i} = 4 + 2n \quad \text{else}$$

L'intervalle vert initial  $G_{min_i}$  est déterminé :



Véhicules en file	t dém.
1	3.8
2	6.9
3	9.6
4	12
5	14.2
6	16.3
7	18.4
8	20.5
9	22.6
10	24.7
11	26.8
12	28.9
13	31

Selon Greenshields

L'**intervalle vert initial**  $G_{min_i}$  est déterminé :

- Soit par le temps nécessaire à la traversée sécuritaire des véhicules et des piétons (sinon prévoir une phase spéciale avec bouton pour piétons)
- (voir le chapitre 3 pour la procédure de calcul)

Alors, on retiens le vert de conception le plus important :

$$G_{min_i} = \max(G_{min\_veh_i}, G_{min\_ped_i})$$

## Particularités de $G_{min\_veh_i}$ :

- Le vert minimum dépend aussi du type de détecteur et du contrôleur que l'on utilise :
  - Dans le cas où on utilise un **détecteur en mode pointe** le plus simple, le contrôleur ne retient pas le nombre de véhicules qui se sont accumulés réellement pendant le rouge et le jaune. On estime donc ce nombre et  $G_{min\_veh_i}$  dépend alors de la distance entre le détecteur et la ligne d'arrêt.
  - Si on utilise un **détecteur en mode pointe** et le contrôleur est en mesure de **retenir l'information sur le nombre de véhicules** alors  $G_{min\_veh_i}$  est variable et mieux adapté à la demande.
  - Si on utilise des **détecteurs en mode présence** ou une série de boucles courtes qui finissent à la ligne d'arrêt, on met l'intervalle initial  $G_{min\_veh_i}$  aussi court que zéro.
  - Si la boucle de **présence finit à une certaine distance** de ligne d'arrêt, alors on utilise cette distance pour calculer le temps de prolongation similaire que dans le cas d'un détecteur en mode pointe.

## Distance du détecteur $x$ :

$$x = \frac{G_{min\_veh_i} - 4}{12} \text{ (mètres)}$$

- L'intervalle de prolongation doit être assez long pour permettre aux véhicules de passer entre le détecteur et la ligne d'arrêt ce qui équivaut à placer le détecteur pour obtenir un  $\Delta t$  donné.

Vitesse(km/h)	$\Delta t$ (s)= 2.5		$\Delta t$ (s)= 3		$\Delta t$ (s)= 3.5	
	$x = V \cdot \Delta t / 3.6$ (m)	$G_{min} = 4 + 2 \cdot \text{ent}(x/6)$	$x = V \cdot \Delta t / 3.6$ (m)	$G_{min} = 4 + 2 \cdot \text{ent}(x/6)$	$x = V \cdot \Delta t / 3.6$ (m)	$G_{min} = 4 + 2 \cdot \text{ent}(x/6)$
30	21	10	25	12	29	12
40	28	12	33	14	39	16
50	35	14	42	16	49	20
55	38	16	46	18	53	20
60	42	16	50	20	58	22
65	45	18	54	22	63	24
70+	Plusieurs détecteurs ou débit-densité recommandé					
Note: débit-densité peut être considéré à partir de 55 km/h						

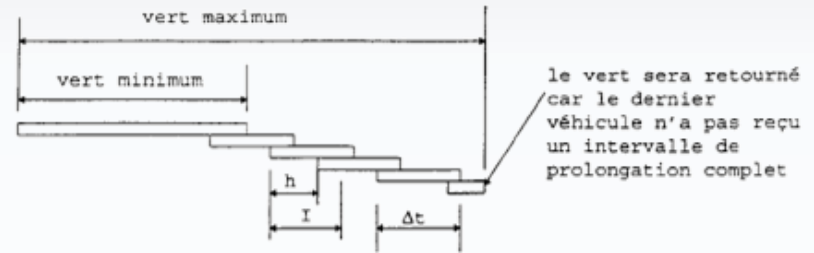
## L'intervalle vert maximum $G_{max_i}$ :

- Plusieurs approches, selon l'application :
  - $G_{max_i} = G_{min_i} + t_{max\_wait_{i+1}}$
  - $G_{max_i} = G + X$  secondes où  $G$  est calculé à partir de la répartition des temps de vert à la méthodologie des plans de feux fixes et  $X$  est une durée arbitraire, souvent d'une durée de 5 à 10 secondes
  - $G_{max_i} = G \times f$  où  $G$  est calculé à partir de la répartition des temps de vert à la méthodologie des plans de feux fixes et  $f$  varie entre 1.25 et 1.5 (méthode McShane)
  - $G_{max_i} \approx 1.5n \times \Delta t$  où  $n$  = nombre moyen de véhicules par cycle

