

# Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des voies rapides urbaines

# ICTAVRU





INSTRUCTION SUR LES CONDITIONS TECHNIQUES  
D'AMENAGEMENT  
DES VOIES RAPIDES URBAINES

ICTAVRU

Mars 2009

Centre d'études sur les réseaux, les transports,  
l'urbanisme et les constructions publiques



# Avertissement

La présente *Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des voies rapides urbaines* (Ictavru) remplace celle éditée en 1990.

Deux catégories de voies sont concernées :

les voies à caractéristiques autoroutières (VCA) pour les VRU de type A ;

les grandes voies (non VCA) pour les VRU de type U.

Il ne s'agit pas d'une refonte de l'instruction mais seulement d'une réédition intégrant deux modifications :

- « Caractéristiques géométriques du profil en travers » du thème « Géométrie liée au débit » (partie 1 du titre II, chapitre 3). Cette modification a fait l'objet d'une circulaire de la direction des Routes en date du 21 décembre 1998 ;
- règles de dimensionnement des accès sur VRU de type A, datée du 15 mai 2007. Cette dernière modification est accompagnée d'un guide d'application *Conception des accès sur VRU de type A*.

**Cette réédition doit être considérée comme un ouvrage transitoire de référence d'aide au choix de partie d'aménagement et à la conception générale des grandes infrastructures routières en milieu urbain.**

Cependant, nous alertons le lecteur sur le fait que de nombreux chapitres sont obsolètes compte tenu des très nombreuses nouvelles réglementations, en particulier dans les domaines de l'environnement et des ouvrages de génie civil.

**Nous vous recommandons vivement de rechercher les éléments actualisés dans la Documentation des techniques routières françaises (DTRF), site :**

<http://dtrf.setra.equipement.gouv.fr/>.

L'Ictavru rassemble les règles de l'art pour l'élaboration des dossiers conformes aux procédures de mise en œuvre du projet routier ou autoroutier dans les territoires urbains.

Ces règles sont en cours de réexamen et feront l'objet de communications spécifiques en attente d'une refonte complète de cet ouvrage de référence. Les spécificités des véhicules d'aujourd'hui, le comportement des usagers, la sécurité routière dont la réduction des vitesses maximales autorisées, l'obligation de réduire les gaz à effet de serre (GES), la nécessaire gestion dynamique des trafics dont, pour la multimodalité (TC, covoiturage...), l'intégration poussée dans un système global des transports en milieu urbain... sont autant de thèmes actuellement en pleine recherche/développement.

Les prescriptions de l'Ictavru s'imposent aux infrastructures à Maîtrise d'Ouvrage (MOA) État, dont celles avec un statut d'autoroute, de route express ou de déviation dans les territoires urbains.

L'Ictavru peut également constituer un guide technique à l'usage des collectivités territoriales pour la conception des grandes voies urbaines aux caractéristiques sensiblement identiques.

## Collection Références

Cette collection comporte les guides techniques, les ouvrages méthodologiques et les autres ouvrages qui, sur un champ donné, présentent de manière pédagogique ce que le professionnel doit savoir. Le Certu a suivi une démarche de validation du contenu et atteste que celui-ci reflète l'état de l'art. Il recommande au professionnel de ne pas s'écarter des solutions préconisées dans le document sans avoir pris l'avis d'experts reconnus.

Le Certu publie également les collections : débats, dossiers, rapports d'étude.

# Remerciements

L'édition 1990 a été élaborée par le groupe de travail pour la révision de l'Ictavru créé auprès du conseil général des Ponts et Chaussées sous la présidence de J. Belli-Riz, IGPC, le comité de rédaction étant animé par B. Durand (Cetur), J. Deterne (Setra) et Cl. Delmas (Dreif), avec l'assistance de P. Vaudray (IGPC).

Il a été conçu et réalisé par le Cetur (département voirie espaces publics) avec la collaboration du Setra et de la Dreif.

Ont participé à la mise au point finale du document dans le cadre de leurs fonctions actuelles ou passées au Cetur : F. Alphand, F. Betbédé, J.-M. Gambard, P. Skriabine.

Cette réédition 2008, incluant deux modifications, a été réalisée au Certu sous le contrôle de Madame Deffayet (Certu/CGV) et de Monsieur Jean-Paul Lhuillier (Certu/CGV).

Ont collaboré notamment :

Pour la première modification relative aux profils en travers (groupe de travail Rouillé) : Messieurs François Rouillé (IG au CGPC), Simon Cohen (directeur de recherche à l'Inrets), Michel Costilles (responsable du groupe conception des infrastructures au Certu).

Pour la deuxième modification relative à la conception des accès sur VRU de type A (groupe Farran) : Messieurs Pierre Farran (IG au CGPC), Christian Gourdel (Dreif/DIT), Jean-Marie Le Dieu-de-Ville (Dreif/Sier), Jean-Paul Lhuillier (Certu).

L'ensemble de cette réédition a été relu par : Madame Christine Deffayet (Certu/CGV), Messieurs Michel Clarisse (DIR Est), Jacques Legaignoux (Cete Méditerranée).

## À noter

L'élaboration de la deuxième modification relative à la conception des accès sur VRU de type A, a fait l'objet de l'édition d'un guide spécifique d'application préalablement édité en 2003. Ce guide d'application est complémentaire de cette réédition de l'Ictavru.

# Sommaire général

<b>Avant-propos</b> .....	<b>8</b>
<b>Introduction</b> .....	<b>9</b>
<hr/>	
<b>TITRE I ÉTABLISSEMENT DU PROGRAMME</b> .....	<b>10</b>
<hr/>	
<b>Généralités</b>	<b>12</b>
<b>Données de base déterminant le projet</b>	<b>14</b>
1. <b>Trafic</b>	<b>14</b>
2. <b>Insertion dans le site et structuration du tissu urbain</b>	<b>15</b>
3. <b>Contraintes d'implantation techniques et physiques</b>	<b>17</b>
4. <b>Les données économiques et sujétions de financement</b>	<b>17</b>
5. <b>Voies rapides urbaines à caractère autoroutier : voies de type « A »</b>	<b>18</b>
6. <b>Autres voies rapides urbaines : voies de type « U »</b>	<b>19</b>
<b>Impacts et conditions générales de réalisation de l'ouvrage</b>	<b>20</b>
1. <b>Maîtrise des impacts</b>	<b>20</b>
2. <b>Sécurité</b>	<b>22</b>
3. <b>Assainissement</b>	<b>23</b>
4. <b>Exploitation</b>	<b>23</b>
5. <b>Traitement des zones de transition</b>	<b>24</b>
6. <b>Les principes de réalisation échelonnée</b>	<b>24</b>
7. <b>Conditions de réalisation des travaux</b>	<b>25</b>
8. <b>Conditions de gestion de l'ouvrage – entretien</b>	<b>25</b>
<hr/>	
<b>TITRE II ÉLÉMENTS TECHNIQUES DU PROJET</b> .....	<b>26</b>
<hr/>	
<b>Partie I Caractéristiques principales du projet</b> .....	<b>27</b>
<b>Géométrie liée à la vitesse de référence</b>	<b>28</b>
1. <b>Catégories de voies rapides urbaines</b>	<b>29</b>
2. <b>Tracé en plan et dévers associés</b>	<b>29</b>
3. <b>Profil en long</b>	<b>31</b>
4. <b>Distance d'arrêt - Visibilité</b>	<b>32</b>
<b>Géométrie liée au débit</b>	<b>37</b>
1. <b>Terminologie</b>	<b>38</b>
2. <b>Relation entre le débit et le nombre de voies</b>	<b>39</b>
3. <b>Caractéristiques géométriques du profil en travers</b>	<b>43</b>
<b>Annexe 1 : largeur de la berme en fonction des équipements qui y sont implantés</b>	<b>57</b>
<b>Annexe 2 : Largeur de la bande médiane en fonction des équipements qui y sont implantés</b>	<b>59</b>

<b>Échanges</b>	<b>61</b>
1. Conception des échanges : principes de base	63
2. Les principaux types de carrefours et échangeurs : critères de choix	73
3. Recommandations techniques et éléments normatifs	81
<b>Partie II Maîtrise des impacts .....</b>	<b>99</b>
<b>Aménagements paysagers</b>	<b>100</b>
Introduction	101
1. Étude du paysage	102
2. Étude d'aménagement paysager	103
3. Les matériaux du paysage	107
<b>Ouvrages de protection contre le bruit</b>	<b>111</b>
1. Les écrans acoustiques	112
2. Les buttes de terre	117
3. Les couvertures de chaussées	117
4. Les traitements acoustiques de façade	118
5. Éléments de choix entre les différents dispositifs de protection	120
<b>Pollution des rejets</b>	<b>122</b>
1. Avertissement	123
2. Données générales	123
3. Réglementation	124
4. Propositions méthodologiques	124
5. Protection contre la pollution	125
6. Entretien et gestion des ouvrages	126
<b>La pollution de l'air</b>	<b>127</b>
1. Nature de la nuisance	128
2. Émission – Dispersion	128
3. Niveaux rencontrés – Quelques exemples	129
4. Actions envisageables	130
5. Cas particulier des tunnels et des tranchées couvertes	131
<b>Partie III Conduite de l'opération .....</b>	<b>132</b>
<b>Emprises et problèmes fonciers</b>	<b>133</b>
Introduction	134
1. Les constituants de l'emprise	134
2. Détermination de l'emprise au stade de l'avant-projet	134
3. Détermination de l'emprise au stade du projet de définition	135
<b>Rétablissement des réseaux</b>	<b>137</b>
1. Introduction – Les divers réseaux	138
2. Aspects administratif et réglementaire	138
3. Connaissance du sous-sol – Archivage	143
4. Organisation de la coordination	143
5. Recommandations pour la pose des canalisations	144

<b>Réalisation des travaux</b>	<b>145</b>
1. Éléments à prendre en compte	146
2. Recommandations	146
3. Exploitation sous chantier	147
<b>Partie IV Passage d'une voie rapide urbaine dans un site difficile</b>	<b>148</b>
1. Généralités	150
2. Valeurs limites – Précautions d'utilisation	150
<b>Partie V Équipements</b>	<b>153</b>
<b>Équipement de gestion du trafic</b>	<b>154</b>
Introduction : la gestion dynamique du trafic	155
1. Définition des niveaux de service	155
2. Critères impliquant la mise en œuvre des divers niveaux de service	156
3. Services rendus et moyens nécessaires	158
4. Régulation des feux	159
Annexe	161
<b>Équipements de sécurité</b>	<b>163</b>
1. Aménagement des points d'échanges	164
2. Marquage horizontal	164
3. Balisage	164
4. Signalisation verticale de police	165
5. Limitation de vitesse	165
6. Dispositifs de retenue	166
7. Éclairage	167
8. Réseau d'appel d'urgence	167
9. Points d'arrêt	167
10. Clôtures	167
<b>Équipements de signalisation de direction et d'indication</b>	<b>168</b>
1. Principes généraux à respecter pour l'implantation	169
2. Précautions à prendre pour la pose	170
<b>Évacuation des eaux</b>	<b>171</b>
1. Eaux superficielles	172
2. Les eaux internes – Drainage – Nappes	176
<b>Éclairage</b>	<b>177</b>
1. Nécessité d'éclairer	178
2. Recommandations existantes	178
3. Choix de l'implantation	179
4. Choix des sources et des appareils	180
5. Choix du réseau de distribution	180
6. Entretien	180
7. Conclusion	181

<b>Aires annexes</b>	<b>182</b>
1. Choix de l'implantation	183
2. Aménagement de l'aire	183
3. Localisation et dimensionnement des accès	185
4. Circulation interne et parcs de stationnement	185
5. Signalisation verticale	185
6. Aménagement paysager	186
1. Nature des franchissements	189
2. Caractéristiques géométriques	189
3. Qualité paysagère et architecturale	190
4. Réseaux	190
5. Domanialité, gestion et entretien	191
6. Équipements	191
7. Méthodes de construction	192
<b>Terrassements</b>	<b>193</b>
1. Rappel des problèmes généraux de terrassements	194
2. Spécificité des terrassements en milieu urbain	195
<b>Chaussées</b>	<b>198</b>
1. Rappel des principes du dimensionnement des chaussées	199
2. Le profil en travers	200
3. Entretien structurel	201
4. Choix de la couche de surface	203
5. Influence de l'entretien sur les cotes du projet	206
<b>Tunnels et tranchées couvertes</b>	<b>207</b>
1. Généralités	209
2. Éléments géométriques	210
3. Génie civil	214
4. Ventilation	218
5. Éclairage	220
6. Environnement	221
7. Équipements de gestion	222
8. Particularités de la gestion d'un ouvrage souterrain	225
<b>Partie VII Phasage de l'opération.....</b>	<b>226</b>
Préambule	228
1. Principes généraux	228
2. Définitions	228
3. Recommandations particulières aux genres de phasages	229
4. Types de phasage	230
Annexe 1 : schémas de phasage transversal	233
Annexe 2 : modalités d'emploi de ces phasages	235
<b>Bibliographie.....</b>	<b>237</b>
<b>Abréviations.....</b>	<b>238</b>

## Avant-propos

La présente instruction sur les conditions techniques d'aménagement des voies rapides urbaines (Ictavru) remplace l'instruction annexée à la circulaire n° 68.115 du 1<sup>er</sup> décembre 1968, ainsi que ses manuels d'application (VRU-MP 69, VRU-SE 70).

Comme la précédente, cette instruction revêt un caractère essentiellement technique.

De ce fait, elle ne traite pas de l'ensemble des études qui auront conduit à la décision de réaliser, en milieu urbain, une infrastructure de type autoroute ou route express : cette décision doit être le fruit d'une réflexion globale sur l'aménagement de l'agglomération, en concertation avec l'ensemble des intervenants locaux, et en cohérence avec les documents d'urbanisme et de planification (schéma directeur d'aménagement et d'urbanisme, schéma de maîtrise d'ouvrage des voiries, plan d'occupation des sols, plan de déplacements urbains, etc.).

L'Ictavru ne traite pas non plus des diverses procédures administratives à mettre en œuvre en amont ou en aval des études d'avant-projet (inscription dans les documents d'urbanisme, approbation des dossiers techniques, enquêtes publiques, etc.). Elle n'explicite pas de façon systématique les préoccupations économiques et financières à prendre en compte à tous les stades de l'élaboration du projet.

En revanche, l'Ictavru comporte un titre I « Établissement du programme » qui prend en compte les prescriptions de la loi 85-704 du 12 juillet 1985 relative à la maîtrise d'ouvrage publique.

Celle-ci dispose en effet que le « maître de l'ouvrage définit dans le programme les objectifs de l'opération et les besoins qu'elle doit satisfaire ainsi que les contraintes et exigences de qualité sociale, urbanistique, architecturale, fonctionnelle, technique et économique, d'insertion dans le paysage et de protection de l'environnement, relatives à la réalisation et à l'utilisation de l'ouvrage » ; elle précise que pour les ouvrages complexes d'infrastructure, l'élaboration du programme, en principe antérieure aux études d'avant-projet proprement dites, peut se poursuivre pendant ces dernières.

Ce processus paraît particulièrement bien adapté au cas des grandes infrastructures routières en milieu urbain, dont la conception et les caractéristiques doivent résulter d'une démarche itérative de réflexion, intégrant de façon globale, à partir des objectifs assignés à l'opération, toutes les contraintes extérieures qui s'imposent à elle et toutes les données techniques auxquelles elle doit satisfaire.

Cela étant, l'Ictavru constitue le fondement technique de l'élaboration des dossiers de prise en considération et d'avant-projet, tels que définis dans la directive annexée à la circulaire du 2 janvier 1986, relative aux modalités d'instruction des dossiers techniques des opérations d'investissements routiers.

On pourra également s'y reporter avec profit lors de l'élaboration des projets de définition ; mais les éléments techniques du titre II seront en général d'une précision insuffisante à ce stade, et il y aura lieu de se référer aux documents spécifiques répertoriés dans la bibliographie.

# Introduction

Les autoroutes sont régies par la loi n° 55-435 du 18 avril 1955. Elles appartiennent exclusivement au domaine public de l'État. Elles sont interdites à certaines catégories d'usagers ; les accès riverains n'y sont pas autorisés ; l'ensemble des échanges y est dénivelé.

Les routes express sont régies par la loi n° 69-7 du 3 janvier 1969. Elles peuvent faire partie du domaine public de l'État ou de toute autre collectivité publique territoriale. Elles peuvent être interdites à certaines catégories d'usagers ; les riverains n'y possèdent pas de droit d'accès et elles peuvent comporter des carrefours à niveau.

Aux termes de la loi du 3 janvier 1969, ces deux catégories d'infrastructures constituaient les « voies rapides ». Cette notion a perdu son sens juridique en 1989 lors de l'élaboration du Code de la voirie (loi n° 89-413 du 22 juin 1989). Il a paru cependant opportun de conserver le concept de « voie rapide », par opposition aux voiries traditionnelles en milieu urbain, supposées parcourues à vitesse modérée (60 km/h ou moins), et dont la fonction de transit s'efface devant les autres fonctions urbaines (desserte, activités riveraines...).

Au surplus, les concepts juridiques ne cernent pas parfaitement les situations de fait : il existe des voies qui, sans avoir le statut d'autoroute ou de route express, sont perçues comme telles par les usagers, en raison de leur aspect et des conditions de leur utilisation ; or on doit tenir compte du comportement probable des usagers pour définir les caractéristiques techniques d'une infrastructure routière, et particulièrement celles qui ont un lien étroit avec la sécurité.

Par ailleurs, il est parfois difficile de définir le caractère « urbain » de certaines infrastructures en fonction des données administratives ou géographiques, d'autant que leur environnement est susceptible d'évoluer avec le temps. Le plus souvent, ce caractère tiendra à la conjonction de plusieurs des critères ci-après :

nature et évolution du site (traversée de zones urbanisées actuelles ou futures) ;

interactions fortes entre la voie et le site (effet de structuration ou de coupure, perception, nuisances) ;

nature des trafics (forte proportion de trafics d'échange ou local) induisant des mouvements importants à des points d'échanges rapprochés ;

existence éventuelle, dans la même emprise, d'aménagements liés à la desserte, ou destinés aux piétons, aux deux-roues, aux transports en commun.

Cela dit, les prescriptions de l'Ictavru s'imposent aux infrastructures à statut d'autoroute ou de route express réalisées par l'État en milieu urbain<sup>3</sup>.

L'application des dispositions définies par l'Ictavru est recommandée pour les autres infrastructures du domaine de l'État susceptibles d'être perçues par les usagers comme des voies rapides urbaines et dont les fonctions de transit ou d'échanges sont prédominantes.

Enfin l'Ictavru peut également constituer un guide technique à l'usage des collectivités territoriales pour l'élaboration de projets de voies urbaines ayant le statut de routes express – ou pouvant être perçues comme telles – dont elles assurent la maîtrise d'ouvrage.

---

<sup>3</sup> Cependant, en zone périphérique, lorsque les contraintes d'urbanisme ne sont pas prépondérantes et lorsque le caractère urbain de la voie est peu affirmé, on cherche à appliquer les prescriptions de Ictaal ; en toute hypothèse, il conviendra d'assurer une transition perceptible entre les sections en rase campagne et les sections urbaines.

# **TITRE I**

## **Établissement du programme**

## Sommaire

### **I – Généralités**

### **II – Données de base déterminant le projet**

#### **1. Trafic**

1.1. Caractéristiques du trafic à écouler

1.2. Conditions d'écoulement du trafic

#### **2. Insertion dans le site et structuration du tissu urbain**

2.1. Relations avec l'urbanisation et le paysage

2.2. Effets sur l'organisation des circulations

#### **3. Contraintes d'implantation techniques et physiques**

#### **4. Les données économiques et sujétions de financement**

### **III – Typologie des voies rapides urbaines**

1. Voies rapides urbaines à caractère autoroutier : voies de type « A »

2. Autres voies rapides urbaines : voies de type « U »

### **IV – Impacts et conditions générales de réalisation de l'ouvrage**

#### **1. Maîtrise des impacts**

1.1. Insertion fonctionnelle dans le tissu urbain

1.2. Bruit

1.3. Dimension paysagère et architecturale

1.4. Pollution de l'air

#### **2. Sécurité**

#### **3. Assainissement**

#### **4. Exploitation**

#### **5. Traitement des zones de transition**

#### **6. Les principes de réalisation échelonnée**

#### **7. Conditions de réalisation des travaux**

#### **8. Conditions de gestion de l'ouvrage – Entretien**

## Généralités

L'élaboration d'un projet de voie rapide urbaine ne doit pas être une juxtaposition de solutions techniques ; au contraire, elle doit être le résultat de réponses apportées de façon globale et cohérente aux objectifs pour l'aménagement de la voie et du site dans lequel elle s'insère.

Le programme concrétise donc les objectifs de fonctionnement et d'insertion de la voie dans le site par la détermination des grandes lignes du projet. Pour chaque objectif, doivent être examinées les réponses techniques possibles et les interactions avec les autres objectifs. Cette démarche est itérative (puisque tout nouvel élément examiné peut remettre en cause les choix faits précédemment) et évolutive car la nature des préoccupations change selon le niveau de détail auquel le processus se situe ou selon l'avancement des études. Elle doit conduire à des choix techniques et d'aménagement cohérents et homogènes pour l'ensemble de la voie et pour chacune de ses sections. Elle doit être menée, de manière plus ou moins approfondie, pour chacune des variantes.

Les possibilités de réponses techniques correspondant à chacun des éléments constitutifs du projet sont examinées en détail dans le titre II « Éléments du projet ».

Pour une meilleure efficacité, l'élaboration du programme devrait se faire, à tous les stades de la réflexion, en concertation avec l'ensemble des intéressés (collectivités territoriales, riverains, usagers... ) et avec l'ensemble de l'équipe de techniciens réalisant le projet (ingénieurs, architectes, paysagistes, urbanistes... ) afin d'éviter d'importantes modifications ou ajouts tardifs, alors que le projet est arrivé à un niveau technique avancé.

L'établissement du programme ne modifie pas l'élaboration d'un projet telle que définie dans les circulaires en vigueur (n° 81-113 du 28 décembre 1981 pour les dossiers de prise en considération et n° 81-23-3/5 du 25 mars 1981 pour les avant-projets). C'est une réflexion permanente à intégrer à tous les stades de cette élaboration. Le programme se matérialise par les caractéristiques géométriques, les aménagements et l'évaluation financière dont l'approbation est demandée dans le cadre d'un dossier de prise en considération, d'un avant-projet ainsi que dans l'étude d'impact figurant dans le dossier d'enquête préalable à la déclaration d'utilité publique, et donc par l'inscription au POS des emprises correspondantes.

Dans le programme doivent être examinés :

- les préoccupations dont la traduction technique détermine le parti d'aménagement de la voie et de ses relations avec le tissu environnant, et dont découle la mise en évidence de sections homogènes :
  - trafic et fonction de la voie,
  - insertion dans le site et structuration du tissu urbain,
  - contraintes d'implantation techniques et physiques,
  - données économiques et sujétions de financement ;
- les éléments qui interviennent de façon globale sur l'ensemble du projet et qui, s'ils n'influent pas directement sur les options générales adoptées pour la voie, peuvent cependant, soit être directement reliés à ces options, soit amener à les modifier plus ou moins ponctuellement :
  - maîtrise des impacts,
  - assainissement,
  - sécurité,
  - zones de transition,
  - exploitation,
  - principes d'aménagement progressif,

- conditions de réalisation des travaux,
- conditions de gestion de l'ouvrage – entretien.

En tout état de cause, ces éléments demandent une prise en compte spécifique lors de la définition des emprises et dans le coût de l'opération.

Le programme où figurent, en regard des objectifs, les choix techniques constituant le projet, choix techniques opérés par un examen itératif et transversal des diverses préoccupations à prendre en compte,

- permet de faciliter les décisions des maîtres d'ouvrage, en particulier dans la comparaison des variantes et donc dans le choix de l'une d'entre elles ;
- constitue un guide pour ceux qui sont chargés de mettre en œuvre ces décisions, tant au stade des études de définition que lors de l'exécution des travaux.

Cette démarche permet d'aboutir à un projet homogène et donc à la réalisation d'une voie qui réponde de la meilleure façon possible aux objectifs assignés.

# Données de base déterminant le projet

---

## 1. Trafic

---

### 1.1 Caractéristiques du trafic à écouler

---

Il faut tout d'abord déterminer quelle est la nature du trafic qu'on souhaite voir écouler en priorité par la future voie et quel en est le volume (en UVP / heure de pointe par sens, ou véh. / jour dans le cas de projets ayant un caractère pratiquement interurbain).

Dès lors qu'est connue la fonction première de la voie en matière de trafic, il est nécessaire d'envisager d'écouler les trafics supplémentaires potentiellement intéressés par la voie nouvelle – éventuellement en ajoutant des points d'échanges ou en modifiant l'organisation du réseau de voirie – en portant une attention particulière à l'interaction existant entre le volume et la nature du trafic, d'une part et les possibilités d'accès à la voie, d'autre part : il faut par exemple veiller à ce que la desserte d'une zone, si cet objectif ne faisait pas partie des justifications initiales de la voie, ne perturbe pas trop les objectifs fixés au départ.

Le trafic total finalement attendu sur la voie devra être connu dans sa nature (pourcentage de transit, échange, local), sa composition (pourcentage de VP, PL, deux-roues, TC... ) et son volume (en UVP / heure de pointe par sens ou en véh. / jour), éventuellement dans les différentes solutions envisagées en matière de points d'échanges (localisation, mouvements autorisés... ). Par ailleurs, on doit prévoir les éventuels usages particuliers (convois exceptionnels, militaires, circulation de véhicules transportant des matières dangereuses... ).

Pour cela, une étude de trafic détaillée et récente, prenant en compte toutes les hypothèses d'évolution de l'agglomération, doit être effectuée.

### 1.2 Conditions d'écoulement du trafic

---

La nature et le volume des trafics (dans leur ensemble et pour ceux à favoriser) qui doivent emprunter la voie vont permettre de définir les conditions de circulation sur celle-ci. Elles recouvrent :

- **la probabilité de non-congestion de la voie (niveau de service) :**

le volume du trafic à écouler par l'infrastructure étant connu, celle-ci peut être dimensionnée soit de façon à ce qu'elle ne présente de congestion que très exceptionnellement, soit en considérant qu'on peut en regard d'autres préoccupations (environnement, fonctions, coûts, etc.), accepter qu'elle soit assez régulièrement en situation de congestion (par exemple de l'ordre de 10 à 15 % du temps où la demande est supérieure à un seuil de débit donné). On obtient ainsi le nombre de voies souhaitable *a priori* en section courante pour la future infrastructure ;

▪ **la conception d'ensemble des points d'échanges :**

en fonction du trafic que l'on souhaite favoriser et du rôle assigné à la voie, on peut déterminer ce qui, pour les points d'échanges, serait souhaitable quant à leur localisation, leur nature et leur configuration : points d'échanges rapprochés ou non, dénivelés ou non... Le volume des trafics ou l'étude de détail de chacun des échanges peut ensuite amener à modifier les premiers choix<sup>2</sup> ;

▪ **l'admission ou non de divers types d'usagers :**

les fonctions assignées à la voie peuvent conduire à y interdire la circulation de certains usagers : les piétons et deux-roues, les véhicules trop lents dans la majorité des cas. Les choix d'aménagement peuvent dans certains cas amener l'exclusion des véhicules transportant des matières dangereuses... ;

▪ **usages particuliers**

cela concerne notamment l'aménagement d'arrêts TC et de dispositifs assurant le fonctionnement et la sécurité des pistes deux-roues au droit des points d'échanges, la prise en compte des contraintes liées à l'emprunt de la voie par les convois exceptionnels ou militaires (surcharges sur ouvrages d'art) etc.

---

## 2. Insertion dans le site et structuration du tissu urbain

---

Le choix des conditions dans lesquelles une voie traverse un site doit se faire dans le cadre d'une démarche globale d'aménagement cernant les objectifs en matière d'urbanisation, d'environnement, de paysage et d'organisation des circulations auxquels doit répondre la voie.

Ces objectifs doivent être définis et leurs effets appréhendés en fonction :

- des différents documents d'urbanisme ;
- du vécu social du lieu (type d'habitat, fréquentation des commerces, localisation des administrations et services publics, pôles d'activités et de loisirs... ) ;
- de l'intérêt du site (patrimoine culturel, qualité architecturale des espaces et des vues, usages et potentialités des espaces) ;
- de la consommation physique et visuelle de l'espace, des coupures et des nuisances ;
- de la façon dont sont perçues les différentes composantes du site (relief, occupation du sol, repères visuels... ) ;
- des nuisances (bruit, pollution... ) ;
- des possibilités d'aménagement.

Un parti d'aménagement – par section ou pour l'ensemble de la voie – peut alors être adopté en fonction des effets (sur l'urbanisation et les circulations) souhaités ou pouvant être admis. Ses conséquences doivent être comparées à l'état initial et à son évolution possible sans création de voie.

---

<sup>2</sup> Par exemple, une voie où l'on souhaite ne pas pénaliser le trafic de transit, mais implanter des carrefours plans à feux peut prendre la forme d'une route express aménagée avec une onde verte (deux sens) réglée pour une vitesse de parcours de 80 km/h, ce qui conduit à une interdistance entre les carrefours de 700 m, d'où éventuellement la suppression de certains carrefours prévus au départ. Le volume des trafics peut amener aussi à déniveler certains échanges pour conserver une fluidité suffisante sur la voie.

## 2.1 Relations avec l'urbanisme et le paysage

---

L'évolution de l'occupation du sol peut conduire, en fonction de chaque configuration de site, à envisager diverses solutions :

- **création de liaisons fortes entre la voie et le tissu urbain :**
  - en milieu (fortement) bâti : voie bordée de commerces ou d'activités qui, par exemple, peuvent servir d'urbanisation ;
  - écran acoustique, axe du développement d'un nouveau secteur à urbaniser ;
  - en milieu plus lâche : acquérir des emprises suffisantes de façon à assurer la continuité des plantations et des équipements (cheminements, jeux... ) ;
  
- **dissociation de la voie et du tissu urbain environnant**, en faisant de celle-ci un élément extérieur, ne participant pas directement à son fonctionnement. Dans ce cas, on cherche à modifier le moins possible l'état initial du site, tant sur le plan de son fonctionnement que sur le plan de son environnement (voie traversant la zone sans possibilité d'échanges, voie séparant deux zones bien distinctes sans relation entre elles, voie « invisible » en déblai, ou collant au terrain naturel (zones périurbaines) ou voie bordée de part et d'autre d'écrans acoustiques, l'isolant fonctionnellement et visuellement du site traversé, voie constituant une limite à l'urbanisation... ).

Dans tous les cas, outre l'inscription au POS des emprises destinées à la voie elle-même, la prise en compte des effets du projet sur l'urbanisation peut amener une modification ou révision du POS de la zone concernée et l'étude, si possible coordonnée, d'opérations d'urbanisme opérationnel (rénovation urbaine, ZAC à vocation d'habitat ou d'activités, lotissements... ) ou de remembrements urbains (associations foncières urbaines... ).

---

## 2.2 Effets sur l'organisation des circulations

---

Les accès à la voie se font en des points spécialement aménagés (carrefours, échangeurs). Les voies raccordées prennent donc une certaine importance et doivent être aménagées en conséquence. En revanche, d'autres voies perdent une partie de leur trafic, changent de rôle, et peuvent donc être réaménagées en accord avec ce nouveau rôle (aménagements spécifiques aux transports collectifs, réduction des surfaces de voies réservées à la circulation automobile, création de rues mixtes, voire de rues piétonnes). Il faut de plus, en général, rétablir les cheminements coupés par la voie nouvelle ; une réflexion est alors nécessaire pour déterminer, en fonction de la densité des cheminements et de leur utilisation, le lieu et le type de rétablissement les plus adaptés à l'usage projeté ou à rétablir.

Cette réorganisation d'ensemble du réseau de voirie, tant de la zone concernée qu'éventuellement de l'agglomération, doit être examinée en cohérence avec le plan de circulation ou le plan de déplacements urbains et, dans certains cas, en nécessite la modification, ou bien même suscite l'élaboration de ce dernier.

La prise en compte globale de la fonction de structuration du tissu et de l'environnement (dans ses dimensions physiques et humaines) conduit à déterminer, confirmer ou reprendre, en liaison avec les considérations sur le trafic : le tracé en plan, le profil en long, les échanges, les emprises, plus généralement le parti d'aménagement du projet, tant fonctionnel qu'environnemental.

### 3. Contraintes d'implantation techniques et physiques

---

De toute évidence, le choix du parti d'aménagement est fortement déterminé par le terrain où le projet est susceptible d'être implanté.

Il faut en particulier prendre en compte les contraintes :

- géotechniques (zones compressibles, zones sujettes aux glissements) ;
- hydrologiques (zones inondables, passage dans la nappe...).

Par ailleurs, doivent être examinées les contraintes juridiques et physiques liées à l'aménagement préexistant du terrain :

- les servitudes ou règlements de tous ordres (monuments ou sites classés, captages d'alimentation en eau potable, lignes à haute tension... ) ;
- la présence de bâtiments collectifs proches (problèmes de vibrations et de fondations) ;
- les emprises réservées (qui ont l'avantage, en général, de traduire un tracé accepté localement et de constituer une garantie juridique solide en matière d'acquisitions foncières et publicité) : leur plus ou moins grande facilité de libération peut conduire à l'adoption d'un parti d'aménagement modifié par rapport aux objectifs initiaux (report de certains mouvements à d'autres points d'échanges, réduction du profil en travers) ;
- les réseaux existants : une recherche systématique (en général longue et complexe), auprès des différents concessionnaires, permet de prévoir le déplacement des réseaux ou une modification éventuelle du tracé de la voie et de limiter les risques de découverte d'un réseau lors des travaux de la voie.

Ces contraintes peuvent amener à déplacer le projet, à modifier son profil en long, donc certains échanges, à réaliser des aménagements très coûteux, à accepter un non-fonctionnement de la voie à certaines périodes (voie inondable un certain nombre de jours par an...).

Par ailleurs ces contraintes, liées tant au terrain lui-même qu'à son occupation, peuvent amener à considérer que la voie passe dans un site difficile. Elles sont donc susceptibles de conduire à l'adoption de caractéristiques réduites (tracé en plan, profil en long, profil en travers) ou inhabituelles et à proscrire en général (entrées et sorties à gauche). Avant de garder définitivement cette solution, il faut procéder à une étude de variantes, faisant le point des conséquences sur les plans économique et fonctionnel de l'adoption d'une autre solution.

---

### 4. Les données économiques et sujétions de financement

---

Parallèlement aux préoccupations de trafic, d'insertion dans le site et structuration du tissu urbain, de contraintes techniques et d'implantation, les préoccupations économiques, les possibilités de financement des différents intervenants doivent être considérées de façon à maintenir le montant de l'opération dans une enveloppe crédible. Elles influent donc sur le choix de l'aménagement dans son ensemble ou sur certaines de ses composantes. Elles peuvent également conduire à envisager une réalisation échelonnée de l'opération.

En effet, un projet dont le coût est trop élevé en regard soit des possibilités de financement dans les années à venir d'un ou plusieurs intervenants, soit des services rendus, risque finalement de n'être jamais réalisé, contrairement à un projet plus modeste mais répondant correctement aux objectifs fixés au départ.

## Typologie des voies rapides urbaines

Lorsque le programme est défini dans ses grandes lignes pour répondre aux objectifs assignés à la future voie, ainsi qu'aux diverses contraintes, on constate qu'en général elle peut entrer dans l'une des deux familles de voies rapides urbaines citées ci-dessous.

---

# 5. Voies rapides urbaines à caractère autoroutier : voies de type « A »

---

Ce sont des voies dont les objectifs sont :

- un trafic de transit privilégié ;
- une intégration du projet dans un itinéraire autoroutier exigeant une homogénéité de caractéristiques géométriques et une continuité de qualité de service ;
- une faible interaction fonctionnelle entre la voie et le site ;

avec parfois cependant :

- une forte proportion de trafics d'échange et local et des débits importants ;
- une fréquence de points d'échange relativement importante.

Leur statut peut être : autoroute, route express ou autre.

Ces voies sont dimensionnées pour des vitesses de référence de 80 km/h ou de 100 km/h.

Cependant, pour les voies répondant à la première série d'objectifs, on essaiera de retenir la Vr 100 et dans le second cas, on n'essaiera pas systématiquement d'obtenir des caractéristiques en tracé en plan et en profil en long très supérieures à celles correspondant à la Vr 80, étant entendu que le choix de la vitesse de référence résulte des conditions techniques et économiques liées aux critères et objectifs cités dans le chapitre II ou plus loin dans le chapitre IV.

Dans la suite du document, ces voies sont désignées par A 100 et A 80.

Ces voies ont l'ensemble de leurs points d'échange dénivelés à terme.

En matière de probabilité de non-congestion du trafic, on essaiera d'assurer un risque de congestion faible, surtout si la vitesse de référence adoptée est 100 km/h, de façon à assurer une homogénéité des caractéristiques, sauf si cela est en contradiction avec d'autres objectifs.

## 6. Autres voies rapides urbaines : voies de type « U »

---

Ce sont des voies dont les objectifs consistent en :

- relations fonctionnelles avec un site très urbanisé ou à devenir très urbanisé ;
- trafics d'échanges et locaux prépondérants ;
- points d'échanges fréquents assurant une bonne irrigation du tissu traversé ;
- intégration éventuelle dans leur emprise, mais de façon séparée des chaussées (contre-allées), d'aménagements pour deux-roues légers et piétons, ainsi que d'arrêts TC.

Leur statut peut être quelconque, à l'exclusion de celui d'autoroute.

Ces voies sont dimensionnées pour des vitesses de référence de 80 km/h ou 60 km/h, le choix entre Vr 80 et Vr 60 se faisant par examen de l'ensemble des autres objectifs. On peut par exemple retenir la Vr 80 de préférence à la Vr 60 lorsque les contraintes ne sont pas trop fortes, ou lorsque la part de trafic à moyenne distance est importante par rapport aux trafics locaux.

Dans la suite du document, ces voies sont désignées par les termes U 80 et U 60.

En cohérence avec leur dimensionnement, on doit veiller à ne pas leur donner une apparence autoroutière qui pourrait favoriser des vitesses élevées.

Elles comportent à terme des carrefours plans, mais certains échanges peuvent être dénivelés.

À ce stade, on peut considérer que sont déterminés une grande partie des éléments qui constituent une voie :

- son emprise minimum ;
- son tracé en plan ;
- son profil en travers ;
- certains points obligés du profil en long ;
- ses échanges (localisation et configuration).

Cette première détermination doit être ajustée, voire peut-être remise en cause et modifiée profondément par la prise en compte des préoccupations citées au chapitre IV.

# Impacts et conditions générales de réalisation de l'ouvrage

Ces préoccupations interviennent de façon globale dans l'élaboration de l'ensemble du projet, et sont à examiner à partir des grandes options décidées à la suite de l'examen des préoccupations traitées en chapitre II.

---

## 1. Maîtrise des impacts

---

Si la création d'une voie doit se traduire par une réduction globale des nuisances (au niveau de l'agglomération, du quartier...), en revanche elle se manifeste souvent par une détérioration dans certains secteurs de la situation existante.

Cependant, l'examen des objectifs cités en II, et notamment ceux liés au tissu et à l'environnement, a dû conduire à la détermination des grandes lignes du projet les plus adaptées à ses fonctions et à son environnement présent et futur. Mais comme elles sont généralement le fruit de compromis entre diverses exigences, un examen de détail des problèmes qui subsistent reste à effectuer, de façon à y remédier. En tout état de cause, si le bilan se révèle par trop négatif, on peut être conduit à remettre en cause les options prises pour le projet.

---

### 1.1 Insertion fonctionnelle dans le tissu urbain

---

La création d'une voie nouvelle se traduit par des perturbations de l'organisation des cheminements, des coupures dans l'organisation des quartiers, des démolitions de bâti, des suppressions d'activités, de zones de loisirs, etc.

Il convient donc de reconstituer une situation acceptable, par des actions plus ou moins directement liées au projet lui-même : fermeture d'îlots, création de voies de desserte, rétablissement des cheminements, désenclavement de parcelles...

Il est particulièrement nécessaire de traiter tout ce qui concerne l'accès et le fonctionnement des services publics (écoles, transports collectifs, hôpitaux, etc.) et d'éviter les cheminements de remplacement induisant des allongements excessifs de parcours, notamment lorsqu'ils sont empruntés par les piétons ou deux-roues.

Remédier à ces impacts se traduit en général par des répercussions sur l'enveloppe des emprises nécessaires au projet, éventuellement des modifications dans les échanges.

De plus, toute action destinée à faciliter le relogement, le transfert d'activités, la reconstitution de zones de loisirs ou d'espaces verts et, plus généralement à limiter l'effet de coupure... peut être envisagée.

## 1.2 Bruit

---

Les véhicules en circulation constituent inévitablement des sources sonores qui vont exposer les zones riveraines à un niveau sonore plus ou moins important.

Lors de la création d'une voie nouvelle, on doit s'attacher, en application des circulaires en vigueur, à limiter la contribution sonore au droit des habitations et équipements sensibles existants.

Tout d'abord, on aura toujours à l'esprit la préoccupation « bruit » dès le choix des caractéristiques géométriques du projet :

- tracé en plan et profil en travers : éloigner la route du récepteur se traduit par une réduction du niveau sonore reçu ;
- profil en long : étude de l'impact de la voie sur les niveaux sonores en fonction de sa position par rapport au terrain naturel.

Si les modifications pouvant être apportées ne suffisent pas à réduire au mieux les niveaux sonores, il faut alors envisager des protections spécifiques. Ces protections acoustiques seront des protections à la source (écrans, buttes, couvertures de chaussée), ou des isolements de façade (qui présentent les inconvénients de ne pas protéger les espaces extérieurs et de modifier le fonctionnement des appartements en matière de ventilation notamment) quand la première solution ne peut être appliquée. Il faut alors à nouveau examiner le tracé en plan, le profil en travers et le profil en long, ainsi que les emprises, en fonction de la présence des protections actives. Elles influent également sur le choix de certains équipements (glissières, éclairage...).

## 1.3 Dimensions paysagère et architecturale

---

Comme pour l'insertion fonctionnelle, la création d'une voie nouvelle se traduit le plus souvent par des atteintes plus ou moins fortes au site initial et pose des contraintes à son évolution :

- en milieu bâti : perturbations dans l'ordonnance des façades, des plantations d'alignement soulignant les cheminements ou les cours d'eau, mise à nu des murs, des pignons... Des actions spécifiques de sauvegarde ou de réaménagement sont à entreprendre pour reconstituer un environnement satisfaisant ;
- en milieu plus naturel (périurbain), les atteintes au site peuvent amener divers traitements : peu ou pas de talutages, reconstitution si nécessaire des lisières boisées, protection des zones humides, aménagement des cours d'eau dans une optique de pratiques urbaines.

Par ailleurs, une voie nouvelle passant dans un site constitue un élément nouveau, en particulier sur le plan visuel. Son traitement doit s'appuyer sur la perception des différents éléments du paysage : le construit et le végétal, les volumes, les espaces, les limites visuelles, les repères qui doivent être étudiés à partir des relations existant entre eux.

Cette perception doit être examinée des points de vue du riverain et de l'utilisateur de la voie. La prise en compte de ces préoccupations se traduit par la définition des zones sensibles, des zones à mettre en valeur et des spécificités du traitement à prévoir pour chacune d'elles (abaissement des talus, modelage des terrassements en des lieux à privilégier : échangeurs, entrées de ville, traitement architectural des ouvrages, traitements paysagers, mise en valeur des vues...).

D'éventuelles modifications des emprises, du profil en long, des terrassements, des ouvrages d'art sont souvent induites par des exigences d'environnement et de paysage.

---

## 1.4 Pollution de l'air

---

Il convient de se préoccuper de la pollution de l'air par le trafic. Toutefois, en espace extérieur, des concentrations relativement importantes ne se rencontrent que dans des sites confinés, en sortie de tunnel ou de tranchée couverte et au droit des cheminées d'extraction d'air vicié de ces ouvrages. En site dégagé, la dispersion des polluants est favorisée et les niveaux de pollution aux abords des voies sont faibles.

D'une façon générale, il faut noter que la fluidité du trafic est un facteur de diminution de la pollution et que la création d'une voie nouvelle, en réduisant les encombrements sur les anciens tracés, y abaisse de façon importante la pollution.

---

## 2. Sécurité

---

L'absence d'accès riverains, l'interdiction de stationnement et le respect de recommandations géométriques bien définies (tracé en plan, profil en long, profil en travers, géométrie des points d'échanges... ) constituent un ensemble de facteurs qui concourent entre autres à l'amélioration de la sécurité sur les voies rapides urbaines, par rapport à ce que l'on peut observer sur la voirie traditionnelle en milieu urbain.

Les recommandations figurant dans la partie I du titre II ont été élaborées dans un souci d'assurer au mieux la sécurité.

Toutefois, du fait de certains des caractères de ces voies (grandes différences de fonctionnement entre les heures creuses et les heures de pointe, fréquence des échanges dont certains peuvent être des carrefours à feux, existence éventuelle de points singuliers ou de sections adjacentes de caractéristiques différentes,...), le simple respect de recommandations géométriques ne saurait seul aboutir à des conditions optimales de sécurité. Il importe en effet de rendre perceptibles à l'usager les conditions réelles de circulation et d'environnement dans lesquelles il évolue, pour qu'il y adapte son comportement, en particulier sa vitesse. Aussi l'ensemble des éléments du projet, notamment ses caractéristiques géométriques principales, doivent-ils être déterminés, dans le cadre de la réflexion globale (qualitative et technique) d'élaboration du projet, de manière à exprimer la fonction de la voie.

Pour chacun des choix techniques à opérer, le chef de projet doit donc se poser la question de la façon (explicite ou sous-jacente) dont ce choix participe à la perception que l'usager peut avoir de la VRU et opter pour la solution qui va dans le sens de la mise en évidence du caractère urbain et des fonctions de la VRU.

Les principaux choix techniques ayant une incidence de ce type sont :

- le type de VRU (caractère autoroutier ou non autoroutier) ;
- la vitesse de référence ;
- les caractéristiques géométriques (tracé en plan, profil en long, profil en travers, géométrie des échanges... ) en amont des points singuliers, dans les zones de transition ;
- le traitement paysager et architectural ;
- la nécessité ou non de l'éclairage ;
- les équipements de sécurité (dispositifs de retenue, bande d'arrêt d'urgence... ) ;
- le rétablissement de communications afin d'éviter des traversées « sauvages » ou une mauvaise utilisation de la voie (emprunt par des catégories d'usagers non prévues lors du projet) ;
- les principes d'exploitation ;

- les principes de phasage ;
- la lisibilité de la signalisation.

---

## 3. Assainissement

---

Il s'agit de déterminer comment on va évacuer les eaux, où, et avec quel objectif de qualité.

Il est en particulier nécessaire de cerner la nature des pollutions (chronique et accidentelle) à attendre ainsi que les milieux récepteurs (capacité, nature) et les zones à protéger spécialement (captages... ).

De-là, on peut définir les principes de protection et donc éventuellement envisager une modification des tracés en plan, profil en long, et des emprises, puis examiner le choix des ouvrages, leur conception et leur dimensionnement susceptibles d'influer sur les emprises et sur le profil en long.

---

## 4. Exploitation

---

Ces questions, qui recouvrent des éléments techniques très variés (fourreaux de câbles, réseau d'appel d'urgence, information de l'utilisateur sur les conditions de circulation en aval, régulation d'axe, éclairage, centre de gestion du trafic, signalisation, équipements de sécurité, ainsi que l'entretien de cet ensemble d'équipements et des plantations) sont à prendre en compte dès la détermination des emprises.

C'est ainsi qu'il faut déterminer...

- Les principes d'exploitation permettant :
  - de définir les équipements de gestion du trafic qui assureront les conditions d'écoulement que l'on souhaite offrir à l'utilisateur ;
  - de déterminer, en fonction de la catégorie de voie que l'on a choisie, le type de signalisation verticale et de marquage le plus satisfaisant et la nécessité ou non d'implanter des dispositifs de retenue (et lesquels) en tenant compte des plantations ou des obstacles ;
  - de choisir ou non d'éclairer la voie et de quelle façon ;
  - d'harmoniser le fonctionnement de la voie nouvelle avec celui du réseau raccordé existant.
- Les équipements spécifiques d'exploitation :
  - mise en place d'une onde verte, ce qui peut remettre en cause l'implantation de certains échanges ;
  - implantation d'aires de service ou d'information ;
  - prise en compte des problèmes liés aux convois exceptionnels ou aux transports de matières dangereuses,
  - prise en compte du climat (brouillard, verglas, neige... ).

Tous les choix doivent intégrer les préoccupations d'entretien.

- Les collectivités qui prendront la maîtrise de l'exploitation et des phases successives éventuelles de cette prise en charge.

---

## 5. Traitement des zones de transition

---

Ces zones correspondent à une nécessité de changement du comportement des usagers, parce qu'elles se situent soit entre deux sections dont la fonction n'est pas la même (section autoroutière de rase campagne supportant essentiellement du trafic longue distance et section urbaine où le trafic s'accroît et devient en majorité local), soit entre deux sections ayant la même fonction mais devant être parcourues (de par les contraintes géométriques par exemple) à des vitesses différentes.

Ces zones, il faut :

- les localiser ;
- les traiter de façon à rendre perceptible la transition pour l'utilisateur externe, mais également de façon à alerter l'utilisateur habituel. Ceci peut amener des modifications d'emprise, du profil en travers, de la signalisation, du traitement architectural et paysager... Ce traitement doit permettre de conserver les mêmes conditions de sécurité dans toutes les sections.

La nécessité de bien traiter les zones de transition est particulièrement importante à l'approche d'une zone à caractéristiques réduites. Cette notion de zone de transition ne s'applique pas uniquement à la section courante, mais également aux points d'échanges dont les caractéristiques d'aménagement doivent être homogènes avec celles de la section qu'ils permettent d'atteindre.

---

## 6. Les principes de réalisation échelonnée

---

Il est nécessaire de déterminer, souvent assez tôt dans l'élaboration du projet, s'il conviendra de phaser (pour des raisons de financement ou d'évolution du trafic par exemple) ou non l'opération, et comment phaser, en essayant de prévoir à quel(s) horizon(s) se situe(nt) la (les) phase(s) ultérieure(s) ; cela, en considérant qu'on peut envisager un phasage longitudinal, transversal, pour les échanges (ces différents phasages ne s'excluent pas les uns les autres).

Chaque phase doit pouvoir être réalisée sans que la phase ultérieure n'amène à remanier de façon trop importante la phase provisoire et sans que la phase provisoire, surtout si elle est susceptible de fonctionner seule assez longtemps, ne présente de caractéristiques trop réduites dommageables à la sécurité.

Les phases doivent être conçues de manière à ce que la construction et l'exploitation des ouvrages partiels soient toujours confiées à des maîtres d'ouvrage bien définis.

## 7. Conditions de réalisation des travaux

---

---

Compte tenu de l'implantation de l'opération en zone urbaine ou périurbaine, la phase de chantier occasionne des nuisances multiples au tissu environnant (bruit, poussière, vibrations, coupures de cheminements... ) ou même relativement lointain (circulation de camions).

C'est pourquoi certaines techniques de réalisation peuvent être proscrites et il convient, assez en amont des études, de déterminer un procédé acceptable qui puisse éventuellement influencer sur la nature de l'aménagement à construire et sur l'échelonnement éventuel de réalisation.

Par ailleurs, des solutions permettant de remédier aux perturbations occasionnées aux circulations locales doivent être, dans la mesure du possible, mises en place.

---

---

## 8. Conditions de gestion de l'ouvrage – entretien

---

---

Cette préoccupation recouvre les problèmes qui se présentent lors de la phase d'exploitation de l'ouvrage, et notamment tous ceux liés à l'entretien. C'est ainsi que la conception de la voie doit prévoir les aménagements nécessaires ultérieurement (voies d'accès, conditions et coûts d'entretien des plantations, de l'éclairage, facilité d'entretien des dispositifs d'assainissement et de remplacement des dispositifs de retenue, auscultation des ouvrages d'art...) en liaison avec les divers futurs exploitants ou gestionnaires.

# **TITRE II**

## **Éléments techniques du projet**

# Partie I

## Caractéristiques principales du projet

**Géométrie liée à la vitesse de référence**

**Géométrie liée au débit**

**Échanges**

# Géométrie liée à la vitesse de référence

## Sommaire

- 1. Catégories de voies rapides urbaines**
- 2. Tracé en plan et dévers associés**
  - 2.1. Voies de type A
  - 2.2. Voies de type U
- 3. Profil en long**
  - 3.1. Pentes et rampes
  - 3.2. Rayons du profil en long
- 4. Distance d'arrêt – Visibilité**
  - 4.1. Distance d'arrêt
  - 4.2. Visibilité en angle saillant
  - 4.3. Visibilité en courbe
  - 4.4. Visibilité sous ouvrage
  - 4.5. Visibilité aux points d'entrée et sortie
  - 4.6. Visibilité de dépassement

# 1. Catégories de voies rapides urbaines

Les voies à caractéristiques autoroutières (type A) et les voies à caractéristiques non autoroutières (type U) correspondent à des fonctions différentes. Pour chacun de ces types, on distingue deux catégories selon la vitesse de référence qui lui est associée.

On appelle vitesse de référence ( $V_r$ ) d'une section de route, la vitesse conventionnelle qui permet de définir les caractéristiques géométriques limites d'aménagement des points particuliers de cette section. Les différentes vitesses de référence ne correspondent pas à différents niveaux de sécurité, mais à différents niveaux de confort. La vitesse de référence n'est pas le seul paramètre associé à la catégorie de route, mais c'est celui qui est le plus commode pour le choix des caractéristiques géométriques limites en section courante. Il faut aussi noter que les modalités d'utilisation de la  $V_r$  ne sont pas les mêmes pour le type A et pour le type U.

