

Durée des cycles et capacité des carrefours à feux: la phase de conception et l'épreuve du terrain

Les carrefours à feux ont une gestion de plus en plus complexe (réduction du nombre de voies dévolues à la circulation générale, insertion de phases spécifiques) qui pousse les gestionnaires à augmenter la durée des cycles car c'est mathématiquement le seul moyen d'accroître la capacité en minimisant les temps perdus.

Le guide de conception des carrefours à feux proposé par le CERTU repose sur des méthodes de calculs simples mais avec des variables d'ajustement assez élastiques (le débit de saturation par exemple). De plus cette conception repose sur une approche capacitaire de la gestion des flux routiers. La volonté actuelle de favoriser des modes de transports alternatifs à la voiture particulière interroge sur la répartition des temps accordés à chacun des modes et en particulier le piéton.

L'objectif de cette étude, réalisée par le CEREMA, était de vérifier d'une part l'adéquation des valeurs théoriques proposées dans le guide de conception des carrefours à feux aux valeurs issues d'une campagne d'expérimentation dans différentes villes de France; d'autre part, de confronter la théorie et les valeurs expérimentales à la pratique des gestionnaires de carrefours à feux.

Définitions

débit de saturation :

débit maximal de véhicules admis par voie de circulation (Q_s en veh/h). Il caractérise l'écoulement des véhicules. La valeur théorique usuelle est de 1800 veh/h soit 1 véhicule toutes les 2s.

Capacité de la ligne de feu :

$C_a : Q_s * V / T_y$ où V est le temps de vert et T_y la durée du cycle.

C'est le nombre de véhicules par voie qui peut s'écouler en 1 heure par ligne de feu pour un phasage donné.

Coefficient de véhicules

coefficient qui sert à prendre en compte les caractéristiques dynamiques de l'écoulement des différents types de véhicules : $1PL = 2VL$, $1VL = 2$ deux-roues.

Quand le trafic est calculé en pondérant par ces coefficients le nombre de véhicules, le trafic est en unité de véhicule particulier : uvp. (1 deux roues=0,5 uvp, 1PL=2 uvp)

Coefficient des mouvements tournants

coefficient qui sert à prendre en compte les contraintes de giration dans l'écoulement de 1,1 pour un mouvement peu contraignant à 1,3 ou plus pour des girations difficiles.

Quand le trafic du mouvement est pondéré par ce coefficient, le trafic est en uvpd.

Démarche expérimentale:

Afin de déterminer le débit de saturation in situ, des comptages manuels ont été effectués à l'heure de pointe sur 10 carrefours répartis en Île-de-France, Normandie, Rhône-Alpes et Provence Alpes Côte d'azur. Les paramètres pris en compte pour caractériser le type de carrefour sont :

l'environnement plus ou moins urbain : ce critère est estimé par rapport à la densité du bâti et la place du carrefour dans le tissu urbain (quartier résidentiel, centre-ville, entrée de ville,..) et non en terme strict de périmètre de l'agglomération.

les paramètres géométriques : largeur des voies, nombre de voies, rampe, visibilité dégagée sur les mouvements antagonistes, rayon de giration,..

La vitesse d'approche

Ces différents paramètres sont souvent liés. Un carrefour en périurbain pourra présenter simultanément des voies larges, une visibilité dégagée et une vitesse d'approche élevée. Un carrefour en zone urbaine dense présentera souvent des voies moins larges, une visibilité contrainte par le bâti et une vitesse d'approche plus faible.

L'écoulement des véhicules au carrefour: une modélisation perturbée par les aléas de la circulation réelle

Le premier enseignement à tirer des expérimentations est que le débit d'écoulement est perturbé pour de nombreux cycles. Des événements se produisent dans le carrefour tels que : des blocages avals, des démarrages tardifs, des stationnements sur les voies de circulation, des arrêts de transports en commun, les blocages en tourne-à-gauche, le passage de véhicules d'urgence, ...

Le nombre de cycles perturbés sur les carrefours étudiés s'échelonne de quelques % à plus de 30% entraînant des pertes de capacité.

