

Approche de la congestion routière

Méthode de calcul du temps gêné

Transports

05

La notion de temps gêné permet d'appréhender les difficultés de circulation liées à la congestion à partir de données très agrégées que sont les trafics moyens journaliers annuels (TMJA). Elle présente donc l'avantage de pouvoir être facilement calculée sous forme d'indicateur puisque les données nécessaires à son calcul sont généralement disponibles sur l'ensemble du réseau routier national. En revanche, elle a l'inconvénient de s'appuyer sur des données temporelles très agrégées et reste donc inadaptée pour mener des analyses fines de la congestion pour lesquelles il faut envisager d'autres méthodes de diagnostic (observations des débits horaires ou "6 minutes", simulation dynamique, etc.).

Cette note introduit le mode de calcul du temps gêné et présente des exemples d'utilisation de cette méthode en annexe.

Sommaire

Introduction	2
Définition de l'indicateur de temps gêné	2
Variables utilisées	2
<i>UVP et coefficient d'équivalence</i>	3
<i>Trafics journalier et horaire</i>	3
Méthode de calcul	4
Agrégation sur un axe	5
Annexe : exemple d'utilisation du temps gêné	6
<i>Les seuils de niveau de service des autoroutes A7 et A9</i>	6

Introduction

La méthode de calcul du temps gêné a été définie au début des années 2000 au Sétra, dans le but de qualifier le service rendu à l'utilisateur sur les routes nationales. Elle a été utilisée dans le cadre de débats publics (exemple en annexe) ainsi que plus récemment dans le cadre de la définition du plan national de régulation des vitesses.

Définition de l'indicateur de temps gêné

On considère comme une **gêne** le fait pour un véhicule léger (VL) de ne pas rouler en état libre, plus précisément, lorsqu'il subit la contrainte du véhicule prédécesseur (le VL est alors contraint de rouler à la vitesse du véhicule lent qui le précède, au lieu d'une vitesse de circulation fluide).

Le **temps gêné** est le **temps passé par les VL en état ralenti**. Cet indicateur de gêne présente l'état moyen de congestion pour des périodes en régime non saturé. Pour cela, on considère deux catégories d'utilisateurs : les VL et les PL. La principale hypothèse simplificatrice est de considérer qu'en situation de gêne, les VL roulent à la vitesse libre des PL, car ils ne se trouvent pas en situation saturée mais sont gênés par les PL.

Le temps gêné peut être calculé à partir du TMJA et du pourcentage de PL (% PL), en fonction d'un certain nombre de paramètres dépendant du type de routes. Le calcul de l'indicateur de temps gêné n'est valable qu'en situation non-saturée ce qui correspond à la partie à gauche de l'inflexion de la courbe rouge sur le graphique ci-dessous.

Variables utilisées

Dans le cadre de ce calcul, les variables d'entrée utilisées pour décrire le trafic sur les sections étudiées sont le TMJA et le %PL. Le comportement du trafic sur les sections étudiées est caractérisé par des courbes temps-débit de type BPR¹ dont les paramètres dépendent du type de routes. Ces courbes sont définies séparément pour les VL et les PL. La formulation pour les VL est la suivante :

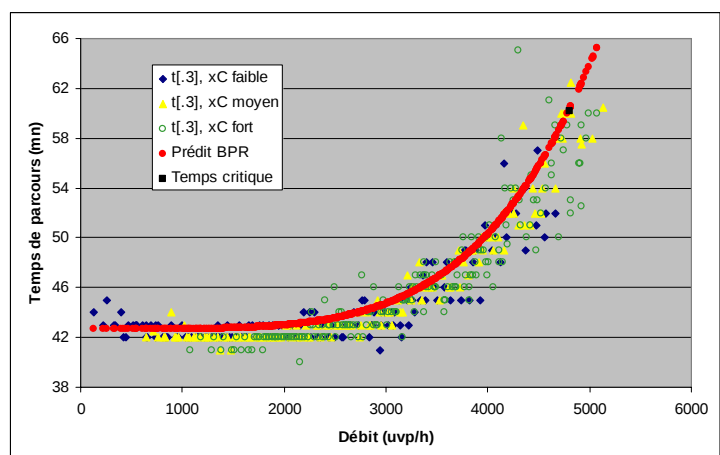
$$T_{VL}(x_{VL}, x_{PL}) = \tau_{VL} \left[1 + \gamma_{VL} \left(\frac{x_{uVP}}{K_{uVP}} \right)^{\alpha_{VL}} \right]$$

