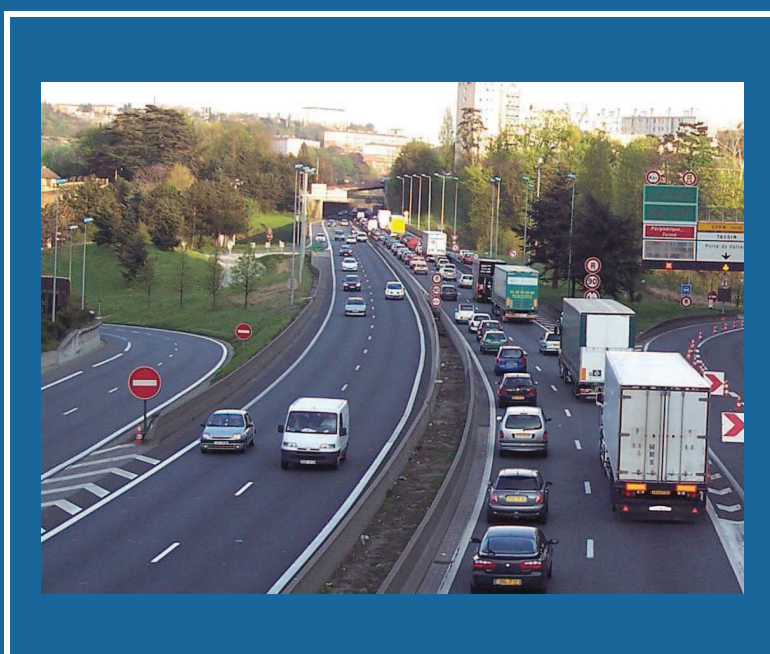


Niveaux de service de circulation des voies structurantes d'agglomération circulées à 90 ou 110 km/h

Direction régionale
de l'Équipement
Ile de France

Guide Méthodologique

■ Niveaux de service
de circulation des voies rapides
urbaines de type A ■



Guide méthodologique



Édition 2.2 du 2 août 2007

AVERTISSEMENT

Le présent guide lance les bases d'une harmonisation au niveau national pour déterminer la capacité¹ et les niveaux de service de circulation² des voies rapides urbaines à caractéristiques autoroutières³.

Issu du travail d'un groupe d'experts piloté par la DREIF, il s'inscrit dans la continuité des études menées entre 1997 et 2001 par un premier groupe piloté par le CERTU, qui avait élaboré puis testé une méthode de détermination sur la base d'un panel de 17 sites répartis sur le territoire national.

S'il paraît s'adresser aux spécialistes en analyse du trafic, leur fournissant :

- une méthodologie d'analyse et de diagnostic du fonctionnement et des conditions de circulation sur VRU,
- une démarche uniformisée pour estimer la congestion sur un réseau, autorisant ainsi des comparaisons entre sites,
- un référentiel actualisé des plages d'utilisation des différents profils en travers possibles sur voie rapide, essentiel pour le dimensionnement des
- projets neufs,

...il concerne une palette bien plus large d'acteur : les apports et les résultats issus du concept de NSC sont utiles aux maîtres d'ouvrages, planificateurs, concepteurs et exploitants.

En effet, l'utilisation des NSC, pour des voies existantes comme pour des voies en projet, donne une grille de lecture objective sur les conditions de circulation réelles ou prévisibles. Les NSC permettent d'orienter les choix d'investissement, de trier les infrastructures et de hiérarchiser les difficultés de circulation, aidant tant au dimensionnement qu'aux choix techniques pour des solutions d'exploitation et de gestion dynamique du trafic.

Le concept de NSC devrait s'intégrer dans le panel d'indicateurs tant pour les évaluations que pour les études socio-économiques ou les exigences des maîtres d'ouvrage dans leurs commandes. Pour atteindre cet objectif, il est nécessaire que l'ensemble de la communauté routière connaisse et utilise les NSC, et ce guide est là pour faire la démonstration de leur utilité. L'objectivité du concept NSC dépasse celui, actuellement largement utilisé, de vitesse, car la vitesse reste relative aux conditions géométriques et réglementaires spécifiques à un axe : les NSC permettent de s'en affranchir pour déceler le caractère subjectif des conditions de circulation ressenties par l'utilisateur.

Les recommandations données dans cet ouvrage sont basées sur les caractéristiques réelles des sites étudiés et leurs conditions réelles d'usage. Il convient donc de prendre toute précaution quant à l'utilisation et à la généralisation des résultats exposés, en particulier pour la programmation et

¹ La capacité représente le débit maximum que peut écouler durablement une voie dans des conditions normales de circulation : elle est représentative de ses caractéristiques physiques et de ses conditions d'usage.

² Le niveau de service caractérise les conditions de circulation rencontrées par les usagers d'une chaussée dans un même sens à un instant donné : il peut être illustré par la vitesse moyenne du flot de véhicules et par le débit écoulé.

³ « voie rapide urbaine », souvent notée « VRU », désigne les infrastructures à statut d'autoroute ou de voie express en milieu urbain, dont les fonctions de transit et d'échanges sont prépondérantes.

la conception de projets nouveaux. Il est notamment nécessaire d'intégrer le contexte spécifique du projet, ses objectifs particuliers et la réglementation en vigueur.

⁴ Par « voie rapide urbaine » on désigne les infrastructures à statut d'autoroute ou de voie express en milieu urbain dont les fonctions de transit ou d'échanges sont prépondérantes.

⁵ La capacité représente le débit maximum que peut écouler durablement une voie dans des conditions normales de circulation : elle est représentative de ses caractéristiques physiques et de ses conditions d'usage.

⁶ Le niveau de service caractérise les conditions de circulation rencontrées par les usagers d'une chaussée dans un même sens à un instant donné : il peut être illustré par la vitesse moyenne du flot de véhicules et par le débit écoulé.

Contributions

Groupe de travail • • • Rédaction • Ce guide méthodologique a été rédigé dans le cadre d'un groupe de travail piloté par P. FARRAN puis par R. RIOUFOL, IGPC Routes, et constitué des personnes suivantes : • •

Logo • Entité • Nom • •  République Française
 • •  • DREIF

Pôle Déplacement • B. ROUX • •  • INRETS • S.

COHEN • •  • CERTU • J-P. LHULLIER

J. NOUVIER • •  République Française •  République Française
 • •  • DIRIF • J-F. HEYLLIARD • •  • DREIF

Pôle RST • C. JOUSSELIN • •  • LEE • C. LANCELIN
 M.Y. ZHANG • •

Participation • Ont été consultés, sur la version « avant édition », les personnes suivantes que nous remercions pour leur avis :

J. NOUVIER (CERTU),
 F. POUPARD (DIRIF),
 J-M. PONT (DIRIF)
 J-M. LE-DIEU-DE-VILLE (DIRIF),
 F. BERTRAND (DREIF),
 S. CARPENTIER (DREIF). • •

Historique des versions du document

Version	Auteurs	Commentaire
V1.0	C. Lancelin, MY Zhang	Guide Chapitre 1, 2 et ébauche du 3 Date : 10/05/2006/
V1.1	C. Lancelin, MY Zhang	Guide Chapitre 1, 2 corrigés suites aux remarques de la réunion N°3, chapitre 3 Date : 01/06/2006
V1.2	C. Lancelin, MY Zhang	Guide Chapitre 1, 2 corrigés suites aux remarques de la réunion N°4, chapitre 3 et draft de 4 Date : 21/06/2006
V1.3	C. Lancelin, MY Zhang	Guide Chapitre 1, 2, 3 corrigés suites aux remarques de la réunion N°5, chapitre 3 et draft de 4 Date : 13/07/2006
V1.4	C. Lancelin, MY Zhang	Guide Chapitre 1, 2, 3 chapitre 4 corrigé suite aux remarques de la réunion de travail du 24/07/2006 et draft de 5 Date : 25/07/2006
V1.5	C. Lancelin, MY Zhang	Guide Chapitre 1, à 4 corrigés suite aux remarques de la réunion du 06/09/2006 et proposition de 5 Date : 7/9/2006
V2.0	C. Lancelin, MY Zhang	Version finale 2.0 Date : 20/11/2006
V2.1	C. Lancelin, MY Zhang	Version finale réajustée suite aux remarques des relecteurs Date : 12/02/2007
V2.2	C. Lancelin, MY Zhang	Version finale réajustée suite aux remarques des relecteurs Date : 02/08/2007

Affaire suivie par :

Bruno ROUX

DREIF - Pôle Déplacements

Mission Cohérence et Sécurité des Réseaux

tél. 01 40 61 81 00, fax 01 40 61 81 61

bruno.roux@equipement.gouv.fr

Liste des abréviations

Abréviation	Désignation
CERTU	Centre d'Etudes sur les Réseaux les Transports et L'Urbanisme
CGPC	Conseil Général des Ponts et Chaussées
DIT	Division des Infrastructures et des Transports
DIV	Distance Inter-Véhiculaire
DGR	Direction Générale des Routes
DIRIF	Direction Interdépartementale des routes d'Ile-de-France
DREIF	Direction Régionale d'Equipement d'Ile-de-France
FPI	Facteur de Pointe Instantanée
HCM	Highway Capacity Manual
ICTAVRU	Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Voies Rapides Urbaines
INRETS	Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité
LOS	Level Of Service
NSC	Niveau de Service de Circulation
PL	Poids Lourds
SIER / SISER	Service Interdépartemental d'Exploitation Routière (ancienne appellation du SISER)
TIV	Temps Inter Véhiculaire
TMJ	Trafic Moyen Journalier
UVP	Unité de Véhicules Particuliers
VP	Véhicules Particuliers
VRU	Voie Rapide Urbaine

Sommaire	pages
Introduction	8
Première partie : quelques notions d'ingénierie du trafic.....	13
Caractéristiques géométriques des voies rapides urbaines de type A.....	14
Caractéristiques du trafic.....	16
Capacité	24
Niveaux de Service de Circulation (NSC)	26
Deuxième partie : caractérisation des NSC des VRU de type A.....	27
Préparation des données trafic	28
Caractérisation du trafic	34
Caractérisation de l'écoulement	37
Troisième partie : analyse et synthèse	48
Les sites étudiés et les données de trafic utilisées	49
Analyse et synthèse des résultats	50
Quatrième partie : conclusions	61
Une méthodologie avérée	62
Quelques résultats.....	63
Des perspectives	64
Références	65
Annexe 1 : Recommandation pour la mise à jour de l'abaque de la page 53 de l'ICTAVRU.....	66
Annexe 2 : Fiches descriptives des sites analysés.....	68
Table des matières	70
Informations légales	73

Introduction

Enjeux

Capacité

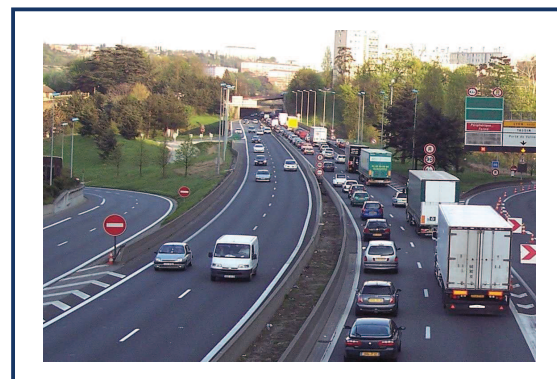
La capacité représente le débit maximal que peut écouler durablement une voie de circulation dans des conditions de trafic normales : elle est représentative des caractéristiques physiques et des conditions d'usage de cette voie.

Niveaux de Service de Circulation

Le niveau de service désigne les conditions de circulation rencontrées par les usagers d'un sens de circulation à un instant donné.

Il est caractérisé essentiellement par la vitesse moyenne du flot et le débit écoulé.

Le linéaire et les trafics des réseaux de voies rapides, autrement dit offre et demande, ont fortement augmenté ces dernières années autour des grandes agglomérations françaises. Ces voies jouent un rôle important de structuration du territoire et de soutien du développement économique en zone urbaine.



Voies Rapides Urbaines de Lyon

Les voies rapides urbaines (VRU) facilitent la circulation des biens et des personnes entre les différents secteurs du milieu urbain dense qu'elles desservent. Elles assurent également la connexion du tissu urbain avec les grandes liaisons interurbaines structurantes du pays. Leur déploiement s'accompagne également, tout au long de leur tracé, de la création de nombreuses zones d'activités économiques qui intègrent la voie rapide dans leur propre stratégie de développement.

Dans ce contexte, l'élaboration des programmes d'infrastructures, leur dimensionnement au plus près des besoins pour contenir les coûts et minimiser l'impact foncier, et l'optimisation du fonctionnement de ces réseaux pour réduire la congestion, constituent des préoccupations majeures des autorités en charge de la programmation comme de l'exploitation.

Pour ce faire, concepteurs et exploitants s'appuient sur des éléments techniques et réglementaires afin de cerner les besoins en capacité, confort et sécurité de circulation sur des liaisons à construire ou à gérer :

- en termes de capacité : le manuel américain sur la capacité des routes (HCM, highway capacity manual), référence mondiale, offre un cadre méthodologique mais est en décalage avec les spécificités françaises : géométrie du réseau, parc automobile, comportements...

Inspirée du HCM de 1965, l'Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Voies Rapides Urbaines (ICTAVRU) fournit un abaque empirique permettant de dimensionner un profil en travers en fonction des trafics d'une route. Avec l'évolution du parc automobile, des comportements de conduite, facteurs impactant fortement la capacité constatée, cet abaque déjà ancien doit être actualisé. Sa mise à jour, objet de ce guide, est aussi l'occasion d'introduire le concept de niveaux de service de circulation.

- en termes de confort : l'approche par niveaux de service de circulation (NSC) permet d'étalonner et qualifier les conditions de circulation rencontrées par l'utilisateur, caractérisées notamment par la vitesse, la facilité de conduite et la stabilité du temps de parcours pour un itinéraire considéré.

- en termes de sécurité : entrée en vigueur le 1^{er} janvier 2001, une disposition du Code de la Route impose sur tout le territoire national, un intervalle de 2 secondes entre l'arrière d'un véhicule et l'avant du véhicule qui le suit, quelle que soit leur vitesse respective. Une application stricte de cette disposition impacterait significativement la capacité des VRU.

Introduction (suite)

Problématique du présent guide

Contexte Pour définir une référence méthodologique sur le Niveau de Service en Circulation des voies rapides, un groupe de travail⁴ piloté par le CERTU a mené des travaux et réflexions depuis 1997.

L'objectif principal de la recherche était de mieux appréhender, à partir de mesures fournies par les recueils permanents de données sur les réseaux existants, les niveaux de service de circulation observés sur un panel de voies rapides, pour moitié en Ile-de-France et pour moitié en province.

Les études ont permis la définition d'une méthodologie et son application sur des sites représentatifs. La rédaction du présent manuel, synthèse de ces premiers travaux, permet de disposer d'un ouvrage pratique, de valoriser les travaux, d'en tirer des enseignements plus généraux et de diffuser la méthode d'analyse. Ces conclusions pourront également s'intégrer dans une prochaine révision de l'ICTAVRU.

Objectifs Le présent guide constitue un premier ouvrage sur le thème des niveaux de service de circulation des VRU à caractéristiques autoroutières. Il est une aide aux maîtres d'ouvrages routiers dans les choix d'investissement et de dimensionnement, et aux exploitants sur les mesures à mettre en œuvre, en fournissant :

- une méthodologie robuste d'analyse et de diagnostic du fonctionnement et des conditions de circulation des VRU,
- un référentiel des plages d'utilisation⁵ des différents profils en travers d'une VRU, de 2x2 à 2x5 voies.

En résumé, l'absence d'une référence actualisée et d'une harmonisation des pratiques des exploitants au niveau national a conduit le ministère des transports à produire ce guide qui offre des méthodes éprouvées pour l'évaluation de la capacité et des niveaux de service des VRU, afin de :

- caractériser le fonctionnement des VRU existantes,
- optimiser les conditions de leur exploitation,
- tirer les enseignements nécessaires pour la programmation et la conception de nouvelles infrastructures.

⁴ Groupe de travail constitué de : DR, DREIF (DIT, SIER), CERTU, INRETS, CGPC

⁵ L'annexe n°1 esquisse un argumentaire technique de référence pour dimensionner des projets neufs, réactualisant l'abaque de la page 53 de l'ICTAVRU, relatif au domaine d'utilisation d'un profil en travers.

