

Modélisation de la variation annuelle des trafics routiers

Calcul des facteurs de concentration

Dans les études de planification de nouvelles infrastructures interurbaines, l'échelle de temps généralement utilisée pour la modélisation du trafic est la journée. Plus précisément, les calculs sont effectués sur une journée moyenne par rapport aux autres jours de l'année. Cela nécessite de prendre en compte la variation sur l'année des trafics journaliers.

Pour le mode routier, on utilise ainsi les "facteurs de concentration", généralement notés χ , notamment pour des calculs d'estimation d'un temps de parcours moyen annuel. On peut en définir un par type de véhicule, 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.

D'autres types d'études peuvent nécessiter la modélisation du trafic en moyenne annuelle, comme l'évaluation à une échelle nationale de la gêne sur les routes nationales. Il est alors nécessaire pour les modélisateurs de calculer les facteurs de concentration sur les routes concernées.

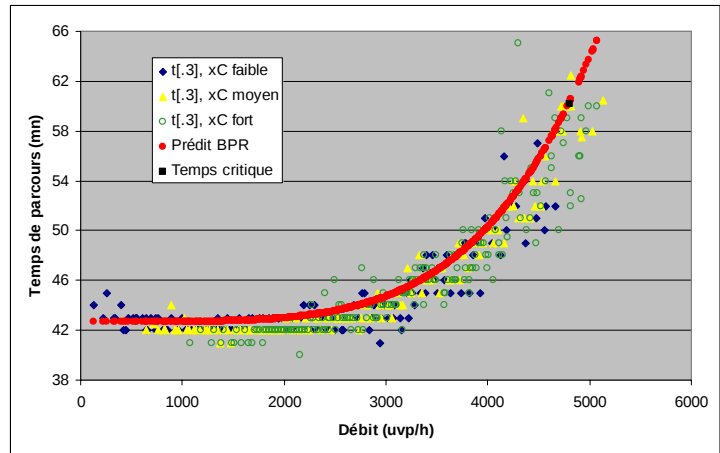
Sommaire

Définition	2
Notations	2
Calcul et mise en œuvre.....	3
Justification du calcul.....	4

Définition

Par définition, le facteur de concentration est le rapport entre le débit équivalent et le débit horaire moyen. Le débit horaire moyen est défini comme le trafic moyen journalier annuel (TMJA) divisé par 24. **Quant au débit équivalent, il s'agit d'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 débit-vitesse comme le débit horaire correspondant à un temps de parcours égal à la moyenne sur l'année des temps de parcours pondérés par les débits horaires.

Sur le graphique ci-contre, tiré du rapport technique du Sétra Fonctions temps-débit sur les autoroutes interurbaines¹, les couples temps de parcours et débits observés (classifiés en 3 catégories bleue, jaune et verte selon le débit PL observé) permettent de calibrer la courbe BPR² (en rouge) servant au calcul du débit équivalent. Il faut noter qu'on observe beaucoup plus de points dans la partie basse de la courbe que dans la partie haute. Par conséquent, la moyenne des temps de parcours observés ne sera pas la même que la moyenne de ces mêmes temps de parcours, pondérés par les débits qui leur sont liés.



Le débit équivalent dépend donc directement de la formulation de la courbe débit-vitesse ainsi que le facteur de concentration.

Par ailleurs, il faut souligner que le facteur de concentration n'est pas un outil permettant de caractériser la capacité ou une heure de pointe d'une route. En effet, il est par définition une grandeur reliant le TMJA aux conditions moyennes de trafic, remplaçant ainsi la connaissance des 8 760 heures de trafic par un seul débit horaire équivalent. **En conséquence, il n'est pas correct de l'utiliser pour d'autres calculs et notamment des calculs à capacité.** En clair, les facteurs de concentration ne doivent pas être utilisés pour calculer des pointes de trafic à partir du TMJA, ni des "capacités journalières" à partir des capacités horaires.