avec les notations suivantes :

x_{VL}	débit horaire VL
x_{PL}	débit horaire PL
$T_{VL}(x_{VL}, x_{PL})$	temps de parcours unitaire (i.e. par unité de distance) des VL
x_{uVP}	débit horaire en UVP (Unité Véhicule Particulier, voir explication ci-dessous)
τ_{VL}	temps de parcours unitaire des VL sur une route à vide, également appelé <i>lenteur libre VL</i>
α_{VL}, γ_{VL}	coefficients pour la formule VL, dépendant du type de routes
K_{uVP}	capacité du type de routes en UVP

Une formulation analogue est employée pour les PL, les coefficients spécifiques aux VL étant remplacés par des coefficients pour les PL.

Le graphique ci-contre, tiré du rapport technique du Sétra Fonctions temps-débit sur les autoroutes interurbaines², donne un exemple de courbe BPR (en rouge) déterminée à partir de données observées.



¹ Les courbes de type BPR (pour Bureau of Public Roads) sont définies dans la version 1994 du Highway Capacity Manual, publié par le Transportation Research Board.

² Sétra, Fonction temps-débit sur les autoroutes interurbaines, Rapport technique, novembre 2001, ref. E0204.

UVP et coefficient d'équivalence

Le débit horaire en UVP est obtenu à partir des débits horaires VL et PL en appliquant un coefficient d'équivalence noté "e" au débit PL afin de traduire l'encombrement d'un PL relativement à celui d'un VL : $x_{\text{uvp}} = x_{\text{VL}} + e \cdot x_{\text{PL}}$.

Le coefficient d'équivalence utilisé ici est qualifié de statique car il est déterminé pour être utilisé avec des trafics ne permettant pas d'appréhender l'aspect dynamique du trafic (trafics journaliers ou horaires). Par exemple, ce coefficient ne prend pas en compte le fait que les interdistances diminuent lorsque le débit augmente. Ce coefficient est généralement défini par type de routes.

Trafics journalier et horaire

Le passage du trafic journalier au trafic horaire peut se faire à l'aide de divers coefficients, en fonction des objectifs recherchés. Le plus simple est de diviser le TMJA par 24 pour obtenir le débit horaire moyen annuel, noté $\bar{x}_{\text{véh}}$.

La détermination du débit horaire moyen annuel ne tient pas compte des variations des temps de parcours sur une année. Afin de tenir compte des conditions de circulation sur une année, on peut alors utiliser la notion de débit équivalent. Ce dernier, noté $\tilde{x}_{\text{uvp}}$, est un débit horaire fictif représentant les conditions moyennes de circulation sur l'année en termes de temps de parcours. Il est défini à partir de la fonction temps-débit comme le débit horaire correspondant à un temps de parcours égal à la moyenne des temps de parcours pondérés par les débits horaires. **Par conséquent, le débit équivalent dépend directement de la formulation de la courbe temps-débit.** Par ailleurs, il ne s'agit en aucun cas d'un indicateur permettant de caractériser une capacité ou une heure de pointe.

Le calcul du débit équivalent à partir du TMJA peut se faire à l'aide de facteurs de concentration. Ces derniers, généralement notés χ , sont utilisés principalement dans des calculs d'estimation d'un temps de parcours moyen annuel. Par définition, le facteur de concentration³ est le rapport entre le débit équivalent et le débit horaire moyen annuel. Le facteur de concentration permet donc de relier le TMJA aux conditions moyennes de trafic, remplaçant ainsi la connaissance des 8 760 heures de trafic d'une année.

On peut en définir un par type de véhicules, afin d'appréhender le fait que le flux de poids lourds ne se répartit pas de la même façon que celui des véhicules légers sur toutes les heures d'une année. On les note χ_{VL} et χ_{PL} .