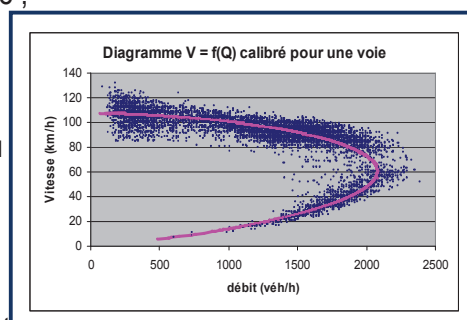
⁷ Groupe de travail constitué de : DR, DREIF (DIT, SIER), CERTU, INRETS, CGPC

Introduction (suite)

Problématique du présent guide (suite)

Contenu du guide Le guide est structuré comme suit :

- l'introduction décrit le cadre dans lequel s'inscrit le guide : les études initiales, le contexte, les enjeux et les apports d'une démarche NS,
- la première partie donne le cadre méthodologique : en rappelant quelques notions fondamentales d'ingénierie du trafic, elle permet de préciser les concepts utilisés dans la suite ;
- la deuxième partie, illustrée d'exemples numériques et graphiques et de résultats concrets, décrit la démarche de détermination de la capacité et du niveau de service de circulation : traitement des données ; détermination de la capacité par deux méthodes, l'une basée sur l'analyse du trafic, l'autre sur le calibrage du diagramme fondamental (figure ci-contre), classification en niveaux de service,
- la troisième partie présente les résultats de l'application de la méthodologie aux 17 sites du panel d'étude, une analyse comparative approfondie et des enseignements de portée générale,
- la conclusion expose les principaux enseignements tirés de l'étude et ouvre des perspectives d'approfondissement du champ de la réflexion.



Limites du guide Le présent guide ne permet pas de répondre à tous les besoins, du fait de la complexité du sujet qui nécessite encore des études et des recherches.

Se basant sur les études débutées en 1997, où les sites retenus ne prenaient pas en compte l'influence des accès, ni ne permettaient de connaître la composition du trafic, les résultats fournis se limitent :

- aux sections courantes de VRU, non soumises à l'influence des accès et sans caractéristiques contraignantes ;
- à la prise en compte de débits exprimés en véhicules par heure, sans considération des catégories de véhicules. La capacité issue de la méthode est néanmoins accompagnée de l'information « taux de poids lourds » lorsqu'elle est disponible.

Enfin, ce guide aborde la notion de capacité « nominale », c'est à dire la capacité relevée dans les conditions idéales de circulation. Cette capacité ne reflète donc pas les conditions réelles de circulation rencontrées sur le réseau qui, sinon, intègreraient tout un ensemble d'événements perturbateurs : météo dégradée, incidents et accidents de la circulation.

Introduction (suite)

Apport d'une démarche capacité et Niveaux de service de circulation

Dans la définition des programmes des projets routiers et pour l'exploitation des routes, il est important de tenir compte de l'aptitude de ces infrastructures à écouler le trafic.

De ce point de vue, capacité et niveaux de service de circulation sont les instruments permettant la mesure de l'efficacité d'une VRU.

L'accès à la capacité et aux niveaux de service de circulation requiert une connaissance précise des caractéristiques du trafic et de son écoulement.

Mais ce pré-requis ne suffit pas ; il manque en France une méthodologie élaborée sur le sujet. Le guide répond à ce manque : la méthode exposée ici, appliquée sur 17 sites choisis autour de grandes agglomérations françaises, permet de dégager des enseignements généraux sur les VRU françaises.

L'analyse faite illustre également que le concept de NSC présente le grand intérêt de constituer un ensemble de références dégagé des particularités locales : il permet d'apprécier comment est utilisée une VRU mais également de comparer son rendement par rapport à une autre, quelles que soient ses caractéristiques et ses conditions d'exploitation.

Enfin, l'usage de cartographies du réseau routier figurant les états instantanés du trafic dans les salles d'exploitation des PC routiers et sur sites Internet a tendance à se généraliser. Cela nécessite une harmonisation de la définition des variables et des seuils employés pour la définition de ces états de trafic. En effet, l'utilisation actuelle de seuils absolus de vitesse, différents d'un exploitant à un autre, et indépendants des sections autoroutières considérées, introduit des erreurs d'appréciation sur l'état réel de la circulation et biaise les analyses comparatives entre sites.





La méthode d'évaluation décrite ici prend en compte l'ensemble des conditions locales de circulation (profil des chaussées, limitation de vitesse, habitudes particulières des usagers...) pour en déduire les seuils de fonctionnement réels de la section.

L'adoption d'une définition unique des niveaux de service, partagée par tous les acteurs de la route, permet de s'affranchir de toute considération subjective pour l'évaluation de l'état du trafic. Elle est applicable sur n'importe quel site, indépendamment de son usage et de ses contraintes d'exploitation. Elle fournit aussi une méthode uniformisée pour estimer la congestion sur un réseau, et autorise ainsi des comparaisons.



Autoroute A1 - Roissy

Première partie : quelques notions d'ingénierie du trafic

Première partie : quelques notions d'ingénierie du trafic	
Deuxième partie : caractérisation des NSC des VRU de type A	
Troisième partie : analyse et Synthèse	
Conclusions	

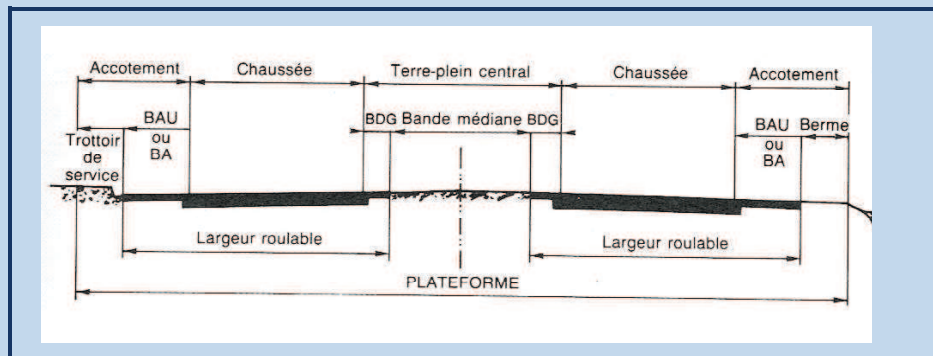
Cette partie rappelle quelques notions fondamentales
d'ingénierie du trafic.
Elle permet de préciser les concepts utilisés dans la suite de ce guide.

Caractéristiques géométriques des voies rapides urbaines de type A

Profil en travers

Le profil en travers est une coupe transversale d'une route, perpendiculairement à son axe longitudinal.

La figure ci-dessous présente les éléments constitutifs du profil en travers de la plateforme d'une voie rapide urbaine à caractère autoroutier. On rappelle succinctement dans ce qui suit certains d'entre eux. La description détaillée des éléments constitutifs de la plateforme est à consulter dans l'ICTAVRU.



Profil en travers d'une voie rapide

Chaussée

La chaussée, au sens géométrique du terme, est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent normalement les véhicules. Une VRU de type A est composée d'au moins deux voies par sens de circulation. Normalement, chaque voie doit avoir une largeur de 3,5 m.

Voie de circulation

Bande de chaussée affectée à une file de circulation.

Terre plein central (TPC)

Pour les VRU de type A, le terre plein central (TPC) est composé d'une bande médiane bordée de chaque côté par une bande dérasée gauche (BDG). La bande médiane n'est pas circulaire. Pour des raisons de visibilité et de confort, l'ICTAVRU recommande d'adopter une largeur de BDG de 1 m.

Bande d'arrêt d'urgence (BAU) ou bande d'arrêt (BA)

Il s'agit de la partie droite de la chaussée interdite à la circulation et réservée à l'arrêt urgent des véhicules et à la circulation des véhicules de secours. Une VRU de type A comporte normalement une Bande d'Arrêt (BA) ou Bande d'Arrêt d'Urgence (BAU) d'une largeur de 2 m, de 2,5 m ou de 3 m.

Caractéristiques géométriques des VRU de type A (suite)

Point d'échanges (entrées/sorties)

Un point d'échange est l'intersection entre la section courante et une voie permettant l'accès ou la sortie des véhicules. Dans le cas d'une voie à caractère autoroutier, et sauf cas exceptionnel, la distance entre les points d'échanges devrait être toujours supérieure à 1 km. Une distance inférieure caractérise une voie dont le rôle urbain est prépondérant (échange et distribution).

Profil en long

Le profil en long est une coupe longitudinale sur laquelle sont reportées les valeurs des pentes et des rampes, ainsi que les rayons des sommets de côtes et des points bas. Une rampe a pour effet de ralentir sensiblement les poids lourds. Lorsque leur vitesse devient nettement inférieure à celles des autres usagers, les perturbations causées par ces différences de vitesse (files moins bien occupées, nécessité de doubler) font chuter les débits que l'infrastructure pourrait écouler.

Caractéristiques du trafic

Débit

Il définit la répartition des véhicules dans le temps. Le débit, en un point de la route, correspond au nombre de véhicules passant en ce point pendant une période de temps donnée.

Les trois indicateurs suivants sont couramment utilisés pour caractériser le débit :

- trafic moyen journalier annuel : TMJA (véh/j),
- débit de l'heure de pointe (véh/h) : débit de l'heure la plus chargée de la journée,
- trafic moyen journalier des jours ouvrables (véh/j).

Facteur de pointe instantanée (FPI)

Il désigne le rapport du débit de l'heure de pointe au maximum de l'intensité horaire atteinte pendant une durée de base (6mn, 12mn, 15mn,...) comprise dans la même heure.

Ainsi, sur un site, on a enregistré un débit horaire de 10 802 véhicule/heure durant l'heure de pointe et un débit maximum 12 minutes de 11 418 véhicule/heure durant cette heure. Alors, le FPI vaut $10\,802/11\,418 = 0,946$.

Le FPI caractérise les variations du débit au cours d'une même heure.

Les valeurs faibles du FPI impliquent une plus grande variabilité du débit pendant l'heure de pointe.

Coefficient d'équivalence

Le trafic est supposé composé de plusieurs catégories de véhicules telles que des voitures particulières, notées VP, des poids lourds, notés PL, des autocars, ...

La voiture particulière est considérée comme la catégorie de référence. Le coefficient d'une catégorie de véhicule par rapport à la catégorie de référence désigne le nombre de voitures particulières que représente chaque véhicule de cette catégorie dans des conditions d'aménagement et de circulation données.

Si le trafic est composé des seuls VP et PL, le débit en unité de voitures particulières par heure, notée u_{vp}/h ($Q_{u_{vp}}$) est obtenu par la formule suivante (cf. référence []) :

$$Q_{u_{vp}} = Q [1 + (e - 1)p]$$

avec :

- Q_{vp} : débit en u_{vp}/h Q : débit total toutes catégories en véh/h
- e : coefficient d'équivalence des PL en unités de voitures particulières p : proportion de poids lourds.

La formule peut être généralisée à plusieurs catégories de véhicules.

Caractéristiques du trafic (suite)

Vitesses

- Vitesse instantanée** La vitesse instantanée est la vitesse d'un véhicule à l'instant précis où il passe en un point de la route.
- Vitesse moyenne dans le temps (vitesse locale)** La vitesse moyenne dans le temps est la moyenne arithmétique des vitesses instantanées de tous les véhicules passant en un point de la route, pour une durée déterminée.
- Vitesse moyenne dans l'espace** La vitesse moyenne dans l'espace est la moyenne harmonique des vitesses⁶ des véhicules circulant sur une ou plusieurs voies de circulation d'une section de route à un instant donné.
- Vitesse limite autorisée** Il s'agit de la vitesse maximale considérée pour établir un projet de route et en fixer certaines caractéristiques géométriques comme la courbe, le dévers et la distance de visibilité dont dépend la sécurité et la stabilité des véhicules en mouvement.
Il s'agit d'une vitesse par laquelle la route est conçue pour garantir le niveau de service de circulation et le niveau de sécurité.

Concentration (K ou densité)

Elle définit la répartition des véhicules dans l'espace. La concentration (ou densité) sur une section de route, à un instant donné, désigne le nombre de véhicules présents sur la section par voie ou par chaussée. Elle s'exprime en nombre de véhicules par kilomètre, notée véh/km/voie ou chaussée.

Taux d'occupation (TO)

Le taux d'occupation (TO) est une proportion du temps durant laquelle un point de la chaussée est occupé par la présence des véhicules durant une période d'observation. Il s'exprime en pourcent. Durant une période d'observation T, on désigne par t_i le temps de présence du véhicule i en un point de la route : $TO = (\sum t_i) / T$.

Cette variable est aujourd'hui couramment employée dans le domaine de l'exploitation.

Relation entre concentration (K) et taux d'occupation (TO)

Le taux d'occupation (TO) est lié à la concentration (K) par la relation suivante :

$TO = (L + \ell) K$ avec :

- TO = taux d'occupation mesuré par boucle électromagnétique,
- L = longueur moyenne des véhicules,
- ℓ = longueur de la boucle de mesure.

⁶ La moyenne harmonique des vitesses est calculée de la manière suivante : $\frac{1}{V(t)} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{V_i(t)}$, avec V(t) : vitesse moyenne dans l'espace à l'instant t, $V_i(t)$: vitesse du i^{ème} véhicule à l'instant t.



Caractéristiques du trafic (suite)

Distance inter véhiculaire

Elle désigne, à un instant donné, l'espace séparant l'avant (ou l'arrière) de 2 véhicules successifs sur une même voie.



Distance inter véhiculaire – Autoroute A4 PR7.05

Temps inter véhiculaire

Il désigne la durée de temps séparant le passage de l'avant (ou de l'arrière) de 2 véhicules successifs, sur une même voie de circulation.

Ces deux variables microscopiques sont fréquemment utilisées pour :

- des études de sécurité routière,
- des dispositifs de régulation d'intervalles et anticollisions,
- des études de composition du trafic et de calcul de coefficient d'équivalence,
- des calculs de capacité.

Intervalle de 2 secondes du Code de la Route

Selon le Code de la Route en vigueur, un conducteur doit observer un écart correspondant à un "délai d'au moins deux secondes" avec le véhicule qui le précède sur l'ensemble du réseau routier (à ne pas confondre avec un temps inter-véhiculaire).

Liens entre les variables microscopiques et macroscopiques

Sous l'hypothèse d'un trafic homogène et stationnaire :

- le débit (Q) et le temps inter-véhiculaire (TIV) sont inverses l'un de l'autre,

$$Q = 3600/TIV$$
 (avec : Q en véh/h, TIV en secondes/véh),
- la concentration (K) et la distance inter-véhiculaire (DIV) sont inverses l'une de l'autre,

$$K = 1000/DIV$$
 (avec : K en véh/km, DIV en m/véh).

Relation fondamentale

Par analogie hydrodynamique, la vitesse moyenne d'un flot de véhicules dans l'espace est définie par : $V = Q / K$.

La relation $Q = V \cdot K$ s'appelle relation fondamentale d'équilibre.

Diagramme fondamental

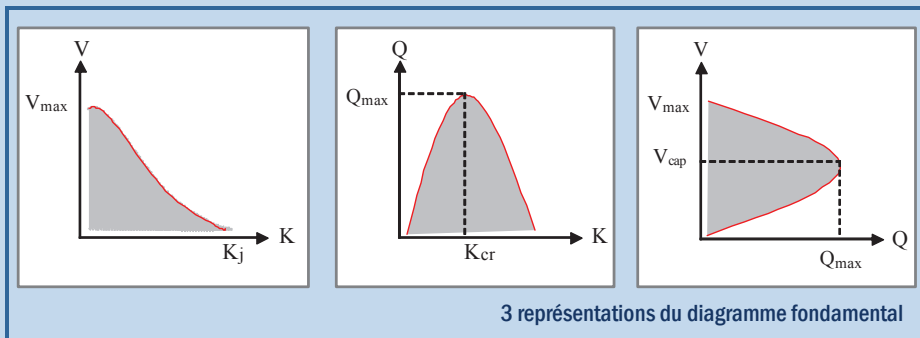
L'écoulement du trafic peut être modélisé selon des relations liant le débit à la vitesse moyenne ou au taux d'occupation. La vitesse moyenne (V) est une fonction monotone décroissante de la concentration (K). Cette hypothèse s'appelle hypothèse du diagramme fondamental. Ce dernier est représenté par la relation

$V = f(K)$ (voir figure de gauche ci-dessous). A partir de la relation : $Q = V \cdot K$, le diagramme fondamental peut être représenté par $Q=f(K)$ ou $V = f(Q)$.