N.B. : pour le calcul des plans de feux fixes, on utilise un degré de saturation  $x \geq 0.95$

## L'intervalle entre pelotons $I_{follow}$ :

- L'intervalle entre pelotons (aussi appelé intervalle critique) est l'intervalle maximum devant séparer 2 véhicules pour que le deuxième soit ajouté au peloton du premier. On retiendra le feu vert en autant que l'écart  $h_j$  entre les véhicules est plus petit que  $I_{follow}$ .



```
if( $h_j < I_{follow}$ )  
    then  $G' = G + \Delta t$   
    continue  
  
else  
    break
```

## L'intervalle entre pelotons $I_{follow}$ :

- Pour des raisons d'efficacité cet intervalle devrait être aussi court que possible.
- On garde le feu au vert seulement aussi longtemps qu'une demande continue se fait sentir, **mais on ne veut pas servir les retardataires**.
- L'intervalle critique  $I_{follow}$  doit être plus long que le **temps minimum de sécurité PIEV** entre les véhicules.  
(deceleration  $d = 5m/s^2$ ,  $TPR = 0.75s$  et  $v$  en  $m/s$ )

$$D_{PIEV} = TPR \times v + \frac{v^2}{2d}$$

$$I_{follow} = \frac{D_{PIEV} + L_{veh} + L_{boucle}}{v}$$

## L'intervalle entre pelotons $I_{follow}$ :

- Donc, pour  $v = 50 \text{ km/h}$  :

$$I_{follow} = \frac{29.7\text{m} + 6\text{m} + 2\text{m}}{13.88 \text{ m/s}} = 2.7 \text{ secondes}$$

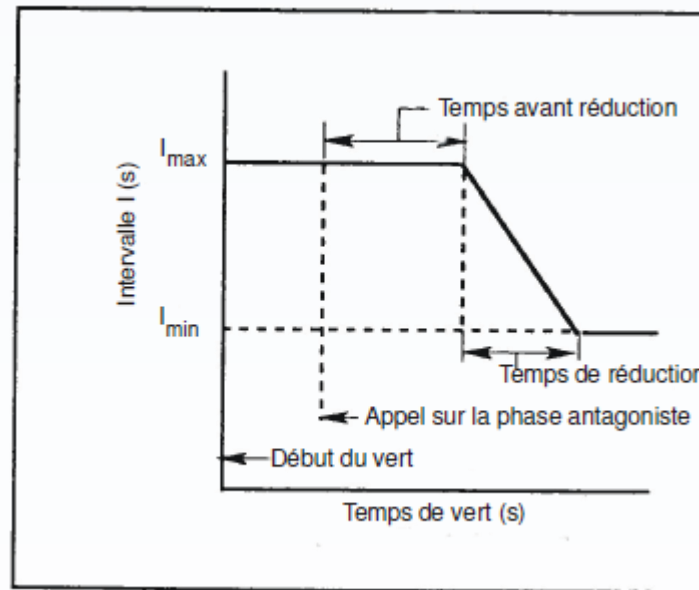
Vitesse (km/h)	Distance PIEV (m)	Distance freinage (m)	Distance totale (m)	Temps (s)
30	6.3	6.9	13.2	1.6
40	8.3	12.3	20.7	1.9
50	10.4	19.3	29.7	2.1
60	12.5	27.8	40.3	2.4
70	14.6	37.8	52.4	2.7
80	16.7	49.4	66.0	3.0
90	18.8	62.5	81.3	3.3

Vitesse (km/h)	Écart (s)	Intervalle I à détecter P	Intervalle I à détecter SU
30	1.6	2.5	3.6
40	1.9	2.6	3.4
50	2.1	2.7	3.4
60	2.4	2.9	3.4
70	2.7	3.1	3.6
80	3.0	3.3	3.7
90	3.3	3.6	3.9

## L'intervalle entre pelotons $I_{follow}$ :

- 3 à 4 secondes sont donc des bons choix pour un  $I$  fixe.
  - $I$  peut être fixe comme dans les anciens contrôleurs ou variable comme dans les contrôleurs débit densité.
- Par habitude,  $I = \Delta t$ , mais aujourd'hui on tente d'utiliser  $I \leq \Delta t$  cependant il n'y a pas encore d'expérience en ce sens au MTQ.
  - Il y a cependant des cas où  $I$  devrait être différent de  $\Delta t$ . L'impact de la valeur de  $I$  peut être déterminé en utilisant des logiciels de simulation comme TEXAS ou NETSIM.
- On remarque que  $\Delta t$  doit avoir une durée minimum de  $I$ , nécessairement.