On peut donc écrire les égalités suivantes :

$$\bar{x}_{\text{véh}} = \text{TMJA} / 24$$

$$\tilde{x}_{\text{uvp}} = \bar{x}_{\text{véh}} (\chi_{\text{VL}} \cdot (1-p) + p \cdot e \cdot \chi_{\text{PL}}) \text{ où } p \text{ désigne le \% PL.}$$

Il est à noter que les paramètres dépendant du type de routes (facteurs de concentration, coefficients des courbes temps-débit) ont été soit déterminés à partir de données réelles, soit extrapolés à partir de calculs sur d'autres types de routes. De plus, on observe une variabilité de ces paramètres entre routes du même type, en fonction du trafic ou des comportements des usagers. Mais il n'est pas possible de recueillir de façon exhaustive les données nécessaires au calcul route par route de ces paramètres. **Aussi, les calculs sont basés sur des paramètres que l'on considère comme moyens et qui peuvent varier dans les années à venir si de nouveaux recueils de données sont entrepris ou si la structure du trafic évolue. Une variation de ces paramètres aurait pour effet de créer une certaine discontinuité dans le calcul d'indicateurs et donc d'affecter la comparabilité entre les années.**

Enfin, deux indicateurs peuvent être utilisés pour représenter la gêne : la proportion de temps gêné β' (le plus fréquemment utilisé) et la proportion de distance gênée β . Les relations entre ces deux indicateurs sont détaillées dans le point suivant.

³ Pour plus de détails sur les facteurs de concentration, on pourra se reporter à la note d'information série Transports n° 4 du Sétra "Modélisation de la variation annuelle des trafics routiers – Calcul des facteurs de concentration" ; A. EL HAGE ; Juillet 2009

Méthode de calcul

Pour effectuer le calcul des indicateurs de gêne β' et β , on considère une hypothèse importante :

En situation de gêne, les VL sont supposés circuler à la vitesse libre des PL.

On suit alors le raisonnement suivant.

Par unité de distance, la distance gênée vaut β , donc le temps gêné est $\beta\tau_{PL}$ car en état ralenti le VL circule à la lenteur libre d'un PL. En outre, le temps libre est $(1 - \beta)\tau_{VL}$ car le VL circule à sa lenteur libre τ_{VL} sur la distance $(1 - \beta)$.

Par unité de distance, la proportion de temps gêné est donc $\beta' = \frac{\beta\tau_{PL}}{\beta\tau_{PL} + (1 - \beta)\tau_{VL}}$ (1).

Or, toujours par unité de distance, le temps de parcours est $\tau_\beta = \beta\tau_{PL} + (1 - \beta)\tau_{VL}$, également appelé la lenteur moyenne des VL. On en déduit alors la proportion de distance gênée β à l'aide de la formule suivante :

$$\beta = \frac{\tau_\beta - \tau_{VL}}{\tau_{PL} - \tau_{VL}}$$

puis la proportion de temps gêné β' , à l'aide de la formule (1) définie précédemment, qui devient :

$$\beta' = \frac{1 - \frac{\tau_{VL}}{\tau_\beta}}{1 - \frac{\tau_{VL}}{\tau_{PL}}}$$

La fonction temps-débit des VL est $T_{VL}(x_{VL}, x_{PL}) = \tau_{VL} [1 + \gamma_{VL} (\frac{x_{uvp}}{K_{uvp}})^{\alpha_{VL}}]$ avec $\gamma_{VL} = \frac{T_{VL}(K) - \tau_{VL}}{\tau_{VL}}$.

L'hypothèse adoptée au tout début consiste à dire qu'en situation de gêne mais non saturée, les PL roulent à leur vitesse libre et les VL sont contraints de rouler en suivi derrière un PL donc à la vitesse libre des PL. On peut donc écrire que le temps à la capacité vérifie $T_{VL}(K) \approx \tau_{PL}$.