Caractéristiques du trafic (suite)

Diagramme fondamental (suite)



Caractéristiques du diagramme fondamental

Sur la courbe débit-concentration (diagramme du milieu), la première partie de la courbe correspond à l'état de circulation fluide. Le débit augmente avec la concentration jusqu'à une certaine valeur K_{cr} appelée *concentration critique*.

Le niveau de débit correspondant à cette concentration traduit la *capacité* au point considéré, c'est-à-dire le débit maximal (Q_{max}) susceptible d'être écoulé. Au delà de ce seuil critique, si la concentration continue d'augmenter, le débit lui, se met à régresser. Le trafic présente alors une certaine instabilité. Ainsi, un même débit correspond à deux valeurs bien distinctes de la concentration, selon que la circulation est fluide ou saturée.

Dans le plan débit-vitesse, V_{max} est aussi appelée « vitesse libre » et correspond à la vitesse de circulation à débit faible.

La vitesse critique V_{cap} (ou vitesse optimale) est la vitesse correspondant au débit de capacité.

Modèle de diagramme fondamental

En pratique, de façon générale, l'un des deux modèles : puissance généralisée et exponentielle généralisée représente bien le diagramme fondamental des VRU.

Ces deux modèles s'expriment respectivement par les fonctions suivantes entre vitesse (V) et concentration (K) :

- modèle puissance généralisée : $V = f(K) = a + b \cdot K^\alpha$
- modèle exponentielle généralisée :
 $V = f(K) = a \cdot \exp(-b \cdot K^\alpha)$

pour lesquelles a , b et α sont des paramètres à déterminer.

Ces fonctions à 3 paramètres de base généralisent de nombreux diagrammes fondamentaux particuliers :

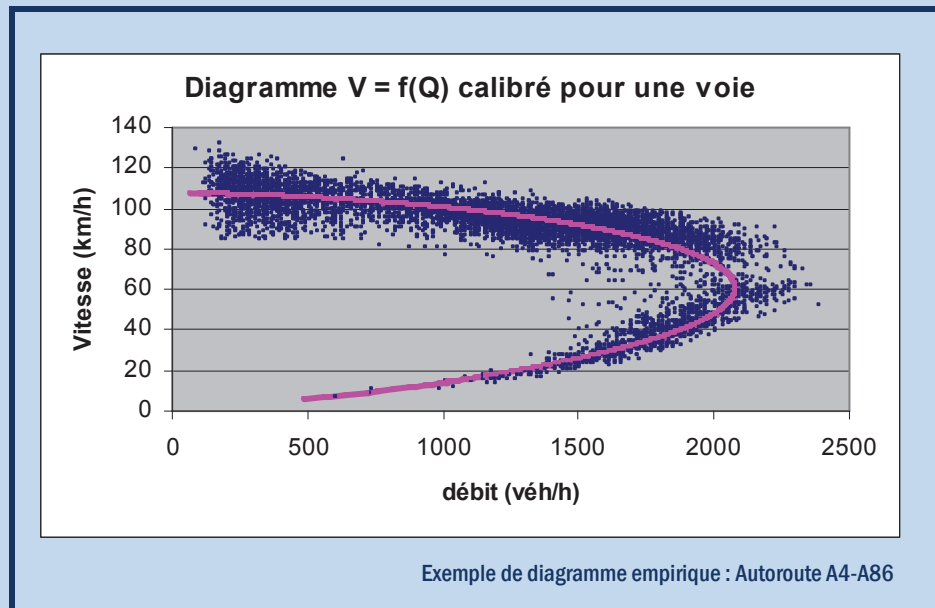
- linéaire de Greenshields : $V = a K + b$ et $q = a K^2 + b K$;
- exponentiel de Underwood : $V = a \cdot \exp(b \cdot K)$;
- exponentiel de May : $V = a \cdot \exp(b \cdot K^2)$.



Caractéristiques du trafic (suite)

Diagramme empirique En pratique, le diagramme est élaboré à partir de données expérimentales directement recueillies sur le terrain.

La figure suivante est un exemple d'un diagramme empirique.



Le calibrage du diagramme fondamental à partir des mesures réelles permet d'estimer les principaux seuils décrits plus haut.

Capacité

Capacité nominale

La capacité nominale est définie comme le nombre maximal de véhicules pouvant être écoulé pendant un intervalle de temps de référence dans des conditions optimales de circulation : circulation continue, loin des échangeurs, faible déclivité, chaussée sèche, sans incident,...

Capacité pratique en un point d'une route

Elle est définie comme le nombre maximal de véhicules :

- pouvant être écoulé en un point du réseau,
- pendant un intervalle de temps de référence, en général l'heure,
- en fonction des caractéristiques existantes :
 - géométrie : nombre de voies, largeur des voies, présence de BAU, pente du profil en long, ...
 - environnement : urbain, périurbain, interurbain,
 - facteurs météorologiques, conditions de visibilité,
 - composition du trafic (VP, PL, ...),
 - nature des déplacements : domicile travail, migrations de loisir,
 - conditions d'exploitation.

La capacité pratique est obtenue à partir de la capacité nominale à laquelle on applique des coefficients réducteurs liés aux facteurs énumérés ci-après.

Capacité pratique d'un itinéraire routier

La capacité pratique d'un itinéraire routier, sans entrée ni sortie, est le minimum des capacités ponctuelles le long de l'itinéraire.

Débit de dimensionnement

Le débit de dimensionnement habituellement utilisé par les concepteurs d'infrastructure (quelquefois appelé également capacité de dimensionnement) pour la planification à long terme ou lors de l'élaboration de nouveaux projets, correspond à une valeur de débit horaire maximal qu'un type d'aménagement de VRU peut écouler à un niveau de service donné. Il tient compte des contraintes réglementaires et des nuisances à l'écoulement du trafic (météo, incidents).

En pratique, il est nécessaire, pour déterminer le débit de dimensionnement de chaque type d'aménagement, d'appliquer des facteurs de correction sur la capacité nominale.

Le débit de dimensionnement est donc toujours inférieur à la capacité nominale.

Capacité (suite)

Facteurs agissant sur la capacité

Les facteurs suivants agissent sur la capacité d'une VRU :

- géométrie :
 - nombre de voies, largeur des voies,
 - présence de bande d'arrêt d'urgence (BAU) et bande dérasée de gauche (BDG),
 - profil en long,
 - courbure,
- nature des déplacements :
 - migrations alternantes,
 - mobilité de loisirs,
- composition du trafic :
 - poids lourds, autocars, caravanes,
- mesures d'exploitation :
 - régulation d'accès,
 - régulation des vitesses,
 - limitation et contrôle de vitesse,
 - gestion des incidents,
- conditions météorologiques,
- facteurs d'évolution :
 - parc automobile et comportements des usagers.



N13 - Paris

Niveaux de Service de Circulation (NSC)

Le concept du NSC

Le niveau de service d'une infrastructure est un concept global qui permet de classer les conditions de circulation que rencontrent les usagers de l'ensemble de la chaussée pour un sens de circulation donné.

Les critères discriminants pour classer les niveaux de service sont non seulement la vitesse, mais aussi la liberté de manœuvrer et la distance séparant les véhicules. Ces deux derniers facteurs sont intimement liés à la concentration des véhicules sur la chaussée, donc au taux d'occupation.

D'une manière générale, le niveau de service de circulation (NSC) d'une route est une mesure qualitative de l'effet d'un grand nombre de paramètres qui combinent :

- des objectifs individuels comme la vitesse et le temps de parcours, les interruptions de trafic, la liberté de manœuvre, la sécurité, le confort, la commodité de conduite, ...
- des objectifs collectifs comme le rendement, les coûts d'exploitation, la pollution, le bruit, la congestion, les économies d'énergie, ...

Facteurs à prendre en considération pour évaluer le NSC

Parmi les facteurs à prendre en considération pour évaluer le NSC, on citera :

- la vitesse et le temps du parcours (y compris leur régularité),
- les interruptions ou contraintes de la circulation,
- la sécurité,
- le confort et l'aisance de la conduite,
- l'économie,
- l'environnement,
- la réglementation.

Idéalement, il serait souhaitable que tous ces facteurs soient utilisés dans l'évaluation d'un NSC. Mais on ne dispose pas de méthodologie adéquate pour déterminer les valeurs ou l'importance relative de certains des 7 facteurs énumérés.

On trouvera, dans la suite de ce document, la méthodologie retenue pour évaluer les niveaux de service sur les voies rapides françaises.

Deuxième partie : caractérisation des NSC des VRU de type A

Première partie :
quelques notions d'ingénierie du trafic



Deuxième partie :
caractérisation des NSC des VRU de type A



Troisième partie :
analyse et Synthèse



Conclusions



Cette partie décrit la démarche présentant les différentes séquences de l'évaluation de la capacité et du niveau de service de circulation.

Après une étape de qualification des données, cette partie aborde la méthode de détermination de la capacité via l'analyse du trafic.

Puis, elle aborde une seconde estimation de la capacité à travers le calibrage du diagramme fondamental qui permet la classification en niveaux de service.

La démarche NSC et la méthode exposée sont présentées étape par étape au travers de résultats concrets tirés d'un des sites étudiés sous formes numériques et graphiques.

Préparation des données trafic

Objectif

Il s'agit de constituer un échantillon représentatif de données pour évaluer la capacité et le Niveau de Service en Circulation.

En pratique, 30 jours valides s'avèrent suffisants.

Etape 1 : Recueil de données de trafic brutes

Pour un site à étudier et par sens de circulation, la première étape consiste à recueillir :

- des données de trafic (débit, taux d'occupation et vitesse, pourcentage ou nombre de PL),
- par intervalle de 6 minutes (intervalle couramment utilisé),
- par voie (dans le cas d'une étude par voie) et pour la chaussée.

Etape 2 : Présélection des jours

La seconde étape consiste à présélectionner, à partir des périodes de recueil de données brutes, des jours présentant des conditions de circulation homogène vis à vis des critères suivants :

- jours ouvrables avec une demande suffisante (permettant d'atteindre la capacité),
- sans perturbation (accident, travaux, ...),
- hors vacances scolaires,
- avec des conditions météorologiques non perturbées : absence de forte pluie, neige, brouillard, vent violent.

Etape 3 : Qualification des données brutes

Cette étape consiste à évaluer la qualité des données des jours présélectionnés par l'intermédiaire d'un diagnostic. Chaque mesure élémentaire du trafic (Q, V, TO) mesurée par des boucles électromagnétiques est analysée pour détecter les incohérences pouvant caractériser un éventuel dysfonctionnement de la chaîne de recueil.

La qualité de ces données est évaluée par application de tests élémentaires permettant de vérifier la cohérence des 3 données mesurées pour chaque point

de mesure. Il s'agit des tests suivants :

- données manquantes,
- surcomptage,
- survitesse,
- débit nul,
- vitesse nulle,
- débit et vitesse incompatibles,
- débit et TO incompatibles,
- test de la relation fondamentale entre variables : $Q = K.V$.



Préparation des données trafic (suite)

Etape 3 : Qualification des données brutes (suite)

Données manquantes Les données qualifiées « manquantes » correspondent aux données non présentes ou « vides ».
Dès qu'une des 3 valeurs (Q, V ou TO) est manquante, la mesure complète est considérée manquante.

Surcomptage Le test de surcomptage consiste à éliminer chaque débit mesuré supérieur à un seuil de débit : a priori 360 véh./6 minutes/voie.

Vitesse excessive Le test de survitesse consiste à éliminer chaque vitesse mesurée supérieure à une vitesse limite : a priori 160 km/h.

Débit nul Le test de débit nul sera effectué en comparant le nombre de pas de temps successifs où le débit de la station est égal à zéro à un nombre de pas maximum : par exemple, 10 pas de 6 minutes (1 heure sans véhicule). On considère qu'il est tout à fait possible qu'aucun véhicule ne circule sur la chaussée durant une période inférieure à ces n pas de temps. Auquel cas, la valeur du débit nulle est cohérente.

Vitesse nulle Le test de vitesse nulle sera effectué en comparant le nombre de pas successifs, où la vitesse de la station est égale à zéro, à un nombre de pas maximum, a priori 10 pas.

Débit/vitesse incompatibles Le test débit / vitesse incompatibles sera effectué en recensant les cas où $Q > 0$ et $V = 0$, ou bien $Q = 0$ et $V > 0$.

Débit/TO incompatibles Le test débit / TO incompatibles sera effectué en recensant les cas où $Q > \text{seuil_min}$ et $TO = 0$ %. Avec $\text{seuil_min} = 36$ véh./6 minutes/voie. (seuil lié à la précision du TO, donné souvent en valeurs entières de % ; au-dessus duquel le taux d'occupation ne peut pas être nul).

Préparation des données trafic (suite)

Etape 3 : Qualification des données brutes (suite)

Incohérence globale des mesures

Le test d'incohérence des mesures d'un même point sera effectué en utilisant la relation $Q = K \cdot V$ pour déterminer la longueur électrique des véhicules (longueur moyenne des véhicules en circulation ajoutée à la largeur de la boucle de mesure). Cette longueur sera comparée à un seuil de longueur qui permet d'exclure les triplets (Q, TO, V) aberrants.

A partir de la relation $Q = K \cdot V$, la longueur moyenne des véhicules peut être calculée de la manière suivante :

$$Le = \frac{10 \cdot TO \cdot V \cdot n}{Q} - \ell$$

avec :

- n = nombre de voies.
- ℓ = longueur de la boucle de mesure.

La longueur moyenne des véhicules est comparée à un seuil minimum (1,7 mètre) et à un seuil maximum (25 mètres). Les valeurs au delà de cet intervalle sont déclarées incohérentes et exclues du panel.

Taux de disponibilité

Un indicateur appelé « taux de disponibilité » est calculé pour chaque jour à partir de ces tests.

$$\text{Taux de disponibilité journalier} = \frac{N}{240} \times 100 \text{ (en \%)}$$

avec N : nombre total de pas de 6 mn pour lesquels les QTV sont valides.

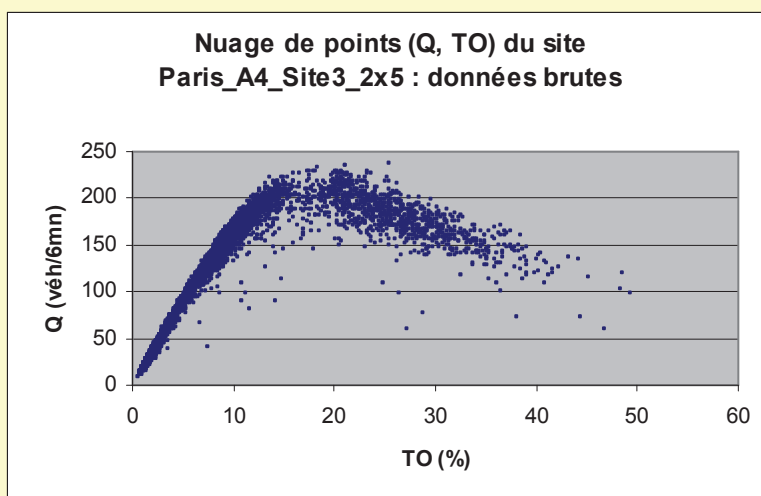
Préparation des données trafic (suite)

Etape 3 : Qualification des données brutes (suite)

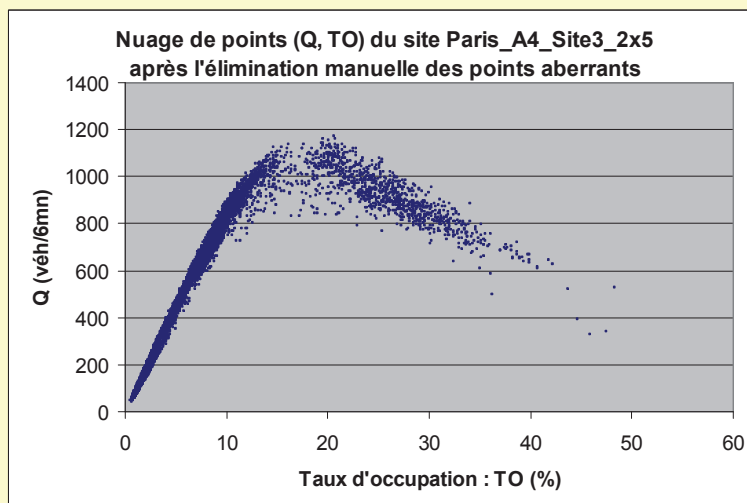
Exemples tirés de l'étude

Les figures ci-dessous présentent les nuages de points (Q, TO) du site Paris A4 à 5 voies avant et après qualification.