Notations

χ	facteur de concentration
χ_v	facteur de concentration des véhicules légers
χ_p	facteur de concentration des poids lourds
$N=8760$	nombre d'heures dans l'année
i	période horaire, entier allant de 1 à N
x_{vi}	effectif VL dans la période i
x_{pi}	effectif PL dans la période i
τ_{vi}	temps moyen de parcours VL pendant la période i
τ_{pi}	temps moyen de parcours PL pendant la période i
$\bar{X}_v$	débit horaire moyen annuel VL
$\bar{X}_p$	débit horaire moyen annuel PL

¹ Sétra, Fonction temps-débit sur les autoroutes interurbaines, Rapport technique, novembre 2001, ref. E0204

² BPR pour Bureau of Public Roads, ces courbes ont été définies dans la version de 1994 du Highway Capacity Manual (HCM), publié par le Transportation Research Board. Elles sont utilisées dans les "modules Sétra", logiciel de planification des infrastructures routières interurbaines.

$\tilde{X}_V$	débit horaire équivalent VL
$\tilde{X}_P$	débit horaire équivalent PL
$\alpha_V, \alpha_P, \gamma_V, \gamma_P$	coefficients des fonctions BPR VL et PL
e	coefficient d'équivalence
C	capacité
τ^*	temps critique unitaire (temps de parcours à capacité)
τ_{0V}	temps de parcours VL à vide unitaire
τ_{0P}	temps de parcours PL à vide unitaire

Calcul et mise en œuvre

Le facteur de concentration est propre à chaque tronçon de route. Pour la modélisation, il est donc préférable de renseigner ce paramètre tronçon par tronçon lorsque cela est possible. Les données nécessaires pour le calculer sont les débits horaires VL et PL séparés.

Avec les notations définies plus haut, on peut calculer le facteur de concentration VL en utilisant la formule ci-dessous. **Cependant, cette formule n'est valable que pour les routes modélisées avec une courbe débit-vitesse de type BPR.** Pour des routes modélisées avec d'autres types de courbes, il faut reprendre le calcul détaillé dans la suite de cette note.

$$\chi_V = \left(\sum_{i=1}^N \frac{X_{Vi}}{N * \bar{X}_V} \left(\frac{X_{Vi} + e * X_{Pi}}{\bar{X}_V} \right)^{\alpha_V} \right)^{1/\alpha_V} - e * \chi_P \frac{\bar{X}_P}{\bar{X}_V}$$

Cette formule nécessite la connaissance *a priori* du facteur de concentration PL. Celui-ci est généralement pris entre 1,1 et 1,5, les poids lourds roulant de manière assez homogène sur l'ensemble des heures d'une année. On pourra, selon le type de route, utiliser des facteurs de concentration PL dans les fourchettes du tableau ci-dessous.

Valeurs usuellement rencontrées :

Type de routes	χ_{VL} (min-max)	χ_{PL} (min-max)
Autoroutes à 2x3 voies	2,4 – 2,8	1,1 – 1,3
Autoroutes à 2x2 voies	2,3 – 3,0	1,1 – 1,3
Routes express à 2x2 voies	1,8 – 2,6	1,1 – 1,4
Routes bidirectionnelles à 2 voies	1,5 – 1,8	1,4 – 1,6

Ces valeurs sont données à titre indicatif. Il est possible de rencontrer localement, en raison d'un contexte particulier, des valeurs se trouvant en dehors de ces fourchettes. On constate de manière générale que :

- à % PL similaire, plus le TMJA est élevé, plus le χ_{VL} est faible,
- un χ_{VL} élevé est souvent lié à un %PL élevé,
- à proximité de grandes agglomérations, le χ_{VL} diminue.

Des feuilles de calcul compatibles aux formats Microsoft Excel et OpenOffice Calc dans lesquelles le calcul du facteur de concentration est déjà implémenté (pour les courbes BPR) sont associées à cette note d'information.

Un fichier contenant ces feuilles de calcul est associé en pièce jointe à ce PDF.