Ainsi, la clef de passage $\beta = \frac{T_{VL} - \tau_{VL}}{\tau_{PL} - \tau_{VL}}$ revient à $\beta = [\frac{x_{uvp}}{K_{uvp}}]^{\alpha_{VL}}$. La formule pour la proportion de temps gêné devient

$$\beta' = (\gamma + 1) / (\gamma + [\frac{K_{uvp}}{x_{uvp}}]^\alpha).$$

Au final, pour un débit x_{uvp} donné, il est possible de calculer une proportion β de distance gênée et une proportion β' de temps gêné.

Agrégation sur un axe

Le calcul du pourcentage de temps gêné est fait sur chaque tronçon de route homogène.

Pour obtenir l'indicateur de temps gêné sur un axe composé de plusieurs tronçons de caractéristiques différentes, il faut effectuer une agrégation. Elle est faite selon les formules présentées dans le tableau suivant, pour un axe composé de 2 tronçons :

Tronçon	1	2
Longueur	L_1	L_2
% Temps gêné	β'_1	β'_2
Temps de parcours unitaire (mn/km)	T_1	T_2
Temps de parcours total (mn)	$T_1 L_1$	$T_2 L_2$
Temps gêné	$\beta'_1 T_1 L_1$	$\beta'_2 T_2 L_2$
Temps gêné total sur les 2 tronçons	$\beta'_1 T_1 L_1 + \beta'_2 T_2 L_2$	
Temps de parcours total sur les 2 tronçons	$T_1 L_1 + T_2 L_2$	
% Temps gêné sur l'axe	$\frac{\beta'_1 T_1 L_1 + \beta'_2 T_2 L_2}{T_1 L_1 + T_2 L_2}$	

Dans ce calcul, le débit sur chaque tronçon n'apparaît pas explicitement. Cependant, il est pris en compte implicitement dans le pourcentage de temps gêné β' qui est déterminé en fonction du TMJA.

La démarche présentée dans le tableau se généralise pour un axe à n tronçons.

Annexe : exemple d'utilisation du temps gêné

Ceci est un extrait du document de synthèse du débat public sur la vallée du Rhône et l'arc languedocien : Éléments de réflexion pour un dialogue sur la politique des transports. L'argument ici présenté s'appuie largement sur la notion de gêne pour apprécier les niveaux de service offerts par les autoroutes A7 et A9 ; il a en pratique été bâti grâce à des calculs de temps et distances gênés.

Les seuils de niveau de service des autoroutes A7 et A9

Les niveaux de service des autoroutes A7 et A9 sont un des éléments utilisés pour mesurer :

- le degré de saturation actuelle de ces deux autoroutes (partie 1) ;
- l'effet des différentes mesures prévues dans la situation de référence sur la fluidité de ces deux axes (partie 2) ;
- l'effet des deux projets présentés - élargissement de l'A7 et de l'A9 et autoroute du piémont - toujours sur la fluidité des deux axes (partie 3).

Le niveau de service offert à l'utilisateur sur une autoroute peut être associé aux conditions de conduite que l'utilisateur rencontre sur son parcours. Ainsi pour une autoroute à 2x3 voies supportant un trafic de poids lourds de 18 à 22 %, on peut considérer que les véhicules légers commencent à être gênés autour d'un seuil de trafic de 56 000 véh./j en moyenne annuelle. Cette gêne sera ressentie comme forte à partir d'un seuil de 64 000 véhicules par jour. En effet, au-delà de ce seuil, les véhicules légers devront réduire leur vitesse jusqu'à 90 km/h pendant 20 % de leur temps de parcours et se trouveront limités dans leurs possibilités de dépassement pendant ce temps. Les conducteurs devront donc apporter une attention particulièrement soutenue à leur conduite. La situation est considérée comme très fortement dégradée à partir d'un seuil de 74 000 véh./j en moyenne annuelle, les usagers étant alors gênés pendant près de la moitié de leur temps de parcours.

Échelle de gêne en TMJA

Caractérisation de la situation en moyenne annuelle	% de temps de gêne pour les VL en moyenne annuelle	TMJA (véh/j)	Commentaires
Fluide	< 10%	< 56 000	Des ralentissements ou des attentes de courte durée ne sont pas exclus, mais ils ne sont pas localisés
Dégradée	10 à 20%	56 000 à 64 000	Hors été, la congestion apparaît en moyenne 1 jour sur 20, principalement aux périodes de fêtes et vacances scolaires
Fortement dégradée	20 à 45%	64 000 à 74 000	Hors été, la congestion apparaît en moyenne 2 jours par mois, principalement aux périodes de fêtes et vacances scolaires
Très fortement dégradée	> 45%	> 74 000	Hors été, la congestion apparaît en moyenne 3 jours par mois aux périodes de fêtes et vacances scolaires et certains jours ouvrables

Pourcentage PL en moyenne annuelle : 20%

En été, les seuils de niveau de service sont plus élevés : en effet, d'une part, la proportion de camions est plus faible (13 à 15 %), d'autre part, on peut admettre que l'automobiliste qui se déplace pour des raisons touristiques est prêt à accepter une gêne plus importante. Ainsi, la conduite est considérée comme fortement dégradée lorsque l'automobiliste est gêné pendant plus de 30 % de son temps de parcours, ce qui correspond à un seuil de trafic de 100 000 véh./j en été. Au-delà de 113 000 véh./j, la situation est considérée comme très fortement dégradée, les usagers étant gênés pendant plus de 60 % de leur temps de parcours.

Échelle de gêne en TMJE

Caractérisation de la situation en été	% de temps de gêne pour les VL en été	TMJE (véh/j)	Commentaires
Fluide	< 15%	< 89 000	Des ralentissements ou des attentes de courte durée ne sont pas exclus, mais ils ne sont pas localisés
Dégradée	15 à 30%	89 000 à 100 000	En été, la congestion apparaît les jours de week-end et certains jours ouvrables
Fortement dégradée	30 à 60%	100 000 à 113 000	En été, la congestion apparaît les jours de week-end et près d'un jour ouvrable par semaine
Très fortement dégradée	> 60%	> 113 000	En été, la congestion apparaît les jours de week-end et près de deux jours ouvrables par semaine

Pourcentage PL en moyenne été : 13 %

Dans le cas du projet d'élargissement de l'A7 et de l'A9 (partie 3), ces seuils sont différents : à trafic équivalent, la circulation est automatiquement plus fluide sur un axe à 2x5 voies que sur un axe à 2x3 voies. Les seuils applicables dans ce cas sont alors les suivants :

Échelle de gêne en TMJA et TMJE

Caractérisation de la situation	% de temps de gêne pour les VL	TMJA (véh/j)	TMJE (véh/j)
Fluide	< 10%	< 90 000	< 137 000
Dégradée	10 à 20%	90 000 à 107 000	137 000 à 160 000
Fortement dégradée	20 à 45%	107 000 à 116 000	160 000 à 173 000
Très fortement dégradée	> 45%	> 116 000	> 173 000

Pourcentage PL en moyenne

annuelle : 20 %

été : 13 %

Rédacteur et renseignements techniques :

Abdallah EL HAGE – Sétra

téléphone : 33 (0)1 46 11 36 49 – télécopie : 33 (0)1 45 36 84 51

mél : abdallah.el-hage@developpement-durable.gouv.fr

AVERTISSEMENT

La collection des notes d'information du Sétra est destinée à fournir une information rapide. La contre-partie de cette rapidité est le risque d'erreur et la non exhaustivité. Ce document ne peut engager la responsabilité ni de son rédacteur ni de l'administration.

Les sociétés citées le cas échéant dans cette série le sont à titre d'exemple d'application jugé nécessaire à la bonne compréhension du texte et à sa mise en pratique.

Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements

46, avenue Aristide Briand – BP 100 – 92225 Bagneux Cedex – France
téléphone : 33 (0)1 46 11 31 31 – télécopie : 33 (0)1 46 11 31 69

Document consultable et téléchargeable sur les sites web du Sétra :

- Internet : <http://www.setra.developpement-durable.gouv.fr>
- Intranet (Réseau ministère) : <http://intra.setra.i2>

Ce document ne peut être vendu. La reproduction totale du document est libre de droits.
En cas de reproduction partielle, l'accord préalable du Sétra devra être demandé.
Référence : 0939w – ISSN : 1250-8675

Le Sétra appartient
au Réseau Scientifique
et Technique
du MEEDDM