	Environnement du carrefour	Principaux types de dysfonctionnement	% de cycles perturbés à l'heure de pointe	Perte de capacité en % ¹ au niveau de l'écoulement
A	Environnement très urbain	Piéton traversant	23%	1%
B	Environnement urbain	Véhicules de secours	4%	négligeable
C	Environnement urbain	Blocage aval	7%	4% (23 véhicules/heure)
D	Environnement urbain	Stationnement blocage aval arrêt bus	20%	10% (50 véhicules/heure)
E	Environnement urbain	Évacuation des tourne-à-gauche	35%	6% (43 véhicules/heure)
F	Environnement urbain	Carrefour aval saturé	7%	1%

Tableau 1: perturbations pour quelques carrefours étudiés et impact sur la capacité

Il apparaît essentiel de minimiser au préalable certains de ces dysfonctionnements avant de s'interroger sur le phasage du feu. La réduction des perturbations passe souvent par des aménagements : voie de stockage en tourne-à-gauche, conception des arrêts TC minimisant la gêne à titre d'exemple. La maîtrise des arrêts et des stationnements illicites et une régulation efficace lorsqu'il y a une succession de feux sont des actions à mener.

Des durées de vert pour les véhicules trop longues

Le deuxième enseignement à tirer est que, pour de nombreux carrefours, la durée de la phase de vert était largement excédentaire à la demande de véhicules même à l'heure de pointe. Le surdimensionnement de certaines phases de vert se fait souvent au détriment des autres modes, en particulier des piétons.

¹ rapport entre la capacité moyenne hors cycles perturbés et la capacité mesurée à l'heure de pointe

Le phasage doit être réfléchi pour l'ensemble des modes et l'optimisation du carrefour passe par une bonne adéquation du temps de vert à la demande des différents flux routiers comme piétons.

Phases de vert longues et courtes : impact sur l'écoulement et la valeur du débit de saturation

L'écoulement des véhicules au début de la phase de vert est lié à la dynamique de démarrage. Ce phénomène, bien connu dans la littérature, a été confirmé expérimentalement. Le nombre de véhicules s'écoulant dans les 10 premières secondes est de l'ordre de 3 à 5 et le débit des véhicules se stabilise après les 10 premières secondes.

Il n'a pas été mis en évidence d'évolution du débit de saturation lors des phases de vert longues, supérieures à 30s. La distance inter-véhiculaire augmente à la fin des phases de vert longues car la demande de trafic est souvent inférieure au débit d'écoulement.

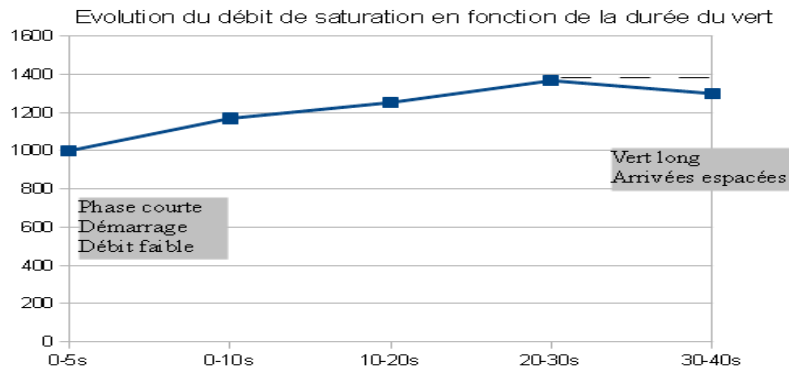


Illustration 1: évolution du débit écoulé en veh/h au cours de la phase de vert

Les phases de vertes très courtes (de l'ordre de 10 s) sont donc pénalisantes pour le débit d'écoulement.

Le débit de saturation : une variable à ajuster

Le débit de saturation et la capacité moyenne au carrefour

Le débit d'écoulement des véhicules varie fortement d'un cycle à l'autre. Le traitement statique des mesures faites indique que le trafic écoulé peut-être approximé à 100 veh/h.

Le gestionnaire devra s'attendre à une capacité moindre in situ liée au caractère aléatoire de l'écoulement.