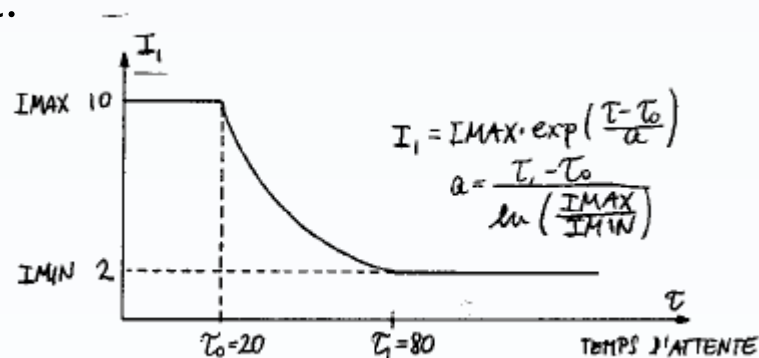
L'intervalle entre pelotons  $I_{follow}$  variable sur la phase  $i$  est décrite en fonction de 4 paramètres.



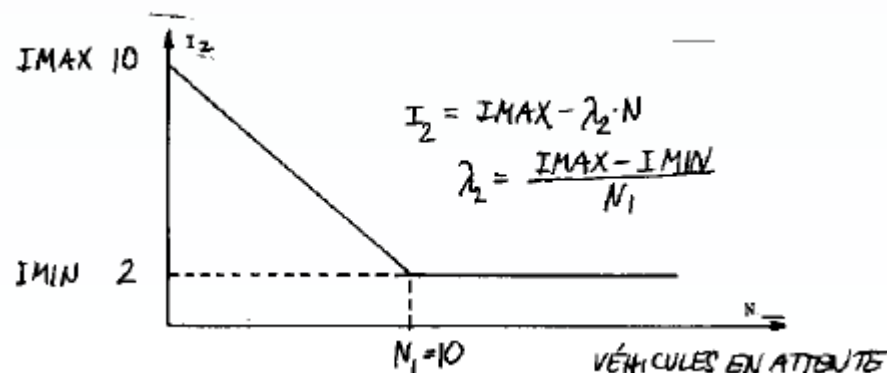
Il est à noter que les fonctions qui servent à déterminer les intervalles sont purement empiriques et ne reposent donc sur aucune théorie.

On utilise trois critères de sélection :

- 1. Le **temps d'attente** du premier véhicule arrêté sur le rouge de la phase  $i + 1$ . Plus ce temps a été long, plus  $I_1$  va être court.

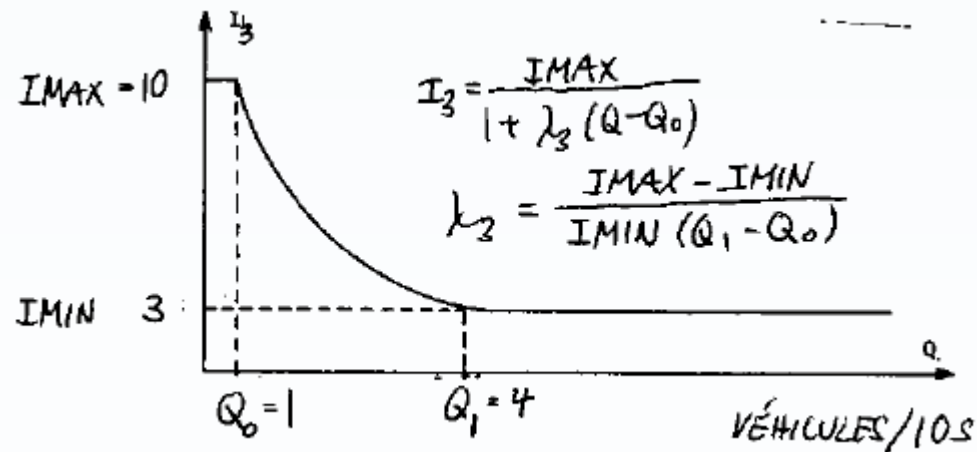


- 2. Le **nombre de véhicules** attendant sur le feu rouge de la phase  $i + 1$ . Plus il y a de véhicules en attente, plus  $I_2$  sera court.