Nuage de points constitué des données brutes :



Nuage de points après qualification :



Préparation des données trafic (suite)

Etape 4 : Constitution d'un échantillon de données

Les étapes précédentes ont permis de qualifier les données de chacun des jours présélectionnés suivant un procédé automatique. Il s'agit ici de compléter ces tests avec une procédure manuelle.

L'étape 4 consiste à :

- retenir, parmi les jours présélectionnés, des jours pour lesquels le taux de disponibilité est supérieur à un seuil prédéfini (80% par exemple),
- tracer, avec les données valides des jours retenus, les nuages de points (Q, TO) et (V, Q),
- à partir de ces nuages de points, repérer visuellement les données aberrantes restantes,
- éliminer, par sélection manuelle, les données aberrantes repérées visuellement.

L'ensemble des données valides des jours retenus constitue l'échantillon de données. Il est utilisé par la suite pour caractériser le trafic et l'écoulement du trafic d'une section courante de VRU.

Caractérisation du trafic

Objectif

Cette phase vise à caractériser la demande de trafic, c'est à dire à identifier les volumes de trafic en heure de pointe, la variabilité de la demande en heure de pointe (FPI), le Trafic Moyen Journalier et la capacité estimée suivant une approche statistique.

Débit de l'heure de pointe journalière

L'heure de pointe journalière correspond à une période de 60 minutes durant laquelle le débit horaire est au maximum de la journée.

Le débit de l'heure de pointe journalière, noté Q_{hpj} , est calculé suivant la formule :

$$Q_{hpj} = \max\{Q_i\} \quad . \quad i = 1, \dots, 231$$

avec :

- Q_i : débit horaire glissant 6 minutes⁷,
- 231 : nombre de périodes glissantes de 10 séquences 6 minutes dans une journée.

Exemple tiré de l'étude

Dans le cas du site francilien sur A4 les caractéristiques du trafic sont les suivantes :

Site : Paris_ A4_ Site3_ 2x5		Ensemble de 5 voies	
Débit de l'heure de pointe	FPI_12mn	PL (%)	TMJ (véh/j)
10 802	0.946	2.892	142 750

Facteur de pointe instantanée

Le FPI est calculé par voie ou par chaussée, à partir d'un échantillon de données, de la manière suivante :

$$FPI = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{Q_{hpj}^i}{5 \cdot q_{12mn-\max}^i} \right)$$

avec :

- n : nombre de jours de l'échantillon,
- Q_{hpj}^i : débit de l'heure de pointe journalière du $i^{\text{ème}}$ jour de l'échantillon,
- $q_{12mn-\max}^i$: débit 12 minutes glissant 6 minutes maximum au cours de l'heure de pointe journalière du $i^{\text{ème}}$ jour.

⁷ Débit calculé à la fin de chaque séquence de 6 minutes en cumulant le nombre de véhicules de la dernière heure (les dix dernières séquences de 6 minutes)



Caractérisation du trafic (suite)

Calcul du trafic moyen journalier

Le Trafic Moyen Journalier (TMJ) se définit par sens de circulation. Il est égal à la moyenne des débits journaliers des jours retenus dans l'échantillon pour lesquels le taux de disponibilité des données est de 100%.

Capacité et débit de l'heure de pointe journalière

Le guide présente deux méthodes de détermination de la capacité en vue de comparer et vérifier les valeurs obtenues. L'une de ces méthodes, dite « par les quantiles des débits de l'heure de pointe journalière », est décrite ci-dessous.

Il s'agit de :

- déterminer le débit de l'heure de pointe de chaque jour de l'échantillon tel que précisé ci-dessus,
- vérifier les débits ainsi obtenus et exclure les jours pour lesquels les valeurs sont anormalement faibles,
- établir la distribution des quantiles des débits de l'heure de pointe journalière retenus afin de déterminer la capacité.

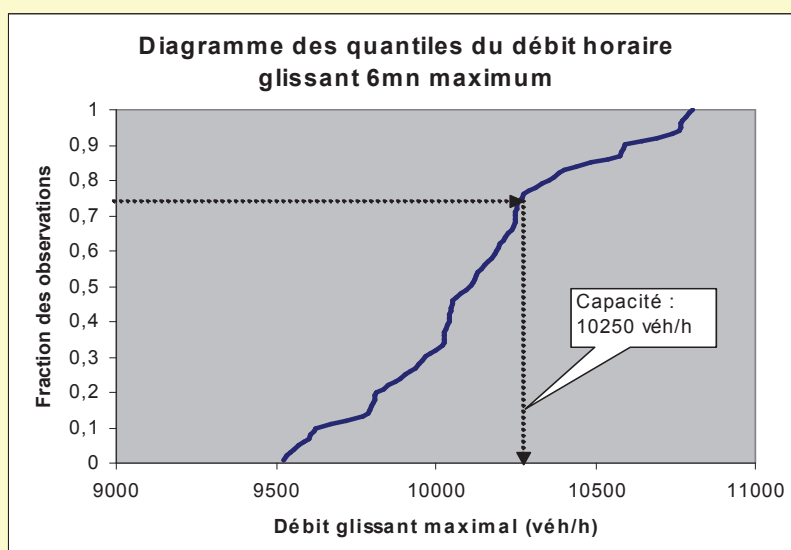
On préconise de retenir la capacité comme étant la valeur correspondant au quantile 75 de la distribution des débits de l'heure de pointe journalière retenue.

A noter que certains auteurs préconisent l'utilisation de la médiane (quantile 50) [S. Cohen].

La seconde méthode de détermination de la capacité, dite « par le calibrage du diagramme fondamental », sera décrite dans la section suivante.

Exemple tiré de l'étude

Le diagramme suivant présente la courbe des quantiles de la distribution des débits horaires maximaux pour le site parisien. La capacité pour cette section à 5 voies, correspondant au 75^{ième} est de 10 250 véh/h.



Caractérisation de l'écoulement

Objectif

Ce thème vise à caractériser l'écoulement du trafic c'est à dire à identifier à travers le calibrage du diagramme fondamental, la capacité, la vitesse libre, la concentration à capacité, la vitesse à capacité et la distance inter véhiculaire à capacité. Cette démarche va permettre d'établir des seuils de niveaux de service en circulation pour un site donné.

La relation fondamentale

On caractérise l'écoulement du trafic par le calibrage du diagramme fondamental reliant les trois variables : débit (Q), concentration (K) et vitesse moyenne (V).

Dans le cas où l'on dispose des trois données : débit (Q), taux d'occupation (TO) et vitesse (V), l'ajustement statistique est effectué entre la vitesse moyenne (V) et la concentration ($K=Q/V$). Cette procédure simplifie les ajustements statistiques car la relation entre vitesse moyenne et concentration est biunivoque (ce qui n'est pas le cas de la relation entre débit et taux d'occupation).

$$V=f(K) \quad K=\frac{Q}{V}$$

Dans le cas où on ne dispose que du Q et du TO, on propose de calibrer une courbe $\frac{Q}{TO}=f(TO)$, ce qui permet, par la suite, de se ramener à une relation débit/taux d'occupation.

Prise en compte de l'effet des PL

Pour prendre en compte les catégories VP et PL, le diagramme est représenté sous la forme suivante :

$$V=\frac{f(K)}{1+(e-1)\cdot p}$$

avec :

- e : coefficient d'équivalence PL/VP,
- p : proportion de PL.

Si on ne dispose que du débit Q et du taux d'occupation T_O , on effectuera le calibrage sous la forme :

$$\frac{Q}{T_O}=\frac{f(TO)}{1+(e-1)\cdot p}$$

Caractérisation de l'écoulement (suite)

Les modèles mathématiques

Pour éviter le test de nombreux modèles statistiques $f(K)$ ou $f(TO)$, nous recommandons le recours aux 2 modèles : *puissance généralisée* et *exponentielle généralisée*.

Ces modèles s'expriment respectivement par les fonctions suivantes :

- puissance généralisée : $V = a + b \cdot K^\alpha$,
- exponentielle généralisée : $V = a \cdot \exp(-b \cdot K^\alpha)$.

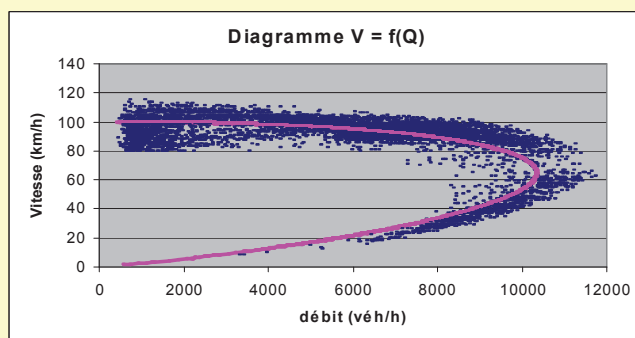
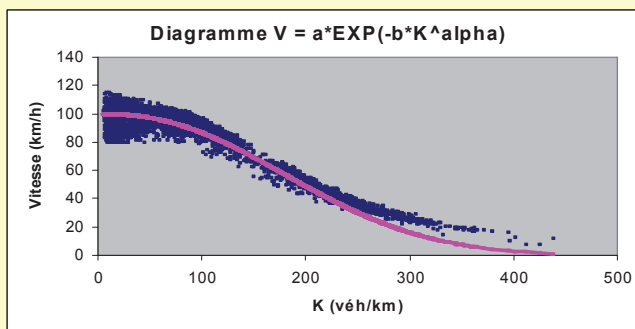
pour lesquelles a , b et α sont les paramètres à déterminer.

Exemple tiré de l'étude

Sur le site parisien de référence, les valeurs obtenues par le calibrage de la courbe exponentielle généralisée sont données ci-dessous (utilisation la méthode de régression non linéaire de Gauss-Newton) :

Modèle : $V = a \cdot \text{EXP}(-b \cdot K^\alpha)$			
a	b	alpha	R ² ajusté
100	0.00000395	2.288	0.915

Les courbes ajustées sont les suivantes :



Les valeurs caractéristiques de l'écoulement du trafic sont les suivantes :

Paramètres caractéristiques du diagramme fondamental				
Kcr(véh/km)	Cap(véh/h)	Vf(km/h)	Vcap(km/h)	Dlcap(m)
160	10350	100	64.6	27

Nota : en raison de la non disponibilité des données relatives aux PL de certains sites, il a été convenu de réaliser le calibrage avec des débits en véh/h afin de garder la cohérence des résultats sur l'ensemble des sites étudiés.

Caractérisation de l'écoulement (suite)

Calibrage du diagramme fondamental

Il s'agit de déterminer les paramètres à partir de l'échantillon de données constitué et du modèle mathématique choisi :

- a, b et α dans le cas où des données relatives au PL ne sont pas disponibles,
- a, b, α et e dans le cas où des données relatives au PL sont disponibles.

par une méthode de régression non linéaire, par exemple la méthode de Gauss-Newton.

Le calibrage de la courbe est effectué en minimisant l'erreur quadratique d'estimation S^2 définie par la relation ci-dessous.

Dans le cas où il y a trois paramètres (a, b et α) à calibrer :

$$S^2 = \frac{1}{n-3} \sum_{i=1}^n (V_i - V_i^*)^2$$

avec

- n : nombre total de données 6mn de l'échantillon,
- V_i : vitesse mesurée de la $i^{\text{ème}}$ mesure,
- V_i^* : vitesse calculée par le modèle correspondant à la $i^{\text{ème}}$ mesure

Le calibrage de la courbe Densité-Vitesse étant effectué, les courbes Débit-Vitesse et Densité-Débit peuvent alors être tracées.

Dans le cas où il y a quatre paramètres (a, b, α et e) à calibrer, S^2 est définie par :

$$S^2 = \frac{1}{n-4} \sum_{i=1}^n (V_i - V_i^*)^2$$

Caractérisation de l'écoulement (suite)

Caractéristiques de l'écoulement du trafic

Les caractéristiques de l'écoulement du trafic, c'est-à-dire l'ensemble des variables ci-dessous, sont alors déduites des paramètres de la courbe : $V = f(k)$ calibrée. Les tableaux ci-dessous récapitulent les formules pour le calcul de chacune des variables relativement aux modèles « Exponentielle généralisée et Puissance généralisée ».

Tableau 1: Formules pour le calcul des caractéristiques de l'écoulement
Modèle « exponentielle généralisée »

Variante	Sans prise en compte de l'effet des PL	Avec prise en compte de l'effet des PL
Equation	$V = a \cdot \exp(-b \cdot K^\alpha)$	$V = \frac{a \cdot \exp(-b \cdot K^\alpha)}{1 + (C_{vp} - 1) \cdot p}$
Paramètres à calibrer	a, b et α	a, b, α et C_{vp}
Vitesse libre	a	$\frac{a}{1 + (C_{vp} - 1) \cdot p}$
Capacité	$\frac{a}{(\alpha \cdot e \cdot b)^{\frac{1}{\alpha}}}$	$\frac{a}{(\alpha \cdot e \cdot b)^{\frac{1}{\alpha}} \cdot \frac{1}{1 + (C_{vp} - 1) \cdot p}}$
Concentration à capacité (K_{cap})	$\frac{1}{(\alpha \cdot b)^{\frac{1}{\alpha}}}$	$\frac{1}{(\alpha \cdot b)^{\frac{1}{\alpha}} \cdot \frac{1}{1 + (C_{vp} - 1) \cdot p}}$
Vitesse à capacité (V_{cap})	$a \cdot e^{-b \cdot K_{cap}^\alpha}$	$a \cdot e^{-b \cdot K_{cap}^\alpha} \cdot \frac{1}{1 + (C_{vp} - 1) \cdot p}$
Distance inter-véhiculaire à capacité (DIV)	$\frac{1000}{K_{cap}}$	$\frac{1000}{K_{cap}}$
Temps inter-véhiculaire à capacité (TIV)	$\frac{DIV}{V_{cap}}$	$\frac{DIV}{V_{cap}}$

Avec : $e = 2,71828$; C_{vp} : coefficient d'équivalence PL/VP.

Caractérisation de l'écoulement (suite)

Caractéristiques de l'écoulement du trafic (suite)

**Tableau 1 : Formules pour le calcul des caractéristiques de l'écoulement
Modèle « puissance généralisée »**

Variante	Sans prise en compte de l'effet des PL	Avec prise en compte de l'effet des PL
Equation	$V = a + b \cdot K^\alpha$	$V = \frac{a + b \cdot K^\alpha}{1 + (C_{vp} - 1) \cdot p}$
Paramètres à calibrer	a, b et α	a, b, α et C_{vp}
Vitesse libre (V_f)	a	$\frac{a}{1 + (C_{vp} - 1) \cdot p}$
Capacité	$a \cdot \left(\frac{-a}{(\alpha + 1) \cdot b} \right)^{\frac{1}{\alpha}} \cdot \frac{\alpha}{\alpha + 1}$	$a \cdot \left(\frac{-a}{(\alpha + 1) \cdot b} \right)^{\frac{1}{\alpha}} \cdot \frac{\alpha}{\alpha + 1} \cdot \frac{1}{1 + (C_{vp} - 1) \cdot p}$
Concentration à capacité (K_{cap})	$\left(\frac{-a}{(\alpha + 1) \cdot b} \right)^{\frac{1}{\alpha}}$	$\left(\frac{-a}{(\alpha + 1) \cdot b} \right)^{\frac{1}{\alpha}} \cdot \frac{1}{1 + (C_{vp} - 1) \cdot p}$
Vitesse à capacité (V_{cap})	$a \cdot \frac{\alpha}{\alpha + 1}$	$a \cdot \frac{\alpha}{\alpha + 1} \cdot \frac{1}{1 + (C_{vp} - 1) \cdot p}$
Distance inter-véhiculaire à capacité (DIV)	$\frac{1000}{K_{cap}}$	$\frac{1000}{K_{cap}}$
Temps inter-véhiculaire à capacité (TIV)	$\frac{DIV}{V_{cap}}$	$\frac{DIV}{V_{cap}}$
Avec : C_{vp} : coefficient d'équivalence PL/VP		

Caractérisation de l'écoulement (suite)

Les niveaux de service de circulation des VRU de type A

Le niveau de service de circulation d'une route est un concept qui permet de qualifier les conditions d'écoulement du trafic. Il permet d'apprécier un des aspects de la qualité du service routier⁸. On rappelle que plusieurs facteurs peuvent intervenir dans l'évaluation d'un niveau de service de circulation.

Dans le présent guide, les NSC sont définis par des valeurs limites de vitesse et de débit.

On considère que ces 2 paramètres sont intimement corrélés aux autres paramètres plus subjectifs comme le confort de conduite, la liberté de manœuvre, etc, ...

Le groupe de travail recommande l'utilisation de quatre niveaux pour caractériser les conditions de circulation des voies rapides urbaines de type A dans des conditions variées de vitesse et de débit (NSC1 à NSC4). L'ordre des quatre niveaux de service correspond à une progression dans le niveau d'encombrement de la route et parallèlement à une décroissance de la vitesse moyenne de parcours.

Les quatre NSC sont :

- NSC 1 : trafic fluide (LOS A et B du HCM⁹),
- NSC 2 : trafic de fluide à dense (LOS C et D),
- NSC 3 : trafic dense (LOS E),
- NSC 4 : trafic saturé (LOS F).

Remarque :

Cette approche conserve globalement une correspondance sur les grandes lignes avec le HCM. On ne retient qu'un seul niveau en saturation, mais certains exploitants décomposent le niveau 4 en sous niveaux pour traduire la dureté des congestions.

⁸ Le service routier vise à satisfaire les besoins de déplacement par la route de la population dans les conditions les meilleurs possibles en termes de sécurité, de durée et de confort. La qualité de service routier est l'ensemble des propriétés et caractéristiques du service routier qui lui confèrent l'aptitude à satisfaire les besoins des usagers comme la disponibilité de l'infrastructure, la sécurité, l'assistance, l'information sur les déplacements.

⁹ Le HCM définit, de façon arbitraire, six niveaux de service (Level Of Service : LOS) de circulation sur une route. Ces niveaux sont notés de A à F avec quatre niveaux en fluidité et deux niveaux en saturation

Caractérisation de l'écoulement (suite)

Détermination des seuils de discrimination des NSC

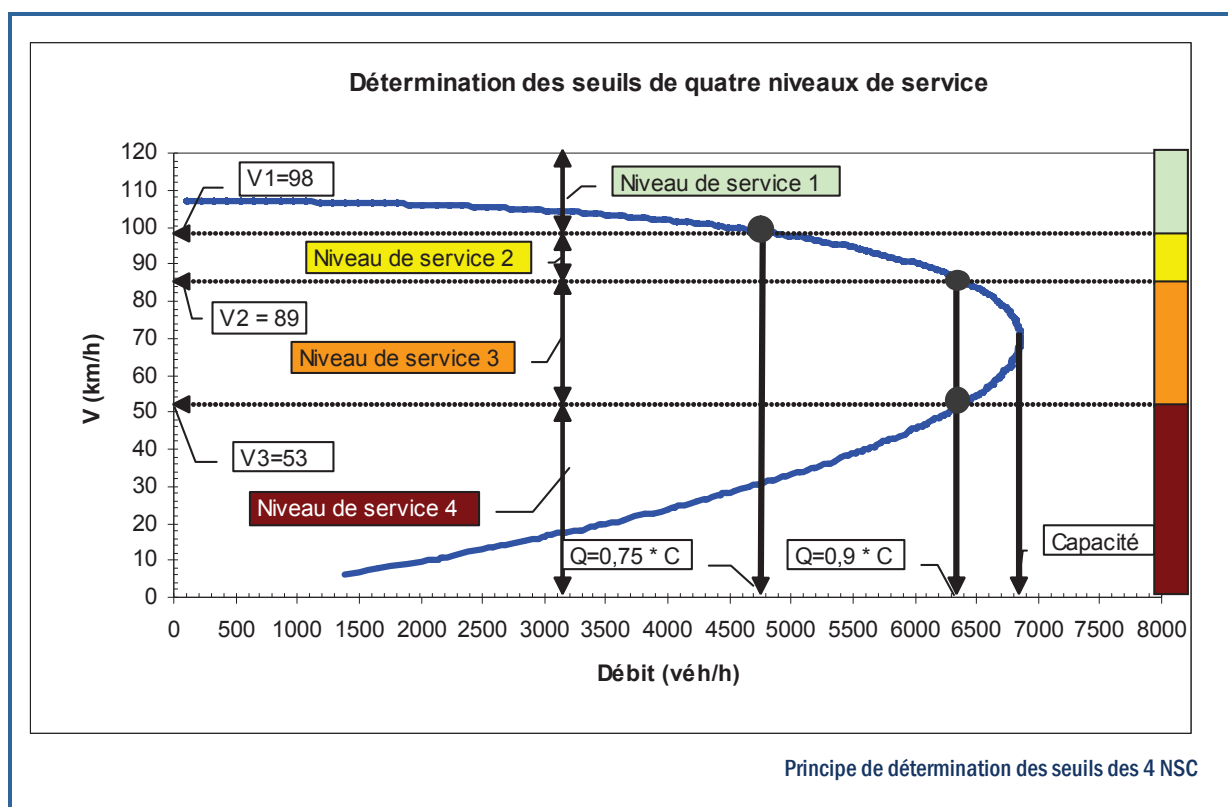
En pratique, on s'appuie sur la courbe du diagramme fondamental reliant le débit à la vitesse (Q-V) pour déterminer les seuils de discrimination des NSC. Il s'agit de déterminer 3 seuils de vitesse (V1, V2 et V3) qui séparent le diagramme Q-V en quatre zones correspondant chacune à un niveau de service.

On utilise des seuils de débit pour déterminer ces trois seuils de vitesse.

Les seuils de débit retenus sont :

- 90% de la capacité, seuil proche de celui du HCM (Tableau 2),
- 75% de la capacité, seuil conventionnel des concepteurs.

Ainsi, à partir de la courbe du diagramme fondamental $V=f(Q)$ calibrée, on utilise le seuil de débit correspondant au ratio « débit / capacité (Q/C) = 0,9 » pour déterminer deux seuils de vitesse (V3 et V2). Le dernier seuil (V1) correspond au ratio (Q/C) égal à 0,75 (cf. Figure suivante).



Caractérisation de l'écoulement (suite)

Répartition temporelle des NSC

La répartition temporelle des NSC s'applique à l'ensemble de la chaussée pour un sens de circulation donné.

Pour une période d'observation donnée (un jour ou un ensemble de jours), on détermine pour chaque séquence de 6mn le niveau de service correspondant par l'identification de la zone dans laquelle se trouve le point $[V(i), Q(i)]$ ou $[Q(i), TO(i)]$.

Ainsi, pour chaque site, on peut déterminer la répartition temporelle des niveaux de service par les formules suivantes :

- $\%NSC1 = \frac{n1}{N} \cdot 100\%$,
- $\%NSC2 = \frac{n2}{N} \cdot 100\%$,
- $\%NSC3 = \frac{n3}{N} \cdot 100\%$,
- $\%NSC4 = \frac{n4}{N} \cdot 100\%$,

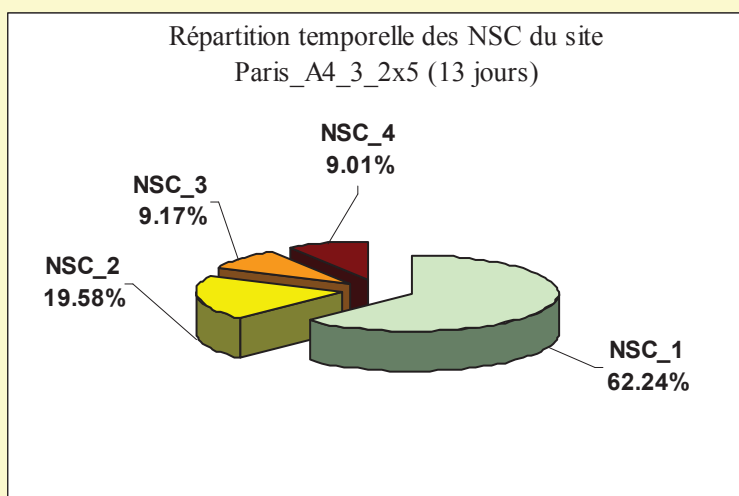
avec :

- $\%_NSC_1$, $\%_NSC_2$, $\%_NSC_3$, $\%_NSC_4$: pourcentage du temps durant lequel le site est respectivement au niveau de service 1, 2, 3 et 4,

$n1, n2, n3, n4$: nombre de séquences de 6 mn pour lesquelles le

Exemple tiré de l'étude

Sur le site parisien (A4) la répartition des 4 niveaux de service est la suivante :



Caractérisation de l'écoulement (suite)

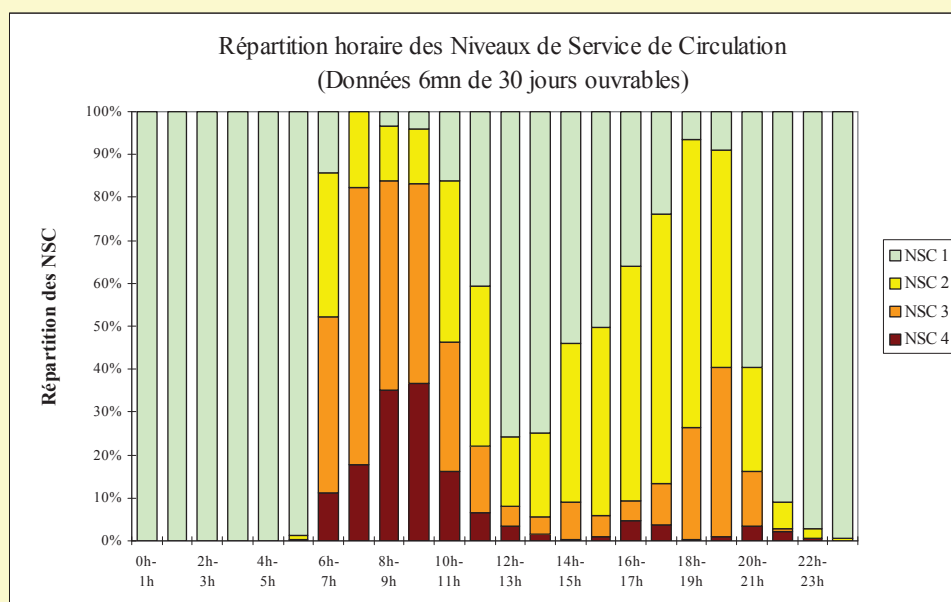
Cas particulier : décomposition horaire des niveaux de service

Il est également intéressant d'examiner la répartition des niveaux de service par tranche horaire. Elle permet d'apprécier les conditions de circulation récurrentes pour chaque heure de la journée.

C'est le rapport entre le nombre de périodes 6mn de la tranche pour tous les jours retenus dans l'échantillon ayant ce niveau de service et le nombre total de périodes de 6mn de la tranche horaire pour tous les jours retenus.

Exemple

Sur un des sites parisiens (A4) la répartition horaire des 4 NSC est la suivante :



Capacité et NSC d'un axe

A ce stade de l'analyse, on dispose des méthodes et procédés permettant de déterminer la capacité et le niveau de service de circulation en un point d'une section courante de voie rapide urbaine existante. Il est possible également d'évaluer la capacité et le NSC d'une voie rapide dans sa globalité.

Ceci implique la démarche suivante :

1. découper une voie rapide en sections homogènes d'un point de vue géométrique et d'un point de vue trafic,
2. pour chaque section, déterminer les caractéristiques du trafic (débit maximum, FPI, capacité), les caractéristiques de l'écoulement du trafic (capacité, vitesse optimale, concentration critique...) et le NSC.

Caractérisation de l'écoulement (suite)

Capacité et NSC d'un axe (suite)

Exemple de logique d'axe : l'A480 à Grenoble

Le tableau ci-dessous présente les valeurs des seuils de vitesse caractérisant les NSC sur 6 stations de mesure consécutives couvrant un tronçon d'environ 12 km de l'A480.

		St Egrève	Martyrs	CENG	Catane	Mistral	Louise Michel	Comboire	Le Parc
SEUILS	seuil 1	98 km/h	86 km/h	85 km/h	83 km/h	86 km/h	88 km/h	81 km/h	90 km/h
	seuil 2	89 km/h	79 km/h	77 km/h	75 km/h	79 km/h	80 km/h	76 km/h	80 km/h
	seuil 3	48 km/h	43 km/h	41 km/h	40 km/h	44 km/h	44 km/h	44 km/h	44 km/h
NSC	Fluide	91,4%	75,0%	81,0%	60,6%	51,3%	63,1%	52,6%	99,9%
	Fluide à dense	0,5%	11,7%	3,8%	18,5%	28,8%	24,6%	27,1%	0,1%
	Dense	3,3%	6,3%	5,8%	18,9%	18,6%	9,8%	20,3%	0,0%
	Saturé	4,8%	7,1%	9,4%	2,0%	1,3%	2,5%	0,0%	0,0%

On constate que les sections situées au milieu du tronçon (CENG - Catane) présentent des seuils plus faibles que les sections plus extrêmes (St Egrève, Le Parc). L'A480 est en fait ici un axe à caractéristiques interurbaines qui devient périurbain au voisinage de Grenoble (Catane) pour redevenir interurbain au delà.

On trouvera ci-dessous la représentation cartographique de l'autoroute.



Troisième partie : analyse et synthèse

Première partie :
quelques notions d'ingénierie du trafic



Deuxième partie :
caractérisation des NSC des VRU de type A



Troisième partie :
analyse et Synthèse



Conclusions



A partir de la méthodologie exposée précédemment, cette partie présente une synthèse des résultats de l'application de la méthodologie aux sites d'Ile de France et de province et une analyse approfondie afin de dégager des enseignements de portée générale.

Les sites étudiés et les données de trafic utilisées

Sites étudiés

La méthodologie a été appliquée sur 17 sites dont :

- 10 sites en Ile-de-France,
- 2 sites à Lille,
- 3 sites à Lyon,
- 2 sites à Toulouse.

Tous les sites disposent des points de mesures placés en section courante de VRU

de type A à fort trafic, loin des entrées et des sorties.

L'annexe N°1 contient un tableau récapitulatif des 17 sites et présente une fiche détaillée pour chacun d'eux.

Données de trafic

Le tableau ci-dessous récapitule, site par site, les données utilisées et la taille des échantillons.

Identifiant du site	Période de recueil	Type de données	Nb de jours retenus
Lyon_A42_Site1_2x2	avril, mai et juin 2001	QTV 6mn + %PL	37
Paris_A86_Site1_2x2	avril, mai et juin 1999	QTV 6mn	39
Paris_N104_Site1_2x2	avril, mai et juin 1999	QTV 6mn	35
Toulouse_BP_Site1_2x2	avril, mai et juin 2001	QTV 6mn + %PL	50
Lille_A25_Site1_2x3	avril, mai et juin 2001	QTV 6mn + %PL	41
Lyon_N383_Site1_2x3	avril, mai et juin 2001	QTV 6mn + %PL	63
Lyon_N383_Site2_2x3	avril, mai et juin 2001	QTV 6mn + %PL	63
Paris_A1_Site1_2x3	avril, mai et juin 1999	QTV 6mn	20
Paris_A3_Site1_2x3	avril, mai et juin 1999	QTV 6mn	33
Paris_A3_Site2_2x3	avril, mai et juin 1999	QTV 6mn	35
Paris_A6_Site1_2x3	avril, mai et juin 1999	QTV 6mn	31
Paris_A6_Site2_2x3	avril, mai et juin 1999	QTV 6mn	35
Toulouse_BP_Site2_2x3	avril, mai et juin 2001	QTV 6mn + %PL	59
Lille_A1_Site1_2x4	avril, mai et juin 2001	QTV 6mn + %PL	34
Paris_A4_Site1_2x4	avril, mai et juin 1999	QTV 6mn	36
Paris_A4_Site2_2x4	avril, mai et juin 1999	QTV 6mn	37
Paris_A4_Site3_2x5	avril, mai et juin 1999	QTV 6mn	31

Informations relatives aux données de trafic des 17 sites

Remarques :

En région parisienne, les données de trafic sont produites par le système SIRIUS. Le pourcentage des PL n'est pas disponible.

En province (Lille, Lyon et Toulouse), les données de trafic sont issues de stations SIREDO fournissant également les données des PL.

Pour le site Paris_A1_Site1_2x3, on a seulement 20 jours de données.
Pour les autres sites, la taille de l'échantillon est comprise entre 31 et 63 jours,
ce qui s'avère suffisant.

Analyse et synthèse des résultats

Capacité

Résultats Le tableau ci-dessous présente la capacité estimée à partir des débits des heures de pointe et celle obtenue via le calibrage du diagramme fondamental.

Identifiant site	Capacité estimée à partir des débits des heures de pointe (en véh/h)						Capacité estimée par le diagramme fondamental (en véh/h)					
	Chaussée	Voie 1	Voie 2	Voie 3	Voie 4	Voie 5	Chaussée	Voie 1	Voie 2	Voie 3	Voie 4	Voie 5
Lyon_A42_Site1_2x2	4750	2150	2550				4700	2150	2550			
Paris_A86_Site1_2x2	4700	2200	2550				4500	2200	2450			
Paris_N104_Site1_2x2	4900	2500	2450				4800	2350	2400			
Toulouse_BP_Site1_2x2	4150	1800	2350				4200	1850	2400			
Lille_A25_Site1_2x3	6100	1850	2000	2300			6100	1950	2050	2300		
Lyon_N383_Site1_2x3	7300	2050	2550	2700			7200	2000	2450	2750		
Lyon_N383_Site2_2x3	6200	1900	2050	2450			6100	1850	2000	2400		
Paris_A1_Site1_2x3	6250	1750	2200	2500			6400	1750	2150	2550		
Paris_A3_Site1_2x3	7050	2250	2350	2600			6850	2200	2200	2450		
Paris_A3_Site2_2x3	7350	2300	2350	2800			7300	2250	2400	2800		
Paris_A6_Site1_2x3	6600	1700	2350	2650			6700	1800	2300	2500		
Paris_A6_Site2_2x3	6500	1850	2300	2700			6600	1850	2250	2650		
Toulouse_BP_Site2_2x3	6850	1800	2300	2700			6900	1800	2300	2750		
Lille_A1_Site1_2x4	6850	1100	1700	1850	2450		6850	1200	1700	1800	2450	
Paris_A4_Site1_2x4	9500	2200	2350	2450	2600		9350	2150	2300	2350	2600	
Paris_A4_Site2_2x4	9150	2100	2150	2400	2750		9200	2000	2050	2400	2700	
Paris_A4_Site3_2x5	10250	2050	2000	2000	2100	2350	10350	2000	2000	2100	2150	2400

Capacité des sites en véhicules/heure

Nota :

- la voie 1 désigne la voie la plus à droite. Les autres voies 2, 3, 4 et 5 désignent les voies progressivement vers la gauche dans le sens de circulation. Le terme « chaussée » correspond à l'ensemble des voies dans le même sens de circulation,
- les valeurs de la capacité en véh/h sont arrondies à 50,
- le site Lille_A1_Site1_2x4 présente des valeurs de capacité anormalement faibles (vraisemblablement présence d'une collectrice). Il est exclu, par la suite, de l'analyse de portée générale.

Le tableau de l'annexe 3 montre que les deux méthodes d'estimation de capacité convergent dans la plupart des cas.

A titre indicatif, le tableau ci-après fournit la capacité en UVP/h et le pourcentage de PL des sites. La capacité en UVP est obtenue à partir de la capacité en véh/h estimée par la méthode des quantiles et le taux de PL sur la base d'un coefficient d'équivalence : $e = 2$.

Analyse et synthèse des résultats (suite)

Capacité (suite)

Résultats (suite)

Identifiant site	Capacité estimée à partir des débits en heure de pointe (en UVP/h)						Pourcentage de poids lourds (en %)					
	Chaussée	Voie 1	Voie 2	Voie 3	Voie 4	Voie 5	Chaussée	Voie 1	Voie 2	Voie 3	Voie 4	Voie 5
Lyon_A42_Site1_2x2	4900	2250	2550				2,8	5,8	0,2			
Paris_A86_Site1_2x2	**	**	**				**	**	**			
Paris_N104_Site1_2x2	**	**	**				**	**	**			
Toulouse_BP_Site1_2x2	4350	1900	2350				4,3	5,9	1,0			
Lille_A25_Site1_2x3	6550	2200	2150	2300			7,7	17,8	6,6	1,0		
Lyon_N383_Site1_2x3	7500	2200	2600	2700			2,5	6,5	1,2	0,5		
Lyon_N383_Site2_2x3	6400	2050	2100	2500			3,2	6,7	3,0	1,1		
Paris_A1_Site1_2x3	6750	1850	2500	2600			8.1*	7.0*	12.7*	3.2*		
Paris_A3_Site1_2x3	7450	2450	2550	2600			5.9*	8.5*	7.6*	0.5*		
Paris_A3_Site2_2x3	7850	2500	2550	2850			6.9*	9.0*	7.5*	1.4*		
Paris_A6_Site1_2x3	7000	1900	2450	2700			5.8*	13.2*	3.8*	1.2*		
Paris_A6_Site2_2x3	6800	2000	2350	2750			4.6*	8.6*	2.2*	1.5*		
Toulouse_BP_Site2_2x3	7250	2000	2450	2700			5,7	10,1	7,0	0,7		
Lille_A1_Site1_2x4	7500	1150	2050	2050	2450		9,3	3,8	20,2	11,3	0,4	
Paris_A4_Site1_2x4	**	**	**	**	**		**	**	**	**	**	**
Paris_A4_Site2_2x4	9700	2300	2300	2500	2800		6.2*	10.6*	7.3*	3.9*	1.6*	
Paris_A4_Site3_2x5	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**

*Pourcentage de PL estimé avec un modèle mathématique à partir de la longueur moyenne des véhicules
 **Pourcentage de PL non disponible

Capacité en uvp/h et pourcentage de PL des sites

Analyse

Capacité d'une voie

Tous aménagements confondus, la capacité d'une voie varie sensiblement entre 1700 véh/h et 2800 véh/h.

Pour des aménagements à 2x2 voies, 2x3 voies et 2x4 voies, les voies 2, 3 et 4 présentent, dans la plupart des cas, des capacités supérieures à 2300 véh/h ou supérieures à 2450 uvp/h, ce qui est nettement supérieur au seuil théorique donné dans l'ICTAVRU (2000 uvp/voie).

Variation de la capacité en fonction du type d'aménagement

La capacité d'une voie varie en fonction du type d'aménagement et de sa position sur la chaussée (voir tableau et histogrammes ci-après). Quel que soit le type d'aménagement, la voie la plus à gauche possède la capacité la plus élevée.

La capacité moyenne par voie suivant le type d'infrastructure est de :

- 2330 uvp/h pour une chaussée à 2x2 voies,
- 2350 uvp/h pour une chaussée à 2x3 voies,
- 2430 uvp/h pour une chaussée à 2x4 voies.

Contrairement à ce que l'on pourrait attendre, il n'y a pas d'écart important entre la capacité moyenne de la 2x2 et de la 2x3 voies. En effet on pourrait s'attendre à ce que la capacité moyenne de la 2x3 voies soit bien supérieure du fait de la minimisation de l'impact des PL. Mais le faible taux de PL relevé



sur les sites de référence explique peut-être cela.

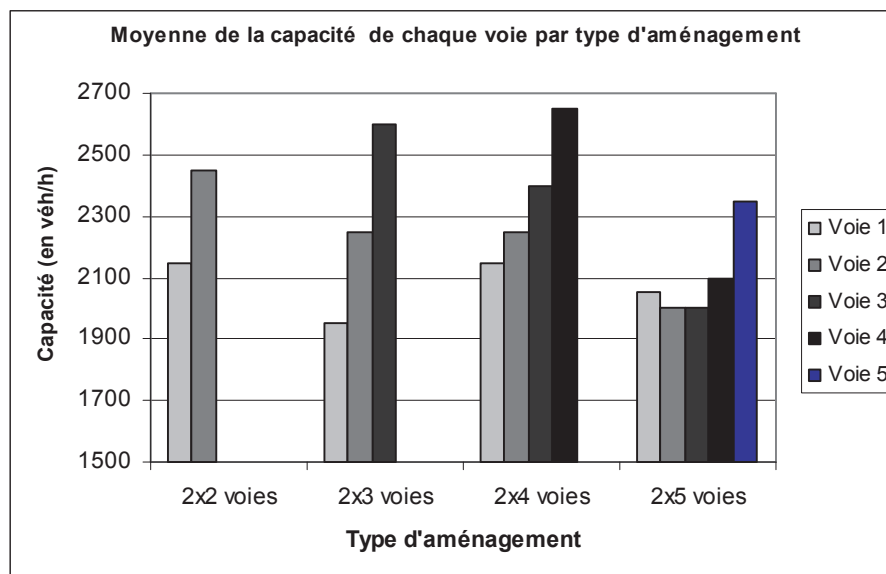
Analyse et synthèse des résultats (suite)

Analyse (suite)

Variation de la capacité en fonction du type d'aménagement (suite)

Ecart de capacité (en véh/h) suivant différents types d'aménagement							
Type d'aménagement	Capacité	Chaussée	Voie 1	Voie 2	Voie 3	Voie 4	Voie 5
2x2 voies	Minimum	4150	1800	2350			
	Moyenne	4600	2150	2450			
	Maximum	4900	2500	2550			
2x3 voies	Minimum	6100	1700	2000	2300		
	Moyenne	6700	1950	2250	2600		
	Maximum	7350	2300	2550	2800		
2x4 voies	Minimum	9150	2100	2150	2400	2600	
	Moyenne	9300	2150	2250	2400	2650	
	Maximum	9500	2200	2350	2450	2750	
2x5 voies		10250	2050	2000	2000	2100	2350

Variation de la capacité (en véh/h) en fonction du type d'aménagement

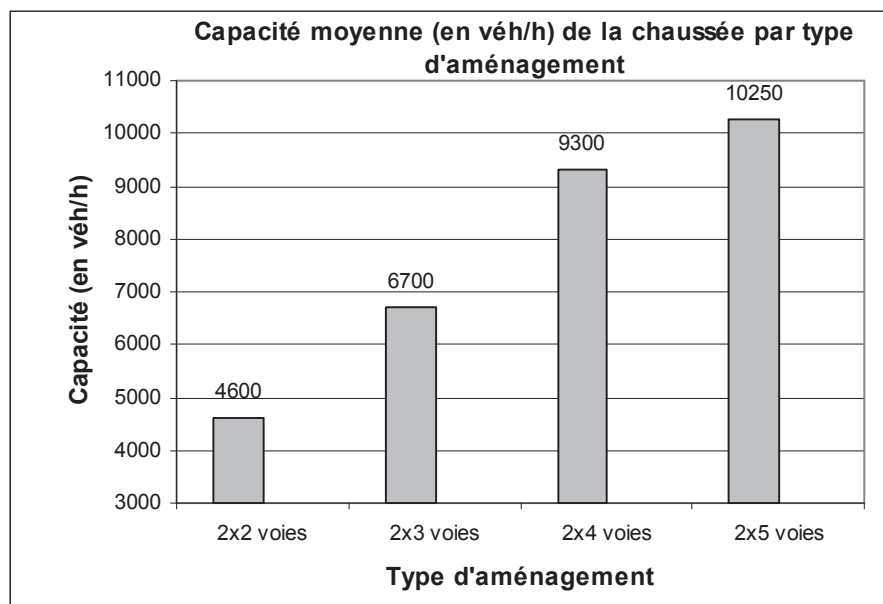


Moyenne des capacités de chaque voie par type d'aménagement

Analyse et synthèse des résultats (suite)

Analyse (suite)

Variation
de la capacité
en fonction du type
d'aménagement
(suite)



Capacité moyenne d'une chaussée suivant son profil

Capacité moyenne (en uvp/h) par voie suivant le type d'aménagement

Type d'aménagement	Chaussée	Voie 1	Voie 2	Voie 3	Voie 4
2x2 voies	4650	2100	2450		
2x3 voies	7050	2150	2400	2650	
2x4 voies	9700	2300	2300	2500	2800
2x5 voies	**	**	**	**	**

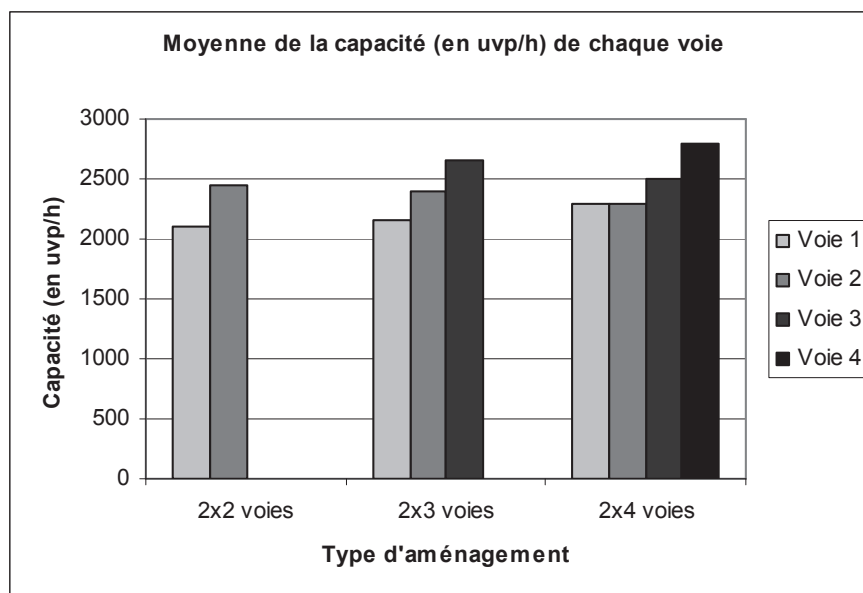
Capacité (en uvp/h) en fonction du type d'aménagement

** pour le profil à travers à 2x5 voies, on ne dispose pas de pourcentage de PL. Il n'est donc pas possible de disposer de sa capacité en uvp/h.

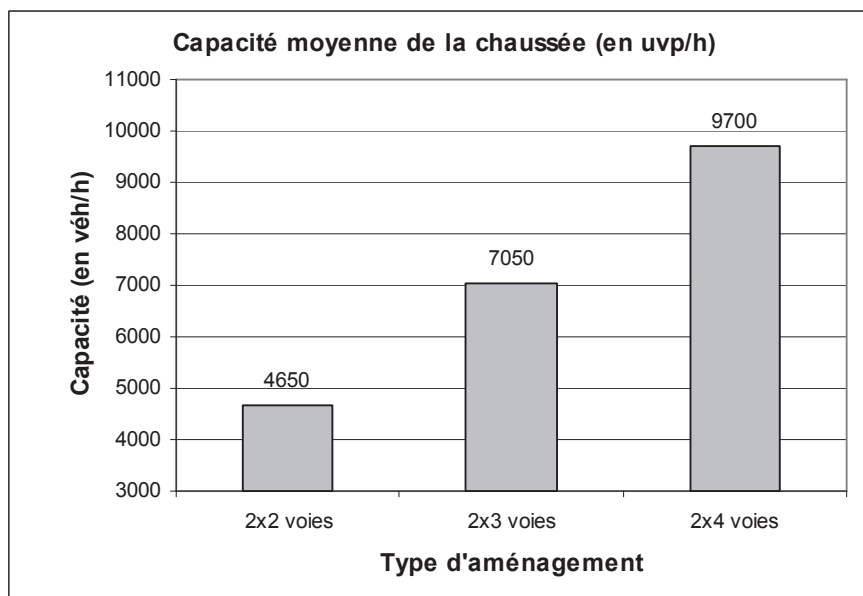
Analyse et synthèse des résultats (suite)

Analyse (suite)

Variation
de la capacité
en fonction du type
d'aménagement
(suite)



Capacité moyenne de chaque voie suivant le profil de la chaussée



Capacité moyenne d'une chaussée suivant son profil

Analyse et synthèse des résultats (suite)

Analyse (suite)

Capacité de la chaussée

En moyenne, pour la chaussée et pour un sens de circulation donné :

- la capacité d'une 2x2 voies est de 4600 véh/h et de 4650 uvp/h environ,
- la capacité d'une 2x3 voies est de 6700 véh/h et de 7050 uvp/h environ,
- la capacité d'une 2x4 voies est de 9300 véh/h et de 9700 uvp/h environ,
- la capacité d'une 2x5 voies est de 10250 véh/h environ.