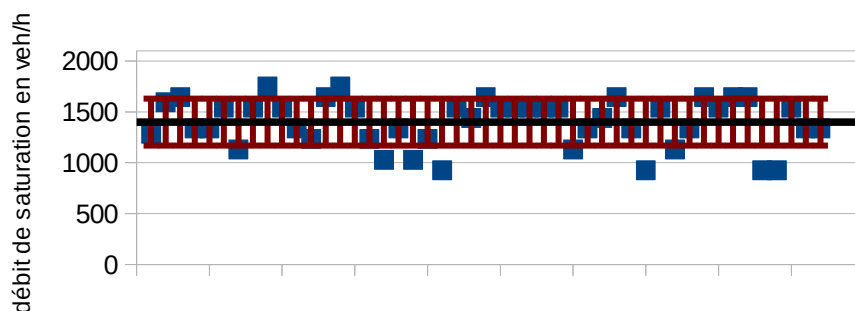


Illustration 2: exemple de dispersion des valeurs du débit d'écoulement pendant l'heure de pointe (en noir : valeur moyenne, en rouge : les valeurs comprises entre +/- l'écart type)

Le tableau ci-dessous propose, à partir des résultats expérimentaux et du retour d'expérience de la pratique des exploitants, des fourchettes pour adapter la valeur du débit de saturation au type de carrefour lors de la phase conception et une valeur moyenne du débit envisageable. La valeur théorique usuelle du débit de saturation est 1800 veh/h.

Typologie du carrefour	Débit moyen (veh/h)	Débit maximal atteignable (veh/h)	Valeur utilisée par les gestionnaires
Environnement peu urbain voies larges et bonne visibilité vitesse d'approche 50km/h ou +	1800 à 1600	2000 à 1800	1800 à 2200 voies rapides urbaines
Environnement urbain voie large et bonne visibilité vitesse d'approche 50km/h	1400 à 1200	1600 à 1400	1600 à 1500
Environnement très urbain vitesse d'approche < 50 km/h milieu perturbé	1200 à 800	1600 à 1200	De 1200 à 900 (dans certaines agglomérations où l'écoulement est fortement perturbé)

Tableau 2: débit de saturation en fonction du type de carrefour

Les coefficients véhicules et les coefficients tournants

Le coefficient poids lourds

L'application du coefficient $1PL = 2VL$ semble être une bonne approximation pour tenir compte de la cinématique de ces véhicules particuliers. Lorsque qu'il existe des conditions particulières : démarrage sur une rampe, voie étroite, il peut être opportun dans des carrefours supportant des trafics poids lourds importants de vérifier in situ ce coefficient.

Les coefficients des mouvements tournants

Les coefficients déterminés à partir des mesures expérimentales sur 4 mouvements tournants avec des angles droits s'échelonnent de 1,1 à 1,3. En cas de giration difficile, il peut être opportun de vérifier ces valeurs in situ.

Conclusion

Bien que les méthodes de conception des carrefours reposent sur des méthodes assez simples, elles permettent de dimensionner le phasage du carrefour si la valeur du débit de saturation est choisie de façon réaliste par rapport au contexte du carrefour (voir tableau 3). Il peut s'avérer opportun dans des cas particuliers, de vérifier par des comptages in situ la valeur des paramètres, lorsque la géométrie est contraignante par exemple.

Il ne doit pas être négligé le fait que le caractère aléatoire de la circulation et les dysfonctionnements du carrefour diminuent la capacité réelle. Les dysfonctionnements doivent être traités au mieux notamment par des aménagements.

Les capacités accordées au flux routier par des phases de vert importantes ne se justifient pas toujours dans les carrefours étudiés, beaucoup de temps de vert sont inutilisés. Par ailleurs, les phases très courtes pour les véhicules, inférieures à 10s, sont très pénalisantes en terme de débit.

La préoccupation des gestionnaires de feux en France n'est plus souvent la recherche d'un optimum capacitaire. La sécurité des piétons et des vélos et la réduction des temps d'attente pour l'ensemble des usagers sont les deux objectifs prioritaires des exploitants². Le phasage du carrefour doit prendre en compte l'ensemble des flux des usagers, véhicules, piétons, transports en communs.

Références bibliographiques

- Guide de conception des carrefours à feux, CERTU 2010
- Impact du cycle de feux sur la capacité , l'acceptabilité de l'attente aux feux et la sécurité, CEREMA DTer Med 2014
- Questionnaire des exploitants de carrefours à feux : rapport de synthèse CEREMA Med 2015
- Evaluation de la capacité aux feux : retour d'observations en France CEREMA Med 2016
- <http://www.iutcs.fr/spip.php?rubrique298>