On utilise trois critères de sélection :

- 3. Le **nombre de véhicules traversant** le détecteur de la phase  $i$  pendant 10 secondes. Plus le débit est élevé et plus l'écart réel entre les véhicules est court, plus  $I_3$  sera court.



- Le système choisit le plus petit des trois pour l'imposer à la phase considérée. Les valeurs de l'exemple sont à titre d'exemple seulement et doivent être ajustées en fonction de la situation.

# EXERCICE

Le tableau suivant fourni les temps de détection de véhicules sur deux GDM, chacun servi par un de deux phases successifs.

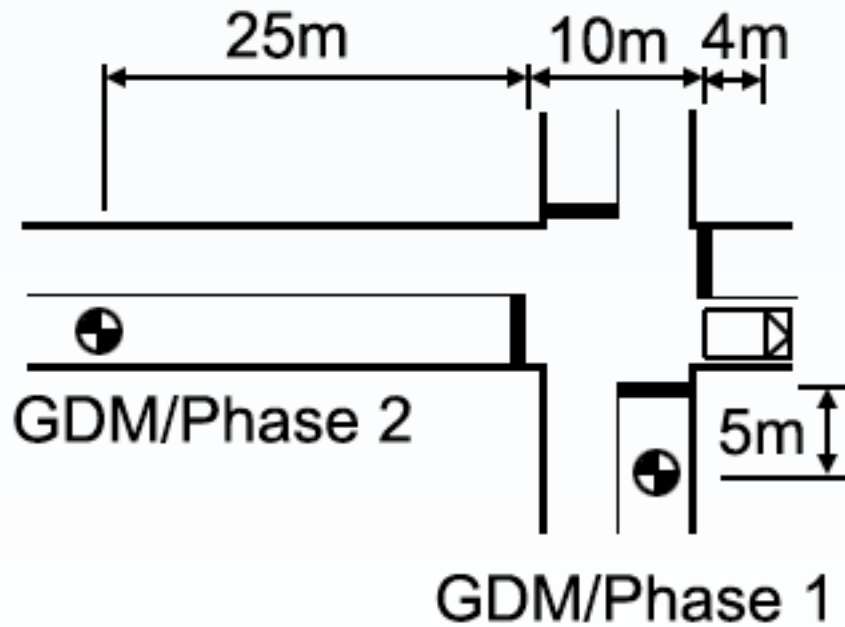
- L'indication du feu vert pour la phase 1 débute à  $t = 0$ .

Déterminez le temps de vert alloué pour la phase 1.

- Il y a en moyenne 13 arrivées sur la phase 1 et 4 arrivées sur rouge 1.

Vehicule	Détection (s) Phase 1	Détection (s) Phase 2
1	0	
2	3	
3	4.5	
4	6	
5		6.5
6	7.5	
7		8
8	14	
9	18	
10	19.5	

$v = 60 \text{ km/h}$



$$G_{min\_ped_1} = 10s$$

Vehicle	Detection (s) Phase 1	Detection (s) Phase 2
1	0	
2	3	
3	4.5	
4	6	
5		6.5
6	7.5	
7		8
8	14	
9	18	
10	19.5	

# COMMANDE DÉBIT-DENSITÉ

C'est un perfectionnement de la commande à intervalle véhicule et l'algorithme fonctionne selon le même principe, sauf que le temps de vert minimum  $G_{min\_veh_i}$  et l'intervalle entre pelotons  $I_{follow}$  sont variables en temps réelle.

Cette commande nécessite un moyen de **détection de présence** durant le feu rouge.

Le **vert minimum variable** est déterminé en fonction de la quantité de véhicules qui ont été détectés pendant le (ou les) dernier temps de rouge et qui, par conséquent, sont en attente au début du prochain vert.

- $G_{min\_veh_i}$  sera donc la durée nécessaire pour évacuer la file d'attente qui s'est réellement formée entre le capteur et la ligne d'arrêt, et se calcule instantanément au début de la phase.
- Autrement, la procédure est identique.