On définit deux catégories de voies de type A selon la vitesse de référence retenue :

- la catégorie A 100 offre un bon niveau de confort aux véhicules isolés circulant à 100 km/h ; sauf en des points exceptionnels, elle ne nécessite pas, du fait du tracé en plan ou du profil en long, de limitation de vitesse permanente inférieure à 110 km/h ; cependant certains points peuvent nécessiter la mise en place d'une signalisation spécifique ;
- la catégorie A 80 offre un bon niveau de confort aux véhicules isolés circulant à 80 km/h ; sauf en des points exceptionnels, elle ne nécessite pas, du fait du tracé en plan ou du profil en long, de limitation de vitesse permanente inférieure à 90 km/h ; cependant certains points peuvent nécessiter la mise en place d'une signalisation spécifique.

De même, on définit deux catégories de voies de type U selon la vitesse de référence retenue :

- . la catégorie U 80 offre un bon niveau de confort aux véhicules circulant à 80 km/h, par exemple dans le cadre d'une « onde verte ». En des points particuliers, une signalisation spécifique peut être nécessaire ;
- . la catégorie U 60 offre un bon niveau de confort aux véhicules circulant à 60 km/h, par exemple dans le cadre d'une « onde verte ». En des points particuliers, une signalisation spécifique peut être nécessaire.

## 2. Tracé en plan et dévers associés

Les rayons du tracé en plans et les dévers associés en section courante sont choisis pour que, dans les conditions conventionnelles retenues, le véhicule ne soit pas conduit à mobiliser plus des deux tiers du frottement transversal mobilisable.

### 2.1 Voies de type A

Pour les voies de type A, les valeurs limites sont les suivantes :

Catégorie	A 80	A 100
Rayon non déversé (dévers : $\delta = - 2,5 \%$ )	400 m	800 m
Rayon au dévers minimal (dévers : $\delta = 2,5 \%$ )	300 m	500 m
Rayon minimal (dévers : $\delta = 5 \%$ )	240 m	425 m

Pour des rayons compris entre le rayon minimal et le rayon au dévers minimal, la valeur du dévers est fixée par interpolation linéaire. Lorsque R est compris entre R dévers minimal et R non déversé, on adopte alors un dévers de + 2,5 %.

Les courbes dimensionnées aux normes minimales ne doivent pas constituer des points durs isolés. Les éléments du tracé, ou l'environnement, doivent inciter à pratiquer une vitesse adaptée à l'approche de ces courbes.

Afin de donner à la voie un aspect satisfaisant (condition de gauchissement), et pour informer l'utilisateur suffisamment à l'avance du tracé de la route et assurer la variation progressive du dévers de façon à respecter les conditions de stabilité et de confort dynamique, les courbes de rayon inférieur au rayon non déversé sont introduites par des raccordements progressifs.

Ceux-ci sont constitués par des clothoïdes. Leur longueur est égale à la plus grande des deux valeurs :

$$L = 14[\delta_1 - \delta_0]^4$$

$$L = R/9$$

Avec L et R en mètres, et  $\delta$  en %.

$\delta_0$  représente la pente transversale initiale,

$\delta_1$  le dévers de la courbe.

En présence d'obstacles latéraux (murs de soutènement par exemple), un examen particulier des conditions de visibilité doit être fait si le rayon en plan est inférieur au rayon non déversé ; si les conditions de visibilité conventionnelles détaillées en annexe ne peuvent être remplies, une signalisation particulière est à mettre en place.

---

## 2.2 Voies de type U

---

Sur les voies de type U, les courbes de faible rayon ne sont pas nécessairement déversées vers l'intérieur du virage ; ce sont les conditions d'évacuation des eaux qui sont déterminantes.

Les valeurs limites du tracé en plan sont les suivantes :

Catégorie	U 60	U 80
Rayon non déversé	200 m	400 m
Rayon minimal	120 m	240 m

En présence d'obstacles latéraux, et à l'approche des carrefours, l'utilisation des rayons inférieurs aux rayons normaux non déversés est déconseillée, en particulier pour des raisons de visibilité.

---

<sup>4</sup>  $\delta_0$  et  $\delta_1$  étant pris algébriquement. Cette condition peut être adaptée dans le cas de petits rayons, si son respect entraîne des contraintes importantes.

## 3. Profil en long

### 3.1 Pentes et rampes

Aucune pente ou rampe ne doit présenter de déclivité moyenne (entre tangentes horizontales du profil en long) supérieure aux valeurs  $\pi$  ci-après. Des déclivités instantanées plus fortes sont admises sur moins de 30 m de longueur, sans qu'elles puissent excéder  $1,5\pi$ .

Catégorie	U 60	U80 et A80	A 100
Déclivité moyenne $\pi$	6 %	6 %	5 %

Dans le cas des voies de type U, il est déconseillé de prévoir des déclivités supérieures à 3 % à l'approche des carrefours plans.

### 3.2 Rayons du profil en long

Les rayons en angle saillant interviennent sur la visibilité et le confort (accélération verticale) ; c'est toujours la première condition qui est déterminante. En fonction des définitions précisées dans le § 4, les valeurs retenues sont les suivantes :

Catégorie	U 60	U80 et A80	A 100
Rayon normal en angle saillant *	2 500 m	6 000 m	10 000 m
Rayon minimal en angle saillant	1 500 m	3 000 m	6 000 m

\* Valeur minimale conseillée en l'absence de contraintes particulières.

À l'approche d'un carrefour, d'une voie de déboîtement ou d'insertion, le rayon doit obligatoirement être supérieur au rayon normal.

Les voies à chaussée bidirectionnelle doivent offrir aux usagers des possibilités de dépassement sur 50 % au moins du linéaire du projet, par sens de circulation. Les valeurs des rayons en angle saillant assurant la visibilité de dépassement sont données dans le § 4.6.

Les rayons en angle rentrant sont fixés principalement par des conditions de confort. Les valeurs limites sont les suivantes :

Catégorie	U 60	U80 et A80	A 100
Rayon normal en angle rentrant	1 500 m	2 000 m	3 000 m
Rayon minimal en angle rentrant	800 m	1 000 m	1 500 m

Dans le cas où le profil en long est calculé par courbes polynomiales, ces valeurs limites s'appliquent aux arcs de cercle « équivalents » définis comme ne s'écartant nulle part de plus de  $0,05 \text{ m}^5$  du profil en long théorique.

<sup>5</sup> la valeur  $0,05 \text{ m}$  est supérieure à l'incertitude sur l'exécution des chaussées, et inférieure à la hauteur conventionnelle de l'obstacle.

## 4. Distance d'arrêt - Visibilité

### 4.1 Distance d'arrêt

La distance d'arrêt  $d$  est la somme de la distance parcourue par le véhicule pendant le temps de perception-réaction avant le début du freinage (2 s) et de la longueur  $d_0$  parcourue pendant l'action du freinage qui annule totalement sa vitesse initiale  $V$ .

Les distances  $d_0$  sont calculées pour des conditions déterminées : en palier, chaussée moyenne, roue bloquée, pneu Europe, hauteur d'eau 1 mm. Ce sont ces distances qui sont prises en compte pour calculer les distances de visibilité.

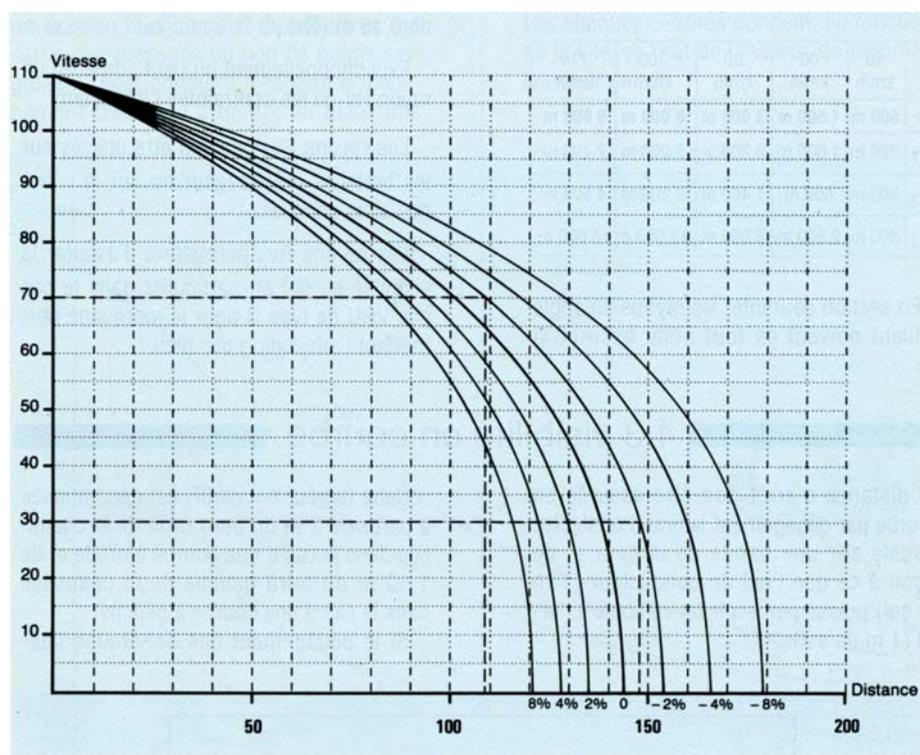
Le tableau suivant comporte, à titre de comparaison, les distances d'arrêt  $d_s$  sur sol sec :

V	40 km/h	60 km/h	80 km/h	100 km/h	110 km/h
$d_0$	15 m	35 m	60 m	105 m	135 m
$d$	<b>40 m</b>	<b>70 m</b>	<b>105 m</b>	<b>160 m</b>	<b>190 m</b>
$d_s$	35 m	55 m	75 m	110 m	125 m

Dans les zones difficiles, un soin particulier doit être apporté au choix et à l'exécution des revêtements de façon à permettre de réduire sensiblement les distances d'arrêt.

Les courbes ci-après permettent d'évaluer l'influence des pentes et rampes sur ces distances d'arrêt.

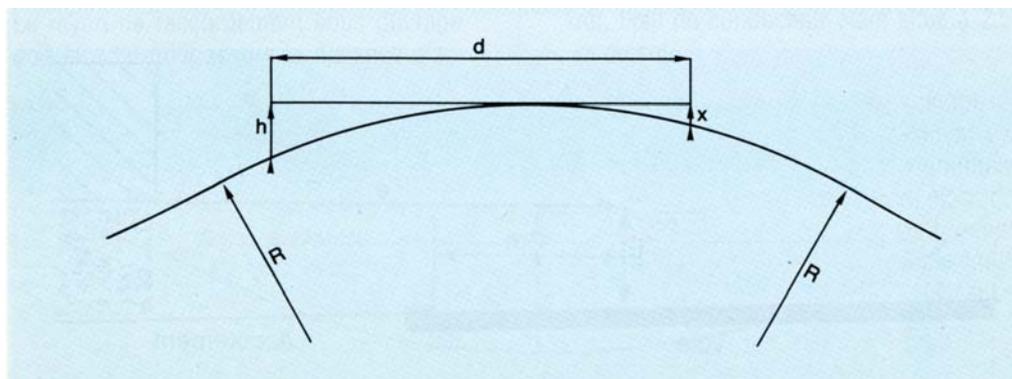
**Distance de freinage en fonction de la déclivité**



Exemple : pour ralentir de 70 km/h à 30 km/h en présence d'une pente de 2 %, il faut 38 m.

## 4.2 Visibilité en angle saillant

En fonction de la vitesse  $V$ , on considère les rayons  $R$  qui permettent d'assurer la visibilité derrière l'angle saillant sur un obstacle légèrement supérieur à  $x$  à la distance d'arrêt  $d$ , les yeux du conducteur étant situés à une hauteur  $h$ .



Le tableau suivant donne les rayons pour  $h = 1$  m et  $x$  correspondant à :

- . un obstacle éventuel de plus de 0,15 m de hauteur ( $R_v$ ) ;
- . des feux arrière d'un véhicule situés à plus de 0,35 m du sol ( $R_{v_1}$ ) ;
- . un véhicule de plus de 1 m de hauteur ( $R_{v_2}$ ) ;
- . la visibilité au sol ( $R_{v_3}$ ).

V	40 km/h	60 km/h	80 km/h	100 km/h	110 km/h
$R_v$	500 m	1 500 m	3 000 m	6 000 m	9 000 m
$R_{v_1}$	320 m	1 000 m	2 200 m	5 000 m	7 100 m
$R_{v_2}$	200 m	600 m	1 400 m	3 200 m	4 500 m
$R_{v_3}$	800 m	2 500 m	5 500 m	13 000 m	18 000 m

En section courante, les rayons en angle saillant doivent en tout point assurer la visibilité sur obstacle éventuel de plus de 0,15 m ( $R_v$ ).

Exceptionnellement on peut admettre un rayon  $R_{v_1}$  si les contraintes l'imposent.

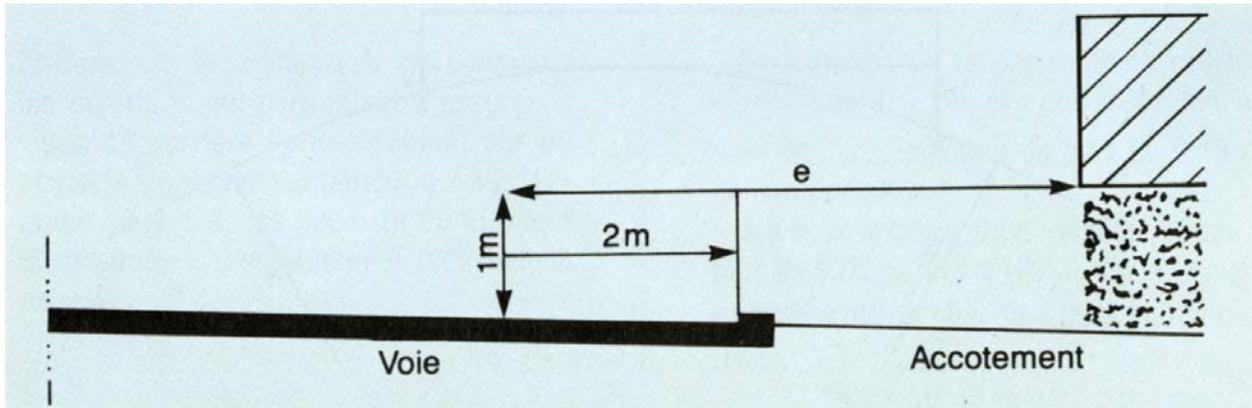
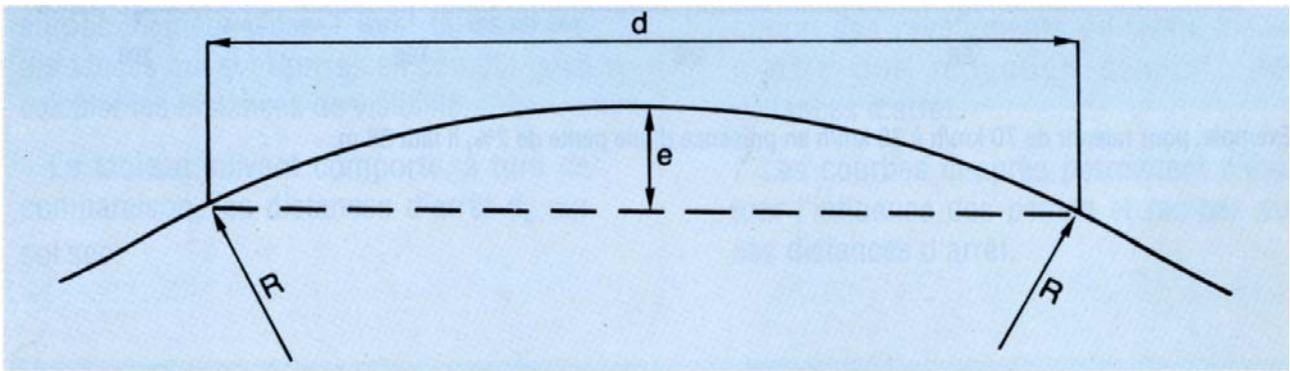
Les rayons  $R_{v_2}$  peuvent être utilisés sur les bretelles d'échangeur ou sur la voirie des aires annexes.

Les rayons  $R_{v_3}$  permettent d'assurer la visibilité au sol en particulier dans le cas des VRU de type U pour le marquage permettant l'affectation des files.

## 4.3 Visibilité en courbe

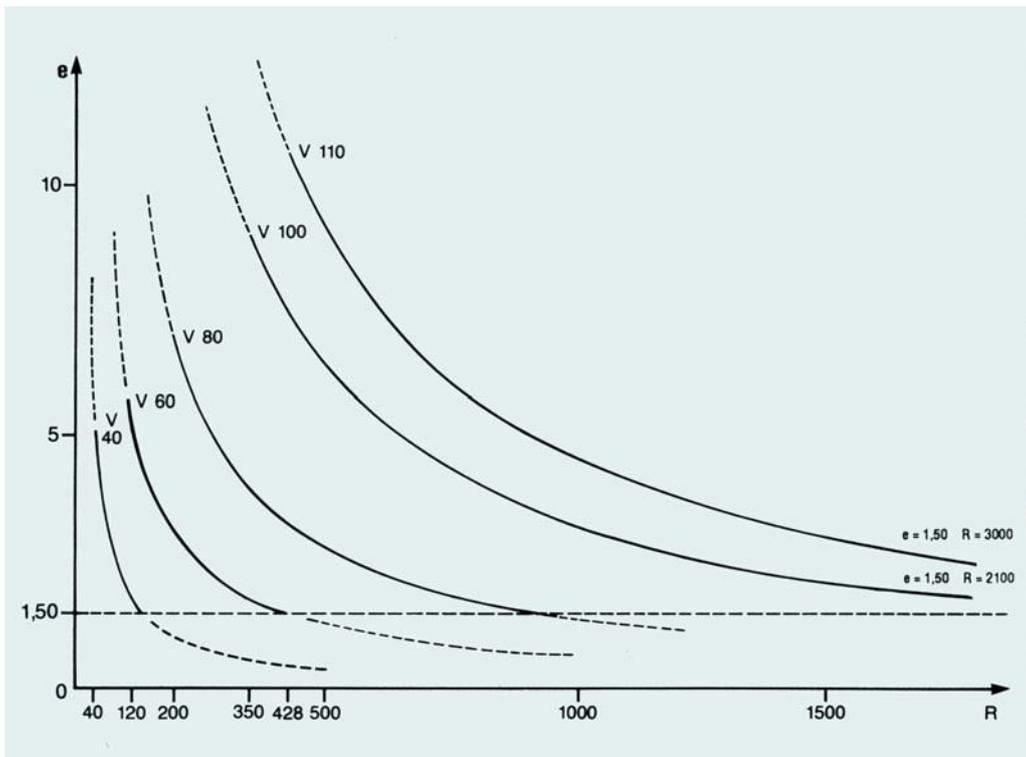
La distance d'arrêt doit être assurée en courbe par dégagement latéral d'obstacles visuels sur une bande de largeur  $e$ , de façon à ce que l'œil du conducteur (1 m du sol) puisse percevoir un véhicule à l'arrêt (1 m du sol).

Cette largeur  $e = d^2/8R$  est décomposée à partir de 2 m du bord droit de la chaussée dans le cas d'une courbe à droite et de 1,50 m du bord gauche de la chaussée dans le cas d'une courbe à gauche.



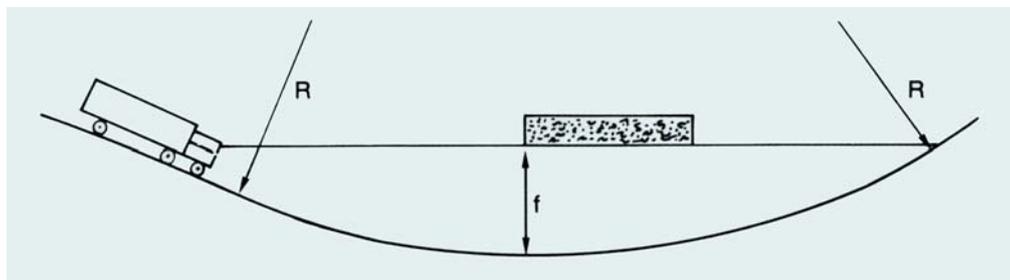
Si le dégagement des servitudes latérales correspondantes est très onéreux, un examen plus complet du problème (en particulier présence ou non de points singuliers), peut conduire à réduire le dégagement latéral ou à mettre en place une signalisation appropriée.

Les abaques ci-après donnent, en fonction de la vitesse  $V$  et de la valeur du rayon  $R$ , la valeur de  $e$ .



## 4.4 Visibilité sous ouvrage

Le rayon de raccordement sous ouvrage doit être tel qu'il assure la distance d'arrêt, l'œil du conducteur étant situé à 2,50 m du sol.



Le tableau ci-dessous donne les valeurs du rayon en fonction de la distance d'arrêt associée à la vitesse  $V$  et de l'ouverture  $f$  :

$V$ $f$	60 km/h	80 km/h	100 km/h
3,5 m	260 m	600 m	1 400 m
4 m	220 m	490 m	1 150 m
4,5 m	185 m	420 m	1 000 m

## 4.5 Visibilité aux points d'entrée et de sortie

La visibilité sur les entrées et les sorties est une condition de leur bon niveau de fonctionnement et de sécurité.

Elle s'apprécie pour un conducteur, dont l'œil est positionné à 2 m du bord droit de sa voie et à 1 m du sol, circulant à la vitesse prescrite.

Aux points d'accès, on assurera pour les usagers de la chaussée principale concernés par l'accès, des distances de visibilité au moins égales aux distances définies ci-après.

Pour **une sortie**, on respectera deux conditions minimales :

- distance de perception 1 (dp1)** sur les panneaux d'avertissement et les panneaux de présignalisation. Elle correspond à la distance parcourue en 3 secondes à la vitesse prescrite.
- distance de perception 2 (dp2)** sur le panneau de signalisation avancée, tout en assurant qu'à cette distance l'utilisateur percevra simultanément la balise ( $h = 1$  m) du musoir du nez de sortie à 5 m (*S. 5.00*). Elle correspond à la distance parcourue en 6 secondes à la vitesse prescrite, pour permettre la décision.

$V$ (km/h)	50	70	90	110
<b>dp1 (m) 3v</b>	45	60	75	90
<b>dp2 (m) 6v</b>	85	120	150	185

Pour **une entrée**, on assurera, pour l'usager circulant sur la voie recevant l'entrée, une distance de visibilité sur l'arrière, à  $h = 0,60$  m du sol, d'un véhicule entrant situé au droit du point  $E. 1.00$ , au moins égale à la distance d'arrêt ( $d_a$ ) à la vitesse prescrite.

V (km/h)	50	70	90	110
$d_a$ (m), en alignement et en palier	50	85	130	195

Pour les carrefours plans, notamment aux extrémités des bretelles de sortie, on assurera les distances de visibilité prescrites dans le guide relatif à la conception des carrefours plans.

## 4.6 Visibilité de dépassement

Sur les routes bidirectionnelles à terme de type A 80, on doit maintenir la distance de visibilité de dépassement  $d_d$  sur au moins la moitié du tracé. Il en résulte que les rayons en angle saillant doivent être égaux à  $R_d$

$d_d$  : longueur parcourue pendant 15 secondes à la vitesse  $V$ .

V	40 km/h	60 km/h	80 km/h
$d_d$	150 m	250 m	325 m
$R_d$	2 500 m	6 500 m	11 000 m

Pour les routes bidirectionnelles de type U, on peut n'assurer que la visibilité de manœuvre de dépassement  $d_{md}$ , ce qui implique des rayons en angle saillant  $R_{md}$ .

$d_{md}$  : distance de visibilité permettant en toute sécurité au véhicule dépassant d'abandonner en freinant ou de poursuivre en accélérant une manœuvre de dépassement amorcée, dans l'hypothèse où le véhicule adverse freine.

V	40 km/h	60 km/h	80 km/h
$d_{md}$	70 m	120 m	200 m
$R_{md}$	500 m	1 600 m	4 500 m

# Géométrie liée au débit

## Sommaire

### 1. Terminologie

- 1.1. Cas des voies de type A
- 1.2. Cas des voies de type U

### 2. Relation entre le débit et le nombre de voies

#### 2.1. Données de circulation

- 2.1.1. Unités de voitures particulières
- 2.1.2. Influence des rampes
- 2.1.3. Durée de la demande de trafic de pointe

#### 2.2. Définition et valeur de la capacité d'une infrastructure

#### 2.3. Choix du profil en travers

- 2.3.1. Routes à chaussées séparées et échanges dénivelés
- 2.3.2. Routes à carrefours plans (giratoires ou à feux)
- 2.3.3. Routes à une seule chaussée
- 2.3.4. Adaptation aux débits futurs

### 3. Caractéristiques géométriques du profil en travers

#### 3.1. Dimensionnement des différents éléments

##### 3.1.1. Accotement

- 3.1.1.1. Bande d'arrêt d'urgence et bande dérasée de droite
- 3.1.1.2. Berme
- 3.1.1.3. Trottoir de service

##### 3.1.2. Chaussée

##### 3.1.3. Terre-plein central

- 3.1.3.1. Bande médiane
- 3.1.3.2. Bande dérasée de gauche

##### 3.2. Règles de réduction de largeur du profil en travers

- 3.2.1. Réduction de la largeur en section courante, avec maintien de la BAU
- 3.2.2. Cas de la suppression de la BAU

#### 3.3. Profils en travers sur et sous ouvrages

#### 3.4. Pente transversale

#### 3.5. Transition entre deux sections de profils en travers différents

- 3.5.1. Ajout d'une file supplémentaire (à gauche de la chaussée)
- 3.5.2. Suppression d'une file (file de gauche)
- 3.5.3. Modification de la largeur du TPC, des voies, de la BDG, de la BA ou de la BAU ou de la BDD

#### 3.6. Hauteur libre minimale des ouvrages d'art

#### 3.7. Tableau récapitulatif des dimensions des éléments constitutifs du profil en travers

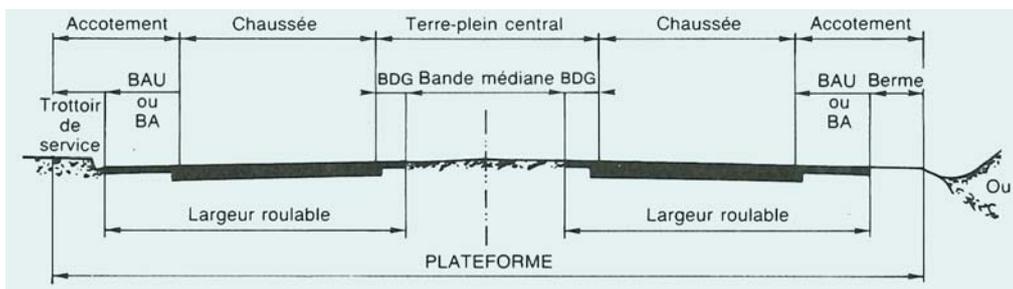
**Annexe 1. Largeur de la berme en fonction des équipements qui y sont implantés**

**Annexe 2. Largeur de la bande médiane en fonction des équipements qui y sont implantés**

# 1. Terminologie

La description détaillée des éléments constitutifs de la plate-forme est à consulter dans le § 3 : « Caractéristiques géométriques du profil en travers ».

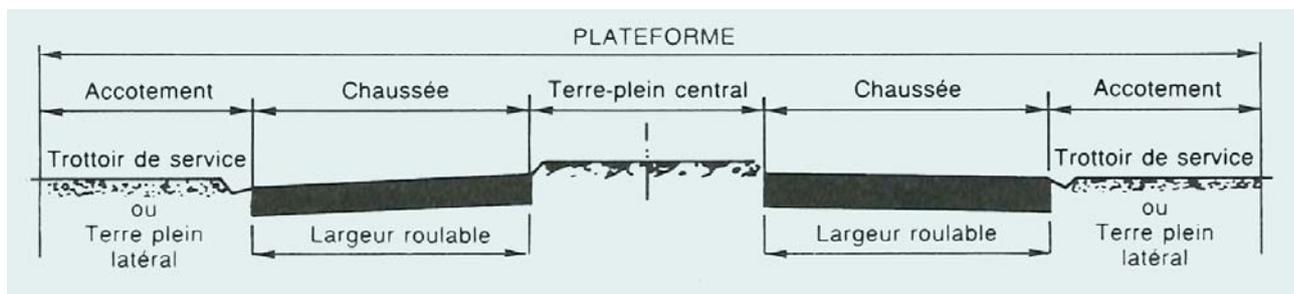
## 1.1 Cas des voies de type A



## 1.2 Cas des voies de type U

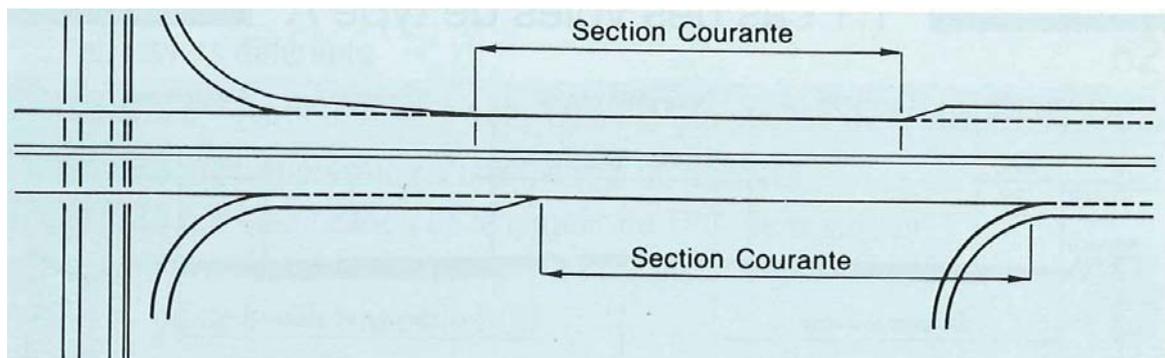
On peut adopter :

- soit les dispositions préconisées pour les voies de type A (schéma ci-dessus), éventuellement sans bande d'arrêt ;
- soit les dispositions indiquées dans le schéma ci-dessous.



## 2. Relation entre le débit et le nombre de voies

La détermination du nombre de voies d'une infrastructure se fait en section courante, en fonction du trafic attendu, pour les horizons fixés par les circulaires en vigueur.



Le trafic attendu utilisé pour le choix du nombre de voies est la demande de pointe (qui n'a pas nécessairement lieu le soir) ; pour être comparée aux débits de dimensionnement qui donnent le nombre de voies à implanter (§ 3.3.), cette demande doit être exprimée de façon à prendre en compte les facteurs suivants : composition du trafic (§ 2.1.1.), profil en long de l'infrastructure (§ 2.1.2.), durée de la pointe (§ 2.1.3.).

### 2.1 Données de circulation

#### 2.1.1 Unités de voitures particulières

Tous les débits s'expriment en unités de voitures particulières (UVP), dont la correspondance, en section courante, avec les différents types de véhicules est indiquée dans le tableau suivant :

Types de véhicules	Équivalence en UVP
Cycle	0,5 <sup>6</sup>
Motocycle	1
VL ou PL (PTCA < 3,5 t)	1
PL (PTCA ≥ 3,5 t) <sup>7</sup>	2

<sup>6</sup> En général, les cycles ne sont pas admis en section courante.

<sup>7</sup> Il faut noter que les comptages automatiques séparent les véhicules selon que leur PTCA est inférieur ou supérieur non pas à 3,5 t, mais à 5 t. Ce qui revient à ne pas prendre en compte, dans les comptages automatiques, 10 à 12 % du parc dont le PTCA est supérieur à 3,5 t, soit environ 1 % du trafic total.

## 2.1.2 Influence des rampes

Les rampes ont pour effet de ralentir sensiblement les poids lourds. Lorsque leur vitesse devient nettement inférieure à celle 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.

Tant que les rampes sont inférieures à 3 %, les poids lourds ne créent guère de gêne aux heures de pointe.

Au-delà de 3 %, la réduction de la vitesse des poids lourds qui dépend de la longueur de la rampe, pourra être évaluée par des mesures ou des calculs (abaques, programme de calcul électronique).

En fonction des résultats obtenus et du niveau de service offert à l'utilisateur sur la voie, on pourra envisager d'ajouter une voie supplémentaire dans la section où la vitesse des poids lourds tombe au-dessous de 40 km/h.

## 2.1.3 Durée de la demande de trafic de pointe

Le dimensionnement d'une infrastructure s'effectue pour l'heure de pointe, dont il faut vérifier si elle a lieu le soir, le matin ou à midi.

En tout état de cause, la demande de trafic ne peut prétendre être le maximum absolu prévisible. C'est en fait une heure de pointe « normale », ce qui signifie que sur la courbe de débits classés, elle est dépassée un certain nombre d'heures par an.

Si la demande de trafic de pointe est homogène pendant une heure ou plus, on prendra comme trafic horaire de pointe  $T_d$ , le trafic réel de l'heure la plus chargée.

Si la pointe est plus courte et que, pendant la durée de l'heure de pointe, la demande varie sensiblement, on en tiendra compte en multipliant le trafic horaire réel par un facteur de pointe FP qui peut atteindre, au plus, la valeur 1,25 pour des pointes très courtes : c'est le résultat de cette multiplication qui sera introduit dans la suite des calculs comme valeur de  $T_d$ .

La valeur de FP à prendre en compte peut, en l'absence d'autres éléments, être estimée grâce au tableau suivant :

Taille de l'agglomération	Supérieure à 1 500 000 hab.	Entre 300 000 et 1 500 000 hab.	Inférieure à 300 000 hab.
Facteur de pointe FP	1,10	1,20	1,25

## 2.1.4 Définition et valeur de la capacité d'une infrastructure

### Capacité nC d'une chaussée à n voies :

C'est le plus fort débit, même de courte durée, que l'on puisse observer (généralement pendant des durées inférieures à 1 h). Ramenée à l'heure, la capacité C est de l'ordre de 2 000 uvp par heure et par file, quelles que soient les caractéristiques géométriques en tracé en plan, profil en long et profil en travers de la chaussée.

Cette capacité correspond à des conditions de circulation difficiles et instables. On la désigne parfois sous le nom de capacité maximale ou capacité physique pour la distinguer de la capacité économique ou débit à partir duquel un élargissement se justifie.

## 2.2 Choix du profil en travers

Les indications suivantes correspondent à des infrastructures de caractéristiques normales (voies de 3,50 m et BAU d'au moins 2 m), sauf exceptionnellement en des points singuliers.

La présence de BAU n'influe pratiquement pas sur la capacité physique des voies. Par contre, elle facilite grandement l'arrivée des secours en cas d'incident et permet souvent un dégagement plus rapide. Cela justifie qu'on préconise leur construction sur les voies rapides urbaines. Leur absence réduirait sensiblement le niveau de service.

En revanche, l'état actuel des connaissances ne permet pas de conclure que la réduction de la largeur des voies (de 3,50 m à 3,20 m par exemple) amène une baisse significative du débit.

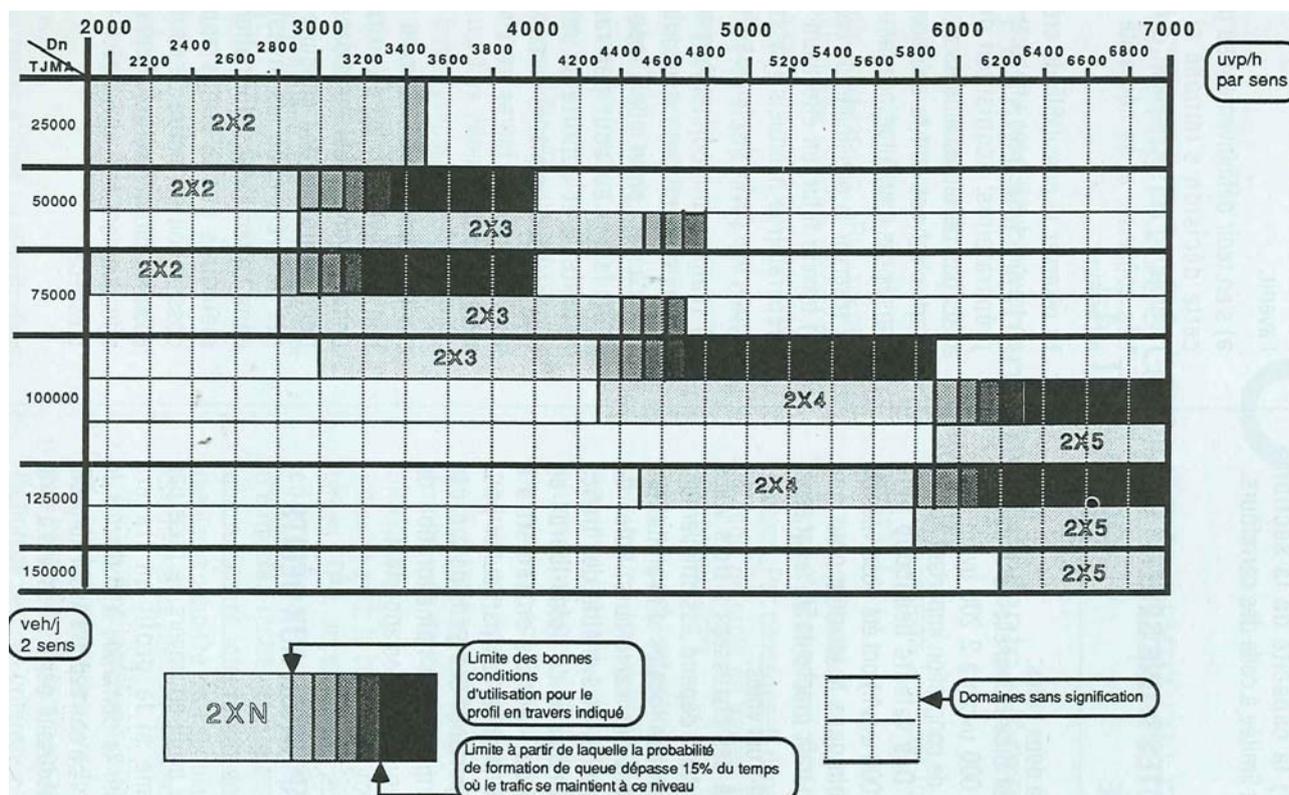
### 2.2.1 Routes à chaussées séparées et échanges dénivelés

La capacité d'une infrastructure est réduite par les intempéries. Celles-ci sont trop fréquentes pour qu'on puisse ne pas en tenir compte. Ce motif s'ajoute à celui de l'instabilité des écoulements au voisinage du débit maximal pour obliger à prendre une marge par rapport à la capacité maximale mentionnée plus haut.

D'autre part, les incidents sont d'autant plus nombreux que le trafic moyen journalier annuel (TMJA) est plus élevé et ce paramètre a une certaine indépendance par rapport au trafic de pointe. Le TMJA influe aussi sur la durée de résorption des congestions accidentelles et, bien sûr, sur le nombre total des usagers qui bénéficient ou pâtissent des dispositions adoptées.

Ces différents motifs conduisent à préconiser les profils en travers mentionnés au tableau ci-dessous, où interviennent à la fois le trafic de pointe (Td), le trafic annuel (TMJA) et le niveau de service.

Domaines d'utilisation d'un profil en travers donné (avec BAU) en fonction des débits horaires Dn (en uvp/h par sens) et du TMJA (en véh./j/2 sens).



## 2.2.2 Routes à carrefours plans (à feux ou giratoires)

En général, sauf si les carrefours sont très éloignés les uns des autres (plusieurs kilomètres), la capacité de la section courante est limitée à celle des carrefours.

## 2.2.3 Routes à une seule chaussée

- Chaussée à deux voies :

une chaussée bidirectionnelle de 7 m peut supporter 2 000 uvp/h à 2 200 uvp/h sans qu'un risque de congestion important ne soit à craindre. Des valeurs beaucoup plus élevées (> 3 000 uvp/h) ont été observées de façon durable dans la journée pour une répartition du trafic proche de 50 % par sens.

- Chaussée à trois voies :

leur opportunité en milieu urbain dépend essentiellement de circonstances locales d'exploitation : aménagement des carrefours, voies de tourne-à-gauche, dissymétrie des trafics de pointe, présence de poids lourds en rampe. On doit donc s'en remettre à l'examen de chaque cas particulier pour estimer l'importance des gains de capacité qu'elles permettent et l'amélioration de niveau de service qu'elles apportent.

## 2.2.4 Adaptation aux débits futurs

Le choix du profil en travers ne pose pas de problème si le profil en travers nécessité par la demande à l'horizon de mise en service correspond aussi au profil en travers nécessité par les besoins à long terme. En revanche, quatre décisions peuvent être prises si les besoins à l'ouverture de la voie peuvent se contenter d'un certain profil en travers, alors qu'une ou deux voies de plus par sens peuvent s'avérer nécessaires dans l'avenir :

- a) s'en tenir définitivement au profil initial : cette décision s'impose si la simple réservation du supplément d'emprise est très coûteuse et sa nécessité future très incertaine ;
- b) réserver la possibilité de créer le profil en travers futur, sans effectuer de travaux préparatoires : acquisition de terrains, mais pas de terrassements ni d'ouvrages d'art : c'est souvent la solution à adopter dans le cas d'un futur incertain ;
- c) réserver la possibilité de créer le profil en travers futur, en effectuant les travaux préparatoires habituels (passages supérieurs, une partie des terrassements... ) ;
- d) réaliser immédiatement le profil en travers définitif : cette solution ne doit pas être exclue *a priori*, elle ne représente souvent qu'un faible surcoût par rapport à la solution c et apporte en revanche un service supplémentaire certain, en réponse notamment à toutes les circonstances exceptionnelles.

L'incertitude plus ou moins grande que l'on peut avoir sur les prévisions de trafic doit intervenir grandement dans ces choix : toute incertitude doit conduire à échelonner de préférence les investissements dans l'attente des informations complémentaires apportées au fil du temps. Le dossier doit permettre de comparer entre elles les différentes solutions qui peuvent effectivement être envisagées dans ce cas d'espèce.

## 3. Caractéristiques géométriques du profil en travers

---

### 3.1 Dimensionnement des différents éléments

---

Les dimensions du profil en travers d'une VRU et plus spécifiquement de chacun de ses constituants (chaussée, largeur roulable, TPC, accotements) doivent être choisies de façon à satisfaire à un certain nombre de fonctions et de conditions :

- écoulement du trafic ;
- sécurité des usagers et des riverains ;
- implantation des ouvrages d'art ;
- assainissement ;
- équipements d'exploitation et de sécurité ;
- implantation de l'éclairage ;
- prise en compte des opérations d'entretien ;
- plantations ;
- implantation des protections phoniques ;
- humanisation de la route ;
- prise en compte des nuisances ;
- contraintes économiques ;
- phasage.

Le choix du profil en travers résulte souvent d'un compromis entre ces fonctions et les contraintes propres au projet étudié. Toutefois, ce compromis doit intégrer des règles de dimensionnement pour les différents constituants du profil en travers.

Pour celles-ci, on distingue :

- les **valeurs normales** qu'ils convient d'adopter en général, car elles correspondent à une certaine optimisation fonctionnelle et économique ;
- les **valeurs minimales** qui constituent des seuils au-dessous desquels on peut considérer que le constituant ne remplit plus la fonction pour laquelle il est prévu.

L'adoption de dimensions comprises entre les valeurs normales et minimales peut s'envisager lorsque les contraintes d'occupation du sol et celles en terme de coûts sont importantes.

Le choix de caractéristiques inférieures aux valeurs normales doit toutefois intégrer l'analyse des conséquences fonctionnelles résultant de l'amplitude de la réduction, de sa longueur d'application, du cumul éventuel de ces réductions, ainsi que des caractéristiques en plan et en profil en long de la voie, dans la zone considérée.

Il est déconseillé, en particulier, de cumuler les contraintes liées à des profils en travers, comprenant des valeurs minimales, ou voisines de celles-ci, avec celles qui résulteraient de tracés sinueux ou à fortes déclivités, aux caractéristiques proches des minima.

La définition de profils en travers comprenant un ou plusieurs constituants ayant des caractéristiques inférieures aux valeurs normales doit résulter d'une démarche et des recommandations formulées au § 3.2.

### 3.1.1 Accotement

#### Remarques liminaires

Le terme **bande d'arrêt d'urgence** (BAU) est réservé aux infrastructures à statut autoroutier ; les autres infrastructures comportent des **bandes d'arrêt** (BA). Pour des raisons de simplification et afin de les distinguer des bandes dérasées de droite (BDD), c'est le terme BAU qui sera utilisé dans la suite du document.

Le terme **trottoir de service** désigne une berme revêtue et limitée, du côté de la BAU ou de la BDD, par une bordure, franchissable ou non. Utilisé comme passage de service ou de refuge aux usagers en difficulté ; il peut recevoir certains équipements.

L'**accotement** définit l'espace situé entre le bord droit de la chaussée et la limite de la plate-forme.

Sa constitution détermine son dimensionnement et contribue à caractériser la voie en type A ou en type U.

- **Sur VRU de type A**, l'accotement est constitué :
  - d'une bande d'arrêt d'urgence (BAU) ;
  - d'une berme ou d'un trottoir de service.
- **Sur VRU de type U**, l'accotement est constitué :
  - d'un trottoir de service ou d'une berme (ou terre-plein latéral) ; en général, il ne comporte pas de bande d'arrêt d'urgence.
- Sur chaussée bidirectionnelle :
  - s'il s'agit d'une phase provisoire, on se reportera à la partie 7 de l'Ictavru : phasage de l'opération ;
  - s'il s'agit d'une phase définitive, on se reportera, soit au Profil en travers des voies de type U, soit à l'ARP.

#### 3.1.1.1 Bande d'arrêt d'urgence et bande dérasée de droite

Normalement, les voies de type A comportent des bandes d'arrêt d'urgence (BAU), sauf dans les zones soumises à des contraintes exceptionnelles décrites à l'article 3.2.2.

Les voies de type U (sauf certains cas de U80 lorsque le parti d'aménagement le justifie) ne comportent généralement pas de bande d'arrêt d'urgence ; celle-ci est alors remplacée par une bande dérasée de droite (BDD).

#### 1) Fonctions de la BAU

La bande d'arrêt d'urgence joue un rôle déterminant tant au niveau de la sécurité des usagers et des intervenants que de la capacité de la voie. Son opportunité se justifie pour assurer les fonctions suivantes :

- Sécurité :
  - offre des possibilités d'arrêt (d'urgence) aux usagers ;
  - contribue à la sécurité des automobilistes en panne ou en difficulté ;
  - facilite l'intervention des secours ;

- constitue une zone de récupération en cas de pertes de contrôle des véhicules ;
- constitue une surface potentielle d'évitement d'obstacles ;
- contribue à préserver les règles de visibilité sur la chaussée ;
- autorise le recul des fourgons d'exploitation signalant une queue de bouchon ;
- contribue à la sécurité des personnels d'entretien.
- Capacité
  - facilite le dégagement de la chaussée en cas d'incident ou d'accident ;
  - facilite les opérations d'entretien et d'exploitation ;
  - constitue une potentialité de voie supplémentaire lors de travaux.

## 2) Dimensionnement de la BAU

Comprise dans la largeur roulable, la BAU doit être dégagée de tout obstacle et sa largeur, prise entre le bord de chaussée et le nu avant du dispositif de retenue, peut être comprise entre 2,25 m et 3,00 m.

Une des fonctions déterminantes pour le dimensionnement optimal de la BAU résulte des conditions de circulation au droit d'un véhicule arrêté (voir tableau).

Largeur de BAU	Possibilités offertes	Conséquences sur l'écoulement
<b>2,25 m</b>	- arrêt d'un VL (théoriquement pas de possibilité d'intervention sur le véhicule)	- léger infléchissement de la trajectoire des véhicules circulant sur la voie de droite - risque d'accident en cas d'intervention sur le véhicule
	- passage des ambulances sur la BAU	
	- passage ou stationnement théorique des fourgons d'exploitation, fréquemment utilisés pour les opérations d'entretien courant ou de balisage mobile	
	- permet de ne pas neutraliser de voie de la section courante pour les opérations d'entretien de la voie	
<b>2,50 m</b>	- arrêt d'un VL (possibilité d'intervention)	- pas d'infléchissement de la trajectoire des véhicules circulant sur la voie de droite
	- dimension minimale pour l'arrêt d'un PL	- léger infléchissement de la trajectoire des véhicules circulant sur la voie de droite
<b>3,00 m</b>	- arrêt des VL et des PL (travaux possibles sur le véhicule, dans tous les cas)	- pas d'infléchissement de la trajectoire des véhicules circulant sur la voie de droite

Par ailleurs, attendu qu'un surdimensionnement de la BAU peut inciter à son utilisation abusive en tant que voie de circulation pour des manœuvres de dépassement par la droite, l'adoption de la largeur de 3,00 m, souvent réclamée par les exploitants, ne doit être envisagée que sur les infrastructures où la probabilité de congestion s'avère faible.

En définitive, et sous réserve du respect des conditions de visibilité qui peuvent conduire, dans les courbes à droite de faible rayon, à l'augmentation jusqu'à 3,00 m de la largeur de la BAU, dans les mêmes conditions que celles définies en partie 3.1.3.2 traitant des BDG, les dimensions des BAU sont limitées aux valeurs suivantes :

- **Sur VRU de type A**
  - la largeur normale d'une BAU est de 2,50 m ;
  - la largeur minimale est de 2,25 m.

Dans les tranchées couvertes (cf. également § 3.1.1.3) la préservation des possibilités d'arrêt rencontrées hors ouvrage conduit au maintien d'une largeur équivalente qui peut être constituée d'une BDD et d'un trottoir à bordure franchissable (respectivement 1,00 m et 1,25 m pour un espace disponible de 2,25 m).

Les modalités de suppression de la BAU sont développées au § 3.2.

- **Sur VRU de type U**
  - sur voie de type U80, lorsque le parti d'aménagement justifie le maintien d'une BAU, sa dimension s'apparente alors à celle des VRU de type A : 2,25 m à 2,50 m. ;
  - la **largeur normale d'une BDD** sur VRU de type U est de 0,50 m en présence de marquage latéral ; cette valeur constitue en effet le minimum pour assurer l'auto-nettoyage du marquage ;
  - la BDD peut être supprimée en l'absence de marquage, lorsque la chaussée est limitée par des bordures non franchissables.

### 3.1.1.2 **Berme**

Sa fonction initiale est de recevoir certains équipements nécessairement implantés en dehors de la largeur roulable, tels que :

- dispositifs de retenue ;
- supports de signalisation ;
- mats d'éclairage ;
- fourreaux longitudinaux ;
- réseau d'assainissement, regards ;
- RAU et bornes d'appel d'urgence.

Elle présente également l'avantage de servir de passage occasionnel pour les piétons : personnel d'exploitation ou d'entretien et usagers en difficulté ou en panne. En l'absence de BAU, cette fonction revêt un caractère essentiel.

La berme s'inscrit au-delà de la largeur roulable, jusqu'à la limite de la plate-forme. Elle ne comprend pas les arrondis de talus de remblai, ni les fossés. Elle est généralement implantée sur voies de type A.

Elle peut, pour s'intégrer à un profil urbain comportant collecteurs et avaloirs, être revêtue. Dans ce cas, sur VRU A, la bordure de trottoir sera franchissable (types A1 ou A2) et, si des glissières métalliques sont nécessaires, celles-ci seront positionnées, soit à la verticale du fil d'eau, soit à 1,00 m en retrait.

Son dimensionnement dépend des équipements qu'elle est destinée à recevoir et du type de dispositif de retenue choisi (cf. annexe 1 et circulaires en vigueur).

La largeur minimale d'une berme, en l'absence de tout dispositif de retenue et donc d'obstacle, est de 0,75 m ; cette valeur constitue également le minimum pour un passage de service.

### 3.1.1.3 Trottoir de service

Le trottoir de service n'est pas destiné à la circulation des piétons (en général non admis sur VRU) ; il délimite plutôt un espace de cheminement, utile à la fois aux opérations d'entretien et d'exploitation ainsi qu'aux usagers en difficulté ; il peut également recevoir certains équipements.

#### ▪ Sur VRU de type A

Le trottoir de service désigne généralement une berme revêtue (cf. partie 3.1.1.2.).

En tranchée couverte (cf. également partie 3.1.1.1.) :

1) lorsque l'espace disponible entre le bord droit de la chaussée et la paroi latérale de l'ouvrage est supérieur ou égal à 2,25 m, le trottoir de service peut assurer deux fonctions :

- constituer un passage de service ;
- constituer un complément à la BAU, ou à la BDD, pour l'arrêt d'urgence.

Il est alors limité par une bordure franchissable, et sa **largeur** est au **minimum** de 1,00 m. La continuité des possibilités d'arrêt, rencontrée hors ouvrage, peut alors être préservée.

2) lorsque l'espace entre le bord droit de la chaussée et la paroi latérale de l'ouvrage est inférieur à 2,00 m, le trottoir de service ne peut assurer que la fonction de passage de service. Limité par une bordure non franchissable, il est alors d'une largeur de 0,75 m.

En tunnel, on se conformera aux dispositions exposées dans la partie 6 de l'Ictavru.

#### ▪ Sur VRU de type U

L'existence d'un trottoir ou d'un terre-plein latéral ne donne pas lieu à l'implantation d'une bande d'arrêt d'urgence (qui pourrait être utilisée comme bande de stationnement) ni d'un dispositif de retenue.

Le trottoir peut être, ou non, franchissable, selon que l'on admet l'empiètement d'un véhicule à l'arrêt ou que l'on souhaite protéger un cheminement piétonnier ou une piste cyclable.

Sa largeur est à déterminer par rapport aux équipements qui lui sont destinés ainsi que pour sa fonction de cheminement piétonnier.

La **largeur minimale d'un trottoir de service** est de 0,75 m.

### 3.1.2 Chaussée

La chaussée est constituée des voies de circulation. Elle ne comprend pas les bandes de guidage latérales qui appartiennent aux BAU et aux bandes dérasées de droite et de gauche.

Sur une chaussée principale, hors zone d'échanges, le nombre de voies peut être compris entre 2 et 4 (exceptionnellement 5). Ce dimensionnement doit résulter du débit d'heure de pointe normale, telle qu'elle est définie au § 2.1.3, et correspondre au niveau de service choisi pour un horizon minimum à 15 ans.

Les voies de circulation sont les éléments fondamentaux de la chaussée. Leur dimensionnement tient compte :

- de la largeur des véhicules ;
- de la distance intervéhiculaire transversale ;
- des fluctuations de trajectoire ;
- de la dérive de certains poids lourds.
  
- **Sur VRU de type A**
  - la largeur normale des voies de circulation est de 3,50 m ;
  - la largeur minimale absolue est de 3,00 m.
  