Justification du calcul

Les courbes BPR conduisent à exprimer les temps de parcours VL et PL pendant la période i avec les équations suivantes :

$$\tau_{Vi} = \tau_{0V} \left(1 + \gamma_V \left(\frac{X_{Vi} + e * X_{Pi}}{C} \right)^{\alpha_V} \right) \text{ et } \tau_{Pi} = \tau_{0P} \left(1 + \gamma_P \left(\frac{X_{Vi} + e * X_{Pi}}{C} \right)^{\alpha_P} \right) \text{ avec } \gamma_V = \frac{\tau^* - \tau_{0V}}{\tau_{0V}}$$

Les débits moyens annuels sont quant à eux donnés par les relations :

$$\bar{X}_V = \frac{TMJA_V}{24} = \frac{\sum_{i=1}^N X_{Vi}}{N} \text{ et } \bar{X}_P = \frac{TMJA_P}{24} = \frac{\sum_{i=1}^N X_{Pi}}{N}$$

En écrivant le temps de parcours moyen annuel des VL comme la moyenne des temps de parcours pondérés par les débits horaires, on obtient après calcul la formule suivante :

$$\bar{\tau}_V = \tau_{0V} + (\tau^* - \tau_{0V}) \sum_{i=1}^N \frac{X_{Vi}}{N * \bar{X}_V} \left(\frac{X_{Vi} + e * X_{Pi}}{C} \right)^{\alpha_V}$$

Par définition, le débit équivalent est le débit pour lequel le temps de parcours est égal au temps de parcours moyen annuel. On peut donc écrire les équations suivantes :

$$\tilde{\tau}_V = \tau_{0V} \left(1 + \gamma_V \left(\frac{\tilde{X}_V + e * \tilde{X}_P}{C} \right)^{\alpha_V} \right) = \bar{\tau}_V \text{ et } \tilde{\tau}_P = \tau_{0P} \left(1 + \gamma_P \left(\frac{\tilde{X}_V + e * \tilde{X}_P}{C} \right)^{\alpha_P} \right) = \bar{\tau}_P$$

Après calcul, on en déduit l'équation suivante :

$$\tilde{X}_V + e * \tilde{X}_P = \left(\sum_{i=1}^N \frac{X_{Vi}}{N * \bar{X}_V} (X_{Vi} + e * X_{Pi})^{\alpha_V} \right)^{1/\alpha_V} \quad (1)$$

$$\text{De même, avec l'équation PL, on obtient : } \tilde{X}_V + e * \tilde{X}_P = \left(\sum_{i=1}^N \frac{X_{Pi}}{N * \bar{X}_P} (X_{Vi} + e * X_{Pi})^{\alpha_P} \right)^{1/\alpha_P}$$

On obtient donc un système lié puisque le premier membre de chaque équation est identique. Or nous avons deux inconnues donc le système n'est pas solvable.

Le facteur de concentration est défini par $\chi_V = \frac{\tilde{X}_V}{\bar{X}_V}$

$$\text{Donc, à l'aide de l'équation (1), on peut écrire } \chi_V = \left(\sum_{i=1}^N \frac{X_{Vi}}{N * \bar{X}_V} \left(\frac{X_{Vi} + e * X_{Pi}}{\bar{X}_V} \right)^{\alpha_V} \right)^{1/\alpha_V} - e * \frac{\tilde{X}_P}{\bar{X}_V}$$

Or $\tilde{X}_P = \chi_P * \bar{X}_P$ donc si on se fixe χ_P que l'on fait varier entre 1,1 et 1,5 selon le type de route, on peut calculer χ_V avec la formule suivante :

$$\chi_V = \left(\sum_{i=1}^N \frac{X_{Vi}}{N * \bar{X}_V} \left(\frac{X_{Vi} + e * X_{Pi}}{\bar{X}_V} \right)^{\alpha_V} \right)^{1/\alpha_V} - e * \chi_P \frac{\bar{X}_P}{\bar{X}_V} \quad (2)$$

Une variation de χ_P entre 1 et 1,5 entraîne une variation de 0,2 au maximum de χ_V .

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 : 0938w – ISSN : 1250-8675

Le Sétra appartient
au Réseau Scientifique
et Technique
du MEEDDM