# CALCULS DES NIVEAUX DE SERVICE

Généralement, la procédure est la même que pour les feux fixes, selon le HCM 2000, à l'exception là où mentionné.

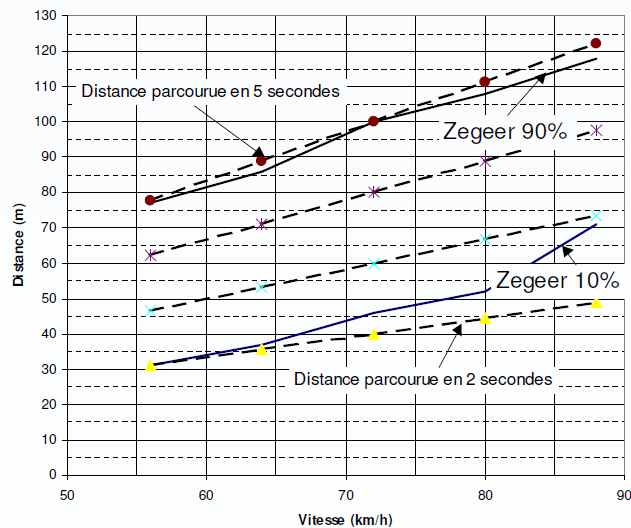
- Normalement, le retard, le nombre d'arrêt et les queues sont plus courts que pour les feux à cycle fixe pour des faibles et modérés.
- Les feux adaptatifs fonctionnent comme des feux à cycle fixe quand les débits s'approchent de la capacité.

# APPLICATIONS PARTICULIÈRES

On distingue deux types d'approches au carrefour : celles à **vitesse faible (<55 km/h)** et **celles à vitesse élevée (>55 km/h)**.

- La différence provient essentiellement du fait que sur les approches à haute vitesse le problème de la zone de dilemme devient incontournable et un traitement spécial s'avère nécessaire.
- Dans le cas des approches à haute vitesse on utilise en général une commande débit-densité avec une série de détecteurs en mode pointe pour résoudre les problèmes de la zone de dilemme ou on utilise la signalisation "préparez vous à arrêter".

D'après Zegeer (*Traffic Detector Handbook*, 1990), on trouve une assez grande variation comportementale des conducteurs lorsqu'ils voient apparaître le feu jaune.

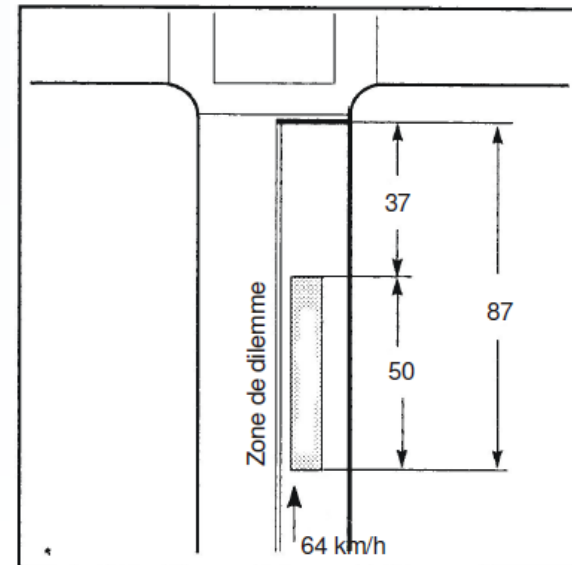


Vitesse (km/h)	10%arrêt	90% arrêt	On parcourt la distance x à vitesse constante pendant			
	lorsqu'ils voient le jaune à une distance de		2	3	4	5
			secondes			
50	30	69	28	42	56	69
55	31	76	31	46	61	76
60	34	82	33	50	67	83
65	37	89	36	54	72	90
70	42	95	39	58	78	97
75	48	102	42	63	83	104
80	55	108	44	67	89	111
85	64	115	47	71	94	118
90	74	121	50	75	100	125
95	85	128	53	79	106	132
100	97	134	56	83	111	139

- Les résultats de cette étude présentent toutefois un certain manque de stratification puisque l'effet de la durée du jaune et de la largeur du carrefour à traverser ne sont pas pris en considération.