Caractéristiques du trafic

Résultats

Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques du trafic (FPI, TMJ) des sites.

Identifiant site	Facteur de Pointe Instantanée (FPI) 12 minutes						TMJ (véh/j)	Capacité/ TMJ	TMJ / Capacité
	Chaussée	Voie 1	Voie 2	Voie 3	Voie 4	Voie 5			
Lyon_A42_Site1_2x2	0,95	0,95	0,93				48200	9,9%	10,1
Paris_A86_Site1_2x2	0,96	0,96	0,94				71500	6,6%	15,2
Paris_N104_Site1_2x2	0,96	0,96	0,96				56200	8,7%	11,5
Toulouse_BP_Site1_2x2	0,92	0,94	0,90				47700	8,7%	11,5
Lille_A25_Site1_2x3	0,94	0,92	0,95	0,92			58350	10,5%	9,6
Lyon_N383_Site1_2x3	0,95	0,94	0,95	0,94			76750	9,5%	10,5
Lyon_N383_Site2_2x3	0,96	0,95	0,95	0,94			70700	8,8%	11,4
Paris_A1_Site1_2x3	0,96	0,95	0,95	0,94			92900	6,7%	14,9
Paris_A3_Site1_2x3	0,96	0,93	0,95	0,94			90350	7,8%	12,8
Paris_A3_Site2_2x3	0,96	0,95	0,95	0,95			99250	7,4%	13,5
Paris_A6_Site1_2x3	0,96	0,94	0,96	0,94			91800	7,2%	13,9
Paris_A6_Site2_2x3	0,95	0,95	0,94	0,92			91100	7,1%	14,0
Toulouse_BP_Site2_2x3	0,93	0,94	0,94	0,93			78900	8,7%	11,5
Lille_A1_Site1_2x4	0,96	0,90	0,94	0,93	0,94		78100	8,8%	11,4
Paris_A4_Site1_2x4	0,97	0,96	0,95	0,96	0,97		138500	6,9%	14,6
Paris_A4_Site2_2x4	0,97	0,96	0,96	0,96	0,95		136150	6,7%	14,9
Paris_A4_Site3_2x5	0,95	0,94	0,94	0,94	0,95	0,94	142800	7,2%	13,9

Éléments caractéristiques du trafic des différents sites

Analyse et synthèse des résultats (suite)

Caractéristiques du trafic (suite)

Analyse

Facteur de pointe instantanée

Les valeurs du FPI 12 mn sont élevées pour chacun des sites (supérieures à 0,92), que ce soit pour les voies ou pour la chaussée. Ceci signifie que l'heure de pointe supporte une charge de trafic élevée et constante.

Trafic moyen journalier (TMJ)

Pour un type de profil en travers donné, le TMJ des sites de la région parisienne est nettement plus important que celui des sites de Province.

Ratio "capacité/TMJ"

Le ratio "capacité/TMJ" des sites de la région parisienne est d'environ 7% et celui des sites de province se situe entre 8,5% et 10%, ce qui témoigne que les heures de pointe sont plus longues en région parisienne que celles des sites de province.

Le ratio TMJ/capacité indique le nombre d'heures à capacité nécessaires pour écouler la demande journalière. Le ratio habituel est de 10. On constate qu'il varie entre 14 et 15 heures en région parisienne pour 10 à 11 heures en province.

Autres indicateurs de fonctionnement

Le tableau ci-dessous présente les autres indicateurs de fonctionnement des sites, issus du diagramme fondamental.

Identifiant du site		Identifiant du site																
		Lyon_A42_Site1_2x2	Paris_A86_Site1_2x2	Paris_N104_Site1_2x2	Toulouse_BP_Site1_2x2	Lille_A25_Site1_2x3	Lyon_N883_Site1_2x3	Lyon_N883_Site2_2x3	Paris_A1_Site1_2x3	Paris_A3_Site1_2x3	Paris_A3_Site2_2x3	Paris_A6_Site1_2x3	Paris_A6_Site2_2x3	Toulouse_BP_Site2_2x3	Lille_A1_Site1_2x4	Paris_A4_Site1_2x4	Paris_A4_Site2_2x4	Paris_A4_Site2_2x5
Vitesse libre (Vf en km/h)	Chaussée	104	90	109	103	109	95	98	110	107	107	111	104	109	108	90	100	100
	Voie 1	102	90	102	100	97	86	91	85	92	93	97	85	100	105	80	90	90
	Voie 2	113	97	121	114	115	98	103	135	113	114	118	120	113	100	82	98	90
	Voie 3					130	114	118	135	134	131	132	133	129	111	114	114	107
	Voie 4														122	133	123	124
	Voie 5																	135
Concentration critique (Kcr en véh/km)	Chaussée	67	88	73	62	96	117	92	89	98	96	87	94	94	97	166	144	160
	Voie 1	31	53	35	30	32	37	31	48	39	36	28	38	31	20	54	39	45
	Voie 2	42	43	33	34	27	42	29	27	33	33	30	31	30	24	46	34	36
	Voie 3					32	55	37	30	31	34	30	31	35	25	36	34	34
	Voie 4														31	34	36	30
	Voie 5																	30
Vitesse à capacité (Vcap en km/h)	Chaussée	70	51	66	67	64	61	66	71	70	76	77	70	73	70	56	63	65
	Voie 1	68	41	66	60	60	53	59	37	56	62	62	48	58	57	39	50	44
	Voie 2	60	57	71	69	75	58	69	80	68	72	75	71	75	69	49	59	55
	Voie 3					71	50	64	84	78	82	83	83	77	71	63	69	60
	Voie 4														77	75	74	71
	Voie 5																	80
Distance Inter-Véhiculaire à capacité (DIV en mètre/véh)	Chaussée	25	18	23	28	27	21	28	29	26	27	30	27	27	37	20	23	27
	Voie 1	28	15	24	29	27	23	28	16	21	23	31	22	28	46	14	21	18
	Voie 2	19	19	26	25	33	19	30	33	26	26	29	28	29	37	17	25	23
	Voie 3					27	14	23	29	27	25	29	28	24	36	23	25	25
	Voie 4														28	25	23	29
	Voie 5																	29
Temps Inter-Véhiculaire à capacité (TIV en seconde/véh)	Chaussée	1,3	1,3	1,3	1,5	1,5	1,2	1,5	1,5	1,3	1,3	1,4	1,4	1,3	1,9	1,3	1,3	1,5
	Voie 1	1,5	1,3	1,3	1,7	1,6	1,5	1,7	1,6	1,3	1,3	1,8	1,7	1,7	2,9	1,3	1,5	1,5
	Voie 2	1,1	1,2	1,3	1,3	1,6	1,2	1,6	1,5	1,4	1,3	1,4	1,4	1,4	1,9	1,2	1,5	1,5
	Voie 3					1,4	1,0	1,3	1,2	1,2	1,1	1,3	1,2	1,1	1,8	1,3	1,3	1,5
	Voie 4														1,3	1,2	1,1	1,5
	Voie 5																	1,3

Autres seuils de fonctionnement des sites

Analyse et synthèse des résultats (suite)

Autres indicateurs de fonctionnement (suite)

Analyse

Vitesse libre

Le tableau ci-dessous résume les écarts de vitesse libre par type de profil en travers. La plus forte valeur de la vitesse libre s'observe sur la voie de gauche quelle que soit la configuration du site. On constate que, en moyenne, la vitesse libre de la voie de droite est plus faible sur une chaussée de 2x3 voies par rapport à une chaussée de 2x2 voies.

Vitesses libres (en km/h)							
Type d'aménagement	Vitesse libre	Chaussée	Voie 1	Voie 2	Voie 3	Voie 4	Voie 5
2x2 voies	Minimum	90	90	97			
	Moyenne	101	99	111			
	Maximum	109	102	121			
2x3 voies	Minimum	95	85	98	114		
	Moyenne	106	92	114	128		
	Maximum	111	100	135	135		
2x4 voies	Minimum	90	80	82	111	122	
	Moyenne	99	92	93	113	126	
	Maximum	108	105	100	114	133	
2x5 voies		100	90	90	107	124	135

Vitesses libres par voie et par chaussée de chaque type d'aménagement

Temps inter-véhiculaire à capacité

Le tableau ci-dessous synthétise les écarts de temps inter-véhiculaires (TIV) à capacité pour chacun des types d'aménagement de chaussée.

On constate, qu'en pratique et en moyenne, le TIV à capacité est nettement inférieur aux 2 secondes exigées par le Code de la Route. D'autant plus que la définition du temps inter-véhiculaire spécifie le temps entre les deux avants des véhicules successifs alors que le Code de la Route impose un intervalle de 2 secondes entre l'arrière d'un véhicule et l'avant du véhicule qui le suit. L'application stricte de la réglementation conduirait à une forte réduction des débits écoulés par les VRU.

TIV (en seconde/véh)							
Type d'aménagement	TIV	Chaussée	Voie 1	Voie 2	Voie 3	Voie 4	Voie 5
2x2 voies	Minimum	1,3	1,3	1,1			
	Moyenne	1,3	1,5	1,2			
	Maximum	1,5	1,7	1,3			
2x3 voies	Minimum	1,2	1,3	1,2	1,0		
	Moyenne	1,4	1,6	1,4	1,2		
	Maximum	1,5	1,8	1,6	1,4		
2x4 voies	Minimum	1,3	1,3	1,2	1,3	1,1	
	Moyenne	1,5	1,9	1,6	1,5	1,2	
	Maximum	1,9	2,9	1,9	1,8	1,3	
2x5 voies		1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,3

TIV par voie et par chaussée de chaque type d'aménagement

Analyse et synthèse des résultats (suite)

Répartition temporelle du NSC

La répartition temporelle du NSC est fondée sur les seuils de vitesse décrits dans la deuxième partie du Guide.

Le tableau ci-dessous récapitule la répartition temporelle des NSC des 17 sites.

Site	Nb jours	Répartition temporelle des NSC				Seuils de vitesse (en km/h)		
		NSC_1	NSC_2	NSC_3	NSC_4	V1	V2	V3
Lyon_A42_Site1_2x2	30	74%	18%	8%	1%	96	85	50
Paris_A86_Site1_2x2	29	25%	21%	41%	13%	78	68	36
Paris_N104_Site1_2x2	17	69%	19%	11%	0%	95	85	32
Toulouse_BP_Site1_2x2	10	78%	14%	6%	2%	93	84	44
Lille_A25_Site1_2x3	24	97%	2%	0%	1%	92	80	42
Lyon_N383_Site1_2x3	31	68%	24%	8%	1%	87	77	40
Lyon_N383_Site2_2x3	7	64%	21%	13%	2%	90	80	46
Paris_A1_Site1_2x3	11	45%	23%	24%	8%	100	90	48
Paris_A3_Site1_2x3	18	71%	21%	7%	1%	96	85	35
Paris_A3_Site2_2x3	22	54%	37%	7%	1%	101	91	55
Paris_A6_Site1_2x3	20	48%	32%	18%	2%	105	94	55
Paris_A6_Site2_2x3	13	37%	21%	21%	22%	98	88	47
Toulouse_BP_Site2_2x3	14	83%	11%	6%	1%	98	90	50
Lille_A1_Site1_2x4	29	77%	14%	6%	2%	98	88	50
Paris_A4_Site1_2x4	20	29%	31%	37%	4%	81	72	38
Paris_A4_Site2_2x4	10	61%	11%	23%	5%	90	80	43
Paris_A4_Site3_2x5	13	62%	20%	9%	9%	90	81	44

Seuils de vitesse et répartition des niveaux de service des sites

Le site Paris_A6_Site2_2x4 révèle un NSC_4 « trafic saturé » qui s'étend sur 22% de la journée ouvrée moyenne. Le trafic est globalement en saturation pendant plus de 5 heures par jour ouvrable.

Parmi les 17 sites, le site Paris_A86_Site1_2x2 a un NSC_3 « trafic dense » plus élevé qui atteint les 40 % du temps d'une journée ouvrée moyenne. Le trafic est dense pendant plus de 8 heures par jour.

En Ile-de-France, la durée cumulée des NSC_3 et NSC_4 se révèle être supérieure à 30% du temps de la journée. Ce qui implique une demande forte et soutenue. En province, la durée cumulée des NSC_3 et NSC_4 est inférieure à 10% du temps de la journée qui implique une demande modérée et peu soutenue.

On notera la grande disparité des seuils de vitesse qui permettent de discriminer les NSC y compris sur des aménagements identiques, voire sur un même axe. Ainsi, sur les deux sites parisiens d'A3, les seuils de saturation sont fixés à 35 km/h sur l'un pour 55 km/h sur l'autre.

On voit sur cet exemple qu'un seuil absolu, fixé par exemple à 40 km/h sur une infrastructure à 2x2 voies, est fixé trop haut pour deux sites et trop bas pour les deux autres. On signale une congestion qui n'est pas encore là sur deux sites et on ne signale rien sur les deux autres sites alors que la congestion est présente.



Ce tableau de résultats met en évidence que les seuils de NSC doivent être calculés section par section plutôt qu'être fixés arbitrairement de manière globale.

Quatrième partie : conclusions

Première partie :
quelques notions d'ingénierie du trafic



Deuxième partie :
caractérisation des NSC des VRU de type A



Troisième partie :
analyse et Synthèse



Conclusions



Cette partie conclut l'exposé par les principaux enseignements que l'on peut retirer de cette étude tout en ouvrant des perspectives d'approfondissement du champ de réflexion

Une méthodologie avérée

Ce guide fournit la description précise d'un cadre méthodologique permettant d'établir la capacité et les niveaux de service d'une voie rapide urbaine de type A à partir des mesures de trafic recueillies.

Cette méthodologie a été élaborée et ajustée sur un site pilote situé en Ile-de-France.



CRICR Ile-de-France

Sa mise en œuvre sur 16 autres sites de voies rapides en périphérie de plusieurs grandes agglomérations françaises a mis en évidence une bonne cohérence globale des résultats obtenus, validant, de fait, la méthode présentée.

La méthode décrite permet d'évaluer :

- les caractéristiques du trafic à travers le débit de l'heure de pointe, le facteur de pointe instantanée et le trafic moyen journalier, ...
- les caractéristiques de l'écoulement à travers la capacité, la vitesse optimale, et la concentration critique,
- les niveaux de service de circulation et leur répartition sur 24 heures.

Cette méthodologie est applicable sur tout réseau de voies rapides. Elle peut être employée par les projeteurs pour la conception d'une nouvelle infrastructure et par les exploitants pour l'analyse des conditions de circulation sur leur réseau.

D'une manière générale, le recours à la notion de niveau de service de circulation permet d'aboutir à une meilleure compréhension du fonctionnement des VRU. Il constitue un référentiel dégagé des contraintes locales qui permet de comparer le rendement d'une infrastructure par rapport à une autre, quelles qu'en soient ses caractéristiques et ses conditions d'utilisation.

L'utilisation des NSC permet également une harmonisation de la définition des états de trafic utilisés pour l'animation de synoptiques dans les salles d'exploitation des PC routiers et sur les sites internet dédiés à la circulation.

Il permet, plus généralement, d'harmoniser la définition de « l'état du trafic » (fluide, dense, saturé...) utilisé pour qualifier la circulation sur une voie rapide.

Quelques résultats

Au delà de la méthode mise en œuvre, le guide permet également de dégager des enseignements relatifs au fonctionnement actuel des voies rapides françaises, en particulier sur la capacité des différents types d'aménagement.

Ainsi :

- la capacité d'une voie varie en fonction du type d'aménagement et de sa position sur la chaussée. La capacité moyenne par voie sur l'ensemble des 16 sites est estimée à 2300 véh/h,
- la capacité évaluée pour les différents types d'aménagement du panel vaut, en moyenne :
 - 4 600 véh/h par sens pour une 2x2 voies,
 - 6 700 véh/h par sens pour une 2x3 voies,
 - 9 300 véh/h par sens pour une 2x4 voies,
 - 10 300 véh/h par sens pour une 2x5 voies,
- selon le type d'aménagement, le Trafic Moyen Journalier (TMJ) des jours ouvrables varie :
 - de 48 200 véh/j à 71 500 véh/j pour une 2x2 voies,
 - de 58 350 véh/j à 99 250 véh/j pour une 2x3 voies,
 - 136 100 véh/j à 138 500 véh/j pour une 2x4voies,
 - il atteint 142 800 véh/j pour une 2x5 voies,
- le Facteur de Pointe Instantanée par voie et par chaussée est élevé sur chacun des 16 sites analysés (FPI > 0,92). Ceci témoigne d'un niveau de trafic restant régulièrement soutenu durant toute l'heure de pointe,
- suivant le type d'aménagement et la position de la voie sur la chaussée, la vitesse libre moyenne varie de 90 km/h à 135 km/h,
- sur la quasi-totalité des 16 sites analysés et quels que soient les types d'aménagement, le Temps Inter Véhiculaire à Capacité par voie varie entre 1 et 2 secondes,
- quatre sites sur les 16 analysés révèlent une durée cumulée en niveau de service 3 et 4 supérieure à 30% par jour. C'est-à-dire que, sur ces quatre sites (tous franciliens), les conditions de trafic sont difficiles durant plus de sept heures par jour ouvrable,
- la vitesse caractérisant la congestion n'est pas constante : sur l'ensemble des sites étudiés, elle varie entre 35 et 55 km/h.

Des perspectives

Ce guide porte sur les voies rapides urbaines. Il reste à évaluer l'utilisation de la méthode préconisée sur les infrastructures autoroutières interurbaines afin de définir un référentiel commun.

D'autre part, ce guide est limité à l'étude de sections courantes éloignées de toute entrée-sortie. Il reste à évaluer l'influence des entrées, des sorties et des entrecroisements sur la capacité et les niveaux de service.

Il serait également utile de disposer d'abaques permettant de quantifier les facteurs influençant la capacité : composition du trafic, profil en long, largeurs des voies, impact des incidents, ...



A 480 en périphérie de Grenoble

Références

Bibliographie

- [1] Simon COHEN (1993), Ingénierie du trafic routier, Presses de l'ENPC, Edition 1993.
- [2] Highway Capacity Manual (HCM, 2000) Special Report 209, Transportation Research Board, National Research Council, Washington D.C.
- [3] CETUR Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des voies rapides urbaines, (ICTAVRU), janvier 1990.
- [4] DREIF/CERTU/INRETS/SRILOG (1999), Niveaux de service de circulation (NSC) des voies rapides urbaines de type A (VRU A) /Tranche ferme / Rapport final, Novembre 1999.

Annexe 1 : Recommandation pour la mise à jour de l'abaque de la page 53 de l'ICTAVRU

Mise à jour de l'abaque

Pour le critère trafic, le choix du type d'aménagement à mettre en place dépend essentiellement :

- de la demande (TMJ),
- de la répartition de la demande dans le temps (débit de l'heure de pointe et durée de l'heure de pointe),
- du niveau de service de circulation souhaité.

A titre indicatif, nous fournissons un tableau empirique (voir ci-après) construit avec des résultats des sites analysés, tableau similaire à celui de la page 53 de l'ICTAVRU. Il reflète les domaines d'application des sites analysés dans des conditions normales de circulation (sans incident, bonne condition météorologique,...).

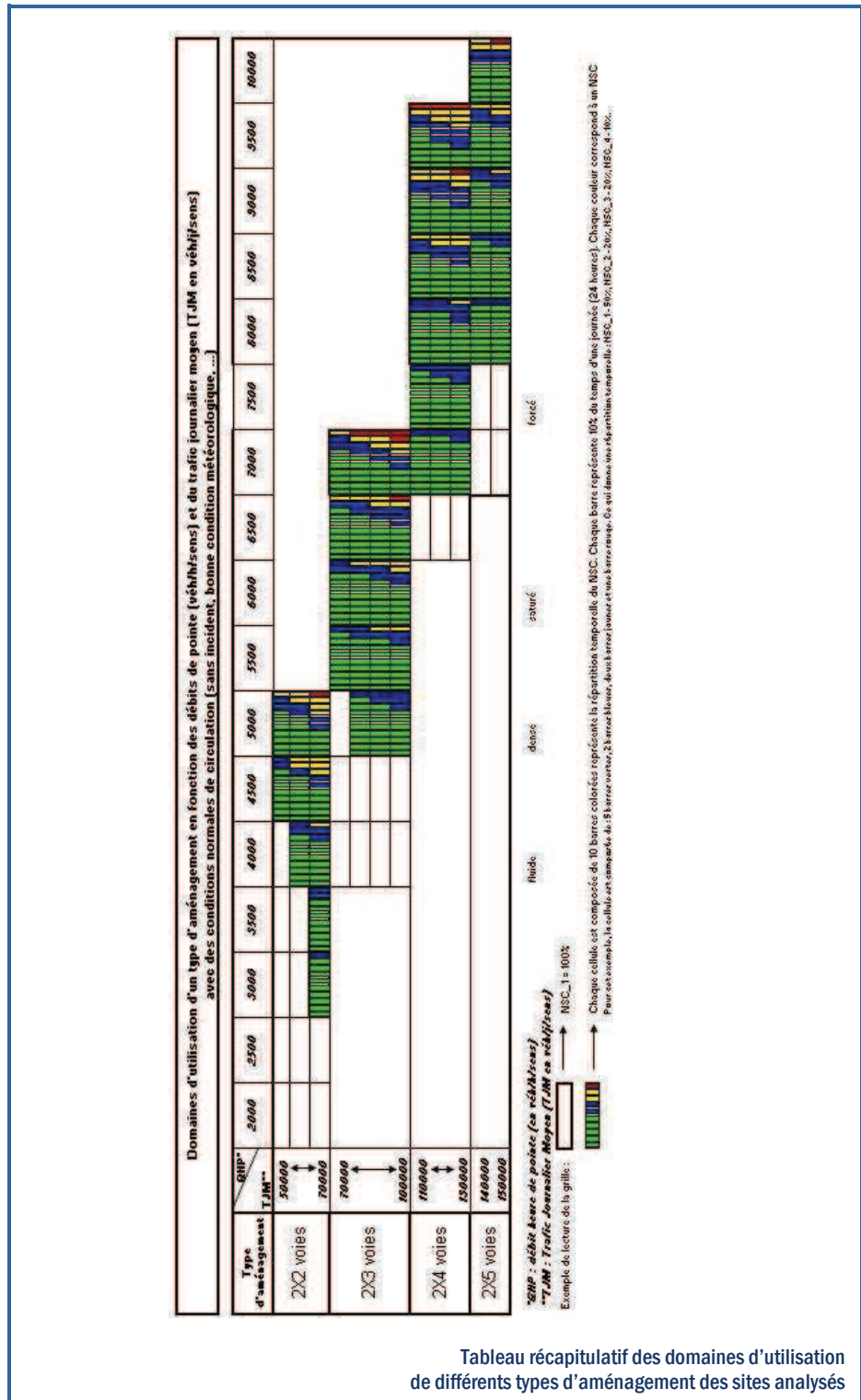
Il convient de signaler que ce tableau empirique n'est pas destiné à remplacer l'abaque de la page 53 de l'ICTAVRU. Il constitue un élément de base pour réaliser la mise à jour de cet abaque. En effet, cette mise à jour nécessite d'autres éléments comme la capacité en UVP.

Nota : dans le tableau ci-après, le TMJ est le volume de Trafic Moyen Journalier des jours ouvrables déduit de l'échantillon utilisé pour un sens de circulation donné. Dans l'ICTAVRU actuel, le TMJA est une moyenne annuelle et concerne les deux sens de circulation.

Le TMJ et le QHP (débit en heure de pointe) sont exprimés en véh/j et en véh/h et non pas en UVP/h (unité de voiture particulière) faute de disposer des données relatives au trafic PL.

Annexe 1 : Recommandation pour la mise à jour de l'abaque de la page 53 de l'ICTAVRU (suite)

Mise à jour
de l'abaque (suite)



Annexe 2 : Fiches descriptives des sites analysés

Identifiant de site

Il est défini par quatre champs :

- nom de la ville ou de la région où se trouve le site : Ile-de-France, Lille, Lyon, Toulouse,
- nom de l'axe,
- n° de site, permettant de dissocier plusieurs sites sur même axe, par exemple : A4_Site1, A4_Site2, A4_Site3, ...
- type d'aménagement : 2x2 voies, 2x3 voies, 2x4 voies, 2x5 voies.

Liste des sites étudiés

Identifiant	Ville	Axe	N° de site	Type d'aménagement
Lyon_A42_Site1_2x2	Lyon	A42	1	2x2
Paris_A86_Site1_2x2	Paris	A86	1	2x2
Paris_N104_Site1_2x2	Paris	N104	1	2x2
Toulouse_BP_Site1_2x2	Toulouse	BP	1	2x2
Lille_A25_Site1_2x3	Lille	A25	1	2x3
Lyon_N383_Site1_2x3	Lyon	N383	1	2x3
Lyon_N383_Site2_2x3	Lyon	N383	2	2x3
Paris_A1_Site1_2x3	Paris	A1	1	2x3
Paris_A3_Site1_2x3	Paris	A3	1	2x3
Paris_A3_Site2_2x3	Paris	A3	2	2x3
Paris_A6_Site1_2x3	Paris	A6	1	2x3
Paris_A6_Site2_2x3	Paris	A6	2	2x3
Toulouse_BP_Site2_2x3	Toulouse	BP	2	2x3
Lille_A1_Site1_2x4	Lille	A1	1	2x4
Paris_A4_Site1_2x4	Paris	A4	1	2x4
Paris_A4_Site2_2x4	Paris	A4	2	2x4
Paris_A4_Site3_2x5	Paris	A4	3	2x5

FICHE N° 1

LYON



Désignation du Site		LYON_A42_Site1_2X2
Caractéristiques du site	Axe : Sens : PR :	A42 Radial sortant d'agglomération 2.000
Profil de l'infrastructure		2 voies + B.A.U.
Points particuliers		Vitesse limitée à 110 km/h

Caractéristiques du trafic

	Capacité (véh/h)	Facteur de pointe instantané	Taux de Poids Lourds (%)	Taux Journalier Moyen (véh/j)
Voie 1	2170	0,95	5,8	-
Voie 2	2570	0,93	0,2	-
Chaussée	4740	0,95	2,8	48 203

Caractéristiques de l'écoulement

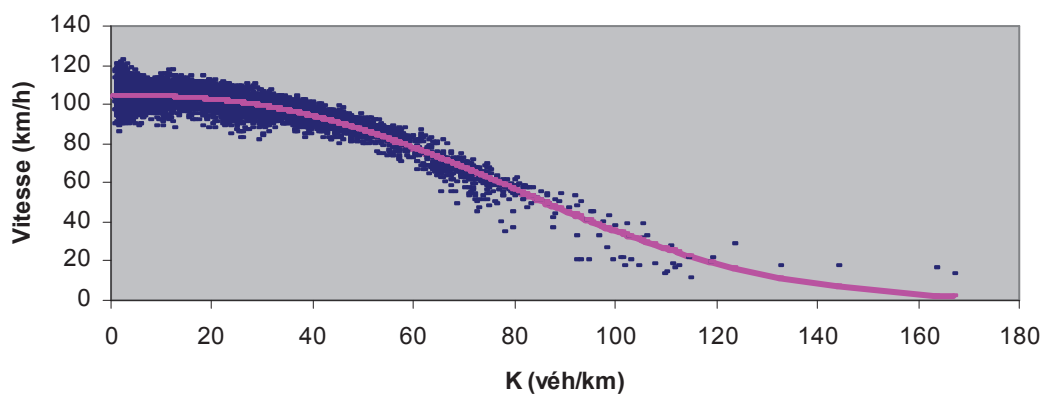
Diagramme $V = a \cdot \text{EXP}(-b \cdot K^\alpha)$ du site

Table des matières

Groupe de travail	4
Rédaction	4
Participation	4
Introduction	8
Enjeux	8
Problématique du présent guide	9
Contexte	9
Objectifs	9
Contenu du guide	10
Limites du guide	10
Apport d'une démarche capacité et Niveaux de service de circulation	12
Première partie : quelques notions d'ingénierie du trafic.....	13
Caractéristiques géométriques des voies rapides urbaines de type A.....	14
Profil en travers	14
Chaussée	14
Voie de circulation	14
Terre plein central (TPC)	14
Bande d'arrêt d'urgence (BAU) ou bande d'arrêt (BA)	14
Profil en long	15
Caractéristiques du trafic.....	16
Débit	16
Facteur de pointe instantanée (FPI)	16
Coefficient d'équivalence	16
Vitesses	17
Vitesse instantanée	17
Vitesse moyenne dans le temps (vitesse locale)	17
Vitesse moyenne dans l'espace	17
Vitesse limite autorisée	17
Concentration (K ou densité)	17
Taux d'occupation (TO)	17
Relation entre concentration (K) et taux d'occupation (TO)	17
Distance inter véhiculaire	19
Temps inter véhiculaire	19
Intervalle de 2 secondes du Code de la Route	19
Liens entre les variables microscopiques et macroscopiques	19
Relation fondamentale	19
Diagramme fondamental	19
Caractéristiques du diagramme fondamental	21
Modèle de diagramme fondamental	21
Diagramme empirique	23
Capacité	24
Capacité nominale	24
Capacité pratique en un point d'une route	24
Capacité pratique d'un itinéraire routier	24
Débit de dimensionnement	24
Niveaux de Service de Circulation (NSC)	26
Le concept du NSC	26
Facteurs à prendre en considération pour évaluer le NSC	26

Deuxième partie : caractérisation des NSC des VRU de type A.....	27
Préparation des données trafic	28
Objectif	28
Etape 1 : Recueil de données de trafic brutes	28
Etape 2 : Présélection des jours	28
Etape 3 : Qualification des données brutes.....	28
Données manquantes	30
Surcomptage	30
Vitesse excessive	30
Débit nul.....	30
Vitesse nulle	30
Débit/vitesse incompatibles	30
Débit/TO incompatibles.....	30
Incohérence globale des mesures	31
Taux de disponibilité	31
Etape 4 : Constitution d'un échantillon de données.....	33
Caractérisation du trafic	34
Objectif	35
Débit de l'heure de pointe journalière	35
Facteur de pointe instantanée	35
Calcul du trafic moyen journalier.....	36
Capacité et débit de l'heure de pointe journalière	36
Caractérisation de l'écoulement	37
Objectif	37
La relation fondamentale.....	37
Prise en compte de l'effet des PL	37
Les modèles mathématiques	38
Calibrage du diagramme fondamental	39
Caractéristiques de l'écoulement du trafic.....	40
Les niveaux de service de circulation des VRU de type A.....	43
Détermination des seuils de discrémiation des NSC	44
Répartition temporelle des NSC	45
Cas particulier : décomposition horaire des niveaux de service	46
Capacité et NSC d'un axe	46

Troisième partie : analyse et synthèse	48
Les sites étudiés et les données de trafic utilisées	49
Sites étudiés	49
Données de trafic	49
Analyse et synthèse des résultats	50
Capacité	50
Résultats	50
Analyse	51
Capacité d'une voie	51
Variation de la capacité en fonction du type d'aménagement.....	51
Capacité de la chaussée	56
Caractéristiques du trafic	56
Résultats	56
Analyse	57
Autres indicateurs de fonctionnement.....	57
Analyse	58
Répartition temporelle du NSC	59
Quatrième partie : conclusions	61
Une méthodologie avérée	62
Quelques résultats.....	63
Des perspectives	64
Références	65
Bibliographie	65
Annexe 1 : Recommandation pour la mise à jour de l'abaque de la page 53 de l'ICTAVRU.....	66
Mise à jour de l'abaque.....	66
Annexe 2 : Fiches descriptives des sites analysés.....	68
Identifiant de site	68
Liste des sites étudiés	68
Table des matières	70
Informations légales	73
Version.....	73
Reproduction	73

Informations légales

Version

Version 2.2 du 02/08/2007.

Reproduction

Toute reproduction intégrale ou partielle, faite sans l'autorisation de la DREIF, est interdite (loi du 11 mars 1957). Cette reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code Pénal.