- **Sur VRU de type U**
  - la largeur normale de 3,50 m peut être réduite à 3,00 m, notamment sur les voies de type U60 et en particulier à l'approche des carrefours.

Ces valeurs doivent être majorées d'une surlargeur de giration :  $S(R) = 50/R$ .

Les modalités de réduction de la largeur des voies, par rapport à la valeur normale, sont évoquées au § 3.2.

### 3.1.3 Terre-plein central

- **Sur VRU de type A**

Le terre-plein central (TPC) comprend la bande médiane, bordée de chaque côté par une bande dérasée de gauche (BDG).

La largeur minimale absolue d'un TPC est de 1,60 m : 0,60 m de barrière double en béton (DBA) et 0,50 m de BDG.

- **Sur VRU de type U**

Le terre-plein central est constitué de la bande médiane et des éventuelles bandes dérasées de gauche. Son **dimensionnement minimal** est :

- de 1,60 m si la bande médiane comporte un dispositif de retenue (comme pour les VRU A) ;
- de 1,60 m en présence de marquage latéral de la chaussée ou de 0,60 m en l'absence de marquage, si la bande médiane est limitée par des bordures non franchissables (T2).

#### 3.1.3.1 Bande médiane

La fonction essentielle de la bande médiane (BM) est de séparer physiquement les deux sens de circulation; elle n'est donc pas roulable. Elle présente également l'avantage de servir à l'implantation de certains équipements :

- piles d'ouvrages ;
- dispositifs de retenue ;
- mats d'éclairage ;
- supports de signalisation ;
- plantations.

- **Sur VRU de type A**

La bande médiane comporte toujours des dispositifs de retenue (sauf pour des largeurs supérieures à 12,00 m)

Son dimensionnement résulte des équipements qui y seront implantés, du type de dispositif de retenue prévu et des conditions d'implantation de celui-ci, telles qu'elles sont définies par les circulaires en vigueur.

Il est souhaitable de la réaliser au même niveau altimétrique que la BDG et en matériaux stabilisés afin d'éviter le déséquilibre des véhicules qui sortiraient de la largeur roulable.

La **largeur minimale de la bande médiane** est de 0,60 m ; cette valeur répond à l'implantation d'une barrière de type DBA.

- **Sur VRU de type U**

La bande médiane ne comporte pas nécessairement de dispositif de retenue ; elle devra être cependant limitée par des bordures non franchissables.

Son dimensionnement dépend alors essentiellement des équipements qui lui sont destinés.

La **largeur minimale de la bande médiane** est fixée à 0,60 m (afin de pouvoir éventuellement y implanter ultérieurement une barrière en béton de type DBA).

La bande médiane peut mesurer de 3,50 m à 5,00 m (refuge pour piétons) à l'approche des carrefours pour y ménager une voie spécialisée pour les tourne-à-gauche.

### **3.1.3.2 Bande dérasée de gauche**

La bande dérasée de gauche (BDG) s'inscrit dans la constitution des profils en travers des VRU A et éventuellement des VRU U. Comprise dans la largeur roulable, elle doit être dégagée de tout obstacle.

#### **1) Fonctions de la BDG**

La bande dérasée de gauche joue un rôle important dans la sécurité des usagers :

- elle supporte le marquage latéral de la chaussée ;
- elle constitue une zone de récupération en cas de perte de contrôle de trajectoire ;
- elle contribue, notamment dans les zones sinueuses et selon sa dimension, au respect des règles de visibilité sur la chaussée.

## 2) Dimensionnement

La bande dérasée de gauche s'inscrit entre le bord de la chaussée et le nu avant du dispositif de retenue (ou, sur VRU U, de la bordure du trottoir).

- **Sur VRU de type A**

- la **largeur normale d'une BDG** est de 1,00 m (1,10 m en présence de glissières DE 4) ;
- la **largeur minimale absolue** est de 0,50 m

- **Sur VRU de type U**

Qu'il soit prévu ou non un système de retenue en terre-plein central, la **largeur normale de la BDG** est de 0,50 m ; elle comprend le marquage latéral de la chaussée.

En l'absence de marquage et lorsque la bande médiane est limitée par des bordures non franchissables T2, la BDG peut être supprimée.

Les modalités de réduction de la largeur de la BDG, par rapport aux valeurs normales, sont évoquées au § 3.2.

## 3) Visibilité en courbe (cf. également : *géométrie liée à la vitesse de référence*, § 4.3)

Dans les courbes, le respect des distances de visibilité pour arrêt sur obstacle, ainsi que les contraintes spécifiques à l'insertion d'un projet en milieu urbain, constituent des préalables fondamentaux au choix du couple rayon - dégagement latéral.

Dans l'intérieur des courbes, lorsque le respect de la distance de visibilité sur obstacle conduit à des dégagements latéraux importants, on limitera à 3,00 m la largeur de la BDG (ou de la BAU) concernée, afin de constituer une surface permettant des manœuvres latérales d'évitement.

Dans ce cas, la distance de visibilité devra alors correspondre, au minimum, à  $3,5 \times V_{85}$ , *appelée distance de manœuvre d'évitement* (la vitesse  $V_{85}$  réelle étant exprimée en m/s.). Si cette distance n'est pas assurée, il conviendra de réduire localement la vitesse limite autorisée.

---

## 3.2 Règles de réduction de la largeur du profil en travers

---

La réduction des composantes du profil en travers doit s'appliquer strictement dans les zones où les contraintes exceptionnelles conduisent à les prévoir. Toutefois, on veillera à éviter de trop fréquents changements du profil en travers de manière à ne pas nuire à la qualité du tracé de l'axe des voies de circulation et à ne pas trop perturber la lisibilité de l'espace roulant pour l'utilisateur.

Compte tenu de l'importance des fonctions assurées par la BAU, celle-ci sera maintenue en section courante, sauf pour les points singuliers évoqués au § 3.2.2.

### 3.2.1 Réduction de la largeur en section courante, avec maintien de la BAU

Pour des raisons d'exiguïté d'emprises liées aux contraintes du milieu urbain, certains aménagements (sur des linéaires notables) ne peuvent répondre à la règle de maintien des caractéristiques « normales ».

Cela pourra être le cas, lorsqu'en projet neuf, une VRU de type A ou U s'inscrit dans un site urbain très contraint (cf. partie 4), ou lorsque l'aménagement consiste en un élargissement d'une VRU de type A existante, cet élargissement n'ayant pas été prévu d'origine et posant des problèmes au regard des emprises.

Dans ces cas, il est nécessaire, pour des raisons liées à la sécurité et à l'homogénéité de l'ensemble des composantes du profil en travers, de respecter un certain ordre dans la réduction des caractéristiques, tout en s'efforçant de viser la dimension du profil la plus large possible.

Dans le classement qui suit, il convient de bien distinguer les réductions des composantes du profil en travers qui ne touchent pas à la largeur roulable et celles qui affectent la largeur roulable (BAU, voies, BDG) impliquant alors plus fortement la sécurité.

**On vérifiera en premier lieu** que la largeur de la bande d'arrêt d'urgence (BAU) n'excède pas 2,50 m et que celle de la bande dérasée de gauche (BDG) ne dépasse pas 1,00 m ; l'objectif sera de ramener la largeur de ces composantes aux valeurs normales, sous réserve du respect des conditions de visibilité.

**Réduire ensuite, dans l'ordre :**

**D'abord :**

- la bande médiane, par adoption de dispositifs de retenue nécessitant une emprise plus réduite ;
- la berme, par adoption de dispositifs de retenue nécessitant une emprise plus réduite, par réduction ou modification des équipements implantés sur celle-ci.

**Puis :**

- la bande dérasée de gauche (BDG) ; on peut, dans un premier temps, réduire sa largeur à 0,75 m, en veillant à ce que la distance de visibilité en courbe soit assurée ;
- la voie de gauche (VG),
  - en réduisant sa largeur à 3,25 m, dans le cadre d'un aménagement à 2x2 voies, lorsque le trafic poids lourds est significatif (taux<sup>8</sup> de PL > 7%), ce qui correspond à une probabilité sensible de présence de poids lourds sur cette voie ;
  - en réduisant sa largeur à 3,00 m :
    - dans le cadre d'un aménagement à 2x2 voies, lorsque le trafic poids lourds est faible (taux de PL ≤ 7 %).
    - dans le cadre d'un aménagement à 2x3 voies, voire 2x4 voies, parce que cette voie est interdite aux poids lourds (article R.4.1. du Code de la route) ;
- la voie médiane gauche, dans le cadre d'un aménagement à 2x4 voies, en réduisant sa largeur à 3,00 m, puisqu'elle est aussi interdite aux PL (article R.4.1. du Code de la route).
- la voie médiane (VM), dans le cadre d'un aménagement à 2x3 voies, ou la voie médiane droite d'un aménagement à 2x4 voies :
  - en réduisant sa largeur à 3,25 m si le trafic PL est significatif (taux de PL > 7 %) ;
  - en réduisant sa largeur à 3,00 m lorsque le trafic de PL est faible (taux de PL ≤ 7 %).

---

<sup>8</sup> Taux de PL relatif au trafic moyen journalier annuel.

**Puis :**

- la bande d'arrêt d'urgence (BAU) ; sa largeur, ramenée à 2,25 m, permet encore l'arrêt d'urgence d'un VL dans des conditions acceptables ; elle permet aussi le passage des véhicules de secours ;
- la bande dérasée de gauche (BDG) ; la réduction de sa largeur à 0,50 m (en veillant à ce que la distance de visibilité en courbe soit assurée) n'est envisageable qu'avec une barrière béton en terre-plein central.

Le projeteur doit en fait traiter la globalité du bloc [BDG+VG], notamment concernant la visibilité, en lui conservant au moins une largeur de 3,50 m considérée comme un minimum absolu.

**Enfin :**

- la voie de gauche d'un aménagement à 2x2 voies, ou la voie médiane d'un aménagement à 2x3 voies (mais aussi la voie médiane droite d'un aménagement à 2x4 voies) sera ramenée à 3,00 m, même si le taux de PL est supérieur à 7%
- la voie lente ; sa largeur sera ramenée, en dernier recours, à 3,25 m ; cette étape ultime n'est seulement envisageable qu'avec un trafic de PL faible (taux de PL  $\leq 7\%$ ) et correspond à une configuration minimale absolue de 5,50 m pour le bloc [voie lente + BAU].

### 3.2.2 Cas de suppression de la BAU

La démarche précédente de réduction d'un profil en travers s'efforce de maintenir une largeur minimale de BAU de 2,25 m, permettant l'arrêt d'un VL et le passage des véhicules de secours.

On ne saurait en effet, sur des linéaires notables, combiner réduction de largeur des voies et suppression de la BAU, sans prise de risque vis-à-vis de l'acheminement des secours et de la suppression de nombreuses fonctionnalités.

Cependant, dans le cadre de contraintes exceptionnelles, notamment pour des opérations d'élargissement difficiles de VRU existantes, quelques zones singulières ponctuelles ou de longueur limitée, n'autorisent pas physiquement le maintien de la BAU.

La suppression de la BAU (et son remplacement par une BDD), pourra être admise dans un certain nombre de cas énoncés ci-après, en respectant diverses précautions.

**La première de ces précautions** sera de s'assurer avant tout que la largeur roulable permette bien de conserver le nombre de files, en mode dégradé, au droit d'un véhicule en panne.

On se référera pour ce faire au tableau présenté au § 2.3.1 du chapitre « Tunnels et tranchées couvertes » (partie 6). Selon les indications de ce tableau, majorées de 0,15 m à droite pour tenir compte de l'effet du dispositif de sécurité vis-à-vis du véhicule en panne, cela conduit à conserver des largeurs utiles respectives entre dispositifs de retenue, de :

Type de profil	Largeur roulable
Profil à 2x2 voies	<b>8,70 m</b> (si % PL < 15%) ou <b>9,00 m</b> (si % PL fort > 15 %)
Profil à 2x3 voies	11,70 m
Profil à 2x4 voies	<b>14,70 m</b>

Cette condition respectée, la suppression de la BAU pourra être envisagée :

- dans le cadre de l'élargissement d'une VRU existante, au droit d'un obstacle physique ou d'une pile d'ouvrage. La largeur de la bande dérasée de droite (BDD) devra être maintenue à la dimension maximale possible<sup>9</sup>, en considérant qu'une valeur de 1,00 m constitue le minimum normal d'une BDD et que l'on ne pourra pas réduire à moins de 4,00 m la largeur du bloc [voie lente + BDD], comptée jusqu'au dispositif de sécurité ; bien entendu, les règles techniques de protection vis-à-vis des chocs sur obstacle devront être impérativement respectées.  
Afin de ne pas inciter l'arrêt sur des BDD de largeur insuffisante, ces dernières pourront faire l'objet d'un marquage en zébra, voire dans certains cas être munies de trottoirs bas d'une largeur d'au moins 0,75 m ;
- dans le cadre d'un élargissement fortement contraint dans ses emprises, au droit d'une voie spéciale d'entrecroisement, si cela permet de minimiser les modifications géométriques des bretelles d'échangeur.  
Il faut s'assurer alors que la largeur roulable permettant le doublement d'un véhicule en panne soit supérieure à 6,00 m.
- en section courante, dans certaines zones soumises à des contraintes particulièrement difficiles, sous réserve que cette interruption de BAU ne règne pas sur plus de 600 m, linéaire au-delà duquel les risques de congestion, en cas d'arrêt d'un véhicule, deviennent sensibles.

Dans de tels cas, l'implantation (dans de bonnes conditions de visibilité) de refuges, pourvus de possibilités d'insertion et accessibles aux poids lourds devra être recherchée.

---

### 3.3 Profils en travers sur et sous ouvrages

---

Il convient, dans la mesure du possible, de conserver la largeur roulable (chaussée + BDG + BA ou BAU ou BDD).

Sur ouvrage, le coût induit par la conservation d'un profil en travers de type section courante (ou seulement légèrement réduit) peut être très faible : c'est le cas si cet aménagement ne conduit pas à une modification de la structure, mais se traduit simplement par un tablier un peu plus large.

En cas de suppression de la bande d'arrêt ou d'arrêt d'urgence (à déconseiller si une BA ou BAU règne de part et d'autre de l'ouvrage), une réduction de la capacité ne deviendra sensible que si l'absence de bande d'arrêt ou d'arrêt d'urgence règne sur plus de 600 m.

Les dispositifs de retenue à implanter et les largeurs de BDD ou de bandes de services nécessaires sont indiqués dans le fascicule GC 77 et dans l'*Instruction relative à l'agrément et aux conditions d'emploi des dispositifs de retenue des véhicules contre les sorties accidentelles de chaussée*.

---

### 3.4 Pente transversale

---

De façon générale, une pente transversale de 2,5 % est préconisée pour toutes les voies rapides urbaines (voir § 2.1 du chapitre « Chaussée »).

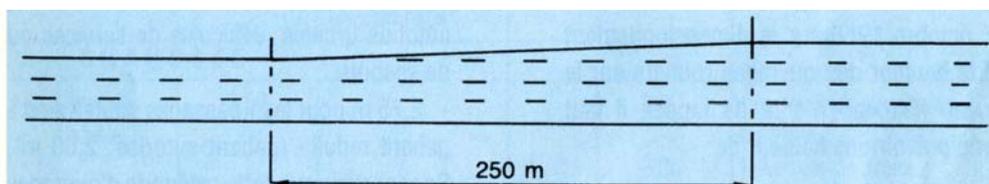
---

<sup>9</sup> Le document *Sécurité des routes et des rues* signale que les bandes dérasées larges (de 1,50 m à 2 m) sont d'utilisation courante en Amérique du Nord et que la crainte de problèmes de sécurité inhérents à de telles largeurs n'est pas justifiée.

## 3.5 Transition entre deux sections de profils en travers différents

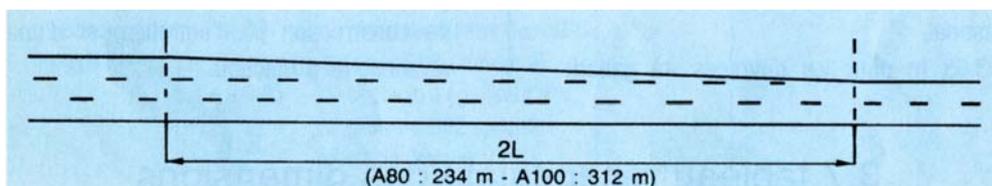
### 3.5.1 Ajout d'une file supplémentaire (à gauche de la chaussée)

La création d'une file supplémentaire se fait de façon à maintenir la continuité de la file de droite, donc par la gauche, et éventuellement alors s'accompagne d'un déport de l'axe de la chaussée. Le biseau de raccordement entre les deux profils en travers règne sur 250 m.



### 3.5.2 Suppression d'une file (file de gauche)

C'est normalement la file de gauche qui est rabattue. Le passage de  $n$  à  $n-1$  voies se fait par un biseau de raccordement de longueur  $2L$ , avec  $L = 117$  m pour A80 et U80, soit un biseau de 234 m, et  $L = 156$  m pour A100, soit un biseau de 312 m.



### 3.5.3 Modification des largeurs du TPC, des voies, de la BDG, de la BDG, de la BA ou de la BAU ou de la BDD

Si une variation du profil en travers (élargissement ou rétrécissement de l'une ou de plusieurs des composantes du profil en travers) conduit à un déport de l'axe de la chaussée, l'inclinaison de l'alignement droit de raccordement entre les deux profils en travers sur l'axe initial de la chaussée ne doit pas excéder 2 %.

En revanche, si la modification du profil en travers n'affecte pas l'axe de la chaussée (rétrécissement de la BAU par exemple), l'inclinaison de la droite de raccordement sur l'axe de la chaussée ne doit pas excéder 7 %.

## 3.6 Hauteur libre minimale des ouvrages d'art

Il convient de se reporter à la circulaire du 17 octobre 1986 sur le dimensionnement de la hauteur des ouvrages routiers sur le réseau national. À titre de rappel, il faut donc prévoir une hauteur de :

- 4,75 m sur les autoroutes ;
- 4,50 m sur les grandes routes de trafic international décrites dans l'accord de Genève du 15 novembre 1975 (AGR), et précisées par décisions ministérielles ;
- 4,30 m sur les autres routes du réseau national ;
- 3,65 m pour les ouvrages « à gabarit réduit » devant assurer le passage des autobus urbains, véhicules de services ou de secours ;
- 2,75 m pour les « passages souterrains à gabarit réduit » (gabarit autorisé : 2,50 m). Se reporter pour cette catégorie d'ouvrages au chapitre « Échanges », § 1.1.2.4.

Des dérogations sont cependant possibles.

Lors de la conception des ouvrages, il y a lieu de majorer ces valeurs d'une revanche de construction et d'entretien, et d'une revanche de protection.

### 3.7 Tableaux récapitulatifs des dimensions des éléments constitutifs du profil en travers

#### Voies de type A

Élément	Dimension <b>normale</b> (m)		Dimension <b>minimale</b> (m)	
	Valeur	Observations	Valeur	Observations
<b>ACCOTEMENT</b>				
Bande d'arrêt d'urgence	2,50	<b>Une largeur de 3,00 m peut conduire à des circulations à mauvais escient</b>	2,25	
Bande dérasée* de droite	1,00	Les dimensions entre 1 et 2 m ne doivent plus être exclues	0,50	Veiller à préserver la distance de visibilité en courbe
Berme (ou trottoir de service)	0,75	Largeur de berme fonction des équipements à implanter (annexe 1)	0,75	En l'absence de tout dispositif de retenue et donc d'obstacle
	1,00	Si uniquement dispositifs d'assainissement		
	1,50	Si présence de fourreaux longitudinaux		
<b>CHAUSSÉE</b>				
Largeur de voie	3,50		3,00	Pour voie de gauche ou médiane
			3,25	Pour voie de droite
<b>TERRE-PLEIN CENTRAL</b>				
Bande médiane	0,60 ou 0,80	Selon le dispositif de retenue choisi : - 0,60 si DBA - 0,80 si DE2 ou DE4	2,50	Si plantations arbustives avec glissière double métallique (annexe 2)
	3,00	Si plantations arbustives avec glissière double métallique (annexe 2)		
	1,20	Si plantations entre deux GBA ou deux DBA (annexe 2)		
	e + 0,80	Si obstacle d'épaisseur e et glissière GS2 spéciale obstacle (annexe 2)		
	e + 2,40	Si obstacle d'épaisseur e et glissière GS2 (annexe 2)		
Bande dérasée de gauche	1,00 ou 1,10	1,10 m avec glissière DE4 (annexe 2)	0,50	Si DBA sur TPC, vérifier que la visibilité latérale est maintenue

\* Les minima ne peuvent pas toujours être cumulés : la largeur minimale de bloc [VD + BDD] est de 4 m

## Voies de type U

Élément	Dimension <b>normale</b> (m)		Dimension <b>minimale</b> (m)	
	Valeur	Observations	Valeur	Observations
<b>ACCOTEMENT</b>				
Bande d'arrêt*	2,50	<u>Réservée à certaines voies U80</u>	2,25	
Bande dérasée de droite	0,50	En présence de marquage latéral de chaussée	0	Avec des bordures non franchissables et en l'absence de marquage latéral, la BDD peut être supprimée
Trottoir ou terre-plein latéral	-	Dépend des fonctions à assurer	0,75	En l'absence de tout dispositif de retenue et donc d'obstacle
Piste cyclable	3,00	Bidirectionnelle		
	2,00	Unidirectionnelle	1,50	
<b>CHAUSSÉE</b>				
Largeur de voie	3,50	Peut être ramenée à 3,00 m notamment pour les voies U60	3,00	
<b>TERRE-PLEIN CENTRAL</b>				
Bande médiane	-	Dépend des équipements prévus ou des fonctions à assurer	0,60	
Bande dérasée de gauche	0,50	En présence de marquage latéral de chaussée	0	Avec des bordures non franchissables et en l'absence de marquage latéral, la BDG peut être supprimée

\* Les dimensions mentionnées sont applicables lorsqu'une bande d'arrêt est effectivement prévue (cas de certaines voies U80). Cette fonction peut être supprimée.

## Annexe 1 : largeur de la berme en fonction des équipements qui y sont implantés

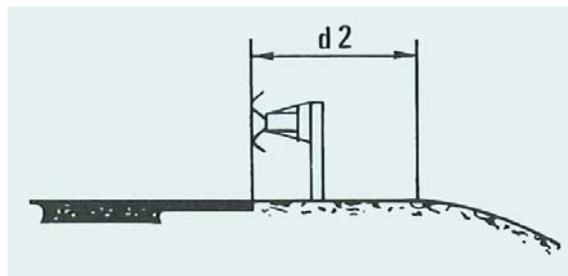
Largeur minimale : 0,75 m en l'absence de tout dispositif de sécurité, donc d'obstacle.

- **Si des dispositifs de retenue doivent être implantés**

Vérifier que leur emploi est bien justifié et limiter au strict nécessaire (du fait de leur caractère très agressif) l'emploi des glissières simples métalliques renforcées (GCU...).

- **Si la berme ne comporte pas d'obstacles**

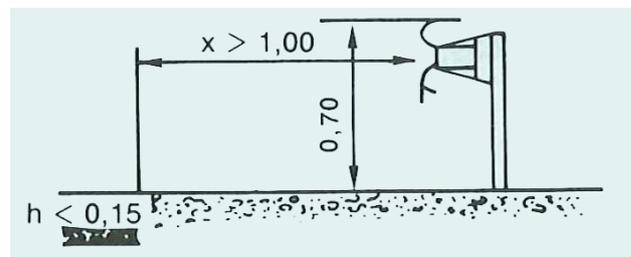
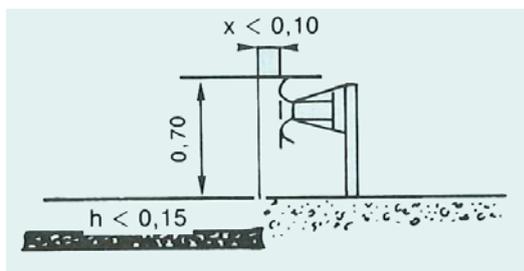
d2	glissière (avec support de 2 m sauf cas particuliers)
d2 > 1 m	GS4
0,50 m < d2 < 1 m	GS2



d2 : largeur totale de la berme, entre le nu avant de la glissière et le bord de l'arrondi de talus.

- **Si la berme est un trottoir de service**

Deux implantations sont possibles pour les glissières, selon la largeur du trottoir de service : entre le nu avant de la glissière et l'extérieur du trottoir de service, il faut laisser la largeur nécessaire au fonctionnement de la glissière.

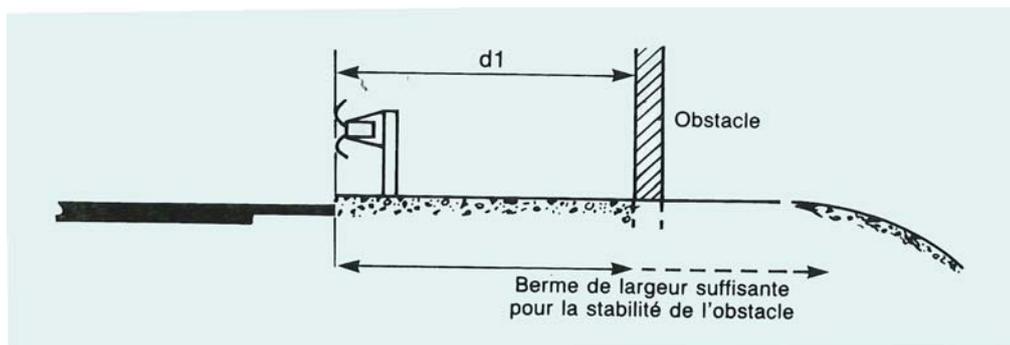


▪ Si les obstacles sont situés sur la berme

- Glissières métalliques

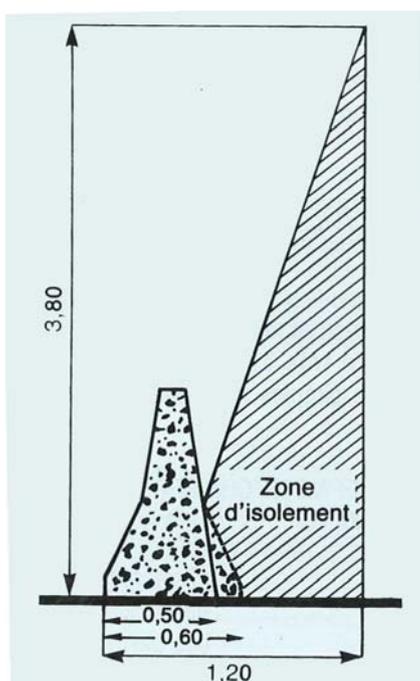
Il faut ajouter aux valeurs précédentes une largeur supplémentaire permettant le fonctionnement de la glissière. Les largeurs  $d_1$  de berme (comptées entre le nu avant de la glissière et le nu avant de l'obstacle) à adopter sont alors :

$d_1^{10}$	glissière
$d_1 > 1,60$	GS4
$1,60 > d_1 > 1,20$ m	GS2
$1,20 > d_1 > 0,60$ m	GS2 spécialisée obstacles au droit des obstacles anguleux
$1,20 > d_1 > 0,40$ m	GS2 spécialisée obstacles au droit des candélabres et arbres.



- Dispositifs de retenue, type New Jersey

Pour être protégé, l'obstacle doit être situé dans la zone d'isolement de la GBA. Ce dispositif permet donc de réduire, dans certains cas, la largeur de la berme en avant de l'obstacle jusqu'à 0,50 m (largeur de la GBA).



<sup>10</sup> Il faut éventuellement ajouter à la largeur  $d_1$  de la berme la largeur de l'obstacle.

## Annexe 2 : Largeur de la bande médiane en fonction des équipements qui y sont implantés

Si des dispositifs de retenue doivent être implantés (autoroutes : circulaires du 18 avril 1977 et du 17 avril 1978 ; RN : circulaire du 6 août 1979) l'emploi des glissières renforcées (GRC et GCU) doit être strictement limité (du fait de leur caractère très agressif).

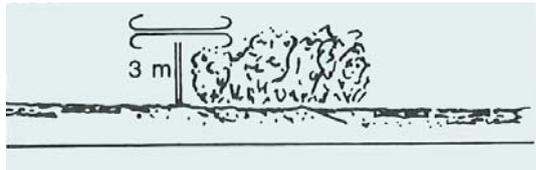
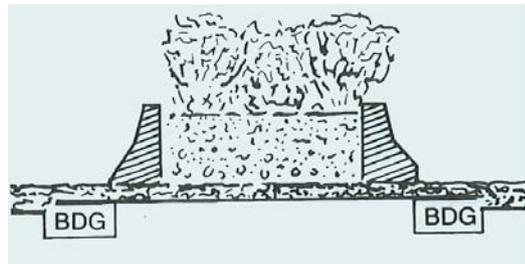
L'emploi de glissières béton est fortement conseillé, pour des raisons de facilité d'entretien, d'exploitation et de meilleure capacité de retenue des poids lourds.

### Absence d'obstacle ou de plantation sur la bande médiane

Largeur de la bm	Dispositif de retenue	Largeur minimale du TPC*
0,60 m	DBA	1,50 m
0,80 m	DE2	2,00 m
0,80 m	DE4	3,00 m

\* Les dispositifs étant implantés axialement

### Plantations arbustives (à faible développement) sur la bande médiane

Largeur de la bande médiane	Type de glissière
Au minimum 2,50 m	Une file de glissières doubles métalliques d'un côté de la bande médiane (disposition conseillée).
Plutôt 3 m 	Deux files de glissières simples de part et d'autre des plantations.
Au moins 1,20 m  Si on veut des plantations en quinconce, maintenir une distance de 1 m au moins au niveau supérieur des 2 séparateurs. 	Deux GBA utilisées en jardinières (attention au drainage).

### Obstacle sur la bande médiane

avec  $e$  = épaisseur de l'obstacle à l'endroit le plus contraignant (platine d'ouvrage des candélabres ou des pieds de portiques).

Largeur de la bande médiane	Dispositif de retenue	
$bm > e + 2 \times 1,60 \text{ m}$	2 files de GS4	métallique
$e + 2 \times 1,60 \text{ m} > bm > e + 2 \times 1,20 \text{ m}$	2 files de GS2	
$e + 2 \times 1,20 \text{ m} > bm > e + 2 \times 0,40 \text{ m}$	2 files de GS2 spécialisée obstacle	
$bm > e + 2 \times 0,55 \text{ m}$	2 files de GBA	béton

# Échanges

## Sommaire

### 1. Conception des échanges : principes de base

#### 1.1. Conception du système d'échanges

##### 1.1.1. Détermination des échanges à assurer

1.1.1.1. Critères de choix

1.1.1.2. Principes techniques

##### 1.1.2. Traitements des points d'échanges

1.1.2.1. Enchaînement des points d'échanges

1.1.2.2. Carrefours plans sur VRU

1.1.2.3. Traversées franches

1.1.2.4. Passages souterrains à gabarit réduit

##### 1.1.3. Phasage et système d'échanges

#### 1.2. Conception d'un point d'échanges

##### 1.2.1. Étude de trafic-détermination des mouvements tournants

##### 1.2.2. Comparaison d'aménagements : critères de choix

1.2.2.1. Critères de fonctionnement

1.2.2.2. Critères d'environnement et de site

1.2.2.3. Critères économiques

##### 1.2.3. Éléments de calcul pour la comparaison des diverses solutions

1.2.3.1. Calcul et dimensionnement des carrefours à feux

1.2.3.2. Dimensionnement des carrefours sans feux

1.2.3.3. Calcul et dimensionnement des carrefours giratoires

##### 1.2.4. Principe de la simplification des points d'échanges

##### 1.2.5. Signalisation

### 2. Les principaux types de carrefours et échangeurs : critères de choix

#### 2.1. Définition et présentation générale

##### 2.1.1. Carrefours à niveau

##### 2.1.2. Diffuseurs

##### 2.1.3. Nœuds

#### 2.2. Analyse et commentaire des principaux types d'échanges usuels

##### 2.2.1. Carrefours à niveau

2.2.1.1. Carrefours plans équipés de feux

2.2.1.2. Carrefours à chaussée annulaire

##### 2.2.2. Diffuseurs urbains

2.2.2.1. Les losanges

2.2.2.2. Les trèfles

2.2.2.3. Les trompettes

##### 2.2.3. Les nœuds

2.2.3.1. Trèfle complet

2.2.3.2. Nœud à anses

##### 2.2.4. Remarques générales

2.2.4.1. Relation du carrefour ou échangeur à son environnement

2.2.4.2. Capacité du réseau raccordé

### **3. Recommandations techniques et éléments normatifs**

#### **3.1. Carrefours à niveau**

3.1.1. **Visibilité sur le premier carrefour à feux**

3.1.2. **Visibilité à l'approche d'un carrefour à chaussée annulaire**

#### **3.2. Échangeurs : diffuseurs et nœuds**

##### **3.2.1. Fonctionnement des bretelles**

3.2.1.1. *Vitesse pratiquée*

3.2.1.2. *Fonctionnement d'une bretelle*

3.2.2. **Géométrie des dispositifs d'entrées et de sorties**

3.2.2.1. *Dispositif d'entrée*

3.2.2.2. *Dispositif de sortie*

3.2.2.3. *Dispositifs d'entrée et de sortie à gauche*

##### **3.2.3. Géométrie des zones d'accélération et de décélération**

##### **3.2.4. Géométrie des zones en courbe**

3.2.4.1. *Diffuseurs*

3.2.4.2. *Nœuds*

##### **3.2.5. Zones de transition**

##### **3.2.6. Profil en long**

3.2.6.1. *Rayons saillants*

3.2.6.2. *Rayons rentrants*

3.2.6.3. *Déclivités*

##### **3.2.7. Profil en travers**

3.2.7.1. *Composition et dimensionnement*

3.2.7.2. *Passage à deux voies*

3.2.7.3. *Chaussée bidirectionnelle*

##### **3.2.8. Dévers**

##### **3.2.9. Capacité des bretelles**

##### **3.2.10. Traitement des collectrices**

##### **3.2.11. Voies spéciales véhicules lents au droit d'un échangeur**

#### **3.3. Incidence des accès**

##### **3.3.1. Paramètres trafics à prendre en compte**

3.3.1.1. *Seuils de fonctionnement et niveaux de service de la circulation (NSC)*

3.3.1.2. *Trafic de transit restant sur la voie de droite*

##### **3.3.2. Trafic d'échanges**

3.3.2.1. *Dilution du trafic entrant*

3.3.2.2. *Concentration du trafic sortant*

##### **3.3.3. Accès non indépendants (ou rapprochés)**

3.3.3.1. *Dispositif d'une entrée précédée par une sortie*

3.3.3.2. *Dispositif d'entrées successives*

3.3.3.3. *Dispositif de sorties successives*

3.3.3.4. *Dispositif d'entrée et de sortie successives - Entrecroisement*

# 1. Conception des échanges : principes de base

---

## 1.1 Conception du système d'échanges

---

Chaque point d'échanges (carrefour ou échangeur) constitue un point singulier pour l'utilisateur. Celui-ci doit :

- être informé :
  - de sa proximité ;
  - des choix d'itinéraires qui lui sont offerts ;
  - des types de mouvements que cela suppose pour lui ;
  - des types de conflits avec les autres usagers auxquels il lui faut adapter son comportement.
- bénéficier d'une perception visuelle claire, lisible de ce point singulier ;
- disposer de l'espace et du temps nécessaires pour adapter son comportement (moduler sa vitesse, changer éventuellement de file, anticiper les comportements des autres usagers).

Il est donc clair que la qualité de service qui lui est offerte, les conditions de confort et de sécurité dont il bénéficie, sont fonction :

- du nombre de points d'échanges ;
- de leur nature : carrefour plan à feux, carrefour à chaussée annulaire, diffuseur (avec ou sans cisaillements, avec ou sans feux) et nœud autoroutier ;
- de la distance entre les points d'échanges et de ses conséquences sur le fonctionnement de l'infrastructure elle-même. Dans le cas des carrefours à niveau réglés par feux, les possibilités de coordination de ces feux sont également étroitement liées à leur intervalle ;
- de leur interaction fonctionnelle : deux diffuseurs par exemple peuvent être soit complets, soit couplés ou complémentaires suivant les possibilités de la voirie existante raccordée à la voie rapide nouvelle considérée ;
- de leur homogénéité : la succession de points d'échanges, même indépendants, mais de natures différentes (dénivelés/non dénivelés) risque, si elle ne correspond pas à un ensemble de facteurs liés au site, au trafic et à l'aménagement, d'induire des problèmes de confort et de sécurité.

Aussi, tout à l'amont de la conception du projet, un certain nombre de principes méritent d'être rappelés et des éléments de choix proposés au chef de projet.

### 1.1.1 Détermination des échanges à assurer

#### 1.1.1.1 Critères de choix

La situation de la voie rapide dans l'agglomération, le rôle qu'elle doit jouer dans l'écoulement des trafics d'une part et le développement de l'urbanisation d'autre part sont des déterminants essentiels des échanges qui doivent être assurés.

Dans certains cas, où le rôle urbain de la voie est privilégié, les choix pour les échanges peuvent en induire d'autres quant au parti d'aménagement de la voie.

Dans d'autres cas, notamment lorsqu'il s'agit de privilégier le transit, c'est le choix préalable du rôle et du caractère autoroutier de la voie qui est un facteur déterminant du choix des échanges.

Les critères à prendre en compte, de manière plus détaillée, pour déterminer les échanges à assurer, sont de cinq ordres.

**a) Critères liés aux trafics :**

- -nature et importance des trafics (sur la voie rapide urbaine et mouvements d'échanges).

**b) Critères liés aux choix concernant l'aménagement de la voie nouvelle :**

- statut de la voie ;
- impacts fonctionnels des échanges sur la voie (intervalle, entrecroisement, coordination des feux) qui sont des facteurs essentiels du niveau de service et de sécurité.

**c) critères liés au choix concernant le réseau de voirie :**

- constitué de l'itinéraire,
- liaison à l'ensemble du réseau des grandes voiries de l'agglomération, du département ou de la région,
- capacité d'accueil du réseau viaire raccordé,
- possibilités offertes par le réseau de voirie traditionnelle : maillage, perméabilité, etc., permettant par exemple de concentrer les échanges en quelques points pour une connexion convenable de l'ensemble du réseau, ou possibilité de coupler les points d'échanges.

**d) Critères liés au choix sur l'urbanisation :**

- rôle assigné à la voirie quant à la structuration de l'urbanisation concernée (liaison ou desserte à assurer avec des zones d'habitat, avec des ZI, des équipements importants, etc.) ;
- prise en compte de l'évolution projetée du tissu urbain futur et de la voirie associée.

**e) Critères liés au site physique :**

- possibilités physiques d'implantation (topographie, libération d'emprises) d'un échange, et coûts consécutifs ;
- conséquences sur l'environnement.

### **1.1.1.2 Principes techniques**

Il convient par ailleurs de rappeler quelques principes qui doivent guider le projeteur dans ses choix techniques.

**a) Distance entre les points d'échanges :**

- dans le cas d'une voie à caractère autoroutier (type A), et sauf cas exceptionnels, la distance entre les points d'échanges devrait toujours être supérieure à 1 km (entre fin des voies de manœuvre de l'un et début des voies de manœuvre du suivant).  
Une distance de l'ordre de 1 à 1,5 km caractérise une voie dont le rôle urbain est prépondérant (échanges et distribution).  
Si le rôle de transit est important, le nombre des points d'échanges devra être réduit et leur distance augmentée autant que possible.
- Dans les autres cas (type U), la distance entre les carrefours à feux peut être plus faible que ce qui est cité ci-dessus, mais elle est imposée si on souhaite mettre en place une onde verte, deux sens.
- Le tableau ci-après indique les vitesses en km/h de coordination à double sens en fonction des distances D entre carrefours (en mètres) et du cycle C en secondes.

### Vitesse moyenne de coordination à double sens en km/h

D(m) C (s)	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700
60 s	24	30	36	42	45	54	60	66	72	78	84
70 s	20,6	25,7	30,9	36	41,1	46,3	51,4	56,6	61,7	66,9	72
80 s	18	22,5	27	31,5	36	40,5	45	49,5	54	58,5	63
90 s	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56
100 s	14,4	18	21,6	25,2	28,8	32,4	36	39,6	43,2	46,8	50,4

Ce tableau résulte de la formule :

$$C = 7,2 \frac{D}{V}$$

avec C : longueur du cycle en secondes

D : distance entre les carrefours en mètres

V : vitesse des deux sens en km/h.

Si les vitesses  $V_1$  et  $V_2$  de chacun des sens ne sont pas égales, la formule à employer est :

$$3,6 D \left( \frac{1}{V_1} + \frac{1}{V_2} \right) = n C$$

(en général,  $n = 1$ , avec  $n =$  nombre de cycles entre deux carrefours concernés).

#### b) Concentration des points d'échanges :

Il est en règle générale utile de concentrer les échanges sur quelques points bien traités, et d'assurer à partir de ces points la possibilité aux trafics d'atteindre dans de bonnes conditions l'ensemble du réseau voisin. À ces fins, on peut :

- bien utiliser les potentialités du réseau existant ;
- transformer l'utilisation du réseau existant par des aménagements ou des mesures d'exploitation de type plan de circulation ;
- créer des liaisons nouvelles par l'intermédiaire de tronçons de voie nouvelle, pour mieux se raccorder au réseau existant.

#### c) Traitement de certains accès exceptionnels

Lorsque se manifeste une demande forte pour la création d'accès spécifiques à des équipements, privés (du type supermarché), ou publics (stade, zone de loisirs) le principe est de traiter, dans la mesure du possible, ces accès hors de l'infrastructure nouvelle, et d'en assurer le branchement, soit à partir des points d'échanges par ailleurs nécessaires, soit à partir d'une voirie raccordée à ces points d'échanges.

Dans le cas d'équipements liés à l'infrastructure elle-même (aires de service), un accès direct peut être accordé (cf. fiche aires de service) ; les conséquences d'un tel accès sur le fonctionnement propre de la voie nouvelle sont alors analogues à celles d'un point d'échanges supplémentaire.

## 1.1.2 Traitement des points d'échanges

Les choix opérés en amont (caractère de continuité de la voie avec un itinéraire autoroutier, importance des trafics, nature du site et de l'insertion de la voie dans ce site) peuvent conduire à la dénivellation de l'ensemble des carrefours, et donc à une infrastructure elle-même à caractère autoroutier. Dans le cas contraire, qui bénéficie en général du statut de route express, on peut être amené à concevoir une voie ne comportant soit que des carrefours plans, soit une alternance de carrefours plans et de carrefours dénivelés.

Dans ces derniers cas, plusieurs principes doivent être respectés, afin d'assurer de bonnes conditions de lisibilité, de fonctionnement et de sécurité.

### 1.1.2.1 Enchaînement des points d'échanges

L'enchaînement des points d'échanges doit répondre à plusieurs exigences :

- toute rupture d'homogénéité du traitement de l'itinéraire allant dans le sens d'une baisse du niveau de service (passage de carrefours dénivelés à des carrefours plans) doit être traitée comme une zone de transition ; le traitement paysager, le profil en travers, le profil en long, le traitement des abords de la voie peuvent contribuer à marquer la différence entre une voie de caractère autoroutier et une voie de type U ;
- dans le cas d'une voie de type U, l'enchaînement « carrefour plan-carrefour dénivelé-carrefour plan » est à étudier sur le plan de la visibilité en tenant compte des files d'attente susceptibles de se former aux carrefours plans ;
- lorsque la voie du type U s'inscrit en continuité d'une autoroute (cas fréquent des pénétrantes urbaines) la position et le traitement de détail du premier carrefour plan nécessitent une attention spéciale (cas d'application des giratoires, problème des zones de transition) ;
- il convient également d'assurer une lecture correcte du réseau raccordé depuis la voie rapide urbaine nouvelle en mettant en valeur la hiérarchie des voies et en donnant des indications sur les itinéraires raccordés (signalisation, aménagements paysagers...).

### 1.1.2.2 Carrefours plans sur VRU

Les carrefours plans sont normalement exclus sur les voies de type « A ». Les carrefours plans sur voie rapide urbaine de type « U » sont soit des carrefours giratoires, soit des carrefours à feux.

Dans certains cas particuliers de sites très peu urbanisés et hors section à 2 x 2 voies, peut être exceptionnellement envisagé l'aménagement des carrefours plans sans feux et non giratoires, qui sont alors traités comme des carrefours de rase campagne..

Un aménagement de ce type doit alors répondre à un ensemble de critères qui justifient ce choix :

- lisibilité générale de l'environnement de type rase campagne ;
- compatibilité de l'ensemble des mouvements avec l'absence de feux ;
- faible niveau de trafic sur la voie rapide urbaine et sur les voies sécantes ;
- homogénéité d'aménagement de l'itinéraire.

### 1.1.2.3 Traversées franches

Les traversées franches sont proscrites. Le projeteur doit proposer soit d'autres itinéraires de désenclavement ou de rétablissement, soit des rétablissements dénivelés sans échanges, soit l'aménagement d'un véritable carrefour plan non équipé de feux (sous réserve que l'ensemble des critères définis ci-dessus soient satisfaits).

#### 1.1.2.4 Passages souterrains à gabarit réduit

Cette catégorie d'échanges dénivelés, qui assurent le passage des véhicules de moins de 2,60 m :

- est à proscrire formellement sur les voies de type A ;
- peut éventuellement être implantée sur des voies de type U60 si le trafic poids lourds est très faible et si la réalisation d'un passage dénivelé à gabarit normal est impossible.  
Les caractéristiques géométriques de ces passages à gabarit réduit, en particulier en profil long, doivent alors respecter les valeurs données dans le chapitre « Géométrie liée à la vitesse », § 2 et 3, et non pas descendre jusqu'aux valeurs minimales indiquées dans le guide PSGR 71 ;
- en revanche, cette catégorie d'échanges dénivelés peut être utilisée pour créer des rétablissements de communications perpendiculairement à la voie rapide, avec ou sans échange avec la voie rapide, afin par exemple d'atténuer les effets de coupure et pour un coût beaucoup moins élevé qu'un passage à gabarit normal (surtout si la voie rapide est en remblai). Une étude détaillée des avantages et inconvénients de ce type de rétablissement sur le fonctionnement du quartier et de la voie sur laquelle il est implanté doit de toute façon être réalisée.

Il faut noter que la hauteur libre minimale permettant d'assurer la circulation des bus urbains, des véhicules de services ou de secours est de 3,65 m.

### 1.1.3 Phasage et système d'échanges

Le projeteur doit être sensible aux conséquences possibles d'un phasage (première phase avec carrefours à niveau) sur le système d'échanges en phase finale.

Un tel phasage implique en effet, que, du fait des habitudes prises par les usagers, il est très difficile en phase finale de faire autre chose que transformer tous les carrefours à niveau de la première phase en échangeurs ; ce qui est un facteur qui tend à multiplier le nombre des points d'échanges.

Si donc l'on souhaite avoir un nombre réduit de points d'échanges à terme, il convient, dès la première phase, soit de ne pas raccorder certaines voiries à la voie rapide urbaine (traitement en cul-de-sac), soit de les rétablir par des franchissements dénivelés sans échanges.

---

## 1.2 Conception d'un point d'échanges

---

L'étude particulière des points d'échanges conduit en général à la comparaison de plusieurs solutions et au choix de l'une d'elles en référence à des critères multiples.

Quelle que soit la nature des solutions à comparer, carrefour plan - carrefour dénivelé ou carrefours dénivelés entre eux, le processus d'étude demande :

- une étude de trafic ;
- la définition préalable (qui permet la comparaison des solutions par la pondération – en général qualitative – des critères) d'objectifs :
- en matière de fonctionnement (type de voie, homogénéité du niveau de service, capacité, mouvements prioritaires) ;
- en matière d'environnement : préservation du site (emprises, paysages) et de la voie locale (cheminements, bruit... ) ;
- l'étude sommaire des diverses solutions à une échelle significative (1/2000<sup>e</sup> ou 1/1000<sup>e</sup> dans les cas complexes), en s'efforçant d'atteindre dans chaque cas les objectifs fixés précédemment ;
- la comparaison multicritère des solutions : satisfaction des objectifs de fonctionnement et d'environnement et bilan économique.

Il faut noter que les critères à considérer lorsqu'on veut comparer une solution « carrefour plan » et une solution « carrefour dénivelé » ne sont pas immuables et doivent être définis pour chaque cas.

## 1.2.1 Étude de trafic – Détermination des mouvements tournants

Les trafics en un point d'échanges s'identifient par les mouvements tournants issus des différentes voies.

Ces mouvements se caractérisent par :

- leur volume aux heures de pointe : HPM – HPS – pointes exceptionnelles liées au tourisme ou à des mesures d'exploitation ;
- leur composition : VL, PL, bus, deux-roues, piétons ;
- leur nature : transit, échange.

Ces données de trafic doivent être connues tant pour l'horizon de mise en service de l'infrastructure qu'à des échéances ultérieures correspondant à l'évolution du réseau (fonctionnement et utilisation liés à l'évolution urbaine). Elles doivent également permettre de déterminer où se reportera la demande en cas de suppression d'un échange.

**Remarque** : les prévisions de trafic à moyen et long terme des mouvements tournants dans les points d'échanges peuvent être déduites des prévisions de trafic données par les programmes de simulation type DAVIS (plus particulièrement orientés vers l'étude de la section courante), mais après analyse, car :

- le réseau de voirie simulé est un réseau simplifié ;
- le trafic est engendré par zone et injecté sur le réseau en un nombre limité de points de chargement, ;
- il n'est pas tenu compte du trafic interne aux zones.

Après reconstitution sur situation existante et, si possible, analyse des mouvements origine - destination franchissant le point d'échanges, on peut en général identifier correctement des mouvements dominants et les caractériser en volume et en qualité (origine-destination).

Il faut noter que les prévisions issues des programmes de simulation ne sont jamais suffisantes puisqu'elles ne traitent que de l'heure de pointe du soir et de la circulation générale.

## 1.2.2 Comparaison d'aménagements : critères de choix

Une analyse multicritère est nécessaire pour réaliser une telle comparaison. Les principaux critères de choix à prendre en compte sont les suivants.

### 1.2.2.1 Critères de fonctionnement

On peut distinguer :

- les différents trafics (volume, nature) à prendre en compte et les caractéristiques ou aménagements du point d'échanges qui y sont liés ;
- le niveau de service ;
- la sécurité ;
- les impacts sur le réseau de voirie.

#### a) Les différents trafics à prendre en compte :

Le tableau suivant met en parallèle les caractères du trafic, des tests de conception et les conséquences sur les éléments du projet du point d'échanges.

Caractères du trafic	Tests de conception	Éléments du projet
Mouvements tournants et volume en UVP	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Tous les mouvements sont-ils assurés ?</li> <li>. Quels sont les mouvements dominants ?</li> <li>. Certains mouvements peuvent-ils être en d'autres points ?</li> <li>Avec quelles conséquences ?</li> <li>. L'aménagement est-il cohérent avec les caractéristiques du réseau en amont et en aval ?</li> <li>. Quelle est l'évolutivité de l'aménagement ?</li> <li>. Y a-t-il des dissymétries par sens de circulation ? Sont-elles liées à un plan de circulation ?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Organisation des conflits dans le carrefour, dimensionnement des entrées et des stockages, capacité.</li> <li>. Définition de la forme de l'échangeur, dimensionnement des bretelles, capacité.</li> </ul>
Composition du trafic PL	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Le point d'échange est-il sur un axe poids-lourds important ?</li> <li>- sur un itinéraire « matières dangereuses » ?</li> <li>- sur un itinéraire « convoi exceptionnel » ?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Rayon du tracé en plan.</li> <li>. Largeur des voies et surlargeur en courbe.</li> <li>. Gabarit.</li> <li>. Dimensionnement des chaussées.</li> <li>. Préservation de l'environnement : dispositifs contre les nuisances sonores (donc géométrie d'ensemble) et la pollution.</li> </ul>
Transports en commun	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Le point d'échanges est-il sur un axe TC important, existant ou prévu ?</li> <li>De quel type (bus, trolleybus, tramway) ?</li> <li>. Les aménagements spécifiques affectent-ils la circulation générale ?</li> <li>Sont-ils efficaces pour les TC ?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Localisation des arrêts : accessibilité piétons ou VP, pertes de temps des TC liées à l'arrêt.</li> <li>. Dimensionnement des arrêts.</li> <li>. Aménagements spécifiques d'approche ou de franchissement du point d'échange.</li> </ul>
Deux-roues	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Le point d'échanges est-il près d'un générateur deux-roues important, existant ou prévu ?</li> <li>. Est-il situé sur un axe deux-roues aménagé ou dont l'aménagement est prévu au schéma directeur ?</li> <li>. L'aménagement spécifique n'est-il pas plus contraignant que l'aménagement initial ?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Aménagements de détails en approche du point d'échanges, en entrée et au sein du point d'échanges.</li> <li>. Impact sur la capacité.</li> </ul>
Piétons	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Le point d'échanges est-il proche d'équipements générant un fort trafic piétons, existant ou prévu ?</li> <li>. Est-il situé au sein d'une unité de quartier ?</li> <li>. Les parcours piétons sont-ils lisibles et vraisemblables ?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Choix d'une traversée à niveau ou d'un passage dénivelé.</li> <li>. Positionnement et dimensionnement des refuges pour les traversées de chaussées larges.</li> <li>. Calcul des temps de sécurité pour les traversées et prise en compte dans la capacité de l'aménagement.</li> </ul>
Nature du trafic : transit	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Le point d'échanges est-il à une entrée importante dans l'agglomération ?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Adaptation des caractéristiques : soit traitement spécifique des points d'échanges jouant le rôle de transition pour modifier les comportements, soit accroissement des caractéristiques pour adapter la voie au comportement des usagers en transit.</li> </ul>
Échange	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Quelles sont les places dans la hiérarchie du réseau des voies créant l'échange ?</li> </ul>	

## b) Le niveau de service

Ce critère fait en premier lieu appel aux choix effectués lors de l'élaboration du programme.

- Si la voie rapide projetée est de type A, l'échange est nécessairement dénivelé. La conception de l'échangeur doit alors viser à assurer au mieux l'homogénéité du niveau de service pour les mouvements prioritaires (transit, mouvements directs ou mouvements tournants à privilégier). Elle doit également s'adapter à l'évolution prévisible de la circulation.
- Si la voie rapide est de type U, une approche multicritère (type d'échanges en amont et en aval, temps d'attente acceptables, possibilité de régulation, évolutivité) permet de comparer les niveaux de service d'une solution dénivelée et d'une solution à niveau :
  - **temps d'attente** : dans les carrefours à feux, le temps de vert disponible pour les mouvements jugés prioritaires ou dans le cas de carrefours giratoires, le temps d'attente occasionné à ces mêmes mouvements doit être calculé et comparé à ce qu'on peut juger acceptable. Cela peut éventuellement conduire à la dénivellation de l'échange ;
  - **régulation** : pour une voie de type U à carrefours plans, il convient souvent d'envisager une régulation d'axe. Pour en vérifier la faisabilité, il faut mesurer la marge de croissance tant des mouvements secondaires que des mouvements directs ;
  - **évolutivité** : il faut par ailleurs vérifier que l'aménagement choisi peut s'adapter à l'évolution possible de la circulation, et de quelle façon, et éventuellement envisager quels seront les modifications ou ajouts à apporter ultérieurement.

## c) La sécurité

Chaque type d'aménagement pose des problèmes particuliers à apprécier ponctuellement :

- carrefours plans :
  - difficulté à empêcher l'accès d'usagers piétons ou deux-roues à la voie nouvelle si elle constitue un cheminement intéressant ; dans un tel cas il vaut mieux prévoir des aménagements spécifiques ;
  - difficulté à interdire physiquement certains mouvements tournants ;
  - traversée des piétons ;
  - sécurité en heures creuses dans les carrefours de grande dimension ;
- diffuseurs dénivelés :
  - géométrie des boucles et anses (risque de renversement des poids lourds) ;
  - visibilité ;
  - traitement de la transition entre voie rapide urbaine et voie raccordée ;
  - contrôle du gabarit dans les passages souterrains à gabarit réduit.

## d) Les impacts sur le réseau de voirie

La création d'un échange entre la voie nouvelle et le réseau raccordé amène en général des modifications du fonctionnement de ce réseau (accroissement des trafics dus aux rabattements sur la voie rapide urbaine, changements d'itinéraires... ) variables selon la nature de l'échange et sa capacité. Il convient en tout état de cause de s'assurer que le réseau peut supporter ces modifications et, dans le cas contraire, d'y apporter les aménagements nécessaires ou bien de renoncer à créer le point d'échanges.

### 1.2.2.2 Critères d'environnement et de site

#### a) Le relief

Cet élément est plus ou moins pris en compte au travers d'autres critères. Il peut intervenir dans :

- l'adaptation de la configuration de l'échange au terrain ;
- la visibilité, par exemple : problème de la réalisation d'un carrefour plan entre deux voies en déblai ;
- le coût de l'aménagement.

#### b) Les emprises

Un objectif « d'emprise minimale » doit se justifier par des arguments d'urbanisme (rareté du sol) ou d'occupation du sol car les économies auxquelles il peut conduire ne sont pas toujours réelles :

- la présence d'habitations très proches du projet peut entraîner par ailleurs des dépenses en désenclavement de parcelles et en protection acoustique ;
- l'évolution ultérieure de l'aménagement peut devenir difficile sinon impossible ;
- une emprise « étriquée » conduit le plus souvent à des aménagements médiocres pour les piétons et sur le plan du paysage.

Il convient aussi, pour chaque configuration de lieu, dans le cas où un aménagement à niveau ou dénivelé est différent sur le plan du fonctionnement, de comparer les accès aux espaces respectifs des solutions « carrefour plan » et « échangeur dénivelé ».

#### c) La vie locale

Il faut examiner les conséquences de l'aménagement sous deux aspects :

- la vie des riverains ;
- la vie des quartiers traversés.

Les éléments à considérer sont classiques. Parmi les plus importants :

- la coupure des cheminements ;
- le bruit : par les modifications de circulation qu'il entraîne, le point d'échanges peut engendrer des nuisances sonores non négligeables dans les quartiers proches.

#### d) Le paysage

Cet élément qui concerne également la vie locale est aussi à apprécier comme moyen de repérage pour l'usager et de traitement de la transition voie rapide urbaine – voie raccordée.

### 1.2.2.3 Critères économiques

Les aspects « consommation énergétique » et « temps de parcours » sont à observer plus pour l'aménagement global qu'en un point d'échanges particulier. Dans le cas d'une voie de type U avec carrefours plans régulés, le bilan peut d'ailleurs être peu différent du bilan avec carrefours dénivelés.

On peut se limiter :

- au coût d'investissement qui intègre de nombreux éléments (emprise, réseaux, nappe aquifère, terrassements...);
- au coût d'entretien.

## 1.2.3 Éléments de calcul pour la comparaison des diverses solutions

### 1.2.3.1 Calcul et dimensionnement des carrefours à feux

Le projeteur peut se reporter :

- au document *Carrefours à feux*, Cetur, 1988 ;
- à la bibliographie indiquée dans la fiche « équipements de gestion du trafic » en fin de document.

### 1.2.3.2 Dimensionnement des carrefours sans feux (cas exceptionnel)

Le projeteur peut se reporter au document *Les carrefours plans sur routes interurbaines*, Setra, 1980.

### 1.2.3.3 Calcul et dimensionnement des carrefours giratoires

Le projeteur trouvera les éléments nécessaires à la vérification de la géométrie et du fonctionnement d'un carrefour giratoire dans les documents suivants :

- *Giratoires sur routes interurbaines*, Setra, 1984 ;
- *Conception des carrefours à sens giratoire implantés en milieu urbain*, Cetur, 1988.

## 1.2.4 Principe de la simplification des points d'échanges

La configuration du site et du réseau de voirie existant raccordé amène souvent à résoudre, au droit d'un point d'échanges, le problème de l'interférence des mouvements d'échange avec les fonctions de desserte ou de distribution locale. Il convient d'éviter le mélange des mouvements de desserte et des mouvements d'échanges de manière à faciliter les mouvements de destination - surtout en provenance de la voie rapide urbaine - et à maintenir un bon niveau de service et de sécurité pour l'ensemble des usagers.

Ceci conduit d'une manière générale :

- à proscrire les branchements directs de la voie existante ou de voies de desserte sur les bretelles et boucles,
- à simplifier autant que possible les débouchés des bretelles sur la voirie raccordée, notamment si ce débouché est traité sous forme de carrefour ; dans ce cas il faut essayer de désenclaver les parcelles concernées ou de raccorder la voirie existante secondaire sur la voirie raccordée à la voie rapide urbaine en des points suffisamment éloignés de l'échangeur pour limiter les interférences, améliorer la lisibilité et la compréhension de l'aménagement par l'usager et améliorer ainsi la qualité de service et de sécurité offerte.

## 1.2.5 Signalisation

Le bon fonctionnement des points d'échanges dépend de la manière dont l'usager appréhendera les manœuvres qu'il devra effectuer, ceci se faisant d'autant mieux qu'on lui offrira des choix simples, clairs et le temps nécessaire à sa décision. Il convient donc de préserver la lisibilité nécessaire au guidage et de veiller à ce que la fonction apportée par la signalisation directionnelle soit assurée sans ambiguïté. En conséquence, les règles d'implantation de cette signalisation sont une des bases pour la conception des accès.

Dès la phase de conception de la géométrie, il convient de définir les principes des séquences de signalisation, sur la base d'un schéma directeur, pour s'assurer qu'elles pourront être réglementairement implantées. Il conviendra en outre de tenir compte de l'éventuelle présence de panneaux à messages variables (PMV) qui ne doivent pas interférer avec la séquence de signalisation directionnelle. Ceci peut conduire à un allongement des interdistances séparant deux sorties successives ou une entrée et une sortie.

Cet objectif de cohérence a été pris en compte dans l'élaboration des dispositions géométriques définies dans la présente instruction et dans son guide d'application, mais doit être vérifié sur chaque projet pour prendre en compte la globalité des échanges et leur complexité.

Dans le cas où le projet se développerait dans un site contraint, pouvant limiter l'espace disponible pour la signalisation de direction, sections couvertes ou contraintes environnementales, l'étude de faisabilité devra aller jusqu'à la définition des mentions pour s'assurer que les séquences de signalisation peuvent être implantées en tenant compte de l'encombrement des panneaux et de la présence d'ouvrages d'art.

On se reportera dans ce cas au dossier pilote des tunnels ou aux recommandations pour la conception des tunnels à gabarit réduit (Rectur).

---

## 2. Les principaux types de carrefours et échangeurs : critères de choix

---

---

### 2.1 Définition et présentation générale

---

#### 2.1.1 Carrefours à niveau

Les carrefours plans, comme il a été indiqué, sont, sur une voie rapide urbaine, soit équipés de feux tricolores, soit traités en carrefours giratoires.

#### 2.1.2 Diffuseurs

Les diffuseurs, points d'échanges dénivelés, assurent le raccordement de la voie rapide urbaine à la voirie traditionnelle par des carrefours plans (exploités à feux ou non) situés sur la voie secondaire.

#### 2.1.3 Nœuds

Les nœuds, points d'échanges dénivelés, assurent les échanges entre deux voies rapides sans cisaillement sur les chaussées principales de ces deux voies, ni sur les bretelles.

---

### 2.2 Analyse et commentaire des principaux types d'échanges usuels

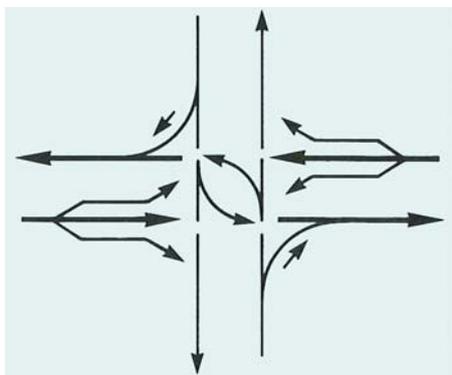
---

Les principaux dispositifs d'échanges usuels, à niveau ou dénivelés présentent chacun un ensemble d'avantages et d'inconvénients qui sont à comparer, dans chaque cas, à la lumière des critères développés précédemment dans le § 1.2.2.

Cette analyse générale fait apparaître que certains types d'aménagements sont particulièrement bien adaptés à des configurations de trafic ou de site qui se retrouvent fréquemment.

## 2.2.1 Carrefours à niveau

### 2.2.1.1 Carrefours plans équipés de feux



Les carrefours plans sur voies de type U s'intègrent en général bien dans la texture urbaine et renforcent (même dans les zones périurbaines peu denses) le caractère urbain de l'axe rapide.

Ils doivent être conçus, du point de vue fonctionnel, pour assurer de façon optimale l'écoulement du trafic prioritaire ; on peut examiner la possibilité et les inclure dans une régulation d'axe, par exemple une onde verte privilégiant, suivant l'heure de pointe, l'un des sens de circulation. On doit également examiner, dans cet objectif d'optimisation de leur fonctionnement, la possibilité de supprimer certains mouvements ou de les apporter sur un autre point d'échanges. On peut également envisager la dénivellation d'un des mouvements (passage souterrain à gabarit normal ou réduit, passage supérieur).

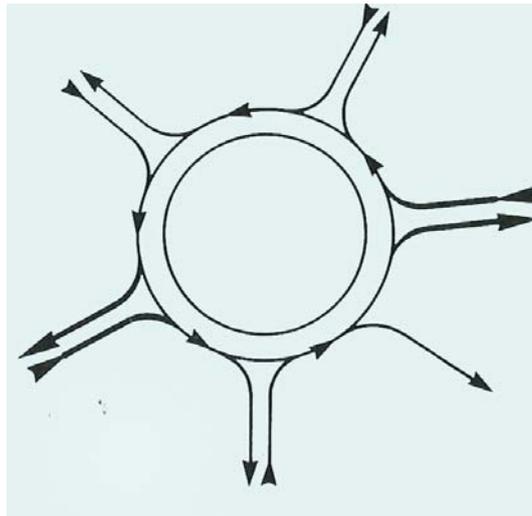
Par ailleurs, ils constituent un lieu où la voie rapide urbaine devient accessible aux usagers (piétons, deux-roues) qui n'y sont pas nécessairement admis en section courante. Tous les aménagements liés à un carrefour à feux doivent prendre en compte ces usagers, pour assurer à l'ensemble de bonnes conditions de confort et de sécurité.

### 2.2.1.2 Carrefours à chaussée annulaire

Ce terme recouvre :

- . les carrefours giratoires : ils sont définis depuis le décret du 6 septembre 1983 comme des carrefours plans raccordant plusieurs voies sur une chaussée annulaire, exploités sans feux, et avec priorité aux usagers circulant sur l'anneau ;
- . les aménagements de géométrie analogue (qui ne sont pas de simples « ronds-points » de petite taille), mais exploités de manière différente : ils sont équipés de feux tricolores ou bien accordent la priorité aux usagers de l'une des branches d'entrée au moins.

Ces carrefours à chaussée annulaire, quel que soit le régime de priorité adopté (en général priorité aux véhicules circulant sur l'anneau) imposent un ralentissement plus ou moins important à tous les usagers de la voie rapide.



Par ailleurs, leur franchissement peut être pénalisant pour les deux-roues et les piétons auxquels ils imposent d'importants allongements de parcours.

Ils constituent cependant une solution intéressante lorsqu'ils sont situés en extrémité de voie rapide urbaine, ou à l'entrée d'une zone très urbanisée, pour marquer la transition entre l'infrastructure rapide et la voirie traditionnelle.

### 2.2.2 Diffuseurs urbains

Les diffuseurs sont des losanges, des trèfles, toutes les configurations tronquées, aménagées ou intermédiaires entre ces deux solutions, ainsi que des trompettes.

Le type de diffuseur à implanter est déterminé par :

- le nombre de mouvements à assurer ;
- le volume du trafic ;
- l'emprise disponible ;
- les probabilités d'évolution de la demande de trafic ;
- le phasage éventuel.

#### 2.2.2.1 Les losanges

La solution losange a la géométrie la plus simple. La voie rapide est raccordée à la voie transversale par quatre attaches diagonales : deux bretelles d'entrée et deux bretelles de sortie.

Aucun courant entrant ou sortant n'est privilégié géométriquement.

Les cisaillements entre les différents mouvements d'échanges s'effectuent aux carrefours de tête des bretelles à la hauteur de la voie raccordée : le fonctionnement de ces carrefours est souvent traité à l'aide de feux tricolores.

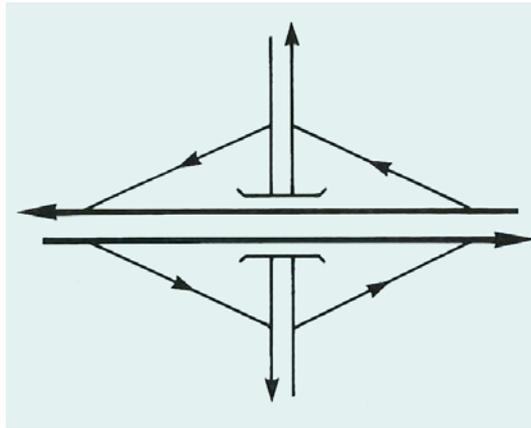
Cette configuration permet d'assurer l'écoulement d'un trafic d'échanges de l'ordre de 5 000 à 6 000 uvp/h. C'est en général de l'importance d'un mouvement tourne-à-gauche que découle la limite de capacité du losange.

Cependant, le concepteur se trouve rarement en situation idéale où les « poids » de trafic empruntant les attaches sont équivalents, où le volume total du trafic s'échangeant reste dans la limite de fonctionnement d'un losange, où l'occupation au sol est telle qu'elle permette systématiquement l'implantation d'un losange complet. Des solutions particulières doivent alors être envisagées :

- caractéristiques géométriques prenant en compte la hiérarchie des trafics ;
- aménagements ponctuels permettant l'amélioration du fonctionnement de l'ensemble du diffuseur ;
- utilisation de la voirie adjacente.

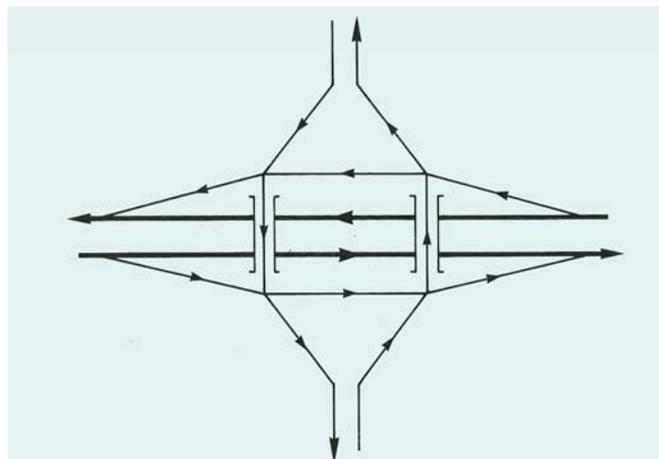
Cela se traduit par :

- des losanges classiques :



- avec séparation des courants directs et des courants tournants sur les différents ouvrages franchissant la voie rapide urbaine ;
- avec un marquage au sol directionnel : le « tourne-à-gauche » est traité comme mouvement prédominant ;
- avec circulation à gauche sur ouvrage de franchissement de la voie rapide urbaine ;
- avec des mesures d'exploitation en heure de pointe (mise en sens unique alterné de l'ouvrage de franchissement... ) ;

- des losanges éclatés :



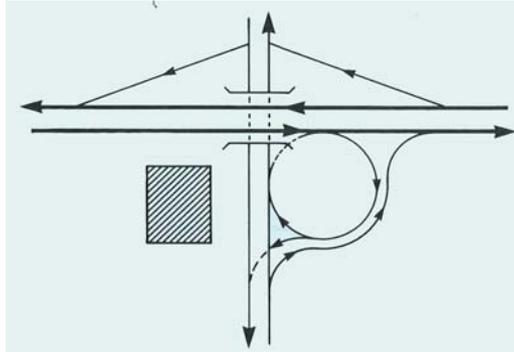
La voie traversée par la voie rapide est dédoublée afin de simplifier le fonctionnement des carrefours. Cette solution nécessite la réalisation d'un second ouvrage sur ou sous la voie rapide.

La capacité du losange est alors augmentée et peut atteindre 9 000 à 10 000 uvp/h.

La distance séparant les deux ouvrages de franchissement de la voie rapide urbaine représente l'augmentation de longueur de stockage des mouvements « tourne-à-gauche ».

L'organisation des mouvements est simplifiée car le cycle de feux ne comprend que deux phases en général ;

- des carrefours à chaussée annulaire dénivelés :  
Ils ne peuvent être envisagés que si la chaussée annulaire se situe au niveau du terrain naturel, la voie rapide urbaine étant en tranchée ou en passage supérieur ;
- des losanges incomplets où l'une des bretelles est remplacée par une boucle :



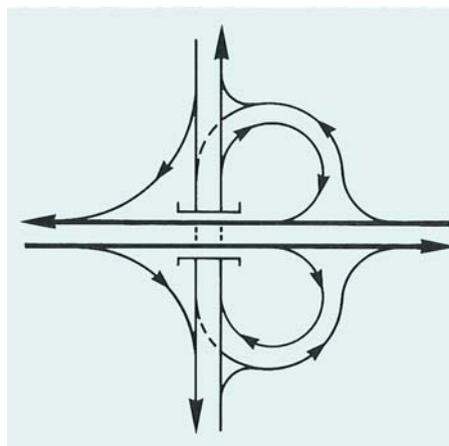
Cette configuration est à envisager si l'un des quadrants comporte du bâti ou si le mouvement (assuré finalement par la boucle) est trop pénalisant en « tourne-à-gauche ». L'autre mouvement assuré par la boucle et qui devient alors un « tourne-à-gauche » doit en revanche être relativement faible.

On peut aussi assurer ce mouvement par une sortie diagonale directionnelle.

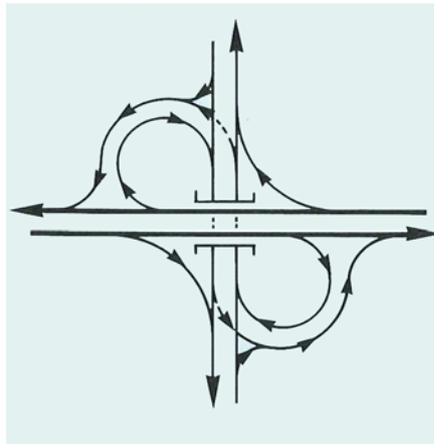
### 2.2.2.2 Les trèfles

Les solutions de type « trèfles » répondent aux problèmes de cisaillements créés par les « tourne-à-gauche » (capacité ou sécurité) en provenance ou à destination de la voie rapide urbaine, en assurant ces mouvements par une boucle située dans le quadrant adjacent du diffuseur.

- Le trèfle complet : il est peu utilisé en tant que diffuseur, car il demande des emprises très importantes.
- Les demi-trèfles  
Demi-trèfle à quadrants adjacents (boucles pour 1 entrée et 1 sortie sur voie rapide urbaine).

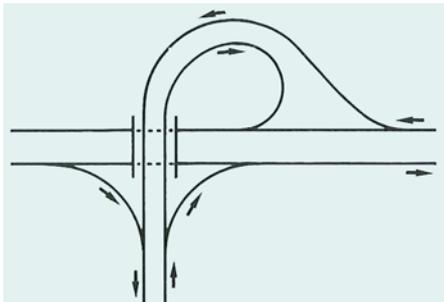


Demi-trèfle à quadrants opposés (boucles pour 2 entrées ou 2 sorties sur la voie urbaine).

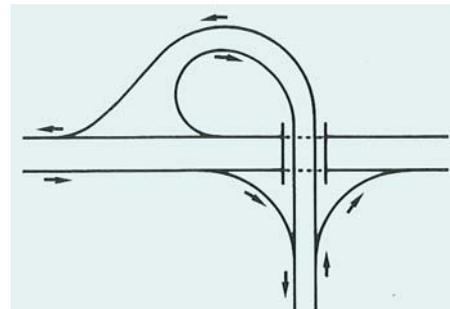


### 2.2.2.3 Les trompettes

Boucle d'entrée



Boucle de sortie



Ce type de diffuseur correspond au raccordement de deux voies (la voie rapide urbaine, une autre voie) dont l'une des deux constitue l'extrémité de l'autre.

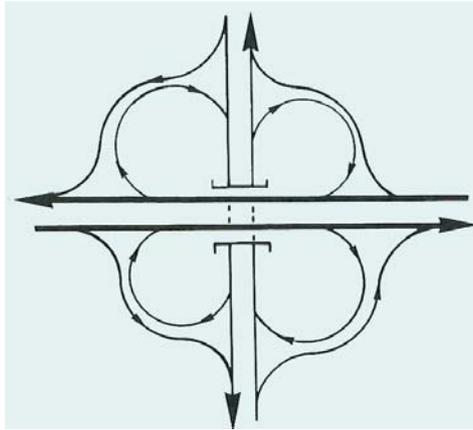
On doit prendre un soin particulier au traitement de la zone située à l'amont de la boucle (cas de système « boucle en entrée ») ou de la bretelle semi-directionnelle (cas du système « boucle en sortie »), zone sur laquelle l'utilisateur doit adapter son comportement et sa vitesse.

### 2.2.3 Les nœuds

La configuration d'un nœud doit essentiellement résulter de l'importance relative des courants de circulation et de son insertion dans le site disponible. Ses caractéristiques géométriques ne doivent pas conduire, pour l'utilisateur, à un important abaissement de sa vitesse.

Par ailleurs, si un nœud assure une liaison, il assure son retour.

### 2.2.3.1 Trèfle complet



En tissu urbain dense, son implantation est difficile en raison de l'espace qui lui est nécessaire.

Toutefois, il présente un certain intérêt à l'exploitation pour les trafics allant de 1 000 à 1 500 uvp/h sur les boucles.

Le seul problème concerne les zones d'entrecroisements qu'il y a lieu de situer sur les collectrices dans le cas de la voie rapide.

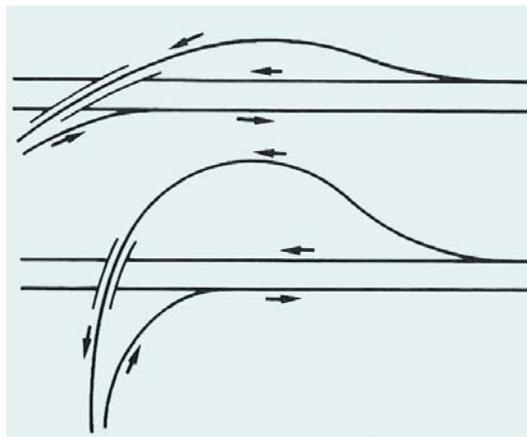
### 2.2.3.2 Nœuds à anses

Dans un nœud, les mouvements de véhicules supérieurs à 1 500 uvp/h nécessitent des bretelles directionnelles ou anses, qui peuvent être portées à 2 voies.

Les caractéristiques géométriques de ces anses doivent être compatibles avec les vitesses de référence des chaussées raccordées.

Un exemple de nœud à anses est le « saut de mouton » qui permet d'envisager une capacité par voie sensiblement équivalente à celle des chaussées principales.

De plus, une exploitation à deux voies est possible.



## 2.2.4 Remarques générales

### 2.2.4.1 Relation du carrefour ou échangeur à son environnement

La nature et le caractère du point d'échanges doivent permettre à l'utilisateur d'adapter son comportement dans la zone de transition entre la voie rapide urbaine et la voirie traditionnelle : en général, les géométries « riches » incitent l'utilisateur à adopter un comportement que l'on peut qualifier de « rase campagne ». Il est donc souvent plus satisfaisant de maintenir sur toute une section de voie rapide des caractéristiques plus réduites tant en section courante qu'au niveau des diffuseurs, en veillant particulièrement à l'homogénéité des aménagements.

Ces aménagements peuvent être des dispositions géométriques de tracé, de largeur, de succession d'entrées et de sorties, mais également des mesures d'exploitation (signalisation, vitesse) et des adaptations de la voie au site, à la vie sociale, par « transparence » avec les quartiers traversés.

L'environnement de la voie rapide urbaine semble être un facteur prédominant dans le comportement de l'utilisateur.

En effet, la connaissance du milieu par l'analyse des informations reçues (présence proche du bâti, nature des zones traversées, existence de piétons par présence de passerelle, etc.) incite l'utilisateur à adapter son comportement. Par conséquent, des caractéristiques géométriques en harmonie avec le contexte traversé et situées parmi un ensemble homogène, contribuent à valoriser les facteurs de sécurité, de limitation de la dégradation de l'environnement proche et d'intégration de la voie.

### 2.2.4.2 Capacité du réseau raccordé

Ce point fondamental préside au choix de la localisation d'un diffuseur et peut entraîner des aménagements complémentaires dans le cadre du projet. L'étude d'un diffuseur nécessite la connaissance précise des capacités du réseau traditionnel proche. Un carrefour dénivelé et *a fortiori* un diffuseur largement dimensionné ne peut fonctionner que si les artères urbaines qui accueillent son trafic d'échanges peuvent l'écouler d'une manière satisfaisante.

À cet égard, on doit veiller à éviter des dispositions amenant les véhicules à réduire fortement et brusquement leur vitesse. À titre d'exemple, les sections d'entrecroisements sur la voie traditionnelle à proximité d'un diffuseur, les variations brusques de largeur de chaussée, l'existence de carrefours à feux très proches du diffuseur lorsque le trafic est élevé, sont des aménagements susceptibles de perturber le fonctionnement du diffuseur (ainsi que la sécurité de l'ensemble des usagers) aussi confortablement dimensionné soit-il.

## 3. Recommandations techniques et éléments normatifs

### 3.1 Carrefours à niveau

Ce paragraphe ne traite que ce qui concerne la visibilité sur un carrefour plan depuis la voie rapide urbaine. Tous les éléments sur la géométrie et le dimensionnement des carrefours plans (à feux, giratoires...) sont à consulter dans la bibliographie indiquée dans les chapitres 1 et 2 de la partie « Échanges » (voir fin de l'ouvrage).

#### 3.1.1 Visibilité sur le premier carrefour à feux

Il est indispensable d'assurer en fonction des vitesses d'approche à vide  $V_a$ , les meilleures conditions de visibilité possibles sur les carrefours à feux.

En règle générale, la vitesse  $V_a$  est prise égale à la vitesse de référence  $V_r + 20$  km/h. Elle peut être, soit ramenée à  $V_r$ , soit portée à  $V_r + 40$  km/h dans les cas particuliers.

##### Cas où $V_a = V_r$ :

section en rampe, section très sinueuse, carrefours plans proches les uns des autres.

##### Cas où $V_a = V_r + 40$ km/h :

ce cas s'applique essentiellement aux voies U 80 et U 60 à l'approche d'un carrefour précédé par une section (de plus de 400 m) dont les caractéristiques (courbes de grands rayons de valeurs supérieures au rayon normal, alignement droit...), permettent des vitesses élevées.

La distance d'arrêt  $d^{11}$  assure à l'approche d'un carrefour à feux, pour  $V_a$ , la visibilité au sol sur tout point du carrefour.

<b><math>V_a</math></b>	<b>60</b>	<b>80</b>	<b>100</b>	<b>120</b>
d (en m)	70	105	160	250

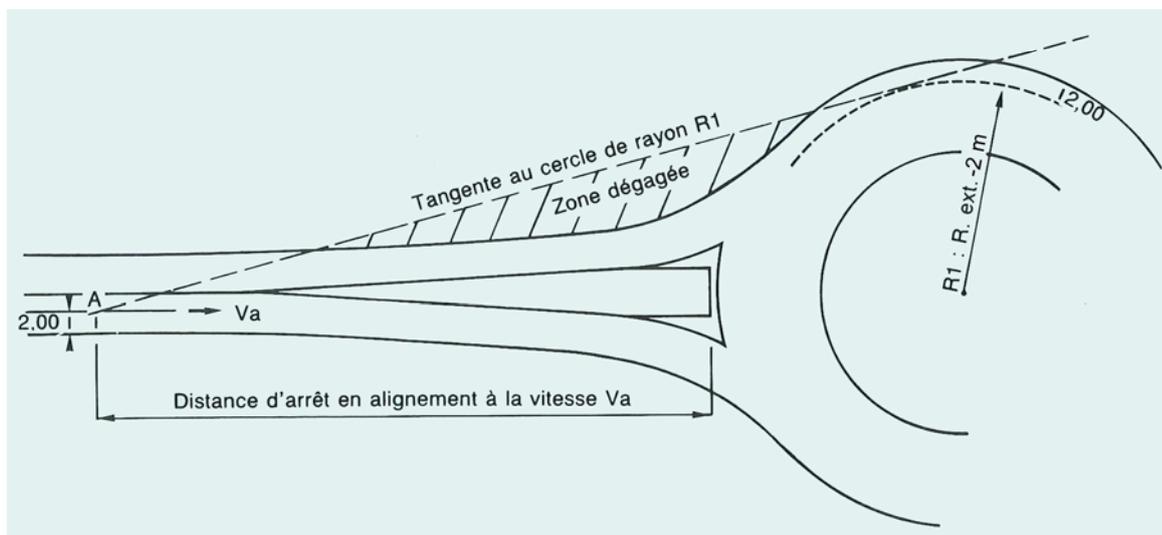
À l'approche du premier carrefour à feux, la distance  $d$  doit être majorée pour tenir compte de l'effet de surprise. En pratique, on prend en compte une vitesse d'approche  $V_a$  majorée de 20 km/h, toutefois plafonnée à 120 km/h.

#### 3.1.2 Visibilité à l'approche d'un carrefour à chaussée annulaire

On doit essayer, dans la mesure du possible, d'assurer au véhicule entrant (qui, en particulier, est non prioritaire dans les carrefours giratoires), à la distance d'arrêt  $d$  sur le carrefour, la visibilité sur le véhicule circulant sur l'anneau (véhicule en général prioritaire) susceptible de se trouver en même temps que lui au droit de l'entrée.

<sup>11</sup> Voir chapitre « Géométrie liée à la vitesse » et son annexe.

Cette condition est respectée si l'on maintient dégagée la zone suivante (pour  $d$  calculée avec  $V_a$ ) :



## 3.2 Échangeurs : diffuseurs et nœuds

### 3.2.1 Fonctionnement des bretelles

Les bretelles des diffuseurs et des nœuds sont destinées à assurer la transition entre la voirie traditionnelle ou une autre voie rapide urbaine et inversement. En conséquence, leurs caractéristiques géométriques doivent permettre une modulation des vitesses dépendant de la voie rapide urbaine quittée ou rejointe et des vitesses correspondant à la voirie traditionnelle ou la voie rapide urbaine rejointe ou quittée.

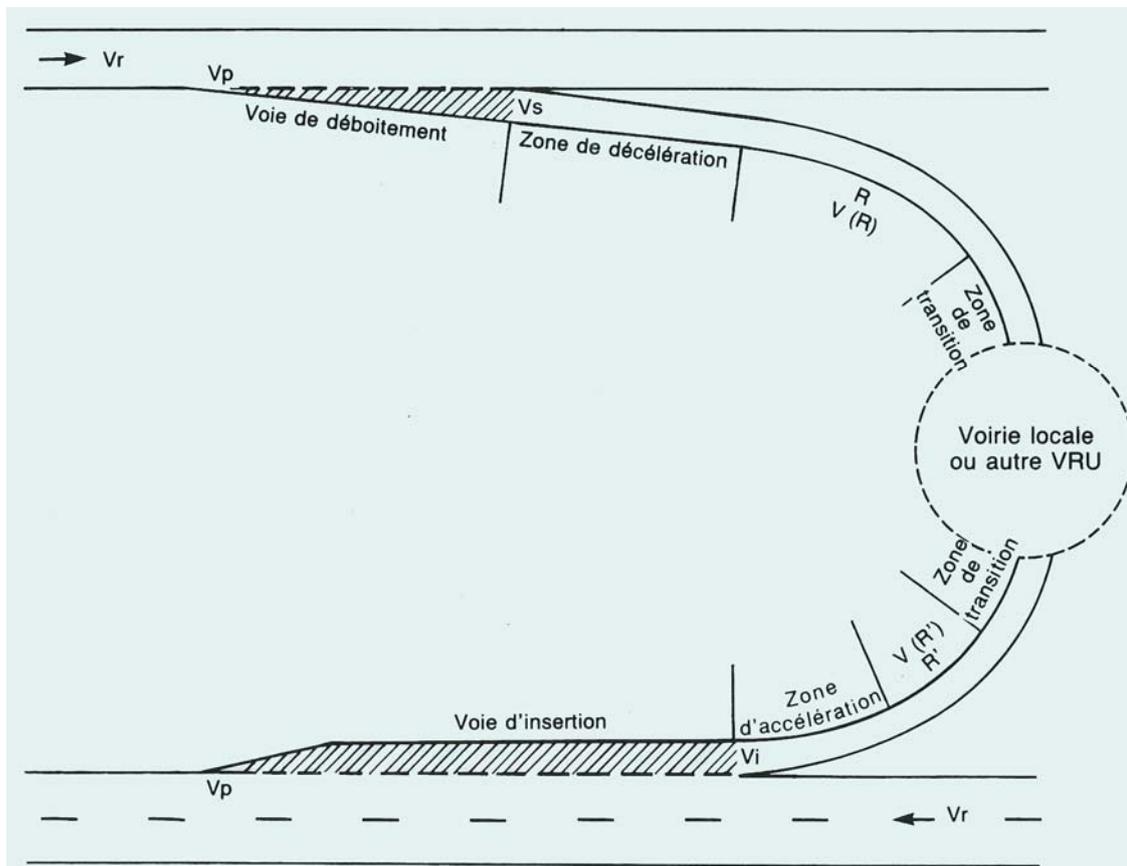
#### 3.2.1.1 Vitesse pratiquée

La vitesse pratiquée  $V_p$  (ou vitesse de groupe) de la chaussée principale correspond à des débits horaires de l'ordre de 1 500 uvp/h par voie. C'est un paramètre spécifique aux voies rapides urbaines, qui repère les possibilités de conduite en files et qui caractérise la sécurité collective de circulation aux heures de forte concentration.

On admet que la valeur de  $V_p$  selon la catégorie de la voie est :

Catégorie de voie	A 100	A 80 U 80	U 60
Vitesse pratiquée : $V_p$	70	60	50

### 3.2.1.2 Fonctionnement d'une bretelle



Une bretelle se compose de quatre zones :

- le dispositif de déboîtement ou d'insertion, où la manœuvre doit pouvoir s'effectuer :
  - au point de sortie au plus tôt ou au point d'entrée au plus tard à une vitesse égale à  $V_p$  ;
  - au point de sortie au plus tard ou au point d'entrée au plus tôt à une vitesse  $V_s$  ou  $V_i$  égale :
    - à  $V_p - 15$  km/h (soit 55 km/h) pour A 100 ;
    - à  $V_p - 10$  km/h (soit 50 km/h) pour A 80 et U 80 ;
    - à  $V_p - 10$  km/h (soit 40 km/h) pour U 60 ;
- une zone de décélération ou d'accélération, permettant la transition entre  $V_s$  ou  $V_i$  de la vitesse admissible en fonction des caractéristiques de la bretelle (et inversement) ;
- une section en courbe définie en général par un rayon en plan ou une succession de rayons en plan, qui doit être parcourue à  $V(R)$ , vitesse admissible en fonction de la valeur du rayon  $R$  ;
- une zone de transition permettant le raccordement de la section courbe à la voie traditionnelle ou à une autre voie rapide urbaine (cette zone peut être pratiquement inexistante).

**Remarque** : dans le cas de bretelles de nœuds, l'importance du mouvement peut être telle que la bretelle devra être parcourue à  $V_p$  et que les zones d'accélération et de décélération n'existeront pas.

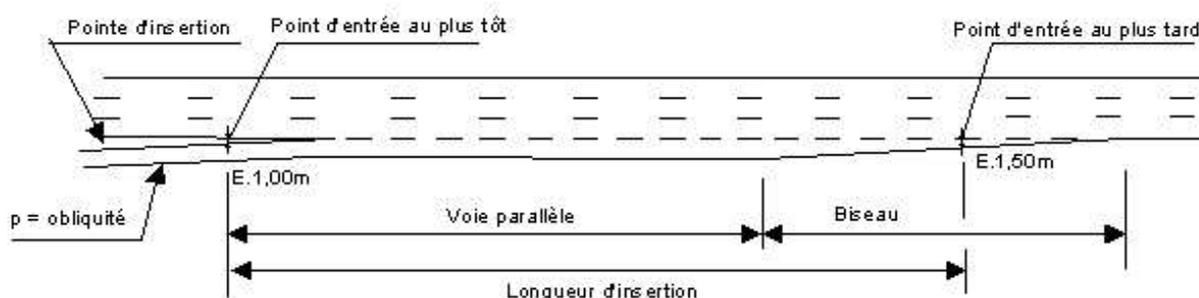
### 3.2.2 Géométrie des dispositifs d'entrée et de sortie

La conception des dispositifs a pour élément de base la vitesse prescrite en amont sur la chaussée principale. Leur géométrie est définie dans le guide d'application *Conception des accès sur voies rapides urbaines de type A* qui fixe les valeurs normales à respecter dans les cas généraux et les valeurs minimales pouvant être utilisées dans des cas particuliers. Ces valeurs minimales peuvent être appliquées pour les accès sur une VRU de type A 80 avec vitesses prescrites de 70 ou 90 km/h et sous réserve des conditions suivantes :

- en entrée : débit maximum  $\leq 600$  uvp/h ;
- en sortie : débit maximum  $\leq 650$  uvp/h.

#### 3.2.2.1 Dispositifs d'entrée

Schéma d'une entrée de type : Ei 1 « en insertion »



#### Règles de visibilité

Les règles de visibilité à respecter au voisinage d'une entrée sont :

- à partir de la chaussée principale, on applique la règle précisée dans l'article 4.5 (géométrie liée à la vitesse de référence) ;
- à partir de la bretelle d'entrée, il y a lieu d'offrir la distance de visibilité sur le point E.1,00 m correspondant à la distance nécessaire d'accélération pour parvenir à la vitesse d'insertion ( $V_i$ ) à ce point E.1,00 m.

#### Obliquité : p

Elle doit rester comprise entre 1/20 et 1/30 :

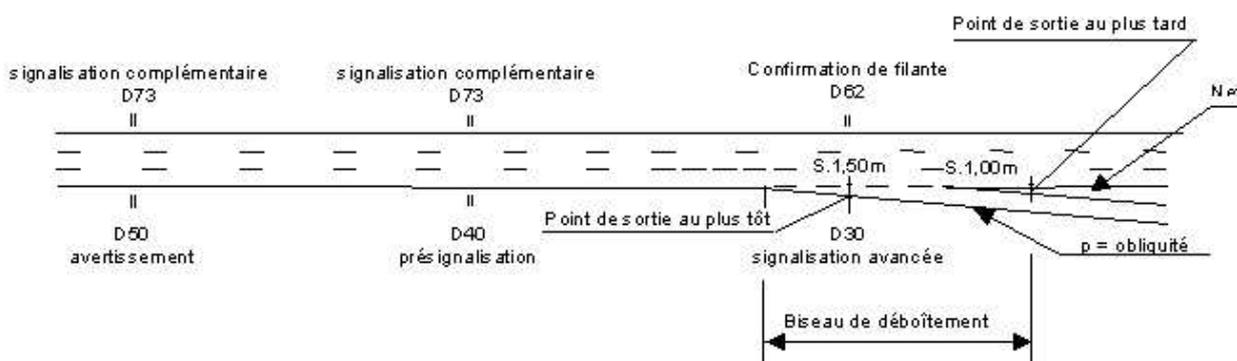
- si  $p > 1/20$  : l'obliquité est trop forte, la brisure trop marquée entre la bretelle et la voie rejointe.
- si  $p < 1/30$  : l'obliquité est trop faible, l'insertion sur la voie rejointe peut se faire plus tôt que la pointe du fait de l'impossibilité d'implanter des dispositifs de retenue.

### Les différents dispositifs d'entrée

	Nouvelle nomenclature		
	Types	Intitulés	Schémas
Entrées en insertion sur une chaussée principale	Ei 1	Insertion d'une voie	
	Ei 2	Insertion de deux voies	
Entrées avec adjonction d'une voie sur une chaussée principale	Ea 1	Entrée d'une voie	
	Ea 2	Entrée de deux voies	
Entrées sur une bretelle ou sur une collectrice	Eb 1 <sub>1</sub>	Ramification d'entrée d'une voie, en insertion, sur bretelle ou collectrice à une voie	
	Eb 1 <sub>2</sub>	Ramification d'entrée d'une voie, en insertion de type Ei 1, sur bretelle ou collectrice à deux voies	
	Eb 2 <sub>1</sub>	Ramification, en entrée, de deux bretelles à une voie	
	Eb 2 <sub>2</sub>	Ramification, pour trafic prépondérant entrant à droite	

### 3.2.2.2 Dispositif de sortie

#### Schéma d'une sortie de type Sb 1 « déboîtement d'une voie »



## Règles de visibilité

Les règles de visibilité à respecter au voisinage d'une sortie sont précisées dans l'article 4.5.

## Obliquité : p

Elle est variable selon la longueur du biseau pour les sorties en déboîtement et elle doit être comprise entre 1/20° et 1/30° pour les sorties en affectation.

## Les différents dispositifs de sorties

	Types	Intitulés	Schémas
<b>Sorties en déboîtement depuis une chaussée principale</b>	<b>Sd 1<sub>1</sub></b>	Déboîtement d'une voie	
	<b>Sd 1<sub>2</sub></b>	Déboîtement d'une voie en pseudo-affectation	
	<b>Sd 2</b>	Déboîtement de deux voies en pseudo-affectation	
<b>Sorties en affectation depuis une chaussée principale</b>	<b>Sa 1</b>	Sortie d'une voie	
	<b>Sa 2<sub>1</sub></b>	Sortie de deux voies	
	<b>Sa 2<sub>2</sub></b>	Sortie de deux voies pour trafic sortant prépondérant	
<b>Sorties depuis une bretelle ou une collectrice</b>	<b>Sb 1<sub>1</sub></b>	Ramification de sortie d'une voie, en déboîtement, à partir d'une bretelle ou d'une collectrice à une voie	
	<b>Sb 1<sub>2</sub></b>	Ramification de sortie d'une voie, en déboîtement de type <b>Sd1<sub>1</sub></b> , à partir d'une bretelle ou d'une collectrice à deux voies	
	<b>Sb 2<sub>1</sub></b>	Ramification de sorties en affectation	
	<b>Sb 2<sub>2</sub></b>	Ramification en affectation, pour trafic sortant à droite prépondérant	

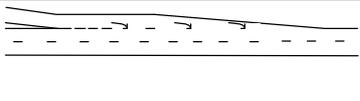
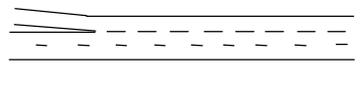
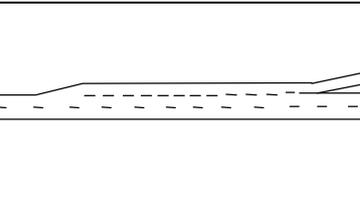
### 3.2.2.3 Dispositifs d'entrée et de sortie à gauche

Tout accès à droite doit être préféré à un accès à gauche, compte tenu des particularités de ces derniers. De tels dispositifs ne doivent être envisagés qu'à titre très exceptionnel dans des configurations de site particulièrement contraignantes.

Pour en mesurer la nécessité, un tel dispositif devra être justifié par :

- l'évaluation du report des trafics concernés sur les accès, à droite, les plus proches ;
- le nombre de PL concernés doit être inférieur à cinquante par heure ;
- l'étude de la réalisation d'un accès à droite et son coût, comportant un ouvrage si nécessaire.

#### Les différents dispositifs d'entrée et de sortie à gauche

	Types	Intitulés	Schémas
<b>Entrées à gauche sur une chaussée principale exclusivement à deux voies</b>	<b>Egi</b>	Insertion d'une voie	
	<b>Ega</b>	Entrée d'une voie en adjonction	
<b>Sortie à gauche en déboîtement depuis une chaussée principale exclusivement à deux voies</b>	<b>Sg 1</b>	Déboîtement à gauche en pseudo-affectation	

Dans le cas où un tel accès serait envisagé, une sortie doit toujours se faire en pseudo-affectation et pour une entrée, il convient de préférer la solution avec adjonction d'une voie.

### 3.2.3 Géométrie des zones d'accélération et de décélération

Les sections de décélération ou d'accélération qui comprennent les clothoïdes de raccordement à la courbe de rayon R doivent permettre le passage de  $V_s$  ou  $V_i$  à  $V(R)$ , vitesse admissible pratiquée sur la section courbe de la bretelle. Cette disposition est obligatoire pour les voies de type A, et recommandée pour les voies de type U.

Le dimensionnement en longueur de ces sections se fait de la façon suivante :

- en sortie, la distance L entre le point de sortie au plus tard S.1.00 et le premier point correspondant au rayon en plan R doit correspondre à la distance de décélération nécessaire pour passer de  $V_s$  à  $V(R)$  selon une valeur de décélération en palier de  $1,5 \text{ m/s}^2$  ;

$$L = \frac{V_s^2 - V(R)^2}{3}$$

L en m  
 $V_s$  et  $V(R)$  en m/s ;

**Distance de décélération L (en m) en fonction de V(R) et V<sub>s</sub> (en km/h)**

V <sub>s</sub> \ V(R)	30	35	40	45	50	55	60	65
40	18	10						
50	41	33	23	12				
55	54	46	36	25	13			
60	69	61	51	41	28	15		
70	103	95	85	74	62	48	33	17

NB : V(R) en fonction de R est donnée dans le § 3.2.4. ci-après.

- en entrée, la distance L', entre la fin de la section courbe de rayon en plan R et le point d'entrée le plus tôt E.1.00 doit correspondre à la distance d'accélération en palier de 1 m/s<sup>2</sup> :

$$L' \text{ en m} = \frac{V_i^2 - V(R)^2}{3}$$

V<sub>i</sub> et V(R) en m/s ;

**Distance d'accélération L' (en m) en fonction de V(R) et V<sub>i</sub> (en km/h)**

V <sub>i</sub> \ V(R)	30	35	40	45	50	55	60	65
40	27	14						
50	62	49	35	18				
55	82	69	55	40	20			
60	104	92	77	61	42	22		
70	154	142	127	111	93	72	50	26

Remarque sur l'influence des rampes et des pentes : étant donné la nécessité d'absorber la dénivelée due au gabarit en hauteur du franchissement de la voie à raccorder sur une longueur faible, les bretelles et les boucles en particulier, peuvent présenter des profils en long accusés.

Il convient alors de distinguer deux cas de figure :

- la bretelle est en rampe accentuée (maximum admissible) ;
- la bretelle est en pente accentuée (maximum admissible).

La présence de ces rampes ou pentes va influencer sur les vitesses pratiquées et les possibilités d'accélération ou de décélération.

Les sections d'accélération, et surtout des sections de décélération doivent être suivant le cas allongées ou éventuellement raccourcies. On admet :

- pour une pente de 8 %, des valeurs d'accélération de 1,5 m/s<sup>2</sup> et de décélération de 1 m/s<sup>2</sup> ;
- pour une rampe de 7 %, des valeurs d'accélération de 0,5 m/s<sup>2</sup> et de décélération de 2 m/s<sup>2</sup>.

La formule alors à appliquer pour déterminer les longueurs d'accélération et de décélération est :

$$L \text{ ou } L' = \frac{V_s^2 \text{ ou } V_i^2 - V(R)^2}{2\Upsilon}$$

avec :  $\Upsilon$  valeur de l'accélération ou de la décélération

L ou L' en m

V<sub>s</sub>, V<sub>i</sub> et V(R) en m/s

$\Upsilon$  en m/s<sup>2</sup>

### 3.2.4 Géométrie des zones en courbe

#### 3.2.4.1 Diffuseurs

Le rayon minimum admis sur une attache (bouche ou diagonale) est  $R = 20$  m.  
Le rayon maximum admis sur une boucle est de  $R = 50$  m.

Pour les diagonales, il n'est pas nécessaire d'implanter des courbes de rayon  $R$  supérieur à 120 m.  
La vitesse maximale  $V(R)$  pouvant être pratiquée sur une courbe de rayon  $R$  est donnée dans le tableau ci-dessous :

V(R) km/h	30	35	40	45	50	55	60	65	70
R en m pour dévers $\delta = 5\%$	22	33	45	60	80	100	125	155	185

Les rayons en plan sont avantageusement encadrés d'arcs clothoïdes sur lesquels peuvent s'effectuer les variations de dévers.

#### 3.2.4.2 Nœuds

Les bretelles de nœuds ayant à assurer des transits entre voies rapides, leurs caractéristiques géométriques, notamment en plan, doivent pouvoir répondre à des vitesses proches de celles pratiquées sur ces voies rapides urbaines. Ainsi, le tableau ci-dessous fixe, en fonction du type de bretelle :

- d'une part, les vitesses qu'il y a lieu d'obtenir sur la bretelle ;
- d'autre part, les valeurs des rayons minimaux correspondants.

#### Bretelles de nœuds

Capacité	1 voie				2 voies			
Voie raccordée	A100	A80	U80	U60	A100	A80	U80	U60
<b>Boucle</b>								
Vitesse aux S.1,00 m et E.1,00 m (km/h)	55	50	50	40			60	50
Rayon mini en plan (d = 5 %)	40	30	30	20			40	30
V(R)	40	35	35	30			40	35
<b>Diagonale</b>								
Vitesse aux S.1,00 m et E.1,00 m (km/h)	55	50	50	40	70	60	60	50
Rayon mini en plan (d = 5 %)	120	80	80	40	185	120	120	80
V(R)	55	50	50	40	70	60	60	50
<b>Anse interne</b>								
Vitesse aux S.1,00 m et E.1,00 m (km/h)	55	50	50	40	70	60	60	50
Rayon mini en plan (d = 5 %)	40	30	30	20	60	60	60	60
V(R)	40	35	35	30	45	45	45	45
<b>Anse externe</b>								
Vitesse aux S.1,00 m et E.1,00 m (km/h)					70	60	60	50
Rayon mini en plan (d = 5 %)					120	120	120	120
V(R)					60	60	60	60

Boucles à deux voies : elles doivent pouvoir être admises à la place d'anses externes en site urbain dense sur les voies de type U seulement.

Voie raccordée : sur une bretelle entre une A100 et une U60 par exemple (ou l'inverse) on considère les paramètres de A100.

Vitesse aux S.1,00 m et E.1,00 m : pour les bretelles à une voie, on admet qu'une fraction de la décélération s'effectue en dehors de la bretelle ; pour les bretelles à deux voies, on considère ces manœuvres sur la bretelle elle-même.

Rayon saillant mini absolu : on considère la stricte distance d'arrêt sur objet de 0,15 m pour les voies de type A et sur véhicule de 1 m pour les voies de type U.

Les rayons en plan sont avantageusement encadrés d'arcs de clothoïdes sur lesquels peuvent s'effectuer les variations de dévers.

### 3.2.5 Zones de transition

Elles sont à dimensionner de la même façon que les zones d'accélération ou de décélération (§ 3.2.3).

Pour une arrivée sur un carrefour plan, il convient de ménager la distance de visibilité correspondant à la distance d'arrêt pour V(R) du dernier rayon, en prenant en compte l'éventualité de la présence de véhicules stockés.

### 3.2.6 Profil en long

#### 3.2.6.1 Rayons saillants

Le choix de la valeur des rayons saillants est déterminé par la distance d'arrêt sur obstacle de 0,15 m pour les vitesses pratiquées sur le parcours de la bretelle (ces distances d'arrêt sont données dans le § 4.2 du chapitre « Géométrie liée à la vitesse »).

#### 3.2.6.2 Rayons rentrants

Leur choix est déterminé principalement par des conditions de confort.

Leur valeur peut être comprise entre 500 et 1 000 m, sauf pour les coudes où on utilise les mêmes valeurs qu'en section courante.

#### 3.2.6.3 3.2.6.3 Déclivités

En aucun point du tracé des bretelles on ne devra avoir de déclivité supérieure à :

Diffuseurs	Rampe	Pente
Entrée	5 %	8 %
Sortie	7 %	6 %

Nœuds	Rampe	Pente
Convergence	4 %	7 %
Divergence	6 %	5 %

## 3.2.7 Profil en travers

### 3.2.7.1 Composition et dimensionnement

- Berme : au moins 1 m et si possible 1,50 m ;
- BAU : si possible 2 m ; pour les rayons en plan de faible valeur, veiller aux servitudes de visibilité latérale ;
- BDG : 1 m à 0,50 m ; son dimensionnement est lié, pour les courbes à gauche, aux servitudes de visibilité latérale ;
- chaussée :
- 1 voie :
  - 4 m + S (R) s'il existe une BAU ;
  - 5 m + S (R) en l'absence de BAU ;
- 2 voies : 7 m + 2 S (R) ;

La sur largeur S (R) sera calculée comme suit :

- diffuseurs :  $S (R) = 35/R$  ;
- nœuds :  $S (R) = 50/R$  ;

### 3.2.7.2 Passage à deux voies

Lorsqu'une bretelle à 1 voie est d'une longueur supérieure ou égale à 250 m, il peut être utile d'y permettre le dépassement par adjonction sur sa gauche d'une voie supplémentaire.

Le passage de 1 à 2 voies s'effectue par un biseau de 50 m. Le rétrécissement de 2 à 1 voie s'effectue par un biseau de 40 m (pour  $V = 50$  km/h) et de 80 m (pour  $V = 70$  km/h).

À l'arrivée sur feux tricolores, les 2 voies peuvent être conservées, voire portées à 3 voies, au détriment de la BAU.

Toutefois, cette opportunité de passage de 1 à 2 voies peut être exclue si l'on suppose que les manœuvres de dépassement ne pourront pas s'effectuer avec un maximum de sécurité, par exemple pour les raisons suivantes :

- bretelle présentant une forte courbure (boucle) : le véhicule dépassé réduit considérablement la distance de visibilité latérale de l'usager effectuant la manœuvre de dépassement ;
- mauvaise visibilité sur la fin de la voie de dépassement, par exemple si celle-ci se situe après un rayon saillant du profil en long ;
- la fin de la voie de dépassement est située dans une zone de décélération, par exemple à l'amont d'un petit rayon en plan.

### 3.2.7.3 Chaussée bidirectionnelle

Lorsque la même chaussée doit être empruntée par deux courants de sens opposés, dans les zones de forte courbure, il convient de prévoir une séparation physique entre eux.

## 3.2.8 Dévers

Le dévers transversal est le même sur toute la largeur roulable.

Aux points de jonction, soit avec la voie rapide urbaine, soit avec une autre bretelle, on doit s'attacher à obtenir le même dévers pour la partie commune des chaussées.

On doit éviter les dévers supérieurs à 5 % en particulier dans les petits rayons.

Dans les rayons déversés, le dévers doit régner sur la totalité de développement du rayon.

Les variations de dévers s'effectuent en totalité sur les arcs de clothoïdes dont les longueurs peuvent être déterminées selon la formule de gauchissement :

$$L = 200 l (\delta + \delta')$$

$l$  : largeur de la chaussée

$\delta$  et  $\delta'$  : valeurs des dévers

Pour les carrefours giratoires (plans ou dénivelés), il convient de déverser les chaussées annulaires vers l'extérieur avec un dévers de l'ordre de 2,5 %.

Les valeurs limites du dévers deviennent sans signification à l'approche des carrefours plans. Dans cette optique, les rayons ne sont pas nécessairement déversés. Dans certains cas, les conditions d'évacuation des eaux sont prépondérantes.

### 3.2.9 Capacité des bretelles

L'expérience montre qu'en dessous de 1 500 uvp/h, une bretelle à voie unique ne présente pas de problèmes de fonctionnement liés à sa capacité.

Par ailleurs, si le traitement général de la bretelle est favorable (rampes modérées, bonne visibilité, débouchés bien traités), on peut considérer que la capacité, et en conséquence le débit de dimensionnement, sont comparables à ceux d'une voie normale tels qu'ils sont définis dans le chapitre « géométrie liée au débit ». Il revient donc au projeteur, dans la fourchette de trafics attendus compris entre 1 500 et 1 800 uvp/h, de juger de l'opportunité de la mise à deux voies de la bretelle, et de son exploitation à deux voies sur sa totalité, ceci en regard de la qualité de confort générale offerte par l'aménagement, et en particulier des conditions de débouché de la bretelle sur la voie raccordée.

Dans le cas des nœuds où les trafics sont importants, les bretelles (anses, coudes) peuvent être dimensionnées à deux voies, sauf :

- les diagonales dont le trafic est inférieur à 1 500 uvp/h en heure de pointe ;
- les boucles, pour lesquelles la courbure en plan est peu compatible (visibilité, confort) avec adjonction d'une voie supplémentaire.
- 

### 3.2.10 Traitement des collectrices

Elles ne doivent pas comporter plus de deux files en section courante.

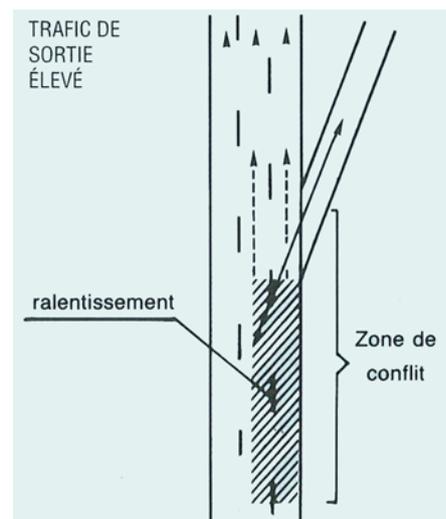
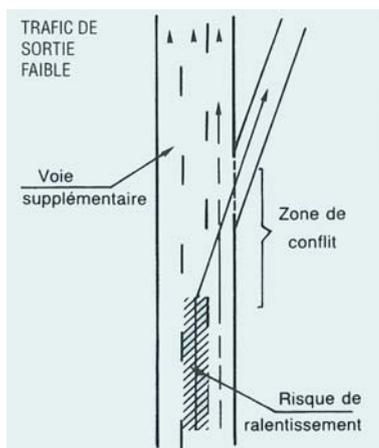
On peut réduire la largeur des files jusqu'à 3 m.

Les dispositifs d'entrée et de sortie à y implanter sont indiqués dans le § 3.2.2.

### 3.2.11 Voie spéciale véhicules lents au droit d'un échangeur

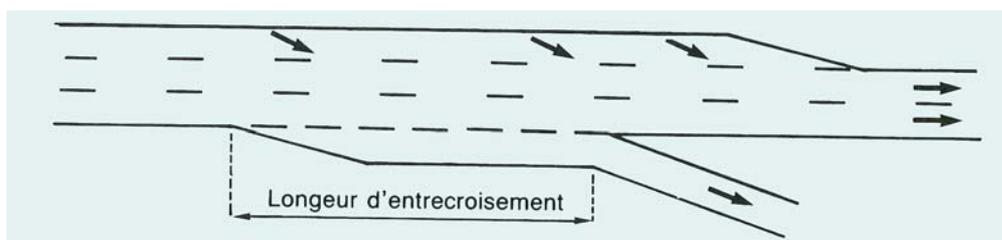
C'est la sortie des véhicules légers qui pose problème car ils vont, pour la plupart, refuser l'utilisation de la voie de droite, trop lente à cause des poids lourds (nombreux puisqu'il y a voie supplémentaire). Les véhicules légers vont donc pratiquer leur manœuvre de rabattement au dernier moment avec des risques de ralentissement sur la voie située immédiatement à gauche de la voie de droite (voie centrale dans le cas d'une chaussée à trois voies).

### Comportement des usagers dans le cas d'une sortie classique :



Pour éviter ces dysfonctionnements, représentés ci-avant, qui affectent très sensiblement la sécurité de la capacité, on adoptera une longueur de sortie supérieure à la normale.

Cette longueur de sortie pourra être calculée comme une section d'entrecroisement. La proportion des véhicules légers sur la voie centrale sortant et se rabattant au dernier moment est à déterminer.



#### Remarques :

- la banalisation de la voie de droite permet d'augmenter la concentration du trafic sortant sur cette voie et donc de diminuer le trafic s'entrecroisant ;
- si le point de rabattement de la voie supplémentaire (à gauche) est situé dans la zone d'influence amont de la sortie, il convient de prolonger la voie supplémentaire au-delà de la sortie, de façon à ce que les manœuvres de rabattement de la voie de gauche vers les voies centrales n'interfèrent pas avec les manœuvres de sortie. Il convient d'appliquer la même mesure si ce rabattement de la voie de gauche se situe dans la zone d'influence aval d'une entrée.

### 3.3 Incidence des accès

La capacité d'une voie rapide est conditionnée par le fonctionnement des accès, ceux-ci créant une perturbation potentielle qui peut dégrader les conditions de circulation sur la chaussée principale et réduire en conséquence le niveau de service de circulation (NSC).

Lorsqu'on conçoit un échangeur (diffuseur ou nœud), il est nécessaire d'évaluer les conséquences des perturbations qu'il peut engendrer sur les voies principales, celles-ci dépendant de la nature de l'accès, des volumes des trafics concernés et de la distance qui le sépare des accès contigus.

L'objectif qui doit être visé pour aboutir à un dimensionnement cohérent des accès sur une voie rapide est de s'assurer qu'au droit des accès sur une VRU de type A, le NSC ne descend pas de plus d'une classe par rapport à celui de la section courante.

### 3.3.1 Paramètres trafics à prendre en compte

Le dimensionnement et le positionnement des accès sur une chaussée principale, sur une collectrice ou sur une bretelle à une voie, doivent prendre en compte le NSC souhaité sur la VRU, apprécié à partir de l'évaluation du trafic sur la voie de droite à l'aval d'une entrée ou à l'amont d'une sortie.

#### 3.3.1.1 Seuils de fonctionnement et niveaux de service de la circulation (NSC)

Sur une VRU de type A on définit les NSC suivants, en fonction de la charge moyenne d'une voie à l'heure de pointe :

NSC	débit/voie uvp/h	Caractéristiques du débit
<b>A</b>	700	Libre
<b>B</b>	1 100	Stable/vitesses élevées
<b>C</b>	1 550	Stable
<b>D</b>	1 850	Stable/vitesses basses
<b>E</b>	2 000	Instable
<b>F</b>	variable	Forcé

Le niveau de service de circulation au droit d'un accès, s'apprécie au regard de seuils de concentration, de trafic sur la voie de droite (**Qae**) à l'aval d'une entrée et (**Qas**) à l'amont d'une sortie, selon les tableaux suivants :

NSC	A	B	C	D	E	F
<b>Qae(uvp/h)</b>	600	1000	1450	1700	2000	≥ 2000

NSC	A	B	C	D	E	F
<b>Qas(uvp/h)</b>	650	1050	1500	1800	2000	≥ 2000

#### 3.3.1.2 Trafic de transit restant sur la voie de droite

Pour déterminer le trafic de la voie de droite au niveau d'un accès, on tient compte qu'une partie (**t**) du trafic de transit, non intéressé par l'accès, reste à droite. Ce trafic est fonction du trafic total de transit (**T**) et du nombre de voies de la chaussée principale, selon le tableau ci-après :

Chaussée à 2 voies		Chaussée à 3 voies		Chaussée à 4 voies	
T	t	T	t	T	t
1800	300	2700	250	3600	250
2000	450	3000	275	4000	275
2500	825	3500	320	4500	310
3000	1200	4000	495	5000	345
3500	1575	4500	860	5500	380
		5000	1215	6000	540
				6500	890
				7000	1240

### 3.3.2 Trafic d'échanges

Pour évaluer le volume total de trafic sur la voie de droite, on ajoute au trafic de transit (**t**) le trafic entrant, qui se dilue au fur et à mesure qu'on s'éloigne d'une entrée ou le trafic sortant qui se concentre au fur et à mesure qu'on se rapproche de la sortie.

Les règles de dilution et de concentration permettent d'apprécier le fonctionnement soit d'un accès isolé, soit d'accès rapprochés interférents entre eux.

#### 3.3.2.1 Dilution du trafic entrant

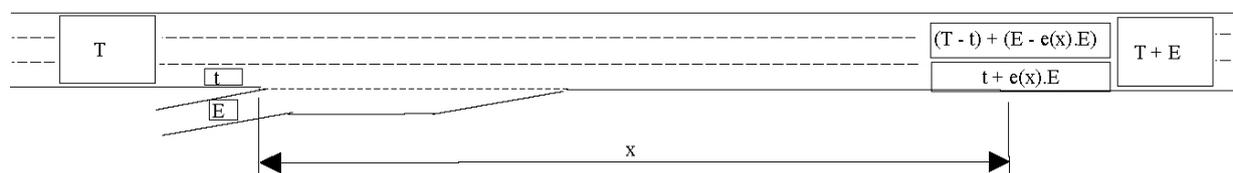
À l'aval d'une entrée, la chaussée est chargée du trafic de transit (**T**) et du trafic entrant (**E**). Le total permet d'apprécier le NSC de la VRU au-delà de l'entrée.

Au droit de l'entrée, la voie de droite de la chaussée principale est chargée de trafic de transit (**t**) et du trafic entrant (**E**). Le total permet d'apprécier le NSC de cette voie de droite.

À la distance (**x**) du point d'entrée au plus tôt (**E.1,00m**) du dispositif d'entrée, seule une fraction **e(x)** du débit entrant reste encore sur la voie de droite. La valeur de cette dilution est donnée dans le tableau suivant :

<b>X (m)</b>	0	125	250	375	500	625	750	875	1 000
<b>e(x)</b>	1,00	1,00	0,60	0,30	0,19	0,14	0,11	0,10	0,10

Identification des courants :



#### 3.3.2.2 Concentration du trafic sortant

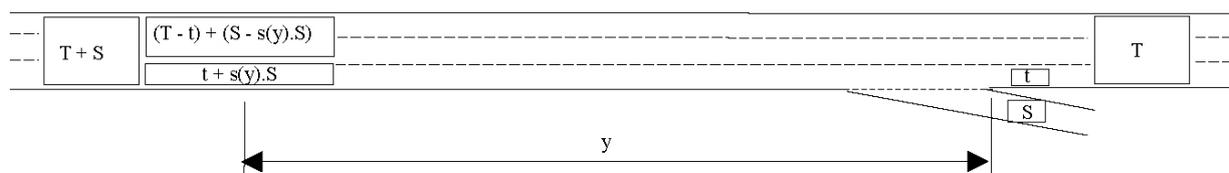
À l'amont d'une sortie, la chaussée est chargée du trafic de transit (**T**), non intéressé par la sortie, et du trafic sortant (**S**). Le total permet d'apprécier le NSC de la VRU en deçà de la sortie.

Au droit de la sortie, la voie de droite de la chaussée principale est chargée du transit (**t**) et du trafic sortant (**S**). Le total permet d'apprécier le NSC de cette voie de droite.

À la distance (**y**) du point de sortie au plus tard (**S.1,00m**) du dispositif, seule une fraction **s(y)** du débit sortant s'est concentrée sur la voie de droite. La valeur de cette concentration est donnée dans le tableau suivant :

<b>y (m)</b>	1 000	875	750	625	500	375	250	125	0
<b>s(y)</b>	0,10	0,16	0,29	0,46	0,63	0,79	0,95	1,00	1,00

Identification des courants :



Ces principes, définis pour des cas simples d'entrée et de sortie à une voie, sont transposables aux cas plus complexes avec des adaptations détaillées dans le guide d'application *Conception des accès sur VRU de type A*.

### 3.3.3 Accès non indépendants (ou rapprochés)

Deux accès sont dits non indépendants (ou rapprochés) lorsque leurs fonctionnements interfèrent. Ceci peut se traduire par des concentrations ponctuelles de véhicules influant sur la fluidité du trafic et par la dégradation de la lisibilité des points de choix et des itinéraires de transit.

En règle générale, la conception de cette succession d'accès interdépendants impose les considérations suivantes :

- géométrie de la chaussée réceptrice et/ou émettrice compatible avec la vitesse prescrite ;
- connaissance des mouvements de trafic concernés (matrice origine–destination, VL et PL) à l'heure de pointe la plus chargée. Le cas échéant, on tiendra compte de l'effet des rampes sur le trafic PL ;
- prise en compte simultanée de la signalisation de direction.

#### 3.3.3.1 Dispositif d'une entrée précédée par une sortie

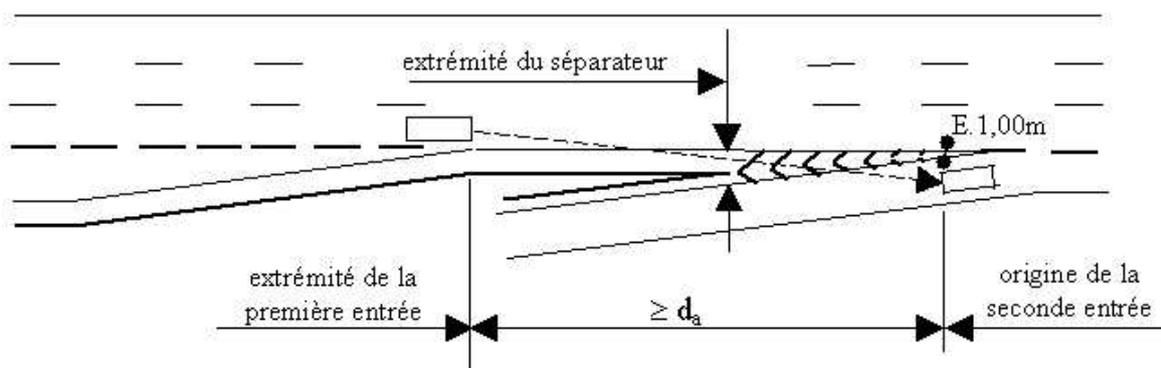
Il n'y a pas d'interférence des fonctions dans l'espace séparant l'entrée de la sortie. L'interdistance minimale dépend uniquement de la géométrie des bretelles concernées.

#### 3.3.3.2 Dispositif d'entrées successives

Les critères à prendre en compte sont :

- la spécificité géométrique de chaque entrée selon son type ;
- la non-saturation de la chaussée principale ou de la collectrice et de chacune des voies d'entrée.

Pour préserver la lisibilité nécessaire au guidage de l'utilisateur, les entrées successives doivent être distinctes aussi bien physiquement que visuellement.



V (km/h)	50	70	90	110
d <sub>a</sub> (m) en alignement et en palier	50	85	130	195

Le point critique, au niveau du fonctionnement d'un tel dispositif, est la charge de trafic sur la voie de droite au niveau de chaque entrée, le dispositif pouvant être encore influencé par la première entrée, selon les règles de dilution du trafic entrant définies au § 3.3.2.1 précédent.

### 3.3.3.3 Dispositif de sorties successives

Les critères à prendre en compte sont :

- la spécificité géométrique de chaque sortie selon son type ;
- les règles d'implantation de la signalisation directionnelle ;
- la non-saturation de la chaussée principale ou de la collectrice et de chacune des voies de sortie.

Pour préserver la lisibilité nécessaire au guidage de l'utilisateur, les sorties successives doivent être distinctes aussi bien physiquement que visuellement. La fonction de la signalisation de direction doit être assurée sans ambiguïté, en prenant en compte la séquence de présignalisation pour la 2<sup>e</sup> sortie dans l'interdistance entre les deux sorties.

Lorsque cette dernière condition ne peut être assurée, les séquences des deux sorties interfèrent. On pourra alors prendre les dispositions exceptionnelles qui devront faire l'objet d'une justification technique et d'une évaluation des conséquences induites.

Le point critique, au niveau du fonctionnement d'un tel dispositif, est la charge de trafic sur la voie de droite au niveau de chaque sortie, en tenant compte que la première sortie peut être influencée par la seconde sortie, selon les règles de concentration du trafic sortant définies au § 3.3.2.2 précédent.

### 3.3.3.4 Dispositifs d'entrée et de sortie successives - Entrecroisement

On distingue les configurations typiques suivantes :

#### Entrée et sortie, sans voie auxiliaire

Cette configuration est constituée d'une voie d'insertion suivie d'une voie en déboîtement.

La distance minimale séparant les deux accès, entre les points E.1,00m et S.1,00m, doit prendre en compte d'une part, la géométrie et l'implantation de la signalisation directionnelle qui s'impose à la sortie et, d'autre part, les critères de non-saturation de la chaussée, notamment de sa voie de droite.

Par exemple : avec une vitesse limitée à 90 km/h, cette distance doit être au minimum de 770 m pour une chaussée à 2 voies et de 890 m pour une chaussée à 3 voies.

#### Entrecroisement tangent

Cette configuration est caractérisée par l'existence d'une voie auxiliaire qui relie l'entrée à la sortie.

Dans ce dispositif, les manœuvres d'entrée ou de sortie ne nécessitent qu'un seul changement de voie, au maximum.

Dans un premier temps, les règles d'implantation de la signalisation de direction et de conception géométrique des musoirs d'entrée et de sortie définissent une première approche de la distance (**Z**) entre la pointe E.1,00 m et le nez S.1,00 m.

Ensuite, s'impose la vérification du bon fonctionnement de la section d'entrecroisement, selon la méthode de répartition des entrants et des sortants, explicitée dans le guide d'application.

Par exemple : avec vitesse limitée à 90 km/h, cette distance doit être au minimum de 390 m pour une chaussée à 2 voies.

Les voies auxiliaires trop importantes ( $Z > 750$  m) induisent des comportements inadaptés pouvant conduire à des dégradations des niveaux de sécurité et de capacité : dépassements par la droite ou manœuvres tardives d'insertion. Ce dispositif doit être comparé avec celui d'une entrée et d'une sortie successives sans voie auxiliaire.

### **Entrecroisement sécant**

Cette configuration, dans laquelle les manœuvres d'entrecroisement évoluent sur au moins trois voies et les manœuvres de cisaillement se caractérisent par au moins deux changements de file, est relativement délicate et ne doit être envisagée qu'après un examen précis de son fonctionnement, selon les modalités définies dans le guide d'application.

Dans un premier temps, les règles d'implantation de la signalisation de direction, dont celles pour les changements de file, et de conception géométrique des musoirs d'entrée et de sortie définissent une première approche de la distance (Z) entre la pointe E.1,00 m et le nez S.1,00 m.

Ensuite, s'impose la vérification du bon fonctionnement de la section d'entrecroisement.

Enfin, on s'attachera particulièrement à la très bonne lisibilité du dispositif.

## **Partie II**

# **Maîtrise des impacts**

**Aménagements paysager**

**Ouvrages de protection contre le bruit**

**Pollution des rejets**

**Pollution de l'air**

# Aménagements paysagers

## Sommaire

### Introduction

#### 1. Étude du paysage

- 1.1. Analyses des éléments physiques et de l'occupation du sol
- 1.2. Analyse sensible
- 1.3. Analyse sociologique

#### 2. Étude d'aménagement paysager

- 2.1. Schéma d'aménagement paysager
  - 2.1.1. Caractéristiques de la route
  - 2.1.2. Adaptation aux différents types d'espaces traversés
  - 2.1.3. Sécurité des usagers et des riverains
  - 2.1.4. Publicité
- 2.2. Étude des partis d'aménagement
  - 2.2.1. Mise en évidence des points d'appui
  - 2.2.2. Parti adopté

#### 3. Les matériaux du paysage

- 3.1. Rappel des principaux matériaux du paysage
- 3.2. Recommandations spécifiques aux plantations
  - 3.2.1. Développement des plantations
  - 3.2.2. Mise en œuvre
  - 3.2.3. Entretien

# Introduction

---

---

L'espace, et particulièrement le milieu urbain, a été façonné par les générations passées qui nous ont transmis un patrimoine riche et diversifié, à la fois bâti et végétal.

Toute démarche d'aménagement de l'espace doit s'appuyer sur une bonne connaissance de ce patrimoine.

L'analyse du paysage où s'inscrit la route révèle les multiples éléments qui le composent, avec leurs caractéristiques et leur originalité ; la cohérence de l'aménagement paysager est obtenue dans la mesure où ces données sont prises en compte dans la conception au même titre que les autres contraintes.

La définition des grandes lignes du paysage et la localisation des zones sensibles permettent de présenter les potentialités du site et de proposer des options d'aménagement :

- maintenir le patrimoine, le reconnaître prédominant tout en suscitant son évolution ;
- affirmer la route comme support d'un nouveau paysage et lui assurer une mise en scène véritable.

D'autres choix sont possibles. Ils ne se contrarient pas et, le plus souvent, sont complémentaires.

Dans tous les cas, l'ouvrage va « s'insérer » dans le paysage, le terme paysage étant pris au sens large : esthétique, écologique, culturel et économique. La notion d'insertion recouvre aussi bien l'adaptation de l'ouvrage pour le fondre dans le site que l'apport de créativité spatiale, végétale et architecturale, correspondant à la sensibilité de l'aménageur.

La composition urbaine de la voie et de ses annexes est exprimée par des propositions précisant les dispositions à prendre pour l'ouvrage lui-même, et suggérant des actions d'accompagnement en harmonie avec les objectifs généraux définis pour la zone concernée.

---

# 1. Étude du paysage

---

Elle est conduite parallèlement au recueil des autres données dans le cadre des études préalables. Son rôle est de faire ressortir les caractères essentiels de la zone traversée, d'en révéler les points forts et les impératifs au titre de l'environnement physique et du vécu des habitants.

---

## 1.1 Analyse des éléments physiques et de l'occupation du sol

---

C'est le constat de l'état initial. On ne peut établir de liste type des facteurs à analyser. Ils sont spécifiques à chaque lieu. On peut citer à titre d'exemples :

- la morphologie : relief, hydrographie, état du parcellaire ;
- le réseau des infrastructures de transport ;
- l'occupation des sols : bâti, infrastructures, végétation, espaces libres ;
- l'intérêt des sites : patrimoine culturel, qualité architecturale des espaces, usages et potentialités des espaces.

Cette analyse permet d'établir la carte des unités de paysage qui traduisent l'organisation du site, chaque unité étant caractérisée par un ensemble d'éléments homogènes de façon semblable.

La carte des unités de paysage donne une vision globale du patrimoine et permet d'apprécier son évolution possible en relation avec le projet.

---

## 1.2 Analyse sensible

---

À l'échelle de la grande voirie, l'analyse sensible est une approche de nature essentiellement visuelle. Elle s'appuie sur la perception des différents éléments du paysage : le bâti et le végétal, les volumes, les espaces, les repères, etc. afin d'étudier les rapports qui existent entre eux.

Les autoroutes et routes express urbaines forment un système de pénétration de l'espace qui donne une vision nouvelle de la ville.

L'utilisateur a des visions brèves du paysage. C'est une vision dynamique et les vues détaillées ne sont pas perçues.

Au niveau de l'agglomération, le champ de vision est panoramique. L'utilisateur est sensible aux rythmes, aux vues d'ensemble, parfois fugitives ou lointaines.

Au niveau du quartier, l'utilisateur et, en particulier, le passager, ressent des ambiances.

Du point de vue des personnes extérieures à la voirie, on distingue deux niveaux d'appréhension :

- l'appréhension globale : c'est le « perçu » dans l'ensemble de l'agglomération ; on s'intéresse au degré de perception de la voie (voie visible – voie dissimulée en partie, etc.) ;
- l'appréhension locale : c'est le « vu » et le « vécu » au niveau du quartier ; la perception directe est dissociée du cadre général. Le riverain vit en présence de la route.

L'analyse sensible recouvre des critères qualitatifs. Elle fait appel au vécu et à la sensibilité de l'observateur et comporte une part de subjectivité.

## 1.3 Analyse sociologique

---

En milieu urbain, une infrastructure de transport est ressentie dans ses effets sur la vie quotidienne : consommation d'espace, modification du vécu des riverains, coupure physique et visuelle, nuisances acoustiques, etc.

Le paysage existe par son aspect, mais aussi en tant que berceau des fonctions sociales liées à l'habitat, aux activités, aux déplacements, etc. C'est pourquoi il faut identifier les différents lieux : habitat, commerces, équipements publics, pôles d'activités, cheminements piétons, itinéraires cyclistes, en bref, le mode de vie des habitants.

Le rôle du projeteur routier n'est pas de préjuger des évolutions ni d'apprécier les besoins futurs. Il est néanmoins nécessaire de confronter les aptitudes potentielles des différents lieux aux projets d'urbanisme qui les concernent, avant de fixer les objectifs en matière d'aménagement paysager.

La synthèse des analyses physique, sensible et sociologique, conduit à l'élaboration de documents thématiques : carte des unités de paysage, des perceptions visuelles, des coupures, etc. L'ensemble de ces études constitue un document de base qui permet de définir les actions nécessaires à la réduction des impacts négatifs de la route sur le milieu.

L'étude de paysage reste un document de référence pour l'établissement du schéma d'aménagement et du parti paysager. Son contenu doit être vérifié et réajusté à tous les stades du projet.

---

# 2. Étude d'aménagement paysager

---

Le caractère fondamental de la composition paysagère d'une voie est l'effet d'unité ; une impression d'harmonie doit se dégager de la multitude des impressions visuelles. Ce concept d'unité intervient sur la structuration du projet. Son absence conduirait à une réalisation peu significative, par manque de cohérence.

---

## 2.1 Schéma d'aménagement paysager

---

La maîtrise des données du paysage participe à la définition des caractéristiques géométriques de la route et induit des propositions d'aménagement de ces emprises en liaison avec les sites traversés.

### 2.1.1 Caractéristiques de la route

La prise en compte des caractères du milieu traversé, conjuguée à celle des contraintes techniques, fonctionnelles, financières, foncières, peut influencer sur la détermination des caractéristiques de la voie :

- tracé en plan : le déplacer ou l'infléchir, pour mettre en valeur des vues particulières,
- profil en long ;
- profil en travers : largeur du TPC, possibilité de voies latérales, de cheminements piétons, etc. ;
- définition des emprises : opportunités d'élargissement pour un traitement paysager le plus adapté possible aux besoins mis en évidence ;
- aménagements spécifiques : suivant les besoins, aires de repos ou de service, etc.

## 2.1.2 Adaptation aux différents types d'espaces traversés

- Affirmation de la signification des espaces traversés et de leurs potentiels.
- Respect des lignes de force du paysage : protection des vues, traitement des lisières végétales, adoucissement des talus, etc.
- Création ou mise en valeur des principaux axes visuels, des repères.
- Protection des lieux difficiles (zones habitées).
- Mise en valeur des éléments (architecturaux, végétaux, industriels, etc.) du paysage urbain.
- Amélioration de la qualité visuelle spatiale et sensorielle de différents lieux : traitement des sols, des surfaces (murs, clôtures, pignons), de l'éclairage, du mobilier urbain, etc.
- Choix de matériaux en rapport avec des éléments existants : masses végétales proportionnées aux espaces, apport architectural.
- Continuité entre les aménagements des emprises et les aménagements hors emprises : plantations d'alignement, cheminements, parcs de stationnement, murs et clôtures, etc.

Le schéma d'aménagement constitue un cadre de propositions qui dépasse la limite des emprises routières et sert de document de référence pour l'élaboration du parti d'aménagement paysager. Il devra donc être soumis aux autorités locales, en ce qui concerne leur domaine.

## 2.1.3 Sécurité des usagers et des riverains

- Des dispositions doivent être prises pour empêcher les piétons d'emprunter la voie rapide. Parmi les paramètres influant sur leur comportement, le confort du déplacement joue un rôle important. Il est possible de « guider » les piétons vers les cheminements les plus sûrs en traitant ceux-ci de façon à améliorer leur environnement ; les aménagements paysagers avec des compositions végétales, conçus à l'échelle du piéton afin de laisser passer le regard et d'accéder visuellement aux activités situées de part et d'autre de la voie, sont bien adaptés à cet usage. Le piéton est particulièrement sensible aux allongements de parcours, il faut donc rechercher des cheminements directs.  
La traversée à niveau par les piétons des voies de type « U » doit être canalisée aux carrefours et s'effectuer sous la protection de feux. Un refuge central, éclairé la nuit, délimité par des bordures de trottoir, est nécessaire sur les chaussées larges.
- L'automobiliste, pour assurer la sécurité de ses déplacements, a besoin d'une claire perception de la route : bonne vision du tracé, visibilité dans les points de conflits.  
Les différents types d'aménagements paysagers à prévoir et leur implantation sont définis à partir d'une analyse visuelle du tracé et du site ; ils doivent satisfaire les critères de visibilité et de lisibilité. Ils ont aussi un rôle de mise en évidence des points forts tels que les échanges, participant ainsi au repérage et à une bonne lecture du parcours.

## 2.1.4 Publicité

La publicité est un élément particulièrement agressif de l'environnement d'une voie urbaine à fort trafic. Elle veut attirer le regard. Si elle atteint son but, elle disperse l'attention des conducteurs, créant un risque d'accident.

L'aménagement paysager ne peut ignorer ce phénomène. Il risquerait d'être gâché si la publicité n'était pas prise en compte.

Le décret du 11 février 1976 interdit la publicité à l'intérieur des agglomérations, aux abords des voies rapides (autoroutes et voies express), à moins de 40 m du bord des chaussées.

La loi du 29 février 1979 permet au maire de la réglementer, voire de l'interdire dans les zones à publicité restreinte. Il convient dès les premières études de se rapprocher des maires concernés, pour définir les bases d'une réglementation.

---

## 2.2 Étude des partis d'aménagement

---

La réflexion sur les études à entreprendre sur la voirie elle-même et sur le milieu traversé et le résultat de l'étude du paysage permettent de repérer un certain nombre de lieux appelés « points d'appui », qui vont constituer l'ossature du projet. Le parti d'aménagement paysager est construit en proposant une mise en scène de la voirie pour le riverain comme pour l'usager.

### 2.2.1 Mise en évidence des points d'appuis

#### ▪ ZONES À DOMINANTE D'HABITAT

Les intérêts des riverains sont prédominants :

- établissement des traversées piétonnes ;
- organisation des abords immédiats avec des espaces traités pour les riverains : nivellement de buttes, plantations denses formant écrans, placettes, etc. ;
- traitement de détails, à l'échelle du piéton, à apporter aux franchissements ;
- mais les usagers ne doivent pas être oubliés : traitement des écrans acoustiques, du mobilier urbain, de l'éclairage ;
- mise en évidence des points forts structurant l'espace et assurant la cohésion autour d'un élément dominant : plantations, colorations, rappels architecturaux.

#### ▪ ZONES À CARACTÈRE INDUSTRIEL

Deux cas se présentent le plus fréquemment :

##### - Zone déjà implantée, relativement proche du tissu urbain

Elle offre à la vue des séquences spécifiques homogènes ou une succession de vues à mettre en valeur. Pour renforcer l'ambiance particulière à ces zones à dominante minérale, veiller à l'aménagement des lisières, des clôtures qui peuvent devenir des éléments de composition et de structure.

##### - Zone industrielle projetée ou en voie de création, relativement éloignée de la route

Il est souhaitable d'apporter des propositions pour les documents d'urbanisme : suggestions pour le plan-masse, prescriptions pour le cahier des charges (coloration, préservation de fenêtres sur les vues lointaines), et de traiter les végétaux comme des encadrements mettant en valeur une portion de paysage et non comme un masque.

#### ▪ ZONES NATURELLES OU PEU CONSTRUITES

Au passage d'une zone naturelle correspond un traitement essentiellement végétal, avec de préférence des essences régionales :

- zone agricole : mise en valeur des vues lointaines, profil en long le plus proche possible du terrain naturel ;
- zone boisée : précaution au niveau des profils en long et en travers (talus, nappes phréatiques, ouvertures aux vents) ;
- proximité de cours d'eau (espaces particulièrement sensibles) : affinage du tracé pour maintenir le cours d'eau à l'air libre, aménagement de berges pour des pratiques urbaines, mise en valeur des cheminements piétons, conservation des continuités végétales.

### ▪ LIEUX PARTICULIERS

Ils peuvent avoir une signification particulière en liaison avec des facteurs culturels et historiques. Les choix géométriques peuvent être soulignés par des aménagements adéquats :

- échangeurs : la vaste emprise et les différents niveaux fournissent l'occasion d'une trouée visuelle offrant la découverte de nombreux éléments de paysage ;
- ouvrages d'art : recherche architecturale de l'ensemble et traitement de l'apparence des piles, tabliers, garde-corps, perrés, etc. ;
- zones en tranchées, tunnel : l'élément minéral est, ici, prépondérant. L'infrastructure est traitée essentiellement pour l'utilisateur de la voie : mobilier de route (portiques, mâts, glissières de sécurité, clôtures, etc.), éclairage (niveau d'éclairage, disposition des sources, etc.), coloration (pigmentation des façades, couleur du mobilier, de la lumière, etc.) ;
- aires de service : traitées en centre d'information sur la ville, le choix de leur implantation est très important. Elles peuvent constituer un observatoire sur la ville ou sur une de ses parties particulièrement intéressante. L'aménagement paysager a alors une double fonction : signaler l'aire sur le parcours et offrir un paysage à l'échelle du piéton.

## 2.2.2 Parti adopté

La prise en compte des séquences paysagères à partir de l'implantation mentale de la voie dans le paysage, par rapport aux zones homogènes et aux différentes contraintes, permet de proposer des aménagements paysagers et architecturaux, bien adaptés au lieu et à l'échelle du projet, en harmonie avec les objectifs plus généraux concernant le projet :

- amélioration de la lecture du parcours ;
- amélioration du confort et de la sécurité de l'utilisateur et du riverain ;
- valorisation de l'environnement riverain ;
- animation du parcours ;
- structuration de l'image urbaine...

Pour l'utilisateur, les actions concernent la signalisation, l'éclairage, la sécurité... ou sont des propositions à caractère d'animations : traitement des emprises, des murs ou parois, des ouvrages d'art appartenant au réseau routier, des limites, renforcement des repères visuels...

Pour les riverains se pose le problème du contact entre l'échelle routière et l'échelle urbaine.

En se fondant sur des analyses suffisamment élargies et approfondies, le maître d'ouvrage doit définir l'aménagement paysager et architectural aussi bien pour le projet dans son entier que pour des éléments particuliers ; une vue d'ensemble est indispensable pour décider quelles relations sont à établir entre ce projet, le site et l'itinéraire concernés.

Un ouvrage très visible dans l'environnement paysager de grande qualité nécessite un traitement spécifique, et particulièrement soigné au niveau du détail à l'échelle du piéton. Il peut être relativement coûteux à l'investissement. Par exemple, l'aménagement d'un dessous de viaduc.

Enfin, lorsqu'il s'agit de l'insertion de voirie nouvelle dans un site futur, le parti urbanistique a été généralement déterminé par des décisions antérieures à celles concernant les ouvrages routiers, auxquelles il faut alors se référer. Dans tous les cas, il conviendra d'explicitier le choix sans ambiguïté, le plus en amont possible.

La première phase de l'étude paysagère, « la mise en évidence des points d'appui », définit les principes généraux sur tout le parcours, les éléments existants servant de support à l'expression. La mise en accord des différentes composantes du paysage confère un esprit général pour chaque séquence dont les transitions sont aménagées dans le souci du traitement de détail.

Pour que le parti d'aménagement soit clairement ressenti, le parcours doit présenter une dominante. Ce principe doit être développé dans différents scénarios, qui prennent en compte tous les objectifs, même les plus mineurs. Ils sont ensuite regroupés suivant divers aspects. C'est ainsi qu'à travers l'enchaînement des lieux traités apparaît une rythmique.

Si les rapports de succession ont été étudiés avec science et art, un événement visuel peut apparaître ; la logique des enchaînements successifs constitue la mise en scène.

Les possibilités théoriques considérables d'intervention, recherche de formes, de couleurs, étude de rythme pour appuyer le parcours, recherche de rapports entre l'intérieur de l'emprise et l'extérieur, choix de points forts lus de l'extérieur pour créer un spectacle... aident à déterminer un choix de compositions, qui donnent une idée générale de l'ambiance souhaitée.

Le parti d'aménagement adopté pour chaque séquence du tracé sert de ligne directrice pour l'approfondissement des études afin de mettre en cohérence les divers aménagements : les cheminements et les sols en général, les ouvrages en particulier, les plantations... avec le souci de la diversité et de variétés des solutions.

Il doit être suffisamment élaboré pour permettre, d'une part l'engagement de l'étude technique en vue de la réalisation du projet, d'autre part pour permettre de veiller à conserver la pérennité des objectifs et intentions – exprimés lors des phases précédentes – pendant toute la vie de l'ouvrage : ainsi ultérieurement, l'entretien des plantations et des abords sera conduit de manière à maintenir l'effet recherché initialement et des changements ne seront pas apportés sans nouvelle étude.

Pour traiter les problèmes de paysage, les services publics de l'État comme les collectivités territoriales font appel à des équipes de professionnels en la matière : il peut s'agir de paysagistes diplômés ayant reçu une formation spécifique ou de spécialistes d'une autre discipline : architectes, urbanistes, géographes, plasticiens, ingénieurs, qui s'intéressent au paysage non seulement dans la pratique de leur propre discipline mais à l'ensemble du domaine paysager.

---

## 3. Les matériaux du paysage

---

---

### 3.1 Rappel des principaux matériaux du paysage

---

Composent le paysage de multiples matériaux, dont les principaux sont le minéral, le végétal, la couleur, la lumière artificielle et naturelle...

Dans la fiche, il ne s'agit pas de définir les critères techniques des matériaux mais de montrer les aspects sensibles qui s'expriment dans les relations paysagères. Ils conditionnent la concrétisation des préoccupations qualitatives jusqu'au niveau du détail.

C'est à travers les volumes, la matière, la couleur, les surfaces, les rythmes, les sons, les contrastes que s'expriment les aspects sensibles des matériaux du paysage dont les interférences rendent particulièrement complexes les possibilités des différentes combinaisons sur le terrain et c'est leur connaissance qui permet au concepteur de les implanter, dans un même site, sachant que chaque cas d'aménagement correspond à des conditions originales et uniques à la fois.

▪ **Le minéral**

Dans les aménagements paysagers, ce que l'on appelle le matériau minéral est un matériau brut ou travaillé qui va, par sa présence visuelle ou tactile, contribuer - seul ou avec d'autres composantes du paysage - à créer une ambiance qualitative dans un lieu.

À la frontière entre le minéral et le bâti, résident une multitude d'objets intermédiaires : les murets de briques, les jardinières délimitant des massifs plantés... qui sont perçus comme un apport minéral construit.

▪ **Le végétal**

Les végétaux forment, entre eux ou avec d'autres matériaux, une association chaque fois renouvelée, source inépuisable d'une richesse potentielle pour les lieux à aménager. L'emploi du végétal n'est pas seulement d'ordre écologique. Il a aussi une valeur plastique et sensorielle. Il participe par le jeu des volumes, surfaces, couleurs, sons, mouvements, parfums... à l'élaboration d'ambiances, porteuses d'émotions. Celles-ci naissent essentiellement de la qualité esthétique et de la valeur symbolique engendrées par l'ensemble des éléments en place et des relations qui existent entre eux.

▪ **La couleur**

Qu'elle soit naturelle (végétal, pierres naturelles...) ou artificielle (coloration dans la masse ou de surface), la couleur modifie les effets d'apparence. Elle permet de créer une homogénéité ou une diversité des surfaces. Les formes et les volumes sont perçus différemment suivant leur coloration (couleur sombre, claire, vive). Leurs échelles visuelles en sont modifiées.

▪ **La lumière**

L'impact de la lumière naturelle sur les matériaux du paysage est fonction du relief et des volumes. Suivant la surface que touche la lumière, on a des effets d'absorption ou de brillance. La lumière, à travers des jeux d'ombres, crée une animation des surfaces.

Par opposition à la lumière du jour, l'éclairage artificiel se caractérise par sa constance à la fois dans le temps et dans l'espace. En outre, il permet d'accentuer les phénomènes d'ombres et de lumières, pouvant aller jusqu'à sélectionner les images du paysage livrées au spectateur, conférant à un espace une vocation et une dynamique particulières.

La lumière est un paramètre de composition dont il faut tenir compte au niveau de la composition générale et des aménagements de détails.

Tous les aspects sensibles des matériaux du paysage sont détaillés dans la plaquette « Approche sensible » et dans les quatre fiches thématiques qui l'accompagnent.

---

## 3.2 Recommandations spécifiques aux plantations

---

Le végétal est un matériau vivant qui se distingue par un dynamisme propre. C'est-à-dire par une force de naissance, de croissance, de vieillissement et même de survie et d'adaptation au milieu.

Des recommandations spécifiques sont nécessaires quant à sa mise en œuvre, sa croissance, son entretien...

Bien que l'ensemble de ces préoccupations soit du niveau de l'opérationnel, le projecteur se doit de les avoir à l'esprit afin de pouvoir :

- prendre des dispositions en faveur des plantations suffisamment en amont, qui vont garantir la bonne réalisation ultérieure ;
- réserver l'enveloppe budgétaire nécessaire à la réalisation des travaux et à l'entretien de premier établissement (le montant de celle-ci peut atteindre jusqu'à 50 % du montant des plantations) ;
- veiller à l'emploi des végétaux bien adaptés au site : dans la plupart des cas, utiliser les essences régionales. Les essences horticoles doivent être réservées à des utilisations spécifiques en milieu urbain dense : grandes jardinières, terre-pleins..., à condition de respecter les exigences des plantes : arrosage, entretien, renouvellement.

### 3.2.1 Développement des plantations

À chaque type de végétaux (arbres et arbustes notamment) correspondent un espace aérien et un volume souterrain.

Au stade de l'avant-projet, lors de la définition du parti d'aménagement, il faut tenir compte du développement à terme d'une part des végétaux, d'autre part du système racinaire, par rapport aux emprises, mais aussi en fonction des réseaux aériens et souterrains (gainés...).

L'encombrement aérien concerne les végétaux à grand développement, à proximité des façades, des murs, des écrans acoustiques, le long des chaussées pour des raisons de gabarit, par rapport aux largeurs du terre-plein...

Enfin, comme il s'écoule entre dix et vingt ans avant qu'un arbre n'atteigne sa taille définitive, il est impératif de préserver les arbres existants, même s'ils ne font pas partie des essences exceptionnelles : les techniques de transplantation le permettent le plus souvent, si le problème est posé suffisamment tôt.

#### Rappel de quelques données

- La lumière et le soleil conditionnent la forme et la dimension adulte des couronnes.
- En plus des critères de composition, les espèces végétales doivent être choisies en fonction des surfaces d'implantation, des hauteurs à ne pas dépasser, des écrans à créer (visuels, de protection contre les vents...), des angles de visibilité à respecter...
- Les conditions étant en général défavorables à la croissance des végétaux, des fosses de plantation généreuses améliorent les conditions de reprise ; elles sont au minimum de 0,50 m de côté pour les arbustes, et de 1,00 m à 3,00 m de côté pour les arbres.  
Les distances entre plantations à respecter varient en fonction des essences utilisées (dimensions et formes), de l'effet recherché, de la proximité des façades (façades avec ou sans fenêtres), de la largeur des voies et de la densité de l'urbanisation. Sur un même alignement, les espacements entre les arbres peuvent aller de 4-5 m pour des sujets à faible développement ou de port fastigié, à 7-8 m pour des arbres de première grandeur. Ces espacements peuvent être modulés suivant l'effet souhaité : rideau continu, voûte de verdure ou couronnes séparées les unes des autres.
- Les dispositions libres doivent tenir compte de l'entretien ultérieur : arbres et arbustes groupés, afin de ne pas fractionner les surfaces.

### 3.2.2 Mise en œuvre

Une plantation est une œuvre de longue haleine dont on ne peut mesurer (ou mieux, admirer) la réussite qu'après plusieurs années.

En plus de la qualité des végétaux, la préparation des travaux et la mise en œuvre sont les garants d'un aménagement réussi.

Lors de l'établissement du projet d'une voie rapide urbaine, sont à prévoir :

- des emplacements pour le stockage des végétaux, de la terre végétale ;
- des drainages et un système d'aération si nécessaire. Dans les zones très minéralisées ou dans les zones fréquentées et insuffisamment vastes (piétinement intense), il est nécessaire de poser des grilles et dans certains cas des tubes d'aération verticaux ;
- des accès aux points d'eau bien répartis, pour les arrosages ;
- un arrosage automatique dans certains cas. Il simplifie l'entretien, est nécessaire en climat sec, dans les endroits où les apports de surface ne sont pas suffisants et lorsque les difficultés d'entretien le nécessitent (les terre-pleins plantés par exemple).

### 3.2.3 Entretien

Le développement et la pérennité des plantations sont le fait d'un entretien suivi.

Les moyens d'entretien doivent être pensés dès la conception d'un aménagement : gestion, personnel, matériel, accessibilité... Les possibilités d'entretien induisent certains types de plantations : disposition, espèces végétales, caractéristiques dimensionnelles, force... On distingue deux types d'entretien.

#### **Entretien de premier établissement**

Pour assurer une bonne reprise des végétaux, le contrat des travaux de plantation doit être assorti d'un contrat d'entretien de premier établissement d'une durée maximale de quatre ans. Ce type d'entretien est essentiel car il permet le démarrage et l'installation des végétaux dans des lieux parfois hostiles et le remplacement de ceux qui n'ont pas repris. Le manque de suivi est la principale cause d'échec d'une réalisation.

#### **Entretien habituel**

À l'expiration du contrat d'entretien de premier établissement, doit être défini un programme pluriannuel d'entretien afin de préciser et de répartir les différentes interventions à effectuer pour permettre un bon développement des végétaux : caractéristiques et fréquence des soins nécessaires à leur maintenance.

# Ouvrages de protection contre le bruit

## Sommaire

### **1. Les écrans acoustiques**

#### **1.1. Études acoustiques**

- 1.1.1. Hauteur de l'écran
- 1.1.2. Longueur de l'écran
- 1.1.3. Implantation dans le site
- 1.1.4. Absorption – Réflexion

#### **1.2. Études de génie civil – dispositions constructives**

- 1.2.1. Stabilité propre à l'ouvrage
- 1.2.2. Sécurité à l'égard des usagers des voies
- 1.2.3. Interruptions – recouvrements
- 1.2.4. Implantation par rapport à la voie
- 1.2.5. Choix du matériau

#### **1.3. Traitement architectural de l'écran**

### **2. Les buttes de terre**

### **3. Les couvertures de chaussées**

### **4. Les traitements acoustiques de façade**

- 4.1. Valeur quantifiée de l'isolement acoustique
- 4.2. Technologies à mettre en œuvre

### **5. Éléments de choix entre les différents dispositifs de protection**

Si le choix des principales caractéristiques du projet (tracé en plan, position de la voie dans le profil en travers, débits par catégories de véhicules, contrôle de la vitesse, choix du matériau des couches de roulement – voir chapitre « Chaussées ») n'a pas permis d'aboutir à une situation acoustique conforme à l'objectif recherché (défini par les textes réglementaires en vigueur – réf. bibliographiques 14 à 17 en fin d'ouvrage), il y a lieu de prévoir les ouvrages de protection acoustique adéquats :

- écran acoustique ;
- couverture de chaussée ;
- amélioration de l'isolement acoustique de façade.

Le choix entre les différentes protections (ou leur combinaison) ressort des avantages et inconvénients de chacune d'elles au regard du site à protéger.

---

## 1. Les écrans acoustiques

---

Par définition, ce sont tous les obstacles qui modifient la propagation du bruit, et créent une zone « protégée », à proximité des voies.

Les écrans acoustiques doivent être considérés comme des ouvrages courants faisant partie de l'équipement normal des voies à fort trafic aux abords des lieux habités.

Pour les opérations nouvelles, l'étude des écrans doit être entreprise et mise au point en même temps que la détermination des caractéristiques de la voie et des ouvrages d'art.

La vocation des écrans acoustiques est d'être efficaces, c'est-à-dire de réduire le bruit. Dans tous les cas, leur coût, aussi réduit que possible, doit constituer une donnée guidant l'étude de conception et le choix des dispositifs mis en œuvre.

Si le souci d'aboutir à un ouvrage de qualité doit être présent à tous les stades de sa conception, il ne doit pas entraîner de recherches hors de proportion avec l'importance de l'ouvrage, et primant sur l'objectif de protection acoustique lors du choix des caractéristiques géométriques et de la nature du matériau constituant l'écran.

Leur efficacité est fonction de deux conditions complémentaires :

- une bonne conception : dimensionnement en hauteur et longueur, implantation ;
- une bonne mise en œuvre : choix des matériaux, respect des recommandations techniques du *Guide du bruit*, choix d'une technologie optimale, contrôle de la mise en œuvre.

La bonne conception d'un écran acoustique doit prendre en compte six sujétions principales :

- acoustique (liée à l'efficacité de l'écran) ;
- génie civil (tenue de l'ouvrage) ;
- sécurité (à l'égard des usagers et des tiers) ;
- entretien-exploitation (qu'il convient de minimiser autant que possible) ;
- qualité d'apparence de l'insertion dans le site ;
- coût qu'il convient d'ajuster au mieux.

Elle nécessite trois types d'études, décrites dans le document *Conception et réalisation des écrans acoustiques – études et marchés* (réf. n° 11), à objectifs complémentaires :

- une étude acoustique permettant de déterminer les dimensions des ouvrages en fonction de l'efficacité souhaitée ;
- une étude de génie civil portant sur toutes les difficultés d'implantation et de tenue d'ouvrages ;
- une étude architecturale permettant de définir les principes de traitement des écrans, assurant la cohérence de ces traitements avec l'image de la voie et les caractéristiques des sites dans lesquels on les implante.

La synthèse de ces études permet de disposer d'un cahier des charges et d'exigences auxquelles devra répondre l'ouvrage de protection.

Cela permet d'établir une solution de base pour l'avant-projet qui sera soumise à la consultation des entreprises, par l'intermédiaire d'un appel d'offres ouvert aux variantes. Ce n'est qu'après cette consultation qu'est arrêté le choix définitif de la protection.

---

## 1.1 Études acoustiques

---

Les études acoustiques ont pour objet de déterminer les principales caractéristiques minimales à donner à l'écran :

- hauteur ;
- longueur ;
- implantation précise dans le site ;
- nécessité ou non de lutter contre les réflexions par inclinaison ou par utilisation de matériaux absorbants.

Elles mettent en jeu des méthodes de calcul prévisionnel rigoureuses et dans certains cas sophistiquées et complexes (voir réf. bibliographique n° 11) pour lesquelles il est conseillé de s'attacher les services du Cetur.

### 1.1.1 Hauteur de l'écran

L'affaiblissement en diffraction conditionne l'efficacité globale de l'écran. Il est d'autant plus fort que l'écran est de grande hauteur, mais il dépend également de la longueur et de l'implantation de l'écran dans le site.

En première approximation, il est possible de dimensionner l'écran en hauteur, en fonction de l'efficacité souhaitée, en utilisant la méthode simplifiée du *Guide du bruit* (partie III du fascicule « Prévission des niveaux sonores » - Chapitre IV, § 41, 42 et 43 – réf. bibliographique n° 6 ci-après) ou bien par lecture directe d'un abaque approprié (partie IV du fascicule « Prévission des niveaux sonores »).

Pour un avant-projet et une définition fine des dimensions de l'écran, on se reportera au *Guide du bruit* (partie IV – méthode détaillée – Chapitre V, § 5.1., 5.2. du fascicule « Prévission des niveaux sonores »). En particulier, on utilisera dans cette méthode l'abaque du Maekawa ou l'abaque du CSTB.

### 1.1.2 Longueur de l'écran

Elle est calculée, en fonction de l'efficacité souhaitée, par la prise en compte de « l'effet d'extension finie ».

En première approximation, on utilise la méthode simplifiée du *Guide du bruit* (partie III – chapitre IV du fascicule « Prévission des niveaux sonores »).

Pour un calcul plus fin, on utilise la méthode détaillée de ce fascicule (partie IV, § 5.2.4.).

### 1.1.3 Implantation dans le site

L'implantation de l'écran par rapport aux différents éléments du site doit être examinée du point de vue acoustique. « Fermer » autant que possible les brèches par où le bruit peut se propager, en raccordant l'écran aux ouvrages (piles de pont, murs de soutènement, buttes de terre... ) existants sur le site, ou bien en créant des murs en retour (voir *Guide du bruit* – réf. bibliographique n° 4).

### 1.1.4 Absorption – Réflexion

La réflexion du bruit sur un écran peut créer une gêne pour d'éventuels observateurs situés en face.

Pour y remédier, deux techniques possibles :

- soit incliner l'écran pour éviter toutes réflexions gênantes. L'examen précis du site et un calcul approprié permettent de déterminer l'angle d'inclinaison nécessaire pour l'écran (pour les calculs et dispositions plus précises, se reporter aux fascicules « Recommandations techniques pour les ouvrages contre le bruit » § 4.2.6., 1<sup>re</sup> partie, et « Prévision des niveaux sonores », partie IV, § 4.4.) ;
- soit utiliser un matériau absorbant. Dans ce cas, il convient de s'assurer, lors du choix du matériau, qu'il absorbe suffisamment le bruit routier pour avoir un effet sensible. Le *Guide du bruit* (fascicule « Recommandations techniques pour les ouvrages contre le bruit », § 4.1.2., 1<sup>re</sup> partie) définit des conditions minimales à respecter pour que les matériaux puissent être utilisés en tant qu'absorbant au bruit routier.

Différents types d'écrans répondant à ces exigences minimales sont décrits dans le fichier des écrans acoustiques existants (réf. bibliographique n° 8) et dans le catalogue des solutions de base (réf. n° 12).

---

## 1.2 Études de génie civil – dispositions constructives

---

### 1.2.1 Stabilité propre à l'ouvrage (efforts à prendre en compte)

#### Actions variables

Hormis les cas particuliers (par exemple : les écrans faisant soutènement), la principale action est produite par le vent. Cette action est définie dans le cahier des *Prescriptions communes* (fascicule 62, titre I) « Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton armé » (BAEL 83) et permet de dimensionner l'ouvrage et ses fondations lors de sa conception.

#### Actions accidentelles

Vu le coût des ouvrages, il paraît logique de chercher à éviter une ruine totale de l'ouvrage en cas d'actions accidentelles : séismes, chocs de véhicules... Par contre, un écran ne devrait pas être dimensionné pour résister au choc qui n'endommagerait qu'une partie de sa structure facilement réparable et qui présenterait un faible risque d'accident secondaire majeur tel que : chutes d'éléments sur une école, obstruction d'une voie importante.

### 1.2.2 Sécurité à l'égard des usagers des voies

Pour les écrans implantés en bordure de chaussée, leur grande longueur multiplie les risques de chocs par des véhicules. Ils présentent donc un danger supplémentaire important pour les usagers de la route.

En s'inspirant de l'indice de danger défini dans le dossier pilote GC.77 (adapté à des ouvrages continus de grande longueur), le *Guide du bruit* (fascicule « Recommandations pour les protections contre le bruit ») a défini des règles de choix de dispositifs de retenue adéquats qu'il convient de mettre en place devant les écrans (§ 5.2., 1<sup>re</sup> partie).

Il convient de noter que pour que les dispositifs de retenue fonctionnent correctement, il est nécessaire de respecter un « gabarit », dans lequel aucun élément d'écran n'est implanté. Ces gabarits sont précisés dans le fascicule « Utilisation du verre dans les écrans acoustiques » et sont valables quel que soit le type de matériau.

Il est possible d'utiliser des écrans acoustiques jouant également le rôle de barrière normale en cas de choc d'un véhicule. De tels dispositifs minimisent l'emprise nécessaire à leur implantation, les coûts de pose et réduisent l'entretien ultérieur (inexistence de la zone située entre les deux dispositifs, toujours difficile d'accès et d'entretien). Cependant, pour que ces écrans puissent être utilisés, ils doivent avoir été testés au choc d'un véhicule réel et homologués en tant que dispositifs de retenue des véhicules. De tels écrans sont décrits dans le fichier des écrans acoustiques existants (réf. bibliographique n° 8) et dans le catalogue de solutions de base.

### 1.2.3 Interruptions – Recouvrements

Quand un écran est interrompu, il est recommandé d'assurer la protection au droit de l'interruption par la mise en place d'un écran de recouvrement de même hauteur, dans les conditions recommandées dans le *Guide du bruit* (réf. bibliographique n° 4) : la longueur de recouvrement  $I$  doit être égale ou supérieure à deux fois la distance  $d$  entre les écrans et la zone de recouvrement doit être revêtue d'un matériau absorbant.

### 1.2.4 Implantation par rapport à la voie

D'une façon générale, chaque fois que cela est possible, les écrans ou dispositifs de protection sont implantés :

- pour des remblais ou voies au niveau du terrain naturel : en limite de plate-forme, à l'extérieur de la berme (cf. fiche profil en travers ci-dessus) ;
- pour les voies en déblai : en crête de talus. Les considérations de fondations, de tenue des sols détermineront l'emplacement exact de la protection ;
- pour les tranchées à parois verticales : dans le prolongement des murs de soutènement.

La protection d'un site par un écran parallèle à la source de bruit conduit à développer des écrans de grande longueur : pour protéger efficacement un point qui ne serait pas trop éloigné de la route, il faut une longueur de 300 à 500 m d'écran pour que l'énergie directe résiduelle soit négligeable.

L'écran parallèle sera donc utilisé pour protéger des zones bâties de grande longueur. Dans ce cas en effet, les tronçons d'écrans situés de part et d'autre de la zone protégée deviennent négligeables.

Un écran en retour peut, dans certains cas, réduire de façon sensible la longueur de la protection. Il est adapté à la protection d'ensembles bâtis de faible importance. Cependant, ce type d'écran peut ne pas pouvoir être mis en place sur la seule emprise publique. Il entraîne alors l'acquisition d'emprises nécessaires supplémentaires.

### 1.2.5 Choix du matériau

Le choix du type de matériau ne peut pas être uniquement déterminé par les considérations esthétiques. Le choix entre « matériaux absorbants » et « matériaux réfléchissants », par exemple, doit procéder de l'étude acoustique. Il est à noter qu'on devrait, dans de très nombreux cas, retenir de plus en plus les matériaux absorbants (ou trouver les dispositions géométriques équivalentes), sensiblement plus efficaces en présence de circulation importante de poids lourds.

De plus, le matériau choisi doit être tel qu'il présente un « indice d'affaiblissement en transmission »  $R$  supérieur ou égal à 22 dB (A) pour un spectre de bruit routier normalisé. Cette condition étant remplie de fait dès que la masse spécifique des matériaux dépasse 30 kg/m<sup>2</sup>, elle peut déterminer l'épaisseur du matériau.

Il est à noter que le dispositif formant écran doit être conçu de manière à ce que n'apparaisse aucune « fuite acoustique », en particulier :

- au niveau de la liaison entre plaques formant écran (utilisation de joints en compression) ;
- au niveau de la jonction avec le sol ;
- entre plaques et éléments porteurs.

Ainsi, on pourra choisir entre les différents matériaux suivants :

- écrans réfléchissants :
- béton préfabriqué ou coulé en place (avec possibilité de traitement de parement), bois, verre ou matériaux plastiques transparents, métal (avec possibilité de peintures et revêtements) ;
- écrans absorbants :
- métal (panneaux composés d'un bardage plein, laine de verre, et d'un bardage perforé), mousse d'argile, briques absorbantes, etc.

Les éléments types des marchés (RPAO, CCAP et CCTP) d'écrans acoustiques sont décrits dans le document (réf. bibliographique n° 13) annexé à la circulaire du 9 avril 1985.

---

### 1.3 Traitement architectural de l'écran

---

Dans la majeure partie des cas, sauf site réellement exceptionnel, la qualité architecturale des écrans doit être recherchée dans l'utilisation de solutions déjà existantes (décrites notamment dans le catalogue de solutions de base) et leur adéquation aux caractéristiques spécifiques du site, et ne donnera pas lieu à la création d'ouvrages originaux.

Pour aboutir à un ouvrage de qualité, et adapter au mieux un procédé aux spécificités du site dans lequel on s'implante, plusieurs pistes de traitement peuvent être rappelées. Elles sont décrites dans le *Guide du bruit*, fascicule « Recommandations techniques pour les ouvrages de protection acoustique », § 5.5., auquel on se reportera.

- La hauteur de l'écran : calculée par le projeteur pour des raisons d'efficacité acoustique, elle constitue une hauteur minimale. Elle peut être modulée, au-dessus de ce minimum, en créant des décrochements ou des ondulations, mais pas en dessous.
- La surface de l'écran : utilisation de peintures, création de motifs en relief, traitement de type « parements » (par choix du type de granulat et de ciment, par utilisation des techniques de sablage, lavage, etc.), réalisation de décrochements en plan qui donnent volume et assise au mur et l'animent.
- Utilisation de différents types de matériaux : à l'intérieur des catégories de dispositifs précités (matériaux réfléchissants et matériaux absorbants), les considérations esthétiques peuvent influencer sur le choix du matériau, au même titre que les considérations de génie civil (poids, résistance, épaisseur), l'entretien ultérieur, les considérations économiques, les considérations d'efficacité acoustique.
- Une végétalisation d'accompagnement : elle peut, sans enjeux acoustiques, améliorer dans de nombreux sites l'insertion des écrans.

---

## 2. Les buttes de terre

---

Une butte de terre peut constituer un bon écran acoustique. Il convient, pour ce faire, qu'elle soit conçue et dimensionnée comme un écran mince dans le site, pour ce qui concerne sa hauteur, sa longueur et son implantation.

Les règles développées ci-dessus pour la conception des écrans acoustiques s'appliquent aux buttes de terre : implantation dans le site, interruption-recouvrement, etc. Il est à noter que les buttes possèdent généralement des faces inclinées, ce qui peut être une solution au problème des réflexions dans certains sites (disposition qu'il convient de vérifier systématiquement par des calculs adéquats).

La butte possède l'avantage de pouvoir être plantée, c'est-à-dire de jouer le rôle d'écran acoustique tout en créant un support pour un aménagement paysager. Dans ce cas, les considérations de paysage ne doivent pas conduire à des dispositions contradictoires avec l'objectif premier de protection acoustique, et les aménagements doivent être définis dans le respect de ces exigences : hauteur et longueur de la butte nécessaires à son efficacité, choix judicieux de plantations éventuelles, pas d'interruption, raccordement avec des écrans en cas de passages sur ouvrages, etc.

Il convient cependant de noter qu'une butte nécessite une emprise très supérieure à celle d'un écran mince pouvant aller d'une dizaine jusqu'à une vingtaine de mètres pour 4 m de hauteur. Il n'est donc pas toujours possible de la réaliser.

Du point de vue du coût, il est admis qu'en moyenne, elle coûte moins cher qu'un écran, si on dispose de la terre sur place et de l'emprise. Par contre, dans les autres cas, elle peut coûter aussi cher – voire plus cher – si on doit acquérir l'emprise.

---

## 3. Les couvertures de chaussées

---

Les couvertures – qu'elles couvrent partiellement ou totalement les chaussées – sont conçues de façon analogue aux écrans acoustiques.

Comme pour les écrans, il est nécessaire de procéder à trois types d'études pour concevoir les couvertures ou minicouvertures.

### a) Des études acoustiques

Elles permettent de dimensionner les ouvrages (longueur pour les couvertures totales, longueur et largeur pour les couvertures partielles, implantation exacte dans le site, nécessité ou non de traiter les extrémités des couvertures), de choisir le matériau ou la gamme de matériaux nécessaires et à prendre toutes les dispositions géométriques utiles en fonction de l'efficacité recherchée.

Elles sont effectuées conformément au *Guide du bruit*, fascicule « Prévision des niveaux sonores » (partie IV, pages 191 à 206).

### b) Des études de génie civil

Elles permettent, en fonction des charges à prendre en compte, de dimensionner les éléments des ouvrages : épaisseur des dalles, structures porteuses, fondations. Elles permettent également de répondre à l'ensemble des sujétions : stabilité propre, sécurité pour les usagers, sécurité incendie, éclairage, ventilation. Elles seront conformes aux indications du *Guide du bruit*, fascicule « Recommandations techniques pour les ouvrages de protection contre le bruit ». Voir également sur ce point le chapitre « Tunnels et tranchées couvertes ».

### c) Des études architecturales

Elles visent l'intégration des ouvrages dans leur site et font intervenir un architecte comme pour tout ouvrage d'art en milieu urbain. Voir le chapitre « Ouvrage d'art » sur ce point.

Il est à noter cependant, que :

- la création d'une couverture implique des coûts d'investissement d'une ampleur généralement très largement supérieure à celle d'écrans acoustiques ou d'isollements acoustiques de façades. Elle peut également induire des coûts d'entretien et d'exploitation très importants (de quelques pour cent jusqu'à 10 à 15 % du coût de l'investissement initial, dans certains cas) et des contraintes techniques difficiles (ventilation, éclairage, etc.) ; il convient donc d'avoir réalisé des études relativement approfondies de cas particuliers et d'avoir comparé les avantages et inconvénients de toutes les autres protections possibles sur un site, avant d'arrêter le choix d'un tel ouvrage ;
- l'importance des coûts d'investissement et d'entretien peuvent conduire les concepteurs d'un projet à tenter d'en limiter la longueur. Une telle initiative peut amener une diminution sensible de son efficacité pour les bâtiments protégés. Elle peut également restreindre singulièrement la zone protégée alors que, pour un coût équivalent, voire plus faible, un écran pouvait être implanté sur une longueur beaucoup plus importante. La comparaison entre différents types de solutions ne doit donc pas porter sur une coupe en travers mais doit porter à la fois sur l'efficacité de la protection et sur l'étendue de la zone protégée (nombre de logements protégés) et donc prendre en compte la longueur respective des variantes de protection. Cette comparaison peut alors s'effectuer, par exemple, sur un coût de protection par logement protégé ;
- la mise en place d'une couverture peut avoir des effets induits qu'il convient d'analyser. Si, par exemple, elle rend impraticable la circulation des convois exceptionnels ou des transports de marchandises dangereuses (inflammables notamment), il y a lieu de s'interroger sur l'existence d'itinéraires de contournement réellement adaptés à ces transports. Dans certains cas, la finalité de la construction de la voie projetée ne pouvant être remise en cause, il faudra renoncer à la création d'une couverture.

---

## 4. Les traitements acoustiques de façade

---

L'amélioration de l'isolement acoustique des façades des bâtiments existants peut s'avérer une bonne solution lors de la mise au point d'un projet routier (création d'une voie nouvelle ou aménagement important d'une voie ancienne tel qu'élargissement, etc.) :

- soit parce que les dispositions prises lors du choix des caractéristiques de la voie et la création d'écrans demeurent insuffisantes et que les niveaux sonores excessifs exposent encore tout ou partie des façades de certains bâtiments. Dans ce cas, la façade constitue « le dernier rempart » contre le bruit ;
- soit parce qu'elle constitue l'unique disposition technique envisageable (cas d'une avenue ou d'un boulevard traditionnel fortement circulé, cas de sources multiples : carrefours importants, échangeurs, etc.) ;
- soit parce qu'elle constitue la solution la plus efficace ; en effet, l'isolement acoustique d'une façade de qualité courante était d'environ 22 dB (A) dans les années soixante à soixante-dix (valeur conventionnellement retenue comme référence dans le calcul des isollements de façades). Or, cet isolement peut être porté jusqu'à 43 dB (A) dans le cas des traitements les plus efficaces ; il s'ensuit une efficacité maximale de l'ordre de 20 à 25 dB (A), à l'égard de l'ensemble des sources en milieu extérieur, à comparer avec l'action à la source (4 à 5 dB (A) de gain prévisible à terme) ou à l'efficacité des écrans (10 à 12 dB (A) pour les plus efficaces) ;

- soit parce que l'amélioration de l'isolement de façade correspond à l'optimum efficacité-coût ;
- soit parce qu'on a mis en œuvre un dispositif de protection mixte basé sur des écrans protégeant des espaces à proximité du sol et en complément des isolements de façades des étages supérieurs qui protègent l'intérieur des logements.

Mais cette solution recèle un double inconvénient :

- elle ne protège pas les espaces extérieurs et n'apporte le calme que fenêtre fermée ;
- elle induit une modification du fonctionnement des appartements, en matière de ventilation notamment, qu'il convient également de traiter afin qu'en la matière, l'aménagement réalisé ne déplace pas le problème et ne conduise pas à une gêne « spécifique et anormale » d'une autre nature que le bruit.

---

## 4.1 Valeur quantifiée de l'isolement acoustique

---

La valeur de l'isolement acoustique de façade à atteindre dans le cadre de la mise au point d'un projet routier doit être calculée selon une procédure précisée dans les textes réglementaires (circulaire du 2 mars 1983, complétée par la circulaire 82.57 du 25 juin 1982 de la direction des Routes).

Cette valeur (écart entre les niveaux sonores extérieurs et le niveau intérieur, tel que défini par la norme Afnor NFS 31.057) est égale à la valeur d'un isolement courant (conventionnellement choisi égal à 22 dB (A)), augmentée de la différence entre le niveau  $L_{eq}$  (8 h à 20 h) prévisible à 2 m avant des façades exposées et le seuil que l'on s'est fixé comme objectif à atteindre.

Il importe de bien respecter la valeur de l'isolement acoustique de façade, telle que calculée selon ces textes, sans l'arrondir à une classe d'isolement supérieure et sans la surévaluer pour tenir compte de sujétions ultérieures. De plus, il convient d'estimer la valeur de l'isolement façade par façade, en tenant compte de leur degré d'exposition réelle et par portion de façade (étage par étage) s'il existe des masques protecteurs.

En effet, les estimations surenchéries en la matière peuvent conduire à des coûts sans proportion avec l'objet initial de la démarche.

---

## 4.2 Technologies à mettre en œuvre

---

Un document méthodologique disponible au Cetur fait le point sur les solutions qui peuvent être mises en œuvre pour améliorer l'isolation acoustique des façades des bâtiments existants. Il a été publié en octobre 1987.

Si les exemples de solutions pour le bâtiment neuf peuvent fournir des indications utiles, il importe de ne pas tenter de les appliquer strictement, mais de les adapter aux conditions techniques et économiques raisonnables lors d'une intervention sur un bâtiment existant.

Les technologies à mettre en œuvre portent sur :

- **Les fenêtres**

Généralement, ce sont elles qui constituent le point faible d'une façade. La première précaution consiste donc à prévoir la mise en place d'une fenêtre de bonne qualité acoustique, soit par changement de la fenêtre existante, soit par modification de celle-ci.

On peut trouver une description de telles fenêtres dans les DTU spécialisés du CSTB, en attendant une publication technique en la matière.

▪ **Les entrées d'air pour la ventilation**

Pour des isolements d'environ 30 dB (A), des prises d'air en façade, possédant un léger traitement absorbant, permettent d'assurer un bon débit d'entrée d'air, tout en maintenant un bon isolement acoustique.

Pour des isolements supérieurs (35 dB (A) ou 42 dB (A)), il devient indispensable de traiter les prises d'air par des chicanes absorbantes et d'utiliser des ventilations mécaniques contrôlées, généralement à simple flux dans le cas d'interventions sur immeubles existants.

Dans tous les cas, il est nécessaire d'examiner les exigences de ventilation (hygiène, sécurité incendie, etc.) dans des conditions adaptées à la réhabilitation des isolements acoustiques de façade sur des bâtiments préalablement existants.

▪ **Les éléments de la paroi**

Il est nécessaire de retenir qu'une façade est une composition d'éléments hétérogènes et que l'isolement acoustique qu'elle apporte est une fonction de l'indice d'affaiblissement en transmission R de chaque matériau qui la constitue, mais également de la surface de chacun de ses matériaux.

Selon la valeur du bruit extérieur, on peut utiliser des matériaux à indices R différents et jouer sur la surface de chacun d'eux pour obtenir l'isolement recherché.

À noter que, pour les bâtiments individuels (pavillons), pourra se poser, dans certains cas, le problème du renforcement de l'isolement des toitures et plafonds.

▪ **Les répercussions d'ordre thermique**

Généralement, le renforcement de l'isolation acoustique d'une paroi conduit à une amélioration de son isolation thermique. Il est nécessaire de contrôler que l'on n'introduit pas de déséquilibre, et donc que le chauffage, en période hivernale, demeure adapté. Pour la période d'été, il est indispensable de vérifier que la ventilation est suffisante, du moins en situation moyenne (lors des pointes extrêmes de chaleur).

---

## 5. Éléments de choix entre les différents dispositifs de protection

---

Le choix des dispositifs adaptés à la protection d'un site ressort essentiellement des caractéristiques géométriques précises de celui-ci et du résultat des études acoustiques.

Les tendances suivantes peuvent cependant être esquissées :

- les écrans acoustiques courants ont une hauteur comprise entre 2 m et 6 m. Ils protègent une zone limitée, en y apportant une réduction de 6 à 12 dB (A) des niveaux sonores. Ils conviennent notamment pour les voies au niveau du sol, en présence de bâtiments pavillonnaires ou de petits collectifs proches, ou bien en présence de grands collectifs éloignés des voies. Une voie de remblai, équipée d'un écran de faible hauteur, convient particulièrement dans les zones pavillonnaires. Une voie en léger déblai équipée d'un écran convient particulièrement pour la protection de bâtiments collectifs éloignés ;
- les buttes de terre apportent une efficacité comparable aux écrans. Elles sont surtout adaptées à la protection de sites en milieux périurbains ou ruraux, si l'emprise le permet et s'il y a peu d'ouvrages de franchissement ;
- les couvertures de chaussées : l'idée qu'une couverture constitue la solution idéale est une idée répandue, parfois à tort. L'efficacité d'une couverture n'est supérieure à celle d'un écran que dans des configurations de site précises qui dépendent de la position et des caractéristiques de la voie et des bâtiments. La couverture ne constitue pas une panacée, un recours indispensable quand les écrans ne permettent plus de respecter l'objectif de calme ; c'est une solution parmi d'autres, adéquate dans certains types de sites seulement. Il en découle un montant des coûts d'investissement et d'entretien

d'une ampleur souvent très importante. À ce titre, elle nécessite des études approfondies sur ses caractéristiques et son efficacité et une comparaison avec toutes les autres solutions possibles avant d'en arrêter le choix.

En particulier, elle doit être systématiquement comparée à une solution mixte : écran acoustique protégeant les espaces extérieurs et isolement de façades protégeant les bâtiments, solution toujours possible sur tous les types de sites.

L'importance de ces coûts – sauf site particulier – tend à réserver ce type de solution pour les sites sur lesquels la couverture peut apparaître comme une véritable opportunité urbaine et remplir d'autres fonctions que la stricte protection contre le bruit. Si une couverture acoustique peut, par exemple, créer l'occasion d'une restructuration urbaine, réduire les effets de coupure, être aménagée, sa justification n'en sera que plus forte. Il conviendra, dans ce cas, de trouver les financements complémentaires à la protection acoustique qui permettent d'assurer ces fonctions ;

- les isollements de façade ou, de préférence, les protections mixtes (écran + isolement) conviennent, complétant les dispositifs précités ; ces dernières devraient constituer des solutions optimales dans bien des sites, notamment en milieu typiquement urbain (avenues, boulevards, etc.) ;
- dans tous les cas, il y a lieu de réaliser une optimisation efficacité-coût. Celle-ci peut être conduite en rapportant le coût des protections au nombre de logements protégés. De plus, un bilan d'efficacité faisant apparaître sous forme d'un tableau le nombre de logements par classe de niveau sonore, avant et après protection et dans les différentes variantes de protection, permet rapidement de faire apparaître la gamme de solutions techniques optimales.

Pour ce qui est du choix entre protection en bordure de voie (écran, butte, couverture partielle ou totale) et protection par isolement de façade, étant donné que l'écran protège à la fois le logement et les espaces extérieurs, il peut être admis un écart de coût entre ces deux solutions ; mais, rapporté au nombre de logements protégés, celui-ci doit demeurer raisonnable et ne pas changer radicalement la nature de l'investissement, ni approcher la valeur immobilière des bâtiments protégés.

Enfin, il convient de rappeler que les protections acoustiques évoquées ci-dessus ne constituent qu'un sous-ensemble de la gamme des solutions techniques possibles. Celles-ci portent en effet sur tous les maillons de la chaîne qui va des véhicules aux occupants de l'espace à protéger. Des dispositions de nature à limiter l'émission sonore ou sa réception sont en effet à rechercher : sur les véhicules eux-mêmes ; sur la conception des tracés routiers (tracé en plan, profil en long, profil en travers, choix des matériaux des couches de roulement), leur gestion (débits par catégorie de véhicules, vitesse, amélioration de la fluidité), leurs abords (écrans, buttes de terre, couvertures acoustiques – développés ci-dessus) ; sur les bâtiments ; sur l'urbanisme des abords des voies. Il n'existe généralement pas, en matière de protection acoustique, une solution qui résolve l'ensemble des problèmes sur un site ; mais c'est en mettant en œuvre tout ou partie des éléments précités que l'on pourra trouver l'efficacité nécessaire au rétablissement du calme indispensable en bordure des voies de circulation.

# Pollution des rejets

## Sommaire

- 1. Avertissement**
- 2. Données générales**
  - 2.1. Nature des pollutions
  - 2.2. Charges polluantes
  - 2.3. Milieux récepteurs
- 3. Réglementation**
- 4. Propositions méthodologiques**
  - 4.1. Recueil des données
  - 4.2. Évaluation des enjeux
  - 4.3. Définition des principes de protection
- 5. Protection contre la pollution**
  - 5.1. Choix des ouvrages
  - 5.2. Conception et dimensionnement des ouvrages
  - 5.3. Dispositifs d'alerte et d'intervention
  - 5.4. Cas particulier du lavage des tubes de tunnels et tranchées couvertes
- 6. Entretien et gestion des ouvrages**

# 1. Avertissement

---

---

À la date de publication du présent document, il n'existe pas de méthodologie pour la prise en compte de la pollution des rejets d'une voie rapide en milieu urbain.

En son absence, on peut s'inspirer, avec toute la prudence qu'il convient en la matière, des études et recherches réalisées pour le milieu interurbain. On peut également se reporter à des documents existants en matière d'assainissement urbain et consulter avec profit le Service technique de l'urbanisme (STU).

Rappelons qu'en zone urbaine comme en zone interurbaine, on peut être amené à effectuer des rejets directement dans le milieu naturel avec tous les problèmes de sensibilité qui lui sont propres (qualité des eaux de surface et souterraines, etc.). Néanmoins, dans le cas général, le domaine urbain se caractérise par l'existence de grandes surfaces imperméabilisées et la présence d'un réseau de collecte des eaux de ruissellement qui posent des problèmes spécifiques de débit et charges polluantes admissibles.

---

---

## 2. Données générales

---

---

### 2.1 Nature des pollutions

---

- Pollution liée aux travaux constituée surtout de matières en suspension (MES) en grande quantité. Bien que sa durée soit en générale limitée à celle des travaux, il est nécessaire de prévoir des dispositifs de protection pendant cette période.
- Pollution saisonnière liée à l'utilisation des fondants chimiques.
- Pollution chronique issue de l'usure des chaussées et du fonctionnement des véhicules.
- Pollution accidentelle consécutive à l'épandage de matières dangereuses.

---

### 2.2 Charges polluantes

---

Il n'y a pas de données chiffrées pour les trafics urbains. Pour le trafic interurbain, le Setra donne les chiffres suivants :

- pour la pollution saisonnière, jusqu'à 30 t./an/km en zone d'hiver rigoureux ;
- pour la pollution chronique, on peut retenir à titre indicatif, les valeurs suivantes pour une circulation de 10 000 véhicules par jour pour un kilomètre d'autoroute interurbaine ;  
MES – 100 kg/jour soit 36 t./an/km ;  
Hydrocarbures – 1 à 5 kg/jour soit 350 à 1 800 kg/km/an ;  
Plomb – 80 g/jour soit 30 kg/km/an.

Une très forte proportion de ces rejets se dépose hors de la plate-forme routière sur les abords de la voie.

**Attention** : ces chiffres sont vraisemblablement inférieurs aux quantités produites par les voies rapides urbaines, sans toutefois pouvoir être extrapolés, l'augmentation des charges n'étant pas proportionnelle au trafic.

- Environ un quart des accidents impliquant des matières dangereuses a lieu en agglomération, d'après les statistiques de la Commission interministérielle pour le transport des matières dangereuses.

## 2.3 Milieux récepteurs

---

Il s'agit en général des eaux de surface (courantes ou stagnantes), des eaux souterraines et des milieux naturels qu'elles alimentent, comme des zones humides par exemple.

Le débit d'étiage pour les cours d'eau, la surface pour les étangs, la vitesse du transfert des eaux souterraines, la qualité physico-chimique, la qualité biologique, l'utilisation actuelle ou future (captage servant à l'alimentation en eau potable – AEP – par exemple), les objectifs de qualité, la nature des protections naturelles (cas des nappes) sont les principaux paramètres à considérer.

Les réseaux de collecte d'eau de ruissellement, qu'ils soient unitaires ou séparatifs, ont leurs impératifs propres de débit et de charge polluante admissible qu'il est nécessaire de prendre en compte.

---

## 3. Réglementation

---

Une analyse de la réglementation (art. 2 du décret du 23 février 1973, précisé par le deuxième arrêté du 13 mai 1975) montre que les rejets d'eau de ruissellement routière dans le milieu naturel sont soumis à autorisation lorsqu'ils dépassent les seuils définis par le deuxième arrêté du 13 mai 1975, ce qui est souvent le cas. De plus, ces seuils peuvent être rendus plus sévères par arrêté préfectoral.

Au cas exceptionnel où les rejets en substratum profond sont nécessaires, une autorisation est obligatoire (cf. Règlement sanitaire départemental).

---

## 4. Propositions méthodologiques

---

---

### 4.1 Recueil des données

---

Les services techniques des collectivités territoriales, gestionnaires des réseaux d'assainissement et des stations d'épuration, l'hydrogéologue agréé, le conseil départemental de l'hygiène ou la Ddass... les Services régionaux d'aménagement des eaux (SRAE), les Agences financières de bassins (AFB), les Cete (centres d'études techniques de l'équipement), les laboratoires des Ponts et Chaussées et les Services de la navigation sont les principaux organismes à consulter. Le Service technique de l'urbanisme (STU) est à même de fournir une documentation précise sur l'évacuation des eaux pluviales et leur traitement.

---

### 4.2 Évaluation des enjeux

---

Entendons par-là, compatibilité entre la qualité de l'effluent (charge polluante, débit) et la capacité « d'accueil » du milieu récepteur.

C'est la partie la plus difficile de l'étude. En effet, cette évaluation va déterminer s'il y a ou non des problèmes de pollution et, dans l'affirmative, se traduire par l'étude, le dimensionnement et la réalisation de protections généralement coûteuses.

Il convient d'examiner :

- les débits (p.m.) ;
- la pollution saisonnière : (cf. réglementation pour la qualité des rejets en sels dissous) : dans le cas de connexions avec le réseau en relation avec une station d'épuration, il faut s'assurer de l'innocuité du rejet sur le fonctionnement de celle-ci ;
- la pollution chronique : elle peut avoir des conséquences sur les cours d'eau ainsi que sur les étangs et les bassins de retenue ;
- la pollution accidentelle : la localisation et les caractéristiques des voies rapides urbaines (urbanisation, problèmes liés aux réseaux, circulation PL importante...) demandent une attention toute particulière vis-à-vis de la pollution accidentelle qui peut avoir des conséquences graves et coûteuses nécessitant la réalisation d'ouvrages de protection des eaux.

---

### 4.3 Définition des principes de protection

---

Sur le plan des principes, de nombreuses possibilités sont offertes :

- action sur le tracé et/ou modification du profil en long, ce qui impose une prise en compte très en amont du problème des rejets ;
- sinon mise en place de dispositifs antipollution tels que les bacs décanteurs-déshuileurs... ;
- contre la pollution accidentelle, l'organisation d'un plan d'alerte et d'intervention, avec l'ensemble des services concernés, en particulier les gestionnaires, doit permettre l'arrivée rapide des services spécialisés et limiter les conséquences d'un épandage.

---

## 5. Protection contre la pollution

---

---

### 5.1 Choix des ouvrages en fonction des diverses contraintes

---

On peut citer : milieu récepteur, réseaux, entretien, nettoyage périodique, etc.

Il s'agit de dispositifs tels que les bassins décanteurs-déshuileurs qui piègent une grande part des MES (et métaux lourds associés) par sédimentation et des hydrocarbures par écrémage. À cause des forts débits, les dispositifs doivent être souvent plus sophistiqués que des décanteurs-déshuileurs classiques.

---

### 5.2 Conception et dimensionnement des ouvrages

---

Les hypothèses et les modèles de calcul des charges polluantes sur routes interurbaines ne semblent pas actuellement remis en cause, mais il conviendra de les utiliser avec précaution dans le cas des voies rapides urbaines.

La pose de vannes à l'entrée et à la sortie du bassin permet d'isoler celui-ci du milieu récepteur ou du réseau (système *by-pass* par exemple) en cas d'épandage de matières dangereuses liquides (pollution accidentelle).

Pour des raisons évidentes de coût et de place disponible, il est possible de concevoir des bassins ayant plusieurs fonctions (bassin écrêteur de crue avec décanteur-déshuileur par exemple).

Les décanteurs de petit volume nécessitent un entretien fréquent pour évacuer efficacement les matières décantées.

---

### 5.3 Dispositif d'alerte et d'intervention

---

Circulaire du 18 février 1985, relative à la pollution accidentelle des eaux intérieures.

Il s'agit d'organiser avec les services chargés de l'entretien, de la sécurité et de la surveillance de la voie un réseau d'alerte permettant aux services spécialisés de la protection civile et aux gestionnaires des réseaux d'agir très rapidement et efficacement en cas d'accident impliquant le transport de matières dangereuses, qui nécessite souvent l'utilisation de matériel approprié et très spécifique.

Il est problématique, voire impossible, de récupérer des produits dangereux lorsqu'ils ont atteint les réseaux. Il faut donc les arrêter rapidement et les stocker dans les caniveaux ou les bassins, jusqu'à leur récupération.

---

### 5.4 Cas particulier du lavage des tubes de tunnels et tranchées ouvertes

---

La pollution issue du lavage de ces ouvrages doit être prise en compte si l'importance des charges polluantes le nécessite (contacter le Cetu).

---

## 6. Entretien et gestion des ouvrages

---

Il est important d'en tenir compte lors de la conception des ouvrages. La plupart des opérations d'entretien doivent pouvoir être mécanisées.

Le curage des bassins antipollution étant une garantie de leur bon fonctionnement, ils doivent donc être accessibles au personnel et aux véhicules d'entretien.

# La pollution de l'air

## Sommaire

1. Nature de la nuisance
2. Émission – Dispersion
  - 2.1. L'émission
  - 2.2. La dispersion
3. Niveaux rencontrés – Quelques exemples
4. Actions envisageables
5. Cas particuliers des tunnels et des tranchées couvertes

# 1. Nature de la nuisance

---

---

La pollution de l'air par la circulation des véhicules se manifeste par deux types d'effets :

- une pollution dite « sensible », visuelle et olfactive, directement perçue par les riverains et qui constitue une gêne : fumées bleues ou noires, odeurs désagréables, poussières parfois irritantes, salissures ;
- une pollution de l'air que l'on pourrait qualifier de toxique dans la mesure où les constituants émis ont des effets nocifs connus lorsqu'ils sont inhalés à très forte dose. Ce qui n'est pas le cas en espace extérieur, en bordure de voies où les polluants se retrouvent dilués à des teneurs très faibles. Néanmoins, les chercheurs s'inquiètent des effets éventuels sur la santé de ces faibles teneurs pour des expositions de très longue durée. Il n'y a pas d'effets immédiats constatés et les effets éventuels à long terme sont très difficiles à mettre en évidence. Les populations les plus sensibles seraient les malades, les personnes âgées et les enfants.

Les principaux polluants émis sont des gaz, des poussières et des suies ; ils proviennent :

- de la combustion incomplète des carburants dans les moteurs (monoxyde de carbone CO, hydrocarbures imbrûlés HC, suies) ;
- de l'oxydation de l'azote de l'air (oxydes d'azote NO et NO<sub>2</sub>) ;
- des additifs des carburants (tel que le plomb) ;
- de l'usure des organes du véhicule (freins, pneumatiques) et de l'usure de la chaussée.

---

---

## 2. Émission – Dispersion

---

---

---

### 2.1 L'émission

---

C'est le rejet de produits polluants dû au fait de la circulation routière. L'émission d'un flot de véhicules est fonction :

- des caractéristiques constructives des véhicules en circulation (qui font l'objet de réglementations pour les émissions) ;
- de la composition des carburants (également réglementée) ;
- des caractéristiques du trafic : débits, vitesse moyenne, allure du flot (fluide ou pulsée), pourcentage de véhicules diesel.

Les pays de la CEE ont établi une réglementation visant à réduire progressivement les émissions des véhicules mis en circulation pour les principaux polluants. Par rapport à 1970, les valeurs limites autorisées à l'homologation pour les émissions des véhicules mis en circulation ont été réduites de 35 % pour le CO, de 25 % pour les HC et de 15 % pour les NOx. D'autres abaissements sont envisagés.

Néanmoins, il s'agit là de valeurs maximales autorisées et l'on connaît très mal en France, par manque de mesures suffisantes, les émissions moyennes des véhicules dans les conditions réelles de circulation.

Nous rappelons qu'une partie importante des poussières et particules retombe directement sur la chaussée et sédimente. Ces dépôts sont lessivés lors de la première pluie et se retrouvent à l'exutoire dans le milieu naturel sous forme d'eau chargée en substances toxiques. La pollution de l'air devient pollution des eaux, problème traité au chapitre précédent.

## 2.2 La dispersion

---

La dispersion concerne l'ensemble des phénomènes assurant la dilution des gaz dans l'air depuis la source (qui est le flot de circulation) jusqu'au récepteur (qui est le point dans l'environnement de la voie où le projeteur souhaite connaître et évaluer les niveaux de pollution).

La dispersion est fonction des propriétés physiques et chimiques des polluants (diffusion moléculaire) mais aussi du milieu dans lequel elle s'opère (diffusion turbulente) ; il faut donc prendre en compte les paramètres suivants :

- l'émission (voir § 2.1.) ;
- les caractéristiques topographiques de la voie et du site environnant ;
- l'état de l'atmosphère (vitesse et direction du vent, gradient thermique) au lieu et à l'instant considérés ; la micrométéorologie du site est un paramètre prépondérant pour la dispersion qui fait de chaque site un cas d'espèce.

Les taux de dispersion se mesurent en  $\text{mg}/\text{m}^3$  d'air ou de préférence en rapport de volume ou p.p.m (partie par million, c'est-à-dire  $\text{cm}^3$  de polluant par  $\text{m}^3$  d'air). Il n'existe pas en France de seuil limite à respecter dans l'environnement (espace extérieur) pour les polluants d'origine automobile.

---

## 3. Niveaux rencontrés – Quelques exemples

---

Des campagnes de mesures ont été faites en France (Institut de recherche des transports – Cete d'Aix et de Lille) et à l'étranger, en bordure d'autoroutes et de VRU. Les résultats de ces campagnes de mesures feront l'objet d'une publication de synthèse du Centre d'études des transports urbains (Cetur) qui proposera une méthode d'évaluation.

En ce qui concerne les gaz, les taux rencontrés en bordure des VRU au niveau des habitations riveraines sont nettement moins élevés que dans les rues en U des centres-villes (également appelées « rues Canyon »), à débit plus faible, mais à conditions de circulation plus difficiles sur le plan des émissions et mal ventilées de par leur configuration.

Nous donnons ci-après, à titre d'exemple, pour situer l'ordre de grandeur des niveaux rencontrés, quelques résultats de campagnes de mesures. Ces résultats sont à considérer avec toute la prudence qu'il convient et ne doivent en aucun cas servir de base à des études comparatives ou prévisionnelles ; ils ne sont valables que pour les sites considérés avec leur topographie propre et les conditions météorologiques régnant lors de la période de mesure.

Les niveaux sont donnés en p.p.m pour le monoxyde de carbone, traceur de la pollution automobile le plus souvent mesuré à ce jour.

### Niveaux en zone urbaine dans les rues en U

Le tableau ci-après donne les niveaux horaires moyennés sur les mois de janvier, février, mars et avril 1984, extraits de l'édition mensuelle des résultats de pollution atmosphérique obtenus par le Laboratoire central de la préfecture de police de Paris pour trois sites de mesures dont un des carrefours les plus pollués (site 2) :

	Site 1	Site 2	Site 3
Niveau horaire moyen maximum (heure de pointe) pour les jours ouvrables	10	26	12,5
Moyenne horaire tous les jours confondus	5,5	14	7,5

Site 1 : capteur situé à 0,50 m du bord du trottoir, à 1,50 m de hauteur et à 11,50 m des feux.

Site 2 : capteur situé au centre du carrefour à une hauteur de 1,75 m.

Site 3 : capteur situé à 1,60 m du bord du trottoir, à 1,70 m de hauteur et à 13 m des feux.

Débits non communiqués.

### Niveaux en bordure de VRU

Résultats de mesures qui se sont déroulées au 2<sup>e</sup> semestre 1981, moyennes sur les campagnes de mesures de treize jours (Cete d'Aix) sur plusieurs sites autoroutiers.

Ordre de grandeur des niveaux rencontrés respectivement à 2 m, 5 m et 10 m du bord de la plate-forme.

	Site 1	Site 2	Site 3
Niveau horaire moyen maximum (heure de pointe) pour la période de mesure	10	4	7,5
	8,5	3,5	6,5
	6	2,5	4,5
Moyenne horaire pour la période de mesure	5,5	3	2
	4,5	2	2
	3,5	1,5	1,5

Site 1 : autoroute, 63 000 véhicules/jour.

Site 2 : VRU, 60 000 véhicules/jour.

Site 3 : autoroute, 45 000 véhicules/jour.

Comme on le voit, les niveaux sont variables, et en particulier le paramètre météo a, sur la période de mesure, des effets prépondérants suivant la position du récepteur par rapport au vent.

---

## 4. Actions envisageables

---

Compte tenu d'un débit donné, le projeteur a peu de possibilités pour faire diminuer les niveaux de polluants en bordure des voies si ce n'est veiller à favoriser la dilution et la dispersion en éloignant, si nécessaire, le tracé des habitations ; une situation en remblai semble également favoriser la dispersion. Le projeteur peut également minimiser les émissions en favorisant le bon écoulement du trafic ; la régulation des feux par la mise en place d'ondes vertes est une mesure d'accompagnement recommandée.

À ce titre, la création d'une déviation d'agglomération permet de soulager le trafic de transit, dans la voirie du centre-ville, d'y réduire le débit et d'y améliorer les conditions d'écoulement, toutes ces actions ayant un effet significatif sur les niveaux de polluants. Il s'agit là d'un aspect globalement positif, non négligeable ; les études sont en cours sur ce thème qui devraient permettre de mieux évaluer les gains à obtenir.

## 5. Cas particulier des tunnels et des tranchées couvertes

---

Il existe des cas de figure où le taux de concentration des polluants peut devenir préoccupant ; il s'agit de l'environnement des sorties de tunnel ou de tranchées couvertes et des cheminées d'extraction d'air vicié où se trouve concentrée et rejetée la pollution émise à l'intérieur du tunnel.

Il n'existe pas pour l'instant de méthode confirmée pour traiter ces cas particuliers ; le projeteur devra donc se rapprocher d'organismes comme le Centre d'études des transports urbains (Cetur) ou le Centre d'études des tunnels (Cetu).

## **Partie III**

# **Conduite de l'opération**

**Emprise et problèmes fonciers**

**Rétablissement des réseaux**

**Réalisation des travaux**

# Emprises et problèmes fonciers

## Sommaire

### Introduction

1. Les constituants de l'emprise
2. La détermination de l'emprise au stade de l'avant-projet
  - 2.1. L'affectation des zones adjacentes
  - 2.2. Les transferts d'emprises
  - 2.3. La gestion de l'emprise
3. La détermination de l'emprise au stade du projet de définition

# Introduction

---

---

L'élaboration des plans d'occupation des sols nécessite la détermination d'emprises alors que le projet n'en est qu'au stade des études préalables.

L'inscription de ces emprises en réserve foncière présente des avantages indéniables. Elle traduit en effet le choix d'un tracé accepté localement et procure une garantie juridique solide en matière d'acquisitions foncières et de publicité. En contrepartie, les inconvénients résident dans la prédétermination, lors des études ultérieures, d'un espace contraignant pour l'application des conditions techniques d'aménagement du projet. En effet, la procédure de mise en révision du POS, si elle n'est surtout pas à exclure *a priori*, ne peut s'envisager en pratique qu'avec des motifs suffisamment fondés, sans méconnaître l'allongement des délais qui en résulte.

Par conséquent, dans le cadre de l'Ictavru, ce chapitre n'est pas vraiment destiné à donner des règles, qui apparaîtraient de toute façon d'application tardive. Il vise plutôt à servir de fil conducteur aux réflexions que cet aspect d'un projet ne manque pas de faire apparaître au cours des études.

---

---

## 1. Les constituants de l'emprise

---

---

On peut distinguer dans l'emprise nécessaire à la réalisation d'une voie rapide urbaine, trois constituants qui s'interpénètrent sans délimitation possible, c'est-à-dire :

- l'assise des terrassements et des ouvrages ;
- les surfaces nécessaires aux équipements et aux aménagements permettant aux fonctions de la voie rapide urbaine de s'exercer dans les meilleures conditions de confort et de sécurité, tout en répondant aux préoccupations d'environnement ;
- les surfaces nécessitées par l'adaptation à la configuration cadastrale des parcelles touchées directement ou indirectement (désenclavement), par la prise en compte de sujétions d'urbanisme ou encore par des opportunités de réalisations connexes.

---

---

## 2. Détermination de l'emprise au stade de l'avant-projet

---

---

Le « choix du tracé » fait intervenir entre autres déterminants (type d'occupation du sol, coût du foncier, difficultés et coût de libération des emprises par exemple) :

- d'une part, des considérations permettant de jouer sur les constituants caractérisés ci-dessus, en respectant les caractéristiques géométriques adaptées aux fonctions de la voie rapide urbaine ;
- d'autre part, des considérations portant sur :
  - l'affectation des zones adjacentes ;
  - les transferts d'emprise ;
  - la gestion de l'emprise.

## 2.1 L'affectation des zones adjacentes

---

Dans le cadre des plans d'occupation des sols, la structuration et l'évolution de ces zones sont conditionnées à la fois par la mise en service de la voie rapide urbaine et par la position des limites de l'emprise.

Cet aspect est particulièrement net dans les zones non agricoles. Sa prise en compte nécessite une concertation avec les autres acteurs de l'urbanisme de l'agglomération.

## 2.2 Les transferts d'emprise

---

L'acquisition de certaines parties de l'emprise est alors suspendue à des problèmes de procédure foncière, de réglementation, de pratique des déclarations d'utilité publique et des acquisitions, avec intervention, le cas échéant, des moyens de l'urbanisme opérationnel ou de la délégation de maîtrise d'ouvrage.

## 2.3 La gestion de l'emprise

---

Entre l'inscription des emprises au POS et la réalisation proprement dite, en passant par l'acquisition intégrale des terrains, il s'écoule un temps suffisamment long (études, procédures administratives, avec le cas échéant modification des emprises au POS, contentieux...) pour qu'il faille songer à la gestion et à l'entretien des emprises en attente. Cet aspect est encore renforcé si le projet doit être réalisé par phases.

Ces diverses considérations par lesquelles on aboutit à la détermination de l'emprise sont à placer dans le cadre de la recherche de la meilleure adaptation au dessin général des parcelles et de l'économie des surfaces. On se met ainsi en position de ne pas pouvoir acquérir ce qui pourrait apparaître comme des « suremprises », alors qu'en milieu urbain les terrains sont suffisamment rares pour ne pas être gaspillés et s'affranchir de ce qui présente des risques de devenir des « délaissés ».

Toutefois, ceci n'exclut pas, au contraire, d'englober dans l'emprise tout ou partie de parcelles dont l'existence est menacée, soit par enclavement, soit par perte d'aptitude ou par atteinte d'un seuil critique en surface pour un usage du sol résultant qui soit intéressant, et qui peuvent alors présenter des opportunités pour des réalisations connexes.

---

# 3. Détermination de l'emprise au stade du projet de définition

---

Au stade de l'avant-projet, l'emprise à laquelle on aboutit peut être qualifiée d'emprise « théorique » ; elle le reste tant qu'elle ne s'est pas concrétisée sur le terrain. C'est ici le troisième constituant de l'emprise, ou une reconsidération du deuxième, qui peut permettre la souplesse d'adaptation conduisant à la détermination de l'emprise « foncière ».

Certains problèmes peuvent apparaître à ce stade :

- que faire de parties de l'emprise acquises en cours d'élaboration du projet (par exemple, à la suite de mises en demeure d'acquies au vu du POS) qui apparaissent *a priori* « superflues » après études de détail ?
- doit-on acquies tout ou partie de telle parcelle ?

- comment concilier la limite physique de la voie rapide urbaine (mur, clôture...) avec la limite foncière ?<sup>12</sup>

Dans tous les cas, il s'agit de ne pas laisser d'espaces inaffectés, ou susceptibles d'être « délaissés » sans prise en charge effective, au moins au niveau de l'entretien.

Outre les solutions basées sur l'extension des aménagements concourant à l'intégration de la VRU, il y a lieu de penser aux possibilités apportées par :

- les rétrocessions d'emprises (avec extension aux cas des surplombs de viaduc, des couvertures de tranchées... ) ;
- les conventions d'usage et d'entretien avec les riverains (talus de remblai... ) ;
- les remembrements partiels, malgré une pratique quasi inexistante (en dehors des cas rares en milieu urbain de zones restant agricoles).

Dans le cas de gestion en attente d'acquisition de la totalité de l'emprise, ou en fonction d'un phasage éventuel, on peut faire intervenir des formules telles que :

- continuation à titre précaire de l'usage des sols transférés ;
- usage temporaire ne venant pas contrarier l'usage final.

À l'inverse, des acquisitions foncières de complément peuvent s'avérer nécessaires. Le mieux est de tenter de les obtenir à l'amiable. Si ponctuellement les accords s'avèrent impossibles, on peut alors être amené à envisager des modalités de réalisation partielle du projet, avec l'objectif de le compléter et de l'améliorer ultérieurement après expropriation. En effet, compte tenu des délais nécessaires à une révision du POS, et des remises en cause possibles, il peut paraître préférable de réaliser une voie rapide urbaine en différant la construction d'une bretelle ou d'une bande d'arrêt d'urgence, plutôt que de reporter à trois ou quatre ans la réalisation de l'ensemble.

Dans la majorité des cas, ces quelques formules ne peuvent aboutir que si l'on fait appel à la négociation, ce qui n'est pas sans difficultés, donc avec le risque que les bonnes idées ne se concrétisent pas. Pour autant, il n'est pas question que le maître d'ouvrage, qui voudrait s'affranchir de ces difficultés, soit tenté d'acquérir plus d'emprises que nécessaire, avec l'idée qu'il s'agit de la seule solution lui permettant d'exercer effectivement toute sa maîtrise.

---

<sup>12</sup> En effet, les règlements d'urbanisme obligent bien souvent à clôturer sans véritable nécessité ; c'est ainsi qu'on peut avoir un mur de protection acoustique en haut de remblai et un grillage de clôture en pied de remblai.

# Rétablissement des réseaux

## Sommaire

- 1. Introduction – Les divers réseaux**
- 2. Aspects administratif et réglementaire**
  - 2.1. Affectation du domaine public routier**
  - 2.2. Conditions d'occupation du domaine public**
  - 2.3. Occupation par le service des Postes et Télécommunications**
  - 2.4. Occupation des voies publiques par les concessionnaires ou les fermiers des réseaux publics**
  - 2.5. Opérations pour lesquelles aucune disposition législative n'accorde le droit d'occupation des voies publiques**
  - 2.6. Occupation des voies publiques par les transports privés déclarés d'intérêt général**
  - 2.7. Modalités pratiques concernant les autorisations**
  - 2.8. Prise en charge financière des travaux de déplacement des réseaux**
- 3. Connaissance du sous-sol – Archivage**
- 4. Organisation de la coordination**
  - 4.1. La coordination dans l'espace**
  - 4.2. La coordination dans le temps**
- 5. Recommandations pour la pose des canalisations**

# 1. Introduction – Les divers réseaux

---

---

Plus encore que par le passé, il est nécessaire, pour réaliser un ouvrage, de se préoccuper de l'existence de ceux des autres services publics et des risques que chacun d'eux peut faire encourir à l'autre.

Cette connaissance de la nature et de l'emplacement des réseaux « divers » permet au gestionnaire de la voie, notamment, de mieux coordonner les différentes interventions des occupants du domaine public.

L'encombrement croissant du sous-sol, particulièrement en zone urbaine, et la complexité des démarches administratives, sont des préoccupations constantes aussi bien pour le maître d'œuvre que pour l'entrepreneur.

En milieu urbain, on rencontre généralement sous les voiries de nombreuses canalisations dont l'implantation complexe, notamment dans certains carrefours, relève de plus en plus du casse-tête chinois.

Sans être exhaustif, on peut citer les canalisations :

- .eaux pluviales ;
- eaux usées ;
- électricité HT, MT et BT ;
- éclairage public ;
- gaz ;
- télécommunications ;
- eau potable, eau brute ;
- chauffage urbain ;
- conduite de transport d'hydrocarbures ;
- conduite de transport de produits chimiques ;
- conduite de transport d'air comprimé ;
- vidéo communication, télécommande, signalisation lumineuse ;
- etc.

---

---

## 2. Aspects administratif et réglementaire

---

---

---

### 2.1 Affectation du domaine public routier

---

Le domaine public routier est affecté à la circulation. De ce fait, la présence de canalisations dans ce domaine n'est admise qu'à la condition que cette présence soit compatible avec l'ensemble des sujétions imposées par la nécessité d'assurer cette circulation, la sécurité des usagers et l'exploitation de la voie.

Les difficultés que soulève cette présence sont de plusieurs ordres :

- ralentissement causé à la circulation du fait de l'ouverture des tranchées ;
- amoindrissement de la résistance des chaussées, perte d'homogénéité des revêtements ;

- frais divers engendrés par les mesures de police et les mesures prises pour réduire l'encombrement des chantiers, frais entraînés par la nécessité d'effectuer des réfections ultérieures de chaussées consécutives à l'affaiblissement de ces dernières, etc. ;
- risque d'explosion dû à la nature de certains fluides contenus dans les canalisations (gaz, combustibles) ;
- nécessité de déplacer certaines canalisations dans le cas où les travaux sont entrepris pour modifier la voie.

Les voies concernées par cette instruction sont conçues pour écouler de forts débits dans les meilleures conditions de fluidité. L'implantation de réseaux divers, autres que ceux nécessaires à l'exploitation de la voie, n'est pas autorisée sur les autoroutes et est à éviter sur les autres voies.

Les divers réseaux autres que ceux nécessaires au fonctionnement de la voie devront donc s'implanter en dehors de la plate-forme routière et leur visite assurée à partir d'accès aménagés à cet effet situés hors de la voie. En aucun cas les interventions diverses sur ces réseaux pour entretien, modification, renouvellement, etc. ne doivent entraîner un rétrécissement des voies de circulation.

Pour les autoroutes, un régime spécial est prévu par l'article 12 du décret n° 56-1425 du 27 décembre 1956 et par la circulaire n° 72-91 du 15 juin 1972.

---

## 2.2 Conditions d'occupation du domaine public

---

Un certain nombre de dispositions législatives et réglementaires régissent les rapports entre les autorités responsables de la voie et les services exploitant les réseaux.

. La pose de canalisations doit faire l'objet soit d'une autorisation de voirie, soit d'une convention (sauf exception prévue par la loi), ou d'un accord sur les modalités d'occupation.

L'occupation du domaine public autoroutier est soumise à l'obtention d'un arrêté du ministre chargé des Transports s'il s'agit d'une occupation longitudinale ou d'un arrêté préfectoral s'il s'agit d'une traversée. Ce régime spécial est applicable à tous les occupants y compris les PTT.

Dans le cas des traversées de lignes de transport ou de distribution d'énergie électrique, une convention dont le modèle a été annexé à la circulaire n° 88-13 du 20 février 1981 remplace l'arrêté préfectoral. Cette convention doit être signée par le commissaire de la République.

- L'occupation du domaine public routier est soumise à une redevance (sauf exonération prévue par la loi).
- Les occupants sont tenus de se conformer aux règlements édictés dans l'intérêt de la bonne conservation et de l'usage du domaine public.
- Les occupants sont responsables de tous les accidents ou dommages qui peuvent résulter de l'existence et du fonctionnement de leurs ouvrages.

## 2.3 Occupation par le service des postes et télécommunications

---

Les articles L.47 et D.407 du Code des postes et télécommunications confèrent à l'administration des postes et télécommunications le droit de placer ses lignes dans le domaine public routier sans permission de voirie. L'autorité gestionnaire de la voie ne peut donc s'opposer à l'exercice de ce droit. Cependant, les impératifs de la coordination impliquent une concertation avec cette autorité (circulaire n° 74-94 du 15 mai 1974 relative à l'occupation du domaine public national relevant du ministère de l'Aménagement du territoire, de l'Équipement et des Transports par les ouvrages des télécommunications).

La loi du 22 juillet 1983 a introduit l'article 47-1 qui précise : « *Les lignes de télécommunications empruntant la voie publique sont établies ou autorisées par l'Administration des postes et télécommunications, qui en détermine le tracé après concertation avec les responsables de la voie. Les travaux nécessaires à l'établissement et à l'entretien des lignes et ouvrages de télécommunications sont établis en se conformant aux règlements de la voirie* ».

Ceci a pour conséquence, d'une part, que les dispositions des arrêtés préfectoraux des 15 janvier 1980 et 15 juillet 1980 réglementant l'occupation du domaine public routier national sont opposables aux PTT et d'autre part, que l'article D.407 du Code des PTT, qui précisait que l'Administration des PTT établissait seule le tracé des lignes de télécommunications, n'est plus opposable aux gestionnaires des voiries.

## 2.4 Occupation des voies publiques par les concessionnaires ou les fermiers des réseaux publics

---

Certains réseaux occupent le domaine public en vertu de dispositions législatives ou d'un décret.

Les distributions publiques d'énergie électrique le font en application de la loi du 15 juin 1906 (modifiée) sur les distributions d'énergie électrique et des décrets des 29 juillet 1927 (modifié) et 15 août 1975.

Les transports de gaz combustible sont réglementés par l'article 30 du décret n° 85-1108 du 15 octobre 1985.

Tous ces textes précisent que leur application doit être faite en conformité avec les règlements de voirie. Ces règlements (arrêtés des 15 janvier 1980 et 15 juillet 1980 pour les routes nationales) doivent être considérés, en matière d'occupation du domaine public, comme les textes « préexistants » et ce sont eux qui fixent, en fait, les conditions d'application des articles L.28 et R.53 du Code du domaine de l'État qui fondent le pouvoir du gestionnaire de voirie sur le domaine public qui lui est confié.

## 2.5 Opérations pour lesquelles aucune disposition législative n'accorde le droit d'occupation des voies publiques

---

Sont dans ce cas les distributions d'eau potable, les distributions de gaz (à ne pas confondre avec le transport), l'éclairage public.

Ce type de canalisation ne dispose pas d'un droit d'occupation du domaine public et des autorisations de voirie sont nécessaires pour l'occupation des voies publiques.

## 2.6 Occupation des voies publiques par les transports privés déclarés d'intérêt général

---

Un certain nombre de transports privés par canalisation peuvent être déclarés d'intérêt général par décret après avis du Conseil d'État.

Entrent dans cette catégorie, les transports d'hydrocarbures liquides ou liquéfiés sous pression (oléoducs) et le transport des produits chimiques.

Les transports d'hydrocarbures sont régis par les dispositions de la loi 58-336 du 29 mars 1958, article II du décret d'application n° 59-645 du 16 mai 1959.

Le droit d'occupation du domaine public par les canalisations de transport de produits chimiques est précisé par l'article 32 du décret n° 65-881 du 18 octobre 1965.

---

## 2.7 Modalités pratiques concernant les autorisations

---

L'autorisation d'occupation du domaine public routier est délivrée par l'autorité responsable de la conservation de la voie considérée.

Elle est également soumise à l'avis de l'autorité chargée de la police de la circulation.

Pour les routes nationales, l'autorisation d'occupation est donnée par le préfet, commissaire de la République.

Les formalités nécessaires à l'obtention des autorisations sont précisées par les arrêtés préfectoraux réglementant l'occupation du domaine public routier national qui ont été pris dans chaque département à la date du 15 janvier 1980, conformément à la circulaire n° 79-99 du 16 octobre 1979 (ministère des Transports).

Des modifications ont été apportées à ces textes par des arrêtés pris de la même façon à la date du 15 juillet 1980 (circulaire n° 80-78 du 19 juin 1980).

L'autorisation est délivrée sous forme d'arrêté ou lorsque l'occupation entre dans une catégorie prévue par un arrêté général d'autorisation, suivant les modalités fixées par les articles A.23 et A.25 du Code du domaine de l'État.

Pour les routes départementales, les permissions de voirie sont délivrées par le président du conseil général.

Pour les voies communales, les permissions de voirie sont délivrées par le maire en application des articles 5 et 17 du décret n° 64-262 du 14 mars 1964 pris en application de l'ordonnance 59-115 du 17 janvier 1959 relative à la voirie des collectivités locales.

À noter que l'arrêté préfectoral type annexé à ce décret n'a plus que valeur de modèle et que les maires peuvent édicter des dispositions différentes qui auront valeur de règlement de voirie.

Il en est de même pour l'instruction générale sur le service des routes départementales (arrêté du 30 mars 1967) que les présidents de conseils généraux peuvent à présent modifier comme ils l'entendent, l'action des collectivités territoriales ne pouvant plus être limitée que par les textes législatifs et leurs règlements d'application.

## 2.8 Prise en charge financière des travaux de déplacement des réseaux

L'instruction annexée à la circulaire n° 83-56 du 4 août 1983 relative à la mise en œuvre de l'arrêté du 4 août 1983 portant déconcentration de décision du ministère des Transports précise qu'en cas d'aménagement du domaine public, le principe actuellement fixé par la jurisprudence est que les concessionnaires de voirie sont tenus de supporter les conséquences financières des travaux de déplacement de leurs ouvrages. En effet, l'occupant est un usager du domaine et des ouvrages construits pour son aménagement normal et bénéficie des avantages du domaine aménagé ; l'absence de toute indemnisation pour des travaux réalisés au profit du domaine occupé n'est que la conséquence de la précarité liée au caractère anormal de l'occupation.

Ce principe ne souffre que deux exceptions. En effet, les concessionnaires peuvent être indemnisés :

1°) Lorsque les travaux ont été entrepris dans un intérêt autre que celui du domaine occupé : le déplacement des ouvrages peut être rendu nécessaire pour l'exécution de travaux entrepris dans un intérêt autre que celui du domaine sur lequel ces ouvrages sont implantés et l'indemnité est due si l'opération vise un résultat étranger au domaine occupé.

Ainsi, les concessionnaires seront indemnisés si des travaux routiers sont entrepris dans l'intérêt du domaine fluvial ou maritime (exemple : reconstruction d'un pont qui gêne la navigation). En revanche, les travaux effectués pour la conservation et l'entretien du domaine occupé tels que l'élargissement d'une voie, d'un pont, l'amélioration ou la dénivellation d'un carrefour, la rectification d'un tracé, la suppression d'un passage à niveau, l'aménagement d'une voie rapide dans la limite des emprises d'une voie existante, ne donnent pas lieu à indemnisation, dans la mesure où ces travaux assurent la conservation du domaine à son adaptation aux besoins de l'affectation.

2°) Lorsque ces travaux entraînent la création d'un ouvrage nouveau ou d'une voie nouvelle distincts dans leur emprise de l'ancien domaine occupé. Le simple caractère nouveau de l'ouvrage ne suffit pas, encore faut-il que l'emprise de celui-ci ait été modifiée.

C'est le cas par exemple des déviations ou des routes nouvelles mais aussi le cas des voies rapides (routes express ou autoroutes) qui emprunteraient les emprises d'une voie existante mais les déborderaient largement. Le Conseil d'État a considéré que dans ce cas les travaux ne sont pas entrepris pour améliorer la voie existante, mais bien pour créer une voie nouvelle (arrêt du CE du 5 décembre 1980 – ministre des Transports c/ RATP).

Il convient de préciser, toutefois, que ce dernier arrêt n'a pas été confirmé par la Haute Assemblée qui, dans des arrêts plus récents, a écarté le critère de l'ouvrage nouveau, rejetant toute indemnité dès lors que les travaux étaient entrepris dans l'intérêt du domaine public considéré et étaient conformes à sa destination (arrêt du CE du 18 mars 1981, Société ELF France et 6 décembre 1981, ministre de l'Équipement c/ Compagnie française de raffinage et autres).

À noter cependant que la circulaire Équipement – PTT n° 74-94 du 15 mai 1974 a fixé dans son article 4.1., des règles d'indemnisation légèrement différentes et indépendantes de l'évolution de la jurisprudence. Ces règles ne sont bien entendu applicables que dans le cas d'ouvrages appartenant aux PTT et dont le déplacement est nécessité par la modification du réseau routier national.

## 3. Connaissance du sous-sol – Archivage

---

---

Quelle que soit la précision du projet, il est indispensable de procéder à une reconnaissance des lieux afin de prendre les meilleures dispositions pour le déroulement du futur chantier.

Il appartient au maître d'œuvre de recueillir toutes les informations sur la nature et la position des ouvrages souterrains ou enterrés existants.

Au moment de l'établissement du projet, il est vivement conseillé au maître d'œuvre de procéder à des démarches écrites auprès des concessionnaires, permissionnaires habituels, services ministériels, organismes publics ou privés, susceptibles de posséder des ouvrages dans l'emprise de la future voie, et des maires qui doivent faire connaître aux occupants les informations ou projets susceptibles d'affecter leurs réseaux.

Les plans fournis par les occupants du domaine public pourront servir de preuve lors du règlement de dommages survenus à des canalisations dont la localisation sur ces plans se révélerait inexacte.

Certaines villes ont pris l'initiative de mettre en place un système de gestion de leurs réseaux souterrains. Les objectifs se placent dans un contexte général de coordination des travaux de voirie et des réseaux afin de disposer d'une parfaite connaissance technique, topographique, économique du sol et du sous-sol au moment de l'étude de chaque projet de modification de leur état.

Le projeteur devra donc consulter les services municipaux pour s'assurer de l'existence d'un tel système, auquel cas sa tâche sera simplifiée dans l'inventaire des réseaux existants. Les cas douteux pourront faire l'objet de quelques sondages de reconnaissance.

L'attention du maître d'œuvre est attirée sur la nécessité d'exiger des plans de récolement après travaux. Ces plans, établis par les occupants du domaine public, doivent être simplement visés par l'Administration<sup>13</sup>.

---

---

## 4. Organisation de la coordination

---

L'implantation des réseaux dans la voirie implique deux types de coordination.

---

### 4.1 La coordination dans l'espace

---

C'est l'ensemble des mesures qui permet la meilleure implantation possible des réseaux et canalisations dans les voies. Cette coordination est assurée par l'ensemble des dispositions définies dans les textes réglementaires, en particulier la faculté donnée à l'autorité propriétaire de la voie d'autoriser ou de refuser une implantation préjudiciable à la voie ou aux autres réseaux.

Pour tout objet, il est souhaitable que le maître d'œuvre propose un plan prévisionnel d'occupation du sous-sol qui devra recueillir l'accord de l'ensemble des futurs gestionnaires (cf. recommandations en cours d'élaboration par le groupe de travail animé par le STU).

---

<sup>13</sup> Il importe d'observer qu'un plan de récolement ne doit jamais être approuvé par l'Administration ; une approbation dégagerait l'occupant de sa responsabilité en cas d'inexactitude du document.

## 4.2 La coordination dans le temps

---

Elle a pour but d'éviter les ouvertures successives et désordonnées des chantiers de pose de canalisations qui, perturbant l'exploitation de la voirie, sont une cause d'insécurité pour la circulation, de gêne pour les riverains et détériorent les chaussées et les trottoirs.

La coordination implique la mise en œuvre d'une procédure fixée pour les routes nationales par l'arrêté préfectoral du 15 janvier 1980 (chapitre III – mesures de coordination).

Pour les voies relevant des collectivités territoriales, la coordination des travaux est régie par les articles 119 à 122 de la loi du 22 juillet 1983 et les textes subséquents.

En toute hypothèse, il est nécessaire de procéder à des réunions de coordination regroupant des représentants des services publics ou privés concernés par la réalisation du projet. Ces réunions, auxquelles participent également des responsables des sites et paysages ont une grande importance pour l'organisation des phasages et du futur chantier.

---

## 5. Recommandations pour la pose des canalisations

---

Avant tout, il faut se rappeler que les voiries sont destinées à la circulation des véhicules et qu'il s'agit de réduire au minimum la gêne occasionnée aux usagers.

Cette circulation ne peut être modifiée que par décision de l'autorité compétente : commissaire de la République ou maire pour l'arrêté de barrage, déviation, interdiction ou limitation, service intéressé par la modification de l'itinéraire d'un transport public ou de tout autre service public ou privé.

Un certain nombre de règles doivent être respectées pour l'établissement des réseaux :

- les canalisations longitudinales doivent être établies le plus loin possible de la chaussée ;
- les canalisations longitudinales et leurs chambres de visite ou de travail doivent être implantées de façon que les interventions qu'elles nécessitent pour quelque cause que ce soit (entretien, modification, renouvellement, etc.) soient exécutées sans emprise sur la chaussée ;
- aux traversées des chaussées, l'emploi de gaines de protection ou de dispositifs permettant l'entretien ou le renouvellement des conduites sans ouverture de tranchée est exigé pour les routes nationales et peut être imposé pour les voies des collectivités locales ;
- l'ouverture de tranchées dans la chaussée ne doit pas être autorisée ; les traversées nouvelles pour pose de conduites ou de branchements doivent faire l'objet de forages horizontaux ;
- une profondeur minimale est imposée par les textes en fonction de la nature des conduites ;
- les divers occupants doivent respecter les distances réglementaires et les règles de sécurité imposées par la présence des autres réseaux.

On peut profiter de la réalisation d'une voie nouvelle pour regrouper l'ensemble des occupants dans les galeries visitables, mais il faut reconnaître que la pose de canalisations dans les galeries génère des problèmes quant aux distances à respecter entre les différentes canalisations et se heurte à l'hostilité de Gaz de France pour des raisons de sécurité. Il convient par ailleurs d'examiner sous quelle forme et à qui incombe la gestion de l'ouvrage.

## Réalisation des travaux

### Sommaire

1. Éléments à prendre en compte
2. Recommandations
3. Exploitation sous chantier

---

# 1. Éléments à prendre en compte

---

L'exécution d'un chantier en site urbain est généralement rendue complexe par la multiplicité des problèmes qui tiennent à la nature particulière du site des travaux.

Si elle a été mal préparée, l'ouverture d'un chantier est mal vécue par la population. Ce mécontentement se traduit par des plaintes ou des réclamations individuelles ou collectives, adressées aux autorités locales. Les organes d'information se font l'écho de ces réactions et les amplifient, pouvant contraindre le cas échéant à un changement dans l'organisation des travaux et dans les moyens mis en œuvre pour les réaliser.

Ces réactions trouvent leur fondement en particulier dans :

- le traumatisme psychologique dû au signe visible et brutal que ce dont on ne parlait jusqu'à présent que sous le terme « projet » va être réalisé de manière irréversible. C'est le début d'une longue période d'adaptation ;
- la gêne directe ou indirecte provoquée par les travaux :
  - détérioration des conditions d'habitation des logements situés à proximité du chantier ;
  - nuisances apportées à l'environnement visuel ou sonore : poussière, salissures, bruit, vibrations... ;
  - perturbations de la circulation automobile et piétonne ;
  - restrictions de stationnement à proximité du chantier ;
  - problèmes d'accès pour la livraison et l'approvisionnement des commerçants ou des industriels ;
- le préjudice causé à certains riverains par l'ouverture du chantier :
  - dommages susceptibles d'être causés aux constructions par l'exécution des travaux ;
  - diminution des transactions commerciales dans le secteur intéressé.

Il convient donc de ne pas sous-estimer ces aspects très sensibles sur lesquels les personnes réagissent très souvent.

---

## 2. Recommandations

---

Le milieu urbain ayant un caractère évolutif, et compte tenu du délai parfois long entre l'avant-projet et l'exécution des travaux, il convient de reprendre l'examen des divers facteurs envisagés dans l'étude d'environnement, au besoin en les complétant et en les actualisant. Cette action se matérialise ainsi par des dispositions à adopter sur les plans technique et administratif, ainsi que par la poursuite ou la reprise d'une communication aussi complète que possible avec le public et les personnes directement concernées par le projet.

- Sur le plan technique, le projeteur doit penser aux conditions dans lesquelles se déroulera le chantier, eu égard à son environnement ainsi qu'aux dispositions à prendre en vue de réduire les nuisances. On évite ainsi que la prise en considération tardive de ces éléments ne constitue, lors de l'exécution, une série de faits nouveaux susceptibles de perturber le déroulement normal des travaux et de mettre en cause l'économie globale du projet. Une réflexion doit être menée afin de prévoir, dans le cadre du phasage des travaux, les conditions minimales de maintien des circulations, des cheminements piétonniers...

On doit s'assurer également, par une programmation rigoureuse que la réalisation du chantier n'entraînera pas de gêne excessive pour les riverains.

- Sur le plan administratif, il faut assurer le suivi des affaires foncières dans le souci de réduire le traumatisme causé par les expropriations.
- Information du public et des personnes concernées par le projet (consulter le document *Voies pour la communication* de la direction des Routes et de la délégation à la Qualité de la vie – décembre 1984) : bien que le public ait été informé du projet tout au long de l'étude et par l'enquête préalable à la déclaration d'utilité publique, la concertation et l'information doivent continuer après la DUP, ne serait-ce que pour annoncer, une fois la DUP prononcée, les décisions prises et, le cas échéant, les adaptations apportées au projet. De plus :
  - pendant la phase de consultation des entreprises : vérifier que les aménagements prévus dans le projet qui concernent directement les riverains (le rétablissement des accès, la pose de clôtures... ) sont bien toujours les plus adaptés ;
  - juste avant l'ouverture du chantier : rappeler le projet (qui peut être un peu oublié depuis la DUP), informer sur les modifications de circulation... ;
  - pendant les travaux : indiquer le lieu où s'adresser en cas de problème, organiser des visites du chantier.

### 3. Exploitation sous chantier

Le dossier pilote du directeur des travaux donne les éléments de base pour l'élaboration du dossier d'exploitation.

Le tableau ci-après rappelle le mode d'exploitation envisageable selon la largeur de la chaussée laissée libre à la circulation.

Pour la signalisation de chantier, on se référera au *Manuel du chef de chantier – signalisation temporaire*.

**Mode d'exploitation envisageable selon la largeur de la chaussée libre à la circulation**

Mode d'exploitation	Largeur <sup>1</sup> de la chaussée libre à la circulation	
	En présence de poids lourds	En l'absence de poids lourds
2 sens de circulation	≥ 6 m	≥ 5 m
1 sens de circulation (alternatif)	≥ 3 m	≥ 3 m voire 2,50 m en des points singuliers
Détournement obligatoire de tout le trafic	< 3 m	< 3 m

<sup>(1)</sup> y compris éventuellement le supplément de largeur gagné sur les accotements moyennant des aménagements.

NB : on peut être amené à déroger à ces règles moyennant des précautions en sites difficiles ou en cas de circulation très faible.

## **Partie IV**

# **Passage d'une voie rapide urbaine dans un site difficile**

## Sommaire

### **1. Généralités**

### **2. Valeurs limites – Précautions d'utilisation**

#### **2.1. Réduction des valeurs des rayons en plan**

2.1.1. Voies à caractéristiques autoroutières

2.1.2. Voies de type U

#### **2.2. Pentés et rampes limites**

2.2.1. En rampe

2.2.2. En pente

#### **2.3. Rayons en point haut**

#### **2.4. Profil en travers**

#### **2.5. Dimensionnement des voies d'accès**

#### **2.6. Réduction des caractéristiques sur les bretelles d'échangeur**

# 1. Généralités

---

---

On considère qu'une voie rapide urbaine passe dans un site difficile (du fait de contraintes diverses liées à l'environnement, à l'occupation du sol ou du sous-sol, ou d'ordre géotechnique, hydrologique...) à partir du moment où ses caractéristiques présentent une hétérogénéité marquée avec les caractéristiques régnant sur l'ensemble de son tracé et entraînant une modification du comportement des usagers.

C'est ainsi que l'implantation d'un rayon en tracé en plan inférieur au rayon minimal peut impliquer un abaissement de la vitesse.

De même, un profil en travers réduit régnant sur une distance importante confère à la voie le caractère de passage en site difficile, dû à l'inconfort qu'il entraîne.

La mise en œuvre de caractéristiques réduites sur un ou plusieurs éléments du projet (plan, profil en long, profil en travers) ne peut se faire indépendamment du traitement des autres éléments du projet :

- ne pas réduire simultanément le tracé en plan et le profil en long, de façon à éviter l'addition de deux difficultés de natures différentes : problèmes de négociation d'une courbe ajoutés à un manque de visibilité dû à un angle saillant par exemple ;
- ne pas réduire à la fois les caractéristiques en tracé en plan ou profil en long et les caractéristiques en profil en travers. Le profil en travers doit cependant être adapté – pour ne pas donner une impression trompeuse de confort par réduction de certains de ses composants, et par l'implantation d'aménagements et de mobilier contribuant à accroître l'impression de défilement - de façon à ce que l'usager réduise sa vitesse.

Les caractéristiques réduites doivent nécessairement être introduites par une section de transition destinée à mettre en alerte l'usager.

De plus, leur adaptation doit nécessairement faire l'objet d'une demande de dérogation (pour ce qui concerne les projets dont la maîtrise d'ouvrage est assurée par l'État).

---

---

## 2. Valeurs limites – Précautions d'utilisation

---

---

---

### 2.1 Réduction des valeurs des rayons en plan

---

Qu'il s'agisse d'un rayon isolé ou d'une suite d'éléments à faibles caractéristiques, les mesures qui doivent accompagner leur implantation sur le terrain sont les suivantes :

- à leur approche :
  - une zone de transition (caractéristiques proches du minimum normal, revêtements sonores...) doit être envisagée afin de mettre l'usager en éveil ;
  - une signalisation spécifique ;
  - une bonne perception ;
- dans leur parcours :
  - le renforcement éventuel des dispositifs de sécurité ;
  - le respect des distances de visibilité relatives aux distances d'arrêt, notamment en présence d'obstacles latéraux.

### 2.1.1 Voies à caractéristiques autoroutières

Pour les voies de type A, les valeurs des courbes en plan peuvent exceptionnellement être abaissées à 200 et 350 m respectivement pour les catégories A 80 et A 100 avec un devers transversal de 7 %, de devers pouvant être réduit dans les zones à climat rigoureux.

### 2.1.2 Voies de type U

Pour les voies de type U, les valeurs des courbes en plan peuvent exceptionnellement être réduites sur justification particulière à 40 et 120 m pour les catégories U 60 et U 80, sans qu'il soit nécessaire de les déverser vers l'extérieur du virage.

---

## 2.2 Pentes et rampes limites

---

Les rampes influent fortement sur la vitesse des PL et conduisent à une forte hétérogénéité des vitesses. Les longues pentes peuvent conduire à des risques de rupture de freins.

### 2.2.1 En rampe

En rampe très accentuée, on doit s'attacher à :

- maintenir une bande d'arrêt ou d'accès d'urgence normale dans les zones à rampe supérieure ou égale à 3 % ;
- soigner la réalisation et l'entretien des revêtements ;
- mettre en place une signalisation appropriée et interdire le dépassement aux PL.

### 2.2.2 En pente

Dès que la déclivité atteint 4 % sur plus de 300 m, on doit s'attacher à l'accompagner des mesures suivantes :

- signalisation de son intensité et de la distance restant à parcourir, ceci à intervalles réguliers ;
- signalisation d'interdiction de dépassement aux PL et caravanes et informer les usagers d'avoir à user de leur frein moteur ;
- soigner la réalisation et l'entretien des revêtements ;
- si le trafic PL est important, il convient d'envisager la réalisation des lits d'arrêts pour les fortes pentes de grandes longueurs.

Par ailleurs, des précautions s'imposent pour l'implantation de sorties sur courbes de rayons inférieurs aux rayons non déversés situées dans des pentes supérieures à 4 % sur plus de 300 m. Généralement ces dispositions sont à éviter sauf dans les 200 à 300 premiers mètres de la descente.

---

## 2.3 Rayons en point haut

---

Exceptionnellement les valeurs limites des rayons en angle saillant peuvent être déduites des distances de visibilité sur feux arrière et donc être les suivantes :

Catégorie	U 60	U 80-A 80	A 100
R (m)	1 000 (m)	2 000 (m)	5 000 (m)

Ces valeurs limites sont à proscrire à l'approche des carrefours plans et des déboîtements de bretelles.

---

## **2.4 Profil en travers**

---

On se reportera aux règles de réduction indiquées au § 3.3 du chapitre intitulé « Géométrie liée au débit ».

Dans le cas de la suppression de la BAU, on peut envisager l'implantation de points d'arrêts situés dans des zones de bonne visibilité.

---

## **2.5 Dimensionnement des voies d'accès**

---

On reprendra les valeurs minimales du guide pour le dimensionnement des voies d'accès en site difficile.

Pour les accès à gauche, on se reportera au Titre II - partie 1 – Caractéristiques principales du projet – Échange 3.2.2.3 : Dispositif d'entrées et de sorties à gauche.

---

## **2.6 Réduction des caractéristiques sur les bretelles d'échangeur**

---

Les conditions d'attention concentrée des conducteurs dans les systèmes d'échanges permettent, mais avec précaution, de déroger légèrement aux normes.

Les modalités de réduction des caractéristiques dans les échangeurs s'effectuent alors selon le même processus que celui exposé pour la section courante dans les § 2-1, 2-2, 2-3, 2-4 ci-avant, en portant une attention particulière aux bretelles directes des nœuds.

## **Partie V**

# **Équipements**

**Équipements de gestion de trafic**  
**Équipements de sécurité**  
**Équipements de signalisation de direction  
et d'indication**  
**Évacuation des eaux**  
**Éclairage**  
**Aires annexes**

# Équipement de gestion du trafic

## Sommaire

### **Introduction : la gestion dynamique du trafic**

- 1. Définition des niveaux de service**
- 2. Critères impliquant la mise en œuvre des divers niveaux de service**
- 3. Services rendus et moyens nécessaires**
  - 3.1. Centre de gestion du trafic**
  - 3.2. Poste dit « O »**
  - 3.3. Les moyens nécessaires à la réalisation des quatre niveaux de service**
- 4. Régulation des feux**
  - 4.1. Principes de régulation**
  - 4.2. Les différents programmes de régulation**
  - 4.3. Principes de phasage des feux**
  - 4.4. Documents sur le calcul des carrefours à feux et des coordinations d'axes ou de réseaux**

### **Annexe**

# Introduction : la gestion dynamique du trafic

---

---

La gestion dynamique du trafic a pour objet d'offrir aux usagers les services destinés à les secourir, les informer, leur apporter de meilleures conditions de circulation.

Ces équipements sont des matériels d'observation du terrain, à la disposition du gestionnaire de la voie, et des matériels installés sur le site, commandés automatiquement ou manuellement, destinés à assurer la sécurité et l'information de l'automobiliste. Le téléphone d'appel d'urgence, mis à la disposition des usagers en difficulté, est assimilé aux équipements dynamiques.

Il faut savoir que, d'une manière générale, tous les équipements doivent être installés, soit sur accotement, derrière les glissières de sécurité, soit sur portique au-dessus de la chaussée. Cette disposition permet au personnel d'intervenir en toute sécurité pour entretenir, réparer, transformer les installations existantes.

---

---

## 1. Définition des niveaux de service

---

---

Les services offerts à l'utilisateur par les équipements dynamiques de gestion du trafic se divisent en quatre niveaux. Chaque niveau de service comporte les services offerts par les niveaux inférieurs plus ses propres spécificités.

### **Niveau 1**

L'utilisateur peut demander du secours 24 heures sur 24 au moyen de postes d'appel téléphonique régulièrement espacés sur la voie rapide urbaine.

### **Niveau 2**

À ce niveau, dans un but de sécurité, l'utilisateur peut être invité à modifier sa vitesse, voire à s'arrêter, et à respecter un espace intervéhiculaire correct.

L'utilisateur peut être informé en temps réel sur les conditions de circulation qu'il va rencontrer en aval. L'information délivrée est sommaire. Elle a pour objectif essentiel d'améliorer la sécurité par l'affichage de mentions telles que « accident – bouchon – chaussée rétrécie » ou d'indications de restriction de circulation, etc.

### **Niveau 3**

Les usagers peuvent rencontrer de meilleures conditions de circulation sur les voies rapides urbaines grâce à des actions dynamiques de régulation de trafic. Par régulation de trafic, il faut entendre un ensemble d'actions mettant en jeu des systèmes permettant d'influer sur le trafic en temps réel.

Ces actions peuvent être les suivantes :

- a) l'utilisateur sera informé en amont des divergents des voies rapides urbaines constituant un point de choix d'itinéraires ;
- b) au niveau des accès à la voie rapide urbaine, on pourra :
  - éviter à l'utilisateur de s'engager sur une section saturée où il perdra beaucoup de temps ;
  - offrir à l'utilisateur des conditions de circulation améliorées en limitant le nombre de véhicules accédant à la voie rapide urbaine ;
  - informer l'utilisateur qui s'apprête à s'engager sur la voie rapide urbaine des difficultés de circulation qu'il risque d'y rencontrer ;
- c) agir au niveau des convergents des voies rapides urbaines pour offrir de meilleures conditions de circulation ;
- d) indiquer des vitesses aux usagers pour améliorer la sécurité et le confort de la conduite.

#### Niveau 4

Il s'agit à ce niveau d'optimiser en temps réel l'écoulement des trafics tant sur les voies rapides urbaines que sur leur réseau associé car, bien que la présente instruction ne concerne que les voies rapides urbaines, il paraît opportun de définir un niveau de gestion du trafic prenant en compte les voies du réseau de surface associé aux voies rapides urbaines.

Les deux premiers niveaux ont pour objectif principal la sécurité des usagers des voies rapides urbaines, tandis que les deux derniers ont pour but d'optimiser les performances des infrastructures.

## 2. Critères impliquant la mise en œuvre des divers niveaux de service

Compte tenu des actions de gestion du trafic envisagées, les critères à retenir figurent dans le tableau ci-après.

Au moment des études préalables, les actions correspondant aux niveaux de service 2 et 3 doivent être examinées simultanément.

Outre les services directement rendus aux automobilistes, il faut prévoir des services d'exploitation :

- des boucles de comptage : statistiques de trafic (débits, encombrements, vitesse moyenne pratiquée, etc.) ;
- des caméras de télévision permettant d'apprécier les états de trafic et les accidents.

Niveau de service	Actions de gestion du trafic	Critères à retenir
1	<p><b>Assistance à l'utilisateur</b></p> <p>L'utilisateur peut demander du secours au moyen du réseau d'appel d'urgence (RAU).</p>	Ce niveau est généralement nécessaire dès la mise en service de la voie rapide urbaine.
2	<p><b>Sécurité de l'utilisateur</b></p> <p>Cas d'un contexte accidentogène : l'utilisateur est incité à modifier son comportement par information sur les conditions de circulation à l'aval.</p>	<p>Indice de saturation prévisible élevé. Cet indice est défini par le nombre moyen d'heures par jour pendant lesquelles le trafic est supérieur à 80 % de la capacité (60 % des accidents sur voie rapide urbaine ont lieu dans cette configuration).</p> <p>Mouvements d'échanges importants amenant des cisaillements ou des changements de voie fréquents.</p> <p>Caractéristiques géométriques difficiles.</p> <p>Sections particulières telles que tunnels, tranchées couvertes ou sections à environnement à risque (exemple : proximité d'usines de produits chimiques).</p>
3	<p><b>A. Information de l'utilisateur aux divergents</b></p> <p>Cette information doit permettre à l'utilisateur de choisir le meilleur itinéraire possible. Elle peut être étendue au niveau des diffuseurs importants.</p> <p>Elle permet à l'utilisateur d'éviter une section saturée, notamment par suite d'accidents ou de travaux.</p>	<p>Configuration maillée du réseau (voie rapide urbaine ou autre voie à forte capacité offrant à l'utilisateur un choix d'itinéraires de substitution).</p> <p>Section aval de la voie rapide urbaine à fort risque de saturation.</p>

	<p><b>B. Gestion des entrées</b></p> <p><b>1) Fermeture d'une entrée</b> Cette action est intéressante en cas de situation de détresse sur la VRU ou en cas de travaux réduisant de manière notable la capacité de la voie rapide urbaine.</p> <p><b>2) Contrôle d'une entrée</b> Cette mesure, en répartissant le trafic dans le temps et dans l'espace, permet à l'utilisateur d'obtenir de meilleures conditions de circulation aux heures de pointe. Cette action peut limiter le trafic induit.</p> <p><b>3) Information</b> L'information sur le réseau ordinaire au niveau de l'entrée sur la VRU permet à l'utilisateur de connaître l'état de l'entrée (fermée, contrôlée ou libre) ; elle permet également d'informer l'utilisateur de façon plus complète par des mentions telles que « accident – travaux – bouchons » et, éventuellement, de lui donner des conseils d'itinéraires. Cette action évite à l'utilisateur de s'engager sur une section de VRU saturée.</p>	<p>Débit prévisible de l'entrée. Section aval de la voie rapide urbaine à fort risque de saturation. Possibilité d'itinéraires de substitution.</p> <p>Forte saturation prévisible de VRU aux heures de pointe. Existence d'itinéraires de substitution même partiels (diminution des trajets courts ou en « baïonnettes » sur la VRU. Capacité de stockage de la bretelle suffisante. Globalité du système : ce contrôle ne se conçoit que sur un ensemble d'entrées consécutives afin de ne permettre sur la VRU que le débit correspondant à la capacité des sections critiques situées en aval.</p> <p>Si l'entrée est équipée d'un système de fermeture, l'information « entrée fermée » est nécessaire. Les autres informations sont cependant souhaitables. Si l'entrée est équipée de feux de régulation, on examinera l'opportunité d'informer l'utilisateur en fonction du débit prévisible.</p>
	<p><b>C Traitement des convergents</b></p> <p>Cette action a pour but d'améliorer la sécurité et la fluidité au niveau de la convergence de la voie rapide urbaine avec une autre voie (VRU ou autre).</p>	<p>Très fort déséquilibre à certaines périodes horaires dans les trafics convergents.</p>
	<p><b>D Régulation de vitesse</b></p> <p>Une vitesse indiquée aux usagers permet de réduire les écarts de vitesse entre les véhicules et d'assurer un meilleur écoulement du trafic.</p>	<p>Risque important de saturation. Pentes longues et fortes entraînant une hétérogénéité importante des vitesses.</p>
<p>4</p>	<p><b>Optimisation du trafic sur l'ensemble du réseau routier</b></p> <p>Optimiser en temps réel l'écoulement des trafics, tant sur les voies rapides urbaines que sur leur réseau associé.</p>	<p>Ce niveau ne sera envisagé qu'à partir du moment où des actions de gestion du trafic en temps réel sont possibles sur le réseau associé.</p>

## 3. Services rendus et moyens nécessaires

---

---

L'organisation de la gestion du trafic des voies rapides urbaines doit tenir compte, d'une part de la nature et de l'étendue du réseau contrôlé et, d'autre part, des grands courants de trafic qui empruntent ce réseau.

Cette organisation doit être définie dans le cadre d'une concertation entre les divers services concernés : forces de police, ministère des Transports, collectivités locales.

Il faut noter que cette organisation doit également tenir compte de l'intervention des services d'entretien du réseau.

---

### 3.1 Centre de gestion du trafic

---

La réalisation d'un centre de gestion du trafic s'impose si le réseau de voies rapides à gérer est suffisant (de l'ordre de 40 km) ou si la voie rapide comporte des ouvrages exceptionnels, tels qu'un long tunnel.

Si le réseau n'est pas suffisant pour justifier un centre de gestion du trafic, il peut s'agir d'un simple poste d'intervention ou point d'appui nécessaire aux forces de police appelées à intervenir rapidement. En toute hypothèse, il est nécessaire qu'un service de gestion de la voirie prenne en charge la voie rapide urbaine.

Dans tous les cas, le site d'implantation doit être choisi dans la perspective de la connaissance des aménagements routiers futurs.

La localisation des centres de gestion du trafic est une question à aborder lors de l'établissement du programme du projet de voie rapide.

Les principes d'organisation des centres de gestion du trafic sont très évolutifs. La conception peut fortement varier selon que le réseau de voies rapides est maillé ou non. Le projeteur devra donc faire appel à des spécialistes de la direction de la Sécurité et de la Circulation routières (DSCR).

---

### 3.2 Poste dit « O »

---

Le réseau d'appel d'urgence (RAU) est généralement nécessaire dès la mise en service de la voie rapide urbaine. Il doit être relié au centre de gestion du trafic ou à défaut à une gendarmerie ou à un commissariat de police.

Tout système de secours mis à disposition de l'utilisateur suppose l'existence préalable du poste dit « O ».

Ce poste désigne l'infrastructure nécessaire pour installer les réseaux de câbles associés aux équipements dynamiques de gestion du trafic, y compris le RAU.

Le dimensionnement des réseaux se fait en fonction des caractéristiques propres de la voie, des trafics prévisibles et du volume d'équipements envisageable. Le nombre de fourreaux doit non seulement permettre de satisfaire en totalité les besoins potentiels, mais également assurer une réserve suffisante de l'ordre de 20 % des besoins.

Le projeteur peut se référer au dossier : *Aménagement des voies rapides poste « O »* établi par la Dreif/Desret.

Ce dossier recense de façon exhaustive la totalité des besoins en matière de fourreaux et de chambres le long des voies rapides urbaines en région parisienne. Il va de soi que, sur la base de ce document, chaque cas doit faire l'objet d'une étude spécifique.

---

### 3.3 Les moyens nécessaire à la réalisation des quatre niveaux de service

---

Les équipements dynamiques correspondant aux quatre niveaux de service rendu aux usagers sont donnés dans l'annexe.

Le projeteur peut trouver des spécifications techniques dans le guide technique *Équipement et exploitation des voies rapides urbaines (opération Corridors)* établi par le Seres et le Setra.

Le concepteur doit également penser, dès l'établissement du programme, aux moyens en personnels nécessaires pour la gestion des équipements et leur maintenance. Outre le personnel de police, le personnel chargé de la gestion du trafic et de la maintenance des équipements peut varier, selon le kilométrage de voies considérées et le niveau de service rendu à l'utilisateur, de une à environ douze personnes.

---

## 4. Régulation des feux

---

---

### 4.1 Principes de régulation

---

On regroupe sous le terme de régulation de trafic des méthodes d'optimisation des flux de circulation (tous modes confondus) par la mise en place des feux de carrefour.

La régulation fait appel à des matériels électroniques et informatiques (automates) dont le rôle est d'adapter le fonctionnement des feux en tenant compte des circulations et de l'ensemble des objectifs que l'on s'est fixés.

Il est donc nécessaire, pour aborder le problème de la régulation, de définir des modèles permettant d'intégrer sous forme acceptable par les matériels de régulation, l'ensemble des objectifs fixés et l'ensemble des contraintes encadrant l'action possible des feux.

Cette intégration doit nécessairement se baser sur les paramètres mesurables qui doivent permettre de :

- décrire les plans de feux (durée de cycle, décalages, répartition du vert) ;
- appréhender la demande sur le réseau (débit, taux d'occupation...) ;
- définir les niveaux de service caractérisant les conditions de circulation (temps de parcours, nombre d'arrêts...).

---

### 4.2 Les différents programmes de régulation

---

La coordination des feux d'un itinéraire ou d'un réseau apporte un confort certain à l'automobiliste ; en décalant correctement entre eux les feux successifs, elle permet de maîtriser la vitesse des véhicules et de diminuer les accidents par collision arrière. Elle impose un cycle commun à tous les carrefours et la

commutation simultanée des différents plans de feux. Maintenant possible sans câble de liaison entre carrefours grâce aux matériels conformes aux spécifications PIAF, elle est donc facile à mettre en œuvre et à entretenir. C'est pourquoi, là où les feux sont coordonnables, il faut les coordonner.

Des programmes utilisables sur micro-ordinateur permettant d'élaborer des plans de feux de coordination sont disponibles au Cetur :

- Talon pour une coordination géométrique sur itinéraires par ondes vertes ;
- Thebes pour une coordination par minimisation des retards sur réseaux ou itinéraires.

---

### 4.3 Principes de phasage des feux

---

Le découpage en phases est le point de départ de toute analyse du fonctionnement d'un carrefour à feux et c'est donc la partie la plus importante.

Il fait appel aux notions suivantes :

- mouvements conflictuels ;
- connaissance des différents flux de circulation quel qu'en soit le mode ;
- aspect géométrique : nombre de voies, affectations, longueur de stockage ;
- connaissance des possibilités des matériels.

L'objectif est de trouver le fonctionnement optimum qui minimise la charge du carrefour.

Pour cela, différents schémas de découpage en phases peuvent être testés. Les trois principaux sont les suivants :

- le deux-phases simple ;
- le trois-phases simple ;
- le trois-phases avec tourne-à-gauche à l'indonésienne.

À chaque schéma de découpage en phases doit correspondre la géométrie la mieux adaptée.

D'une façon pratique, la réalisation d'un découpage en phases revient à examiner presque exclusivement la situation des véhicules en tourne-à-gauche sous le double aspect :

- géométrie du carrefour (longueur des chaussées et spécialisation des voies) ;
- importance des mouvements (nombre de véhicules en situation de tourne-à-gauche).

Pour le traitement des tourne-à-gauche, on peut se reporter au guide *Le Coq 73* ou aux travaux en cours du groupe de travail « calculs de feux » Cetur.

---

### 4.4 Documents sur le calcul des carrefours à feux et des coordinations d'axes ou de réseaux

---

Se reporter à la bibliographie, en fin d'ouvrage.

# Annexe

Niveau de service	Services rendus aux usagers		Moyens physiques nécessaires au gestionnaire	
	Action	Matériel à l'intention des usagers	Matériel au centre de gestion du trafic	Matériel sur le terrain
1	Secours aux usagers (pannes, accidents)*.	Bornes du réseau téléphonique d'appel d'urgence (RAU).	Pupitre avec radio téléphone extérieur et synoptique ou carte routière permettant de situer les bornes d'appel	Poste 0 RAU
	Secours aux usagers dans les tunnels.	Les différents moyens de secours sont décrits dans la fiche « Tunnels et tranchées couvertes ».		
2			Pupitre équipé pour la commande et le contrôle des équipements de niveaux 2 et 3 et synoptiques visualisant les états du trafic.	
	Rappel aux usagers pris individuellement de la vitesse réglementaire.	Rappel de vitesse à commande automatique local. Panneaux disposés en des points singuliers, en particulier aux lieux de modification de la vitesse réglementaire.		Boucles de détection ou radars
	Rappel aux usagers pris individuellement du gabarit du tunnel.	Panneau de rappel disposé à l'amont de la dernière sortie précédant le tunnel.		Cellule photoélectrique ou autre système détectant les véhicules hors gabarit.
	Arrivée rapide des secours en cas d'accident.		Détection automatique des accidents (algorithme de traitement des données du trafic)**	Boucles de détection : 1 boucle par voie, pas de 500 m environ.
			Détection de certains accidents à l'image : . adaptation de moyens de secours ; . guidage de ces moyens de secours sur le lieu de l'accident.	Caméras de télévision, espacement moyen fonction de la géométrie pour une couverture totale ; Couverture partielle : caméras aux diffuseurs importants, aux échangeurs et zones à risques d'accidents.
			Moniteurs (images cycliques : 1 moniteur pour 3 caméras + 2 moniteurs pour examiner un lieu fixe au choix).	

	Assurer en toute sécurité les échanges avec les voies transversales.	Feux tricolores		Boucles de détection ou radars Matériel de commande
	Améliorer la fluidité sur la VRU comportant plusieurs carrefours à niveau rapprochés tout en assurant une bonne sécurité.	Feux tricolores	Synoptiques reproduisant l'état des feux. Commande des programmes.	Boucles de détection Matériel de commande
3	Incitation au délestage à l'amont d'une section saturée.	Panneaux à messages variables (PMV) de régulation : implantation à l'amont d'un divergent ou d'un point de choix d'itinéraires.	Commande manuelle ou semi-automatique (algorithme de gestion).	Boucles de détection ou caméras à l'aval des deux itinéraires. Caméras au point de choix.
	Circulation détournée en cas d'incident grave ou de réduction importante de capacité sur la voie rapide.	Système de fermeture d'accès : barrières, panneaux B1 et PMV d'information télécommandés sur le réseau de surface au niveau de l'accès.	Pour chaque accès : commande et contrôle de l'ouverture, de la fermeture manuelle et de l'état des PMV.	
	Gain global de temps de parcours.	Contrôleurs d'accès (feux, panneaux réglementaires de présignalisation, PMV d'information à proximité de l'accès).	Télécommande et contrôle d'état : mode préprogrammé et mode manuel, éventuellement moniteur de télévision.	Boucles de détection de file d'attente sur les bretelles d'accès ou caméras.
	Indication de l'état de l'accès (ouvert, fermé, contrôlé) et/ou information sommaire concernant la VRU (accidents, bouchons, travaux, etc.).	PMV d'information implantés sur les voies du réseau de surface immédiatement à l'amont des accès	Commande : . automatique pour l'état de l'accès (fermé ou contrôlé) ; . manuelle pour autre information. Éventuellement moniteurs.	Boucles de détection sur la VRU en aval de l'accès ou caméras.
	Meilleur écoulement du trafic au niveau d'un convergent (sécurité, fluidité).	Systèmes d'affectation de voies aux convergents. Espacement moyen des panneaux d'affectation : 200 m (à adapter selon la géométrie de la voie).	Mode automatique programmé et mode manuel. Moniteur de télévision	Sur chaque branche de voie rapide, boucles de détection à l'amont du convergent (caméra au convergent).
	Indication de la vitesse assurant un écoulement optimal du trafic.	Système composé de rampes comportant un panneau de vitesse indiquée pour chaque voie de circulation ; espacement moyen fonction des entrées-sorties et de la géométrie (en général 500 m).	Mode automatique	Boucles de détection ou radars.

\* Principaux services intervenants : police, DDE, pompiers, Samu, dépanneurs agréés

\*\*Remarque : suppose l'observation au moins partielle du terrain (caméras et moniteurs associés)

# Équipements de sécurité

## Sommaire

### Introduction

1. Aménagement des points d'échanges
2. Marquage horizontal
3. Balisage
  - 3.1. Balisage latéral
  - 3.2. Balisage ponctuel
4. Signalisation verticale de police
5. Limitation de vitesse
6. Dispositifs de retenue
- Voie de catégorie A
- Voie de catégorie U
7. Éclairage
8. Réseau d'appel d'urgence
9. Points d'arrêt
10. Clôtures

Le présent chapitre définit les équipements de sécurité qu'il y a lieu de prévoir lors de l'établissement d'un projet de voie rapide et leur mode d'utilisation.

Il a été élaboré à partir des *Guides de programmation et techniques des actions d'équipement des corridors urbains* (Setra) et du *Guide technique d'équipement et d'exploitation des voies urbaines* (DRCR).

Les textes officiels relatifs à la sécurité routière sont énumérés et répertoriés dans le *Mémento de la CDES* (direction des Routes et de la Circulation routière). La mise en place des dispositifs préconisés se fait obligatoirement à l'aide de matériels homologués. Un soin particulier doit être porté au choix de ces matériels, quant aux contraintes d'exploitation et d'entretien.

---

## 1. Aménagement des points d'échanges

---

Les caractéristiques géométriques sont des facteurs essentiels de la sécurité au droit des points d'échanges. Ce n'est que dans un deuxième temps que l'on détermine les équipements de sécurité à mettre en place en se référant pour leur implantation aux textes officiels.

---

## 2. Marquage horizontal

---

Il doit être conforme à l'instruction interministérielle sur la signalisation routière (Livre I – septième partie : marques sur chaussées) ainsi qu'aux articles 274 à 279 du Livre II sur la signalisation des autoroutes (modifiés par la circulaire n° 73-138 du 11 juillet 1973).

Le marquage horizontal est fréquemment complémentaire de la signalisation de direction. Par conséquent, il importe de mener conjointement les deux projets en conformité avec les règles édictées dans la circulaire interministérielle n° 82-31 du 22 mars 1982 relative à la signalisation de direction.

---

## 3. Balisage

---

---

### 3.1 Balisage latéral

---

#### **Délinéateurs (balise J6) :**

La mise en place de ces balises n'est envisagée qu'en l'absence d'éclairage public. Les balises J6 doivent être implantées, d'une façon continue, sur toute la longueur de la voie rapide urbaine. Les conditions d'emploi et de maintien en état sont explicitées dans les textes officiels. Une attention particulière doit être portée aux problèmes d'entretien, car seule une maintenance soignée permet aux délinéateurs d'assurer correctement leur rôle.

#### **Plots rétroréfléchissants :**

L'utilisation des plots rétroréfléchissants n'est prévue que comme un complément au marquage horizontal, lorsque celui-ci s'avère insuffisant, notamment de nuit par temps pluvieux.

## 3.2 Balisage ponctuel

---

### **Balise J4 :**

Elle sert à signaler les virages particulièrement dangereux. On ne devrait trouver ces balises que sur les attaches à rayons faibles.

### **Balise J5 :**

Elle ne sert qu'à signaler les têtes d'îlots directionnels (dans le cas de chaussées bidirectionnelles).

### **Balisage des îlots séparant deux courants de trafic de même sens :**

Il s'effectue au moyen de pales vertes et blanches disposées de telle façon que la perception de la séparation des deux courants qu'elles signalent soit la meilleure possible pour un usager situé à une centaine de mètres en amont.

---

## 4. Signalisation verticale de police

---

Ce paragraphe concerne la signalisation verticale, excepté la signalisation de direction et d'indication, qui fait l'objet d'un chapitre particulier.

On utilise généralement des panneaux de gamme « grande » pour les voies de type A et des panneaux de gamme « normale » pour les voies de type U.

Pour la signalisation des carrefours à niveau, on se référera à l'instruction interministérielle sur la signalisation routière, Livre I, troisième partie : intersections et régimes de priorité.

Les feux tricolores sont implantés à droite de la chaussée. S'il y a plus d'une voie affectée à un sens de circulation, les feux seront répétés à gauche sur terre-plein ou îlot central ou bien disposés sur potence afin d'en améliorer la perceptibilité.

Cette perceptibilité peut également être améliorée par l'utilisation de lentilles de 0,30 m de diamètre (cette dimension peut ne concerner que le feu rouge).

---

## 5. Limitation de vitesse

---

Liées aux caractéristiques géométriques, les vitesses maximales autorisées doivent tenir compte de l'environnement de la voie rapide urbaine, de la nature du séparateur axial, de l'interdistance entre les échangeurs ou les carrefours. Les limitations de vitesse doivent être « crédibles », donc choisies en harmonie avec les caractéristiques des voies auxquelles elles s'appliquent.

## 6. Dispositifs de retenue

---

---

Ces dispositifs de retenue posent au projeteur des problèmes non seulement d'application technique, mais aussi d'appréciation.

Le projeteur ne peut pas ignorer l'existence d'une réglementation sur ces dispositifs ; cependant, les emplois abusifs doivent être évités et si des glissières de sécurité ne sont pas justifiées en section courante, il n'est pas toujours nécessaire d'en prévoir sur ouvrage.

Ce n'est pas l'ouvrage seul qui conditionne l'opportunité de dispositifs de sécurité, mais le site. Le projeteur doit donc apprécier les divers éléments de l'environnement du futur ouvrage et, en particulier, répondre aux deux questions suivantes : quelle est la probabilité pour qu'un accident se produise ? Et s'il se produit, quelles peuvent en être les conséquences ?

Les éléments permettant un début de réponse à la première question sont : le volume des différents éléments de trafic (poids lourds, autocars, véhicules légers, cycles), les difficultés du tracé. La hauteur de chute, la nature du site en dessous de l'ouvrage, (route, autoroute, voie ferrée, rivière, habitation, etc.) sont des éléments d'appréciation sur la deuxième question (conséquences de l'accident).

Le projeteur doit ensuite choisir entre diverses solutions répondant aux objectifs, sans oublier que certains dispositifs sont polyvalents (les barrières peuvent également servir de garde-corps), et que tous apportent à l'ouvrage des contraintes pouvant concerner le poids mort, l'encastrement, le débattement transversal, l'esthétique, etc.

Le dossier pilote GC 77 aide au maximum le projeteur dans son raisonnement. Des règles de choix de dispositifs de retenue le long des écrans acoustiques figurent dans le fascicule « Recommandations pour les protections contre le bruit » du *Guide du bruit*.

Le choix entre les différents dispositifs homologués doit tenir compte des contraintes d'entretien et de remplacement résultant de leur mise hors d'usage à la suite de chocs.

Si des glissières métalliques sont prévues, il n'y a pas d'interruption devant les bornes d'appel d'urgence. Si les dispositifs d'isolement latéral sont en béton, il est nécessaire, dans la mesure du possible, de prévoir un passage d'accès à la borne en faisant chevaucher les deux extrémités du dispositif d'isolement.

Les musoirs métalliques et les atténuateurs de chocs sont des dispositifs agressifs. Le projeteur doit d'abord s'efforcer de les éviter. Pour ce faire, l'implantation de tout ce qui peut constituer un obstacle, et qui doit donc être isolé, doit faire l'objet d'une réflexion approfondie.

### **Voie de catégorie A**

Les voies de catégorie A à chaussées séparées sont équipées de glissières de sécurité axiales (métalliques ou en béton).

Elles sont pourvues de tronçons démontables longs de 32 m implantés suivant la configuration locale des échanges et les mesures envisagées pour l'exploitation de la voie rapide urbaine (entretien, travaux, accidents). À titre indicatif, un espacement de 2 km constitue un pas acceptable.

Compte tenu des mesures d'exploitation qui peuvent conduire à faire circuler les usagers à double sens sur l'une des chaussées, il convient de proscrire toute extrémité de glissière dite « en queue de carpe ».

### **Voie de catégorie U**

Le dispositif de retenue le plus courant est la bordure de trottoir. Cependant, des dispositifs plus efficaces peuvent être utilisés. Il s'agit par ordre d'efficacité croissante :

- des bordures basses de sécurité en béton ;
- des glissières de sécurité.

Pour cette catégorie de voie, on doit s'attacher plus particulièrement à maintenir une ambiance urbaine non autoroutière.

---

---

## 7. Éclairage

---

La nécessité d'éclairer, le choix de l'implantation et les dispositions techniques à prendre en compte figurent dans le chapitre « Éclairage ».

---

---

## 8. Réseau d'appel d'urgence

---

Il doit être systématiquement implanté sur toutes les voies de type A.

Cependant, pour des tronçons isolés de voie rapide de faible longueur, on peut ne pas installer des bornes d'appel dès la mise en service ; toutefois, si ces tronçons doivent ultérieurement s'intégrer à un réseau de VRU, il convient de réaliser l'infrastructure nécessaire permettant l'installation ultérieure du réseau d'appel d'urgence.

Dans la plupart des cas, il est justifié sur les voies de type U.

---

## 9. Points d'arrêt

---

Dans les cas où il n'est pas possible d'implanter une bande d'arrêt ou d'arrêt d'urgence (alors qu'elle serait nécessaire), il convient de prévoir des points d'arrêt dont l'implantation est déterminée en tenant compte des probabilités d'accidents et de pannes, et dans des lieux où la visibilité sur ces points d'arrêt est suffisante.

Un espacement de l'ordre de 500 m entre points d'arrêt paraît un pas acceptable. On les implante de préférence au droit des bornes du réseau d'appel d'urgence.

---

---

## 10. Clôtures

---

La pose de clôtures le long des voies rapides urbaines n'est pas obligatoire. Elles sont mises en place en général pour des raisons de sécurité (risques de traversées éventuelles, riverains susceptibles de créer un accès « sauvage » au bord de la voie...), si le caractère de la voie s'y prête. Dans tous les cas, il faut veiller à pouvoir assurer l'entretien des zones comprises entre la clôture et la limite de l'emprise.

---

# Équipements de signalisation de direction et d'indication

## Sommaire

1. Principes généraux à respecter pour l'implantation
2. Précautions à prendre pour la pose

Les différents conseils ou principes à respecter pour l'implantation et la pose de la signalisation s'inscrivent dans le respect des textes en vigueur, en particulier la circulaire interministérielle n° 82-31 du 22 mars 1982, relative à la signalisation de direction, ainsi que la circulaire n° 73-138 du 11 juillet 1973 relative au marquage sur autoroutes.

---

# 1. Principes généraux à respecter pour l'implantation

---

La signalisation de direction est généralement mise en place après que tous les travaux ont été réalisés. Néanmoins, il faut penser aux éventuels problèmes posés pour son implantation dès l'origine du projet. Ainsi, durant toutes les phases d'élaboration du projet, on doit veiller à rendre possible l'implantation de la signalisation conformément aux textes en vigueur, en n'oubliant pas que la signalisation verticale de direction et la signalisation horizontale sont interdépendantes.

Les principes élémentaires suivants doivent donc être présents à l'esprit durant toute la période de mise au point du projet :

- quand le terre-plein central est destiné à recevoir des pieds de portiques, potences ou hauts mâts, on doit le prévoir suffisamment large pour y implanter les dispositifs de retenue envisagés (voir chapitre « Géométrie liée au débit ») ;
- les couvertures lourdes, semi-lourdes ou légères, les souterrains ou les tunnels doivent être conçus en tenant compte des nécessités d'implantation des dispositifs de signalisation sous ces couvertures, ainsi que les éventuels problèmes de visibilité de cette signalisation ;
- il est souhaitable que les voies d'entrecroisement soient suffisamment longues pour que les distances séparant les portiques de présignalisation et de signalisation avancée soient conformes à l'instruction du 22 mars 1982. Si une impossibilité se présente, cette longueur ne doit pas être inférieure à 300 m ;
- il convient de prévoir sur les ouvrages les ancrages nécessaires à l'implantation de la signalisation (portiques, potences ou hauts mâts) si une sortie ou une bifurcation se situe au droit ou en aval de cet ouvrage.
- on doit veiller à ce qu'un pont, ou un ouvrage quelconque passant au-dessus de la voie, ne nuise pas à la visibilité de la signalisation, particulièrement si on envisage de placer une sortie immédiatement en aval de cet ouvrage ;
- les sorties successives trop rapprochées les unes des autres sont à proscrire si cela conduit à mettre en place une signalisation incomplète, notamment pour la deuxième sortie et les suivantes. C'est ainsi que la distance minimale tolérée entre les nez géométriques des sorties successives est de :
  - sur une route bidirectionnelle : 260 m sur route à chaussées séparées ;
  - 440 m sur une chaussée à deux voies ;
  - 120 m de plus (distance nécessaire pour changer de file) par file supplémentaire.

S'il s'avère impossible d'appliquer ces dispositions, il est préférable de prévoir une sortie unique débouchant sur une collectrice destinée à servir les points d'échanges successifs (les sorties sur la collectrice doivent alors être distantes de 320 m).

On doit veiller pour chaque point de choix, sortie ou bifurcation, à ce que le nez géométrique soit perçu au plus tard en même temps que les derniers panneaux de signalisation.

Enfin, d'une façon générale, le projeteur doit avoir constamment à l'esprit la zone d'implantation et son environnement, de façon à imaginer l'intégration du matériel de signalisation. Une perspective, ou abaque de visibilité est souvent nécessaire, car il peut exister sur le site des obstacles qui risquent de masquer la signalisation.

## 2. Précautions à prendre pour la pose

---

---

Durant la mise au point du projet, il convient également de prendre en compte les exigences techniques liées à la pose de la signalisation. Ainsi le projeteur doit s'assurer d'avoir résolu les problèmes suivants :

- certains massifs peuvent être réalisés indifféremment par le fournisseur du matériel ou l'entreprise réalisant les travaux. D'autres doivent être impérativement réalisés par cette dernière (cas de l'implantation sur ouvrages d'art). Dans un cas comme dans l'autre, il faut s'assurer de la compatibilité du dimensionnement des massifs et du positionnement des ancrages avec le matériel qu'ils sont destinés à supporter ;
- les dimensions des massifs étant fonction de la surface des panneaux qu'ils supportent, donc des mentions à signaler, il convient de s'assurer que ces massifs peuvent effectivement trouver leur place aux endroits prévus ;
- il convient, particulièrement en milieu urbain, de s'informer, au préalable, de l'emplacement, dans le sous-sol d'obstacles susceptibles de gêner la pose, tels que : canalisations diverses en service, égouts, ouvrages, câbles. Il faut également assurer la continuité des fourreaux nécessaires aux équipements situés sur le côté des massifs ;
- la dimension des supports et des panneaux doit être compatible avec la largeur des accotements et l'espace laissé libre par l'environnement. La hauteur totale de l'ensemble doit également être compatible avec la présence éventuelle d'obstacles ou de lignes à haute tension ;
- une attention particulière doit être portée à la hauteur dégagée entre le point haut de la chaussée et le point le plus bas des caissons, hauteur pour laquelle il doit être ménagé, dans la mesure du possible, une revanche de l'ordre de 50 cm par rapport au gabarit adopté sur l'ensemble de la voie ;
- si les pieds d'un même portique se trouvent situés dans des terrains de hauteurs différentes, on doit s'attacher autant que faire se peut, à mettre les sommets des massifs à la même cote ;
- des modifications ultérieures de signalisation verticale peuvent être envisagées dès l'origine du projet (notamment en cas de phasage des travaux). Dans ces conditions, il est prudent de prévoir la possibilité de remplacer les caissons existants par des caissons plus grands sans avoir à changer le support ni à reprendre le massif.

Enfin, il est très important d'établir pour chaque portique, potence ou haut-mât, un dossier comportant toutes les caractéristiques du matériel (plans, cotes, massifs, notes de calcul, efforts...), afin de faciliter les interventions ultérieures qui ne manqueront pas de se faire jour.

# Évacuation des eaux

## Sommaire

### **1. Eaux superficielles**

#### **1.1. Méthodologie des études (rappel)**

#### **1.2. Choix des ouvrages d'assainissement**

#### **1.3. Dimensionnement des ouvrages**

#### **1.4. Dispositions constructives spécifiques**

##### **1.4.1. Cas des terre-pleins centraux (TPC) équipés de séparateurs en béton**

##### **1.4.2. Cas des voies sur massif de terre-armée**

##### **1.4.3. Déversoirs d'orage, siphons**

##### **1.4.4. Chaussées poreuses – Revêtements drainants**

### **2. Les eaux internes – Drainage – Nappes**

# 1. Eaux superficielles

---

---

## 1.1 Méthodologie des études (rappel)

---

- Définition des réseaux en découpant le projet en zones homogènes équipées du même type d'ouvrages : déblais, remblais, zones en dévers, etc., repérage des points hauts, points bas, les nœuds des réseaux (ouvrages d'art).  
(réf. : *Recommandations pour l'assainissement routier*, Setra-LCPC, 1982, « RAR »).
- Recherche des données extérieures au projet :
  - pluie : se reporter à la « RAR » ou consulter le service météo régional, etc. ;
  - pollution chronique : voir chapitre « pollution des eaux ».
- Recherche des exutoires et les contraintes liées au rejet des eaux : débit maximum, qualité de l'eau à rejeter.
- Effectuer le dimensionnement hydraulique ; se reporter aux documents :
  - *Recommandation pour l'assainissement routier* ;
  - *Instruction technique relative aux réseaux d'assainissement des agglomérations (Itraa)*.
- Définition des dispositions constructives : cf. § 1.4. ci-après.

## 1.2 Choix des ouvrages d'assainissement

---

Une fois connus les bassins versants routiers, et donc la gamme de débits prévisibles, ce qui peut induire le choix d'un ouvrage plutôt qu'un autre, les contraintes essentielles sont les emprises et l'entretien :

- l'entretien des ouvrages doit être, dès la conception, réduit au minimum et facilement mécanisable, et ce pour des raisons évidentes d'exploitation ;
- le coût élevé des emprises réduit par ailleurs les choix possibles.

Bien que les ouvrages superficiels engazonnés soient meilleurs du point de vue hydraulique et pollution, les facteurs ci-dessus conduisent généralement à adopter, selon les réseaux :

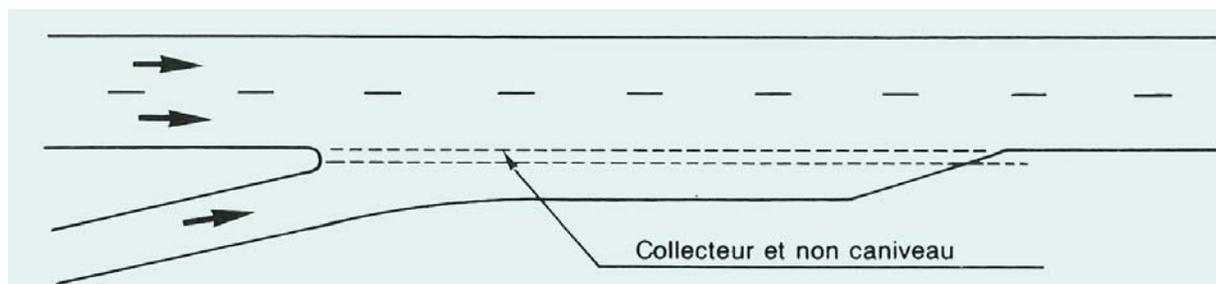
- des ouvrages superficiels en béton (caniveau) ;
- des solutions « type urbain » : bordures, avaloirs, collecteurs.

Les inconvénients qui en résultent tiennent à la diminution des « *temps de réponse hydrologiques du bassin versant et du réseau et donc à l'augmentation des débits de pointe à l'exutoire* » (l'effet ralentisseur des ouvrages engazonnés ne peut se faire sentir).

Lorsque se posent des problèmes de capacité de l'exutoire ou des impératifs de traitement de l'eau avant rejet, il faut envisager d'écrêter les débits :

- en diminuant le plus possible la vitesse de l'eau (calage des collecteurs selon une pente minimale, création éventuelle de chutes) ;
- en intercalant là où c'est possible des bassins écrêteurs (pas nécessairement à l'exutoire) (cf. Itraa pour le dimensionnement).

Pour des raisons de sécurité, notamment vis-à-vis des deux-roues, il convient d'éviter les caniveaux à grilles, à dalles ou à fentes aux jonctions entre la VRU et les bretelles d'accès ou de sortie. Un collecteur permettra le rétablissement longitudinal du réseau d'assainissement.



### 1.3 Dimensionnement des ouvrages

Du fait de la spécificité des ouvrages et de la non-linéarité fréquente des réseaux, la question du choix des méthodes de calcul se pose :

Deux méthodes essentiellement sont à considérer :

- la méthode de temps d'équilibre, méthode rationnelle calée sur des bassins versants routiers. Elle permet de calculer un réseau linéaire avec possibilité d'apports ponctuels et prend directement en compte la capacité de stockage des ouvrages.  
Les outils de calcul associés à cette méthode sont les abaques « Aconse » fournis dans la RAR et des programmes de calcul ;
- la méthode de l'instruction technique relative aux réseaux d'assainissement des agglomérations, plus globale et calée sur des bassins versants urbains.

Dans le cas général, il convient d'appliquer la première méthode. En effet, les temps de réponse des routes sont plus courts que ceux des bassins versants urbains et la méthode « urbaine » conduit à un sous-dimensionnement si on l'applique telle quelle à un bassin versant linéaire et entièrement revêtu.

Dans certains cas particuliers, tels que les échangeurs complexes, on peut cependant l'appliquer car les réseaux ramifiés sont difficiles à calculer avec la méthode « routière ».

Pour le dimensionnement des bassins écrêteurs de crue (ou bassins d'orage), on utilise la méthode de l'instruction technique relative aux réseaux d'assainissement des agglomérations.

Le « coefficient d'apport » nécessaire au calcul du bassin d'orage doit être au moins égal au rapport de la surface revêtue à la surface totale du bassin versant routier.

En ce qui concerne la fréquence de pluie à prendre en compte dans les calculs, la fréquence décennale s'impose car c'est celle retenue aussi bien pour les voies à fort trafic en rase campagne que pour les réseaux d'assainissement urbain dans le cas général.

## 1.4 Dispositions constructives spécifiques

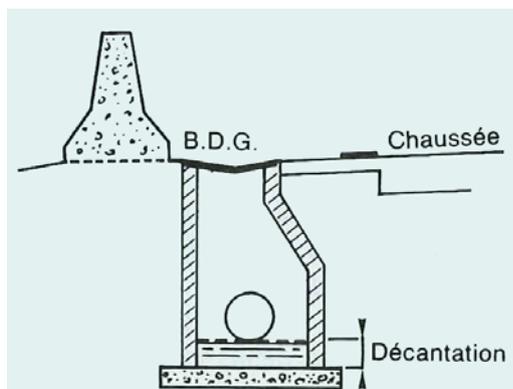
### 1.4.1 Cas des terre-pleins centraux (TPC) équipés de séparateurs en béton

(Réf. : dispositions adoptées sur voies de type A)

L'évacuation des eaux sur TPC muni d'un, voire de deux séparateurs en béton pose des problèmes spécifiques, notamment dans les zones déversées vers le TPC. Deux types de solutions répondent au problème posé : l'objectif du projecteur doit être de faciliter au maximum les opérations d'entretien des dispositifs d'assainissement.

#### ▪ Solution 1

Un caniveau longitudinal plat (type CC par exemple) collecte les eaux sur la bande dérasée de gauche. Des regards avaloirs à grille disposés tous les 30 à 40 m permettent le rejet des eaux dans un collecteur longitudinal.



Les grilles peuvent utilement être constituées de caillebotis métalliques (résistant à une roue de 6,5 t) qui permettent une meilleure entrée de l'eau dans l'avaloir que les grilles en fonte.

Cette solution impose de disposer d'une bande dérasée de gauche de 1 m de large.

Le fond du regard doit être calé à moins de 0,25 m environ du fil de l'eau de la canalisation de façon à constituer un bac de décantation.

L'entretien du collecteur et des regards peut se faire en déversant à l'amont du réseau le contenu d'une citerne de 5 m<sup>3</sup> et en pompant les boues dans le fond du regard, ou à l'aide d'une hydrocureuse éventuellement munie d'une citerne à deux compartiments (eau et boue).

#### ▪ Solution 2

Un caniveau couvert (de grilles) disposé sur la bande dérasée de gauche constitue également une solution. De façon à éviter le soulèvement des grilles lors du passage occasionnel d'un véhicule, et leur vol, la mise en place de grilles articulées formant des éléments de 5 m semble donner satisfaction. L'entretien de cet ouvrage est cependant plus difficile qu'avec la première solution.

Dans certains cas, on est amené à réaliser deux séparateurs (DBA ou GBA) sur le terre-plein central.

Il faut alors prévoir, dans les zones non déversées, une évacuation tous les 100 à 200 m des eaux se trouvant entre les séparateurs.

La solution consistant à créer des passages d'eau sous les séparateurs est à éviter : entraînement des fines sur la chaussée et surtout problèmes de verglas dus à ces arrivées d'eau sur la voie rapide.

En dévers, on adopte les mêmes dispositions que dans le cas d'un séparateur unique.

On peut penser à implanter un caniveau entre les séparateurs et créer des passages d'eau tous les 3 à 5 m. Cela crée des difficultés certaines d'entretien. Le nettoyage au fil de l'eau est mécanisable, mais cela bouche en général les passages d'eau et une intervention manuelle est alors nécessaire derrière la balayeuse. La réalisation de nombreux passages d'eau constitue par ailleurs une sujétion d'exécution certaine.

#### **1.4.2 Cas des voies sur massif de terre-armée**

L'attention du projeteur est tout particulièrement attirée sur la sensibilité des ouvrages en terre armée aux infiltrations d'eaux superficielles. Il convient d'associer un dispositif de collecte des eaux de ruissellement en limite de chaussée qui en élimine la majeure partie et une géomembrane sous chaussée qui évite l'infiltration.

Ces dispositions sont précisées dans le document *Les ouvrages en terre armée – Recommandations et règles de l'art*, publié en septembre 1979 par le Setra et le LCPC.

#### **1.4.3 Déversoirs d'orage, siphons**

Ces ouvrages annexes constituent des éléments importants du fonctionnement global aussi bien qualitatif que quantitatif des réseaux d'assainissement. Ils remplissent au sein des systèmes d'assainissement des fonctions hydrauliques bien précises.

Dans sa brochure *Quelques ouvrages annexes aux réseaux d'assainissement, déversoirs d'orage, chambres de dessablement, siphons*, le Service technique de l'urbanisme (STU) a établi une synthèse rassemblant différents modes de calcul hydraulique pour ces ouvrages. Cette brochure donne notamment quelques recommandations pour la conception et l'exploitation des déversoirs d'orage.

#### **1.4.4 Chaussées poreuses – Revêtements drainants**

Traditionnellement, on cherche à rendre les chaussées le plus imperméable possible pour éviter une dégradation rapide du corps de chaussée due à la mise en pression de l'eau dans les vides de la structure et un affaiblissement des propriétés mécaniques du sol support dû à la saturation en eau ; mais cette étanchéité entraîne le ruissellement rapide des eaux de pluie.

Dans les villes où le taux d'imperméabilisation des sols est élevé et où les surfaces revêtues augmentent en permanence, les averses violentes conduisent brutalement à des débits importants. Les réseaux capables d'évacuer ces débits sont très coûteux.

Aussi, pour lutter contre les effets de l'imperméabilisation, a été développée la technique des chaussées poreuses, classées en deux catégories principales :

- chaussées comportant uniquement une couche de surface perméable ;
- chaussées à structure entièrement perméable.

La première catégorie concerne les revêtements drainants. Ces revêtements peuvent être envisagés dans les sections de voie rapide où il y a des risques importants d'accumulation d'eau (profil en long très plat). Ils doivent être proscrits dans les régions à climat froid, les sels de déverglaçage étant inefficaces sur ces revêtements.

Mais s'agissant d'une technique très « pointue », des précautions sont à prendre pour leur formulation et leur mise en œuvre. Il est conseillé pour leur utilisation de consulter le laboratoire des Ponts et Chaussées.

La deuxième catégorie de chaussées poreuses n'est pas actuellement envisageable dans le cadre des voies rapides urbaines. En effet, aucune expérience n'a été réalisée sur chaussée fortement circulée.

---

## 2. Les eaux internes – Drainage – Nappes

---

Si les eaux de pluie posent généralement plus de problèmes sur une voie rapide urbaine qu'en rase campagne, le drainage de la plate-forme en pose moins, lorsque la quasi-totalité de la plate-forme est, sinon imperméabilisée, du moins revêtue, ce qui diminue les possibilités d'entrée d'eau.

Le trafic étant par ailleurs souvent élevé, voire très important, la chaussée est « épaisse », réalisée en matériaux traités. La nécessité de drains systématiques se fait donc moins sentir. On peut, par exemple, supprimer en remblai les drains sous TPC revêtu.

Il ne faut pas pour autant supprimer tous les drains : les drains latéraux en déblai, les drains transversaux aux points singuliers où l'eau risque de s'accumuler, etc., sont toujours nécessaires mais il y a peu de problèmes spécifiques de drainage de la plate-forme.

Les problèmes liés aux eaux souterraines sont dus aux passages dans la nappe phréatique, ce qui peut conduire à un rabattement de la nappe, voire à la coupure de celle-ci ou nécessiter un cuvelage étanche. Dans les deux cas, une étude hydrogéologique précise s'impose ; elle est également nécessaire pour l'étude d'impact.

Réf. : *Reconnaissance géologique et géotechnique des tracés de routes et d'autoroutes – Note d'information technique*, LCPC, 1982.

# Éclairage

## Sommaire

1. Nécessité d'éclairer
2. Recommandations existantes
3. Choix de l'implantation
  - 3.1. Éclairage axial
  - 3.2. Éclairage bilatéral
4. Choix des sources et des appareils
5. Choix du réseau de distribution
6. Entretien
7. Conclusion

## 1. Nécessité d'éclairer

---

---

Bien que les automobilistes disposent sur leur véhicule d'un système autonome d'éclairage, celui-ci a une portée limitée et est insuffisant pour l'accomplissement des différentes tâches de conduite nocturne en milieu urbain.

Aussi pour des raisons de sécurité routière, de guidage et de confort de la conduite, la circulaire n° 74-76 de la direction des Routes et de la Circulation routière du 25 avril 1974 impose-t-elle l'éclairage public des voies rapides urbaines lorsque :

- elles supportent un trafic journalier supérieur à 50 000 véh. /j ;
- elles supportent un trafic journalier supérieur à 25 000 véh. /j et si les échangeurs sont distants de moins de 5 km.

Dans les autres cas, l'éclairage n'est réalisé qu'aux échangeurs.

Compte tenu de l'évolution des trafics sur ce type d'axe, il apparaît clairement que, même si on ne doit pas le réaliser immédiatement, il convient lors de la conception des voies rapides urbaines, de prendre en compte l'éclairage public, en particulier dans les réservations d'emprises pour les réseaux (mise en place de batteries de fourreaux en traversée de chaussées) et par l'implantation des foyers (notamment sur ouvrages d'art), dès l'établissement de l'avant-projet.

Il est indispensable d'associer à cette réflexion le futur exploitant (collectivité territoriale ou DDE), le choix d'une solution étant, certes, lié à son coût d'investissement, mais aussi et surtout à son coût d'exploitation.

Ce choix ne peut se faire valablement qu'après la conduite d'études approfondies.

---

---

## 2. Recommandations existantes

---

---

Les exigences lumineuses des voies rapides urbaines sont définies dans les *Recommandations relatives à l'éclairage des voies publiques* publiées par l'AFE (Association française de l'éclairage) et, pour le cas spécifique des tunnels et des passages souterrains<sup>14</sup>, dans le *Guide du projeteur en éclairage* et dans le *Dossier pilote des tunnels* édités par le Cetu.

De plus, si le tunnel est long de plus de 200 m, pour des raisons de sécurité, tout accident risquant d'entraîner un sur-accident, il est nécessaire de prévoir un éclairage de secours pouvant fonctionner au moins vingt minutes en cas de panne du système en place. Pour les voies rapides urbaines, l'expérience montre l'intérêt, pour la sécurité routière, d'exiger un niveau de luminance de l'ordre de 2 cd/m<sup>2</sup>, mais il est inutile de fixer un niveau beaucoup plus élevé, car les gains de sécurité associés sont marginaux.

On doit s'attacher à obtenir une bonne uniformité générale et longitudinale sur les chaussées et un bon éclairage des abords immédiats des voies. De plus, il est nécessaire d'aménager de façon particulière l'éclairage des zones transitoires [bretelles d'accès, fin de voie rapide urbaine, où le passage d'une zone éclairée à une zone sombre risque de perturber la perception de l'automobiliste (phénomène du trou noir)].

---

<sup>14</sup> Le problème de l'éclairage des tunnels se pose essentiellement de jour, en particulier pour les zones d'entrée et de sortie. Pour des raisons d'adaptation de l'œil, il est fréquent que l'on exige, en zone d'entrée, un éclairage horizontal de 2 000 à 3 000 lux.

Cet ordre de grandeur des puissances à installer montre l'importance d'une étude spécifique impliquant l'intervention de spécialistes qui détermineront la valeur des niveaux strictement nécessaires.

Par contre, la nuit, ce problème ne se pose plus et il faut veiller à ne pas créer de discontinuité dans la zone d'éclairage.

---

## 3. Choix de l'implantation

---

Les critères de choix d'une implantation d'éclairage public sont liés à la fois aux conditions d'environnement, à la géométrie du lieu, aux exigences de maintenance du niveau de service offert.

Les principaux types d'implantations rencontrées sur les voies rapides urbaines sont l'éclairage axial et l'éclairage bilatéral.

---

### 3.1 Éclairage axial

---

- Son coût d'installation est plus faible.
- Il assure un meilleur éclairage de la voie de gauche (voie rapide).
- Le système à tubes suspendus à une caténaire offre une régularité d'éclairage inégalée et un guidage parfait.
- Son installation nécessite soit l'implantation des câbles d'alimentation sur le terre-plein central, soit, comme les réseaux de fourreaux (RAU, PTT) sont en général latéraux, prévoir des raccordements à ces réseaux latéraux (changement de lampes – nettoyage) qui neutralisent la voie la plus rapide, posant de nombreux problèmes de sécurité et de capacité sur la chaussée.

---

### 3.2 Éclairage bilatéral

---

- Il constitue un bon balisage à droite.
- Quand il est bien conçu, il souligne bien le tracé des bretelles de sortie.
- Les opérations d'entretien sont exécutées à partir de la bande d'arrêt d'urgence sans neutraliser de voie de circulation.
- Il exige un câble d'alimentation de chaque côté de la voie.
- L'implantation de supports en bordure de chaussée peut nécessiter de les protéger par des glissières.

On peut également citer – dans le cas de sites à protéger particulièrement – la possibilité d'éclairer par des éclairages continus et bas.

L'éclairage a alors surtout un rôle de guidage et se fait à partir de sources de faible luminance et de faible puissance, le plus souvent des tubes fluorescents. Ce type d'éclairage – surtout employé sur ouvrage d'art – pose, comme tous les systèmes continus, des problèmes de maintenance (chocs avec les poids lourds), même si une source en panne n'a pas les mêmes conséquences photométriques que sur un système discontinu.

Dans un autre ordre d'idée, on peut également citer le principe de l'éclairage de grande hauteur permettant, au niveau d'échangeurs importants, de diminuer le nombre des supports et de faciliter le déroulement des différentes phases de travaux ; les points particuliers à étudier pour ces systèmes sont les ombres portées par les ouvrages sur la voirie et le bilan énergétique par rapport à une solution classique. Ces systèmes sont actuellement au point et, bien que nécessitant une technicité supérieure, ne semblent pas poser de problèmes spécifiques de maintenance. Ils présentent notamment l'avantage de rassembler les réseaux et les sources. Ils perdent toutefois beaucoup de leur efficacité par temps de brouillard.

---

## 4. Choix des sources et des appareils

---

Les matériels à utiliser pour la réalisation du projet doivent être conformes aux normes en vigueur. Il faut toutefois insister sur le fait qu'il est souhaitable que, sur un même itinéraire, on ait une homogénéité au niveau du service rendu (éclairage, couleurs des sources, éblouissement, etc.).

L'utilisation de vasques peut paraître intéressante dans le cas de voies rapides urbaines. Bien qu'absorbant 20 % du flux lumineux, la protection qu'elles assurent au réflecteur compense cet inconvénient. Mais l'efficacité de la vasque dépend de son étanchéité ; elle doit donc être entretenue (remplacement des joints, en particulier). Aussi l'utilisation de vasques est-elle largement subordonnée aux moyens d'entretien dont on dispose, car une vasque sale et non étanche a des conséquences photométriques désastreuses sur le projet.

Pour les tunnels – milieux extrêmement pollués – est recommandée l'utilisation d'appareils dont l'indice de protection (IP) varie de 65 à 85. Afin de maintenir cet indice élevé, il est nécessaire, pour l'entretien, à la fois de définir des instructions spécifiques et de faire appel à une équipe de spécialistes.

---

## 5. Choix du réseau de distribution

---

Il existe deux types de distribution possibles pour une installation d'éclairage public :

- une distribution basse tension (BT) ;
- une distribution haute tension éclairage public (HTEP).

Si la distribution BT est la plus fréquemment employée, le choix d'une distribution HTEP peut être opportun dans le cas des voies rapides urbaines, en raison des longueurs de réseaux ; seul, un calcul du coût des deux solutions (investissement, exploitation, et en tenant compte des extensions futures) permet de déterminer ce choix.

---

## 6. Entretien

---

Une installation d'éclairage public est constituée de trois parties :

- une partie mécanique ;
- une partie électrique ;
- une partie optique.

Elle est soumise à deux types de sollicitations : les sollicitations usuelles<sup>15</sup> qui induisent le vieillissement de l'installation, et les sollicitations accidentelles, qui induisent des dysfonctionnements prématurés.

Ainsi, définir une politique d'entretien revient à se donner les moyens d'intervenir au coup par coup, mais aussi à prévoir – en fonction du nombre de foyers, des équipements, de la nature des sources, etc. – des interventions systématiques destinées à maintenir le service aux usagers.

---

<sup>15</sup> Dans le cas des tunnels, où les salissures sont très importantes, il est nécessaire de procéder très fréquemment au nettoyage des faces avant les luminaires (brossage, jet de vapeur...).

## 7. Conclusion

---

---

Les problèmes posés par l'éclairage public sont essentiellement de deux ordres :

- problèmes d'utilisation ;
- problèmes de maintenance.

Pour aboutir à des projets simples et économiques, tous ces problèmes doivent faire l'objet d'études sérieuses dès la conception. Il faut, en particulier, prévoir une ligne budgétaire destinée à maintenir le niveau de service offert aux usagers. Il est préférable de prévoir un niveau de service minimum, plutôt que rechercher un niveau élevé qui se détériorera rapidement. Il vaut mieux ne pas faire plutôt que d'installer quelque chose qui, au bout de deux à trois ans, n'apporte plus rien aux usagers ou risque de créer des situations plus dangereuses qu'auparavant.

## Aires annexes

- 1. Choix de l'implantation**
- 2. Aménagement de l'aire**
  - 2.1. Services offerts par l'aire annexe**
  - 2.2. Superficie et capacité**
- 3. Localisation et dimensionnement des accès**
- 4. Circulation interne et parcs de stationnement**
- 5. Signalisation verticale**
  - 5.1. Signalisation à l'extérieur de l'aire**
  - 5.2. Signalisation sur les bretelles d'accès**
  - 5.3. Signalisation à l'intérieur de l'aire**
- 6. Aménagement paysager**

Sur les voies rapides urbaines, les aires annexes sont créées pour satisfaire les besoins immédiats des véhicules. Il s'agit donc essentiellement de stations-service et de points d'information à l'entrée des agglomérations.

---

---

## 1. Choix de l'implantation

---

---

Les emplacements des aires de service sur voies rapides urbaines sont déterminés par référence à un schéma d'implantation propre à l'agglomération concernée.

Le choix de créer une aire annexe sur une voie rapide urbaine doit procéder d'une réflexion sur le type de trafic qui emprunte la VRU (importante proportion de véhicules de transit, la VRU faisant partie d'un itinéraire longue distance ou, au contraire, très forte proportion de trafic local effectuant des trajets de courte distance), sa fonction, sa localisation dans l'agglomération et la fréquence des échanges (VRU de type A ou U, proche ou non d'une zone où les stations-service sont facilement accessibles, points d'échanges rapprochés...), de façon à déterminer si cet équipement est indispensable, s'il doit être envisagé à court ou long terme, et quelle est la meilleure localisation.

En particulier, au cas où la voie rapide urbaine supporterait un trafic de transit important, est-il recommandé d'implanter l'aire annexe en dehors des sections très urbaines et d'offrir ainsi aux usagers une meilleure qualité de service.

De plus, afin de dissuader tout tourne-à-gauche en pleine voie et toute traversée de chaussée par les piétons, l'implantation d'une aire annexe sur section de voie à chaussée unique ne peut être autorisée que si des installations sont prévues de part et d'autre de la route, de façon à être perçues simultanément.

---

## 2. Aménagement de l'aire

---

---

### 2.1 Services offerts par l'aire annexe

---

La création d'une aire en site urbain entraîne l'installation d'un ensemble de services minimum, notamment une station-service où les usagers ont la possibilité de ravitailler leur véhicule en carburant (essence ordinaire, super, gasoil et GPL). L'aire doit assurer en outre la possibilité d'effectuer des interventions mécaniques courantes d'entretien ou de réparation sur les véhicules.

Dès la conception du projet, en collaboration avec les sociétés pétrolières, il est souhaitable de déterminer le nombre de pompes nécessaires.

Le concessionnaire doit également assurer aux usagers la possibilité d'accéder en tout temps à un point d'eau potable, à des sanitaires ainsi qu'à une cabine téléphonique et maintenir l'entretien et la propreté de ces lieux.

Le plan d'aménagement doit prévoir des voies d'évitement de la station-service et dans la mesure du possible, séparer les courants de circulation VL et PL.

Exceptionnellement, une unité de restauration peut être envisagée.

L'aire peut constituer un point du réseau information service. Il convient également de se rapprocher des instances locales (communes, chambres de commerce, etc.) qui souhaitent donner des informations touristiques ou économiques, pour définir leurs besoins et leur participation financière.

## 2.2 Superficie et capacité

La superficie d'une aire doit être déterminée dès l'origine en fonction de son niveau d'aménagement prévu en stade final, compte tenu en particulier des prévisions de l'évolution du trafic et de l'extension éventuelle des installations.

Il convient de souligner que les aménagements autres que ceux nécessaires à un approvisionnement en carburant et au stationnement momentané d'un nombre réduit de véhicules doivent rester exceptionnels.

Le nombre de places de stationnement doit être déterminé en fonction du niveau d'aménagement de l'aire et de sa situation dans le milieu traversé.

La zone de stationnement, en général prévue pour des arrêts de courte durée, est implantée aux abords immédiats des bâtiments de la station-service. Une dizaine de places de stationnement sont directement disposées devant le bâtiment, ce qui réduit d'autant le nombre de places supplémentaires à concevoir au voisinage de la station.

Éventuellement, il convient de moduler le nombre de places de stationnement en fonction d'équipements supplémentaires envisagés tels que l'information touristique, la présence d'une boîte postale, l'ouverture d'une boutique alimentaire, etc.

Le tableau suivant donne, à titre indicatif, le nombre de places de stationnement et les superficies à prendre en compte. Ces capacités sont à moduler en fonction de divers facteurs :

- le pourcentage du trafic PL ;
- le degré d'équipement des aires ;
- la longueur de la section de voie rapide urbaine desservie et le type de déplacements qu'elle assure : courte, moyenne et longue distance, déplacement local ou transit ;
- le trafic de période de pointe conjugué à la durée de ces périodes.

Si une unité de restauration est prévue, il convient, pour son dimensionnement, de se reporter au *Guide des aires annexes sur autoroutes de liaison*.

	Nombre de places de stationnement		
	VL	PL	Superficie (ha)
Agglomération dense Station-service seulement	10	2	≈ 0,6
Agglomération moyenne	10 à 20	2 à 5	0,6 à 1
Agglomération diffuse	20 à 40	5 à 10	1 à 2

---

## 3. Localisation et dimensionnement des accès

---

La localisation des accès doit tenir compte des contraintes de visibilité résultant de la géométrie de la route. Les implantations dans les courbes de faible rayon doivent être exclues.

Les accès aux aires de service sont comparables à un dispositif d'échanges II en résulte que leur aménagement doit être traité comme tel (voir chapitre « Échanges »).

Les longueurs des sections de décélération et d'accélération sont données en considérant que les vitesses aux points S.1,00 m et E.1,00 m sont plus faibles que celles utilisées dans le dimensionnement des dispositifs de sortie et d'entrée dans les points d'échanges. On admet en effet que, du fait des trafics relativement faibles intéressés par les aires de service, les décélérations et accélérations des véhicules peuvent être plus élevées dans les sections de manœuvre des accès aux aires que dans celles des points d'échanges.

Le point où les véhicules ont une vitesse théoriquement nulle, est toujours situé à l'amont de la première place de stationnement et du premier point de divergence de la voirie interne.

Les caractéristiques géométriques en tracé en plan, profil en long et profil en travers des bretelles d'accès aux aires de service sont identiques à celles des bretelles d'échanges.

---

## 4. Circulation interne et parcs de stationnement

---

Pour le dimensionnement de la voirie interne et les dispositifs de stationnement, on peut se référer au guide *Aires annexes sur autoroutes de liaison*.

---

## 5. Signalisation verticale

---

---

### 5.1 Signalisation à l'extérieur de l'aire

---

Les accès aux stations-service et aires de service doivent bénéficier d'un jalonnement au même titre que les sorties. En général, les stations ou les aires sont desservies par des accès qui leur sont propres. Toutefois, il arrive, pour des motifs d'ordre économique (utilisation de délaissés de terrains situés dans les échangeurs), que l'on utilise des bretelles de sortie pour desservir conjointement une aire ou une station. Ces dispositions, bien que n'étant pas souhaitables car difficiles à comprendre par les usagers, doivent néanmoins être prises en considération. Nous distinguerons donc, ci-après, ces deux types d'accès.

Séquence de signalisation	Accès isolé		Accès conjoint avec une sortie	
	Mention	Distance	Mention	Distance
Panneau de présignalisation D 40 (ou Da 40)	Station-service ou aire de service	1 200 m	Mentions desservies par la sortie + station-service ou aire de service	800 m
Panneaux CE	Services offerts par la station ou l'aire	800 m	Idem accès isolé	600 m
Panneaux CE	Services offerts au-delà	500 m	Idem accès isolé	400 m
Panneaux CE	Services offerts par la station ou l'aire	200 m	Idem accès isolé	200 m
Panneaux D 30 ou Da 30	Même indication que D 40 ou Da 40	0 m	Même indication que D 40 ou Da 40	0 m

## 5.2 Signalisation sur les bretelles d'accès

La signalisation de prescription à placer sur les bretelles d'entrée et de sortie des aires a pour objet de limiter la vitesse des véhicules entrant sur l'aire et d'empêcher que des véhicules empruntent ces bretelles à contre-sens. Sur la sortie de l'aire, une signalisation de priorité est prévue.

## 5.3 Signalisation à l'intérieur de l'aire

La signalisation à l'intérieur de l'aire dirige les catégories d'utilisateurs vers les zones de stationnement qui leur sont spécifiques (ou communes à certaines d'entre elles). Elle a également pour objet d'indiquer la sortie de l'aire et de prescrire ou d'interdire certains mouvements.

À proximité des zones de stationnement, une publicité informative relative aux ressources économiques, culturelles et touristiques de l'agglomération peut trouver sa place. Les messages ne doivent pas pouvoir être vus par les usagers circulant sur la voie rapide.

# 6. Aménagement paysager

L'aménagement paysager concerne essentiellement la végétation, le modelé et les revêtements des sols autres que ceux destinés aux véhicules. On y rattache le mobilier inclus dans les espaces extérieurs à l'exclusion de la signalisation routière.

Il doit être conçu en tenant compte des intersections avec le contexte régional et local, la fréquentation prévisible, les contraintes techniques et l'architecture des bâtiments. Aussi est-il indispensable que la conception des aires soit abordée par une équipe pluridisciplinaire comprenant au minimum un technicien et un paysagiste.

Il doit répondre simultanément à des préoccupations d'ordre fonctionnel et esthétique et tenir compte des sujétions liées à l'entretien.

## **Partie VI**

# **Ouvrages de génie civil**

**Ouvrages d'art**  
**Terrassements**  
**Chaussées**  
**Tunnels et tranchées couvertes**

## Sommaire

- 1. Nature des franchissements**
- 2. Caractéristiques géométriques**
  - 2.1. Profil en travers**
  - 2.2. Hauteur libre des ouvrages**
  - 2.3. Autres infrastructures de transport**
  - 2.4. Phasage**
- 3. Qualité paysagère et architecturale**
- 4. Réseaux**
  - 4.1. Enquête préalable**
  - 4.2. Déplacement des réseaux**
  - 4.3. Réseaux portés**
- 5. Domanialité, gestion et entretien**
- 6. Équipements**
  - 6.1. Dispositifs de retenue**
  - 6.2. Éclairage, signalisation, écrans**
- 7. Méthodes de construction**

Les règles relatives aux projets et à l'exécution des ouvrages d'art sont applicables en zone urbaine, sous réserve des indications données en partie 6 pour les tunnels et ci-après pour les autres ouvrages d'art.

L'attention des chefs de projet est attirée sur le fait qu'en zone urbaine la géométrie de la voie est souvent dépendante de l'implantation et de la conception des ouvrages d'art, en raison de leur multiplicité, parfois même de leur continuité et de la part considérable de l'investissement que présente leur réalisation.

---

---

## 1. Nature des franchissements

---

---

La première option à lever porte sur le mode de franchissement de l'obstacle, par passage supérieur ou inférieur. Doivent alors être fixées les caractéristiques fonctionnelles de l'ouvrage, en ce qui concerne la voie portée et l'obstacle franchi.

Les travaux et dépenses liés au déplacement des réseaux des services publics, à la protection contre les nuisances acoustiques, à l'assainissement des plates-formes routières et à l'insertion dans le site peuvent intervenir de manière importante dans le choix des modes de franchissement.

L'utilisation possible des espaces laissés libres au-dessous des viaducs et au-dessus des tranchées couvertes doit être définie au programme.

L'attention est attirée sur les conséquences financières éventuelles de cette utilisation.

Il y a lieu ensuite de répertorier les possibilités exactes d'appuis au sol et d'occupation du sous-sol en fonction des contraintes de toute nature, qu'il s'agisse des parties d'ouvrage localisées, telles les piles ou culées des ponts, ou d'éléments linéaires continus, tels les rideaux de palplanches et les parois moulées, ou de structures tridimensionnelles tels les radiers et les massifs injectés.

Des difficultés particulières se rencontreront fréquemment dans le cas d'ouvrages superposés.

---

---

## 2. Caractéristiques géométriques

---

---

---

### 2.1 Profil en travers

---

Si la voie urbaine comporte de part et d'autre d'un ouvrage des bandes d'arrêt, celles-ci seront maintenues sur (ou sous) l'ouvrage. Des dérogations sont envisageables seulement en cas d'impossibilité matérielle ou si le maintien conduit à un surcoût prohibitif.

---

### 2.2 Hauteur libre des ouvrages

---

Il convient de se reporter à la circulaire du 17 octobre 1986 (voir § 3.6 du chapitre « Géométrie liée au débit »). En tout état de cause, il est recommandé de maintenir en zone urbaine la continuité des gabarits autorisés hors agglomération. La définition des hauteurs libres doit intervenir dès le programme.

---

## 2.3 Autres infrastructures de transport

---

La construction d'ouvrages de franchissement pourra être mise à profit pour assurer le passage des pistes cyclables, trottoirs, plates-formes de transports en commun en site propre, voies à affectation variable, avec les terre-pleins centraux ou intermédiaires nécessaires.

---

## 2.4 Phasage

---

Lorsque les ouvrages doivent être réalisés en phases successives liées par exemple à l'accroissement du trafic ou aux possibilités de financement, la consistance de chaque tranche sera définie en tenant compte de la faisabilité des tranches suivantes.

Certains éléments d'ouvrages ou de parties d'ouvrages rattachés à des phases ultérieures devront être parfois réalisés dès l'origine, en raison de nécessités structurales.

---

# 3. Qualité paysagère et architecturale

---

Les règles fixées par la circulaire ministérielle du 24 septembre 1984 sur la qualité paysagère et architecturale des ouvrages routiers s'appliquent notamment aux ouvrages d'art.

Une attention particulière est à porter à cet égard aux murs, qu'ils soient de soutènement ou antibruit. Lorsqu'il y a succession d'ouvrages, l'hétérogénéité des styles est à éviter.

---

# 4. Réseaux

---

---

## 4.1 Enquête préalable

---

Le rétablissement des réseaux pouvant être un élément déterminant lors du choix des modes de franchissement et de la conception des ouvrages d'art, une enquête détaillée portant sur les installations existantes et les projets d'extension doit être lancée avant la préparation de l'avant-projet.

---

## 4.2 Déplacement des réseaux

---

Les réseaux seront souvent déplacés avant l'ouverture des chantiers d'ouvrages d'art, notamment lorsque ces derniers occupent l'emprise de manière continue : tranchées ouvertes et couvertes, cuvelées et non cuvelées, plates-formes en remblai retenu par des murs de soutènement...

Les conduites de desserte ou d'alimentation locale devront être rétablies de part et d'autre de la voie rapide. Dans de nombreux cas, les câbles et conduites pourront être regroupés dans les galeries indépendantes ou incorporées à l'ouvrage d'art.

## 4.3 Réseaux portés

---

Une sélection par rapport aux câbles et canalisations admis en section courante peut être nécessaire pour réduire certains risques (explosion ou incendie dus à une fuite de gaz).

Au niveau du projet de définition de l'ouvrage, les dispositions à prendre pour remédier à des risques acceptés provenant des câbles et canalisations seront définies (conséquences de la rupture de canalisations d'eau...).

Au niveau de l'avant-projet de l'ouvrage, un plan d'équipement immédiat et à terme en câbles et canalisations sera établi, que les installations soient localisées sous le tablier ou aériennes.

Pour chacune des variantes appelées à figurer au DCE, les conditions techniques du passage et des dispositions structurales seront arrêtées en accord avec les services gestionnaires : supports, passerelles de visite, franchissement des piles et culées, chambres de tirage, fixation des mâts...

Seront également arrêtés dès l'avant-projet de l'ouvrage, les modes de collecte et d'évacuation des eaux recueillies sur l'ouvrage ainsi que les dispositions à prendre pour assurer les rejets dans les réseaux d'assainissement urbains.

Des dispositifs de stockage et de relevage seront nécessaires dans le cas des tranchées cuvelées ou situées plus bas que le fil d'eau des collecteurs voisins.

---

## 5. Domanialité, gestion et entretien

---

Aux superpositions d'ouvrages correspondent fréquemment des domanialités multiples qui doivent être arrêtées dès le projet de définition de l'opération. Les services et organismes gestionnaires des différents équipements, ouvrages ou parties d'ouvrages ainsi que les modalités de financement des charges d'exploitation doivent être précisés au stade de l'avant-projet.

Les dispositions destinées à réduire les incidences des visites, interventions en vue de l'exploitation, travaux d'entretien et de réparations sous circulation seront arrêtées au niveau du projet de définition de l'ouvrage.

On doit donc veiller à faciliter l'accessibilité de toutes les parties d'ouvrage et les visites d'inspection par des trottoirs de service, des ouvertures judicieusement disposées, des passerelles fixes ou mobiles, des puits et galeries débouchant à l'écart des voies de circulation, etc.

---

## 6. Équipements

---

### 6.1 Dispositifs de retenue

---

Outre la sécurité des usagers empruntant l'ouvrage, doivent être pris en compte les risques résultant des surplombs : personnes et biens riverains dans le cas des ponts, usagers dans le cas d'ouvrages superposés et de tranchées ouvertes. Les dispositifs de retenue seront dimensionnés en considérant les risques et la probabilité de leur occurrence (cf. méthode de l'indice de danger du dossier pilote GC du Setra).

## 6.2 Éclairage, signalisation, écrans

---

L'éclairage des ponts et tranchées urbains nécessite des adaptations des structures pour l'implantation et l'ancrage des candélabres. Il en va de même de la signalisation (portiques et potences) et d'éventuels écrans antibruit.

C'est également au stade de l'avant-projet de l'ouvrage que doit être conçue l'adaptation des structures.

---

# 7. Méthodes de construction

---

Tant dans le choix du type d'ouvrage que de ses dispositions de détail et de son mode d'exécution, une attention particulière doit être portée aux nuisances susceptibles d'être provoquées par les chantiers urbains et à certains aspects spécifiques :

- maintien des circulations pendant toutes les phases de travaux ;
- risques apportés par les surplombs du domaine public ou privé : (cas des constructions par encorbellements, lancement, rotation de grues, sapines et autres instruments de levage) ;
- émission de bruits, de vibrations (moteurs à explosion, compresseurs, outils et engins à percussions ou vibrations, emploi d'explosifs...) ;
- pollutions par les boues, les fumées (boues provenant des travaux de terrassement pour fondations, de l'emploi d'eau chargée – bentonite, d'injections, y compris risques de fuites dans les égouts et les galeries techniques, les sous-sols des immeubles riverains... ) ;
- collecte et évacuation des eaux, après traitements préalables éventuels (des dispositifs de décantation pourront être imposés) ;
- câbles et réseaux d'alimentation provisoire de chantier ;
- implantation et assainissement des installations de chantier, bureaux et cantonnements... ;
- objets et ouvrages historiques rencontrés dans les fouilles.

L'attention est attirée sur la sévérité accrue des précautions à prendre dans le cas de chantiers postés (2 ou 3 postes).

# Terrassements

## Sommaire

### **1. Rappel des problèmes généraux des terrassements**

- 1.1. Données géotechniques**
- 1.2. Données météorologiques**

### **2. Spécificités des terrassements en milieu urbain**

#### **2.1. Contraintes spécifiques imposées par le site**

- 2.1.1. Tracé**
- 2.1.2. Emprise**
- 2.1.3. Incertitude sur les données géotechniques**
- 2.1.4. Mouvement de terre**

#### **2.2. Contraintes imposées par le respect du milieu environnant**

- 2.2.1. Mode de traitement en place des sols fins**
- 2.2.2. Mode d'