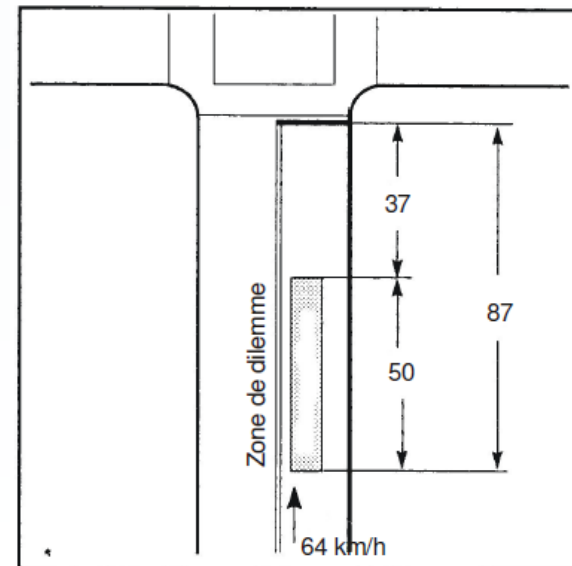
On considère qu'entre l'endroit où 90% des conducteurs s'arrêtent et l'endroit où 10% s'arrêtent se trouve la zone de dilemme. Cette zone serait même présente si le jaune est assez long et ceci à cause des **difficultés que les conducteurs éprouvent à estimer correctement l'espace et le temps.**

- On s'aperçoit que 90% des conducteurs s'arrêtent s'ils voient le jaune apparaître s'ils se trouvent à une distance correspondant à 5 secondes de temps parcourue à la vitesse initiale.
- C'est pour cela que l'on place souvent le détecteur à une distance de 5 secondes.



Il s'avère que **l'utilisation de la détection peut aussi contribuer à l'élimination des zones de dilemme**. Il s'agit de prolonger le vert (par la détection) afin d'éviter qu'un conducteur ne soit dans sa zone de dilemme.

- On remarque aussi que la vitesse aura tendance à corrélérer avec l'espacement entre les véhicules, se qui minimise le temps d'attente nécessaire pour un dégagement instantané de la zone de dilemme.
- Si le dégagement s'avère problématique, on peut avoir recours au traitement « Préparez-vous à arrêter »



Le panneau «Préparez-vous à arrêter» (D-60-1) indique, à l'avance, la proximité d'une intersection comportant des feux de circulation et, par le clignotement des feux jaunes, que ces feux passeront au rouge avant que cette intersection soit atteinte.

- Ce fonctionnement peut aussi se retrouver aux carrefours à feu fixe.

Tome  
V

Chapitre  
3


Page  
6.1

Date  
Déc. 2010

DANGER

Transports  
Québec

**NORME**



D-50-1

Le panneau D-50-1 doit être installé en amont d'une intersection lorsque les deux conditions suivantes sont présentes :

- la vitesse affichée est de 80 km/h ou moins;
- la distance permettant de voir les feux de circulation est inférieure à la distance indiquée au tableau 3.9-1.

Ce panneau doit également être installé pendant un mois suivant l'installation de nouveaux feux de circulation.

Vitesse affichée (km/h)	Distance mesurée depuis la ligne d'arrêt (m)
30	50
50	100
60	150
70	200
80	250
90	300
100	400

Le panneau «Préparez-vous à arrêter» (D-60-1) indique, à l'avance, la proximité d'une intersection comportant des feux de circulation et, par le clignotement des feux jaunes, que ces feux passeront au rouge.




D-60-1

Le clignotement alterné des deux feux du panneau D-60-1 doit débuter avant la fin de la phase verte des feux de circulation et se prolonger pendant toute la durée de la phase rouge de l'approche signalée.

Le début du clignotement doit être calibré de façon à permettre à l'utilisateur de la route arrivant à la hauteur du panneau, juste avant que les feux clignotent, d'atteindre le carrefour, en respectant la vitesse affichée, avant le début de la période de dégagement des feux de circulation.

Le panneau «Préparez-vous à arrêter» (D-60-2) indique, à l'avance, la proximité d'un passage à niveau et, par le clignotement des feux jaunes, que les feux lumineux, au passage à niveau, clignotent.



D-60-2

**3.10 Préparez-vous à arrêter**

Les panneaux «Préparez-vous à arrêter» (D-60-1 à D-60-4), ainsi que les feux de circulation associés dans le cas du panneau D-60-1, doivent être munis d'un système de relève afin de s'assurer que le fonctionnement des clignotements ou des phases programmées se fait normalement.

Contenu réglementaire

Contenu normal

C'est tout pour aujourd'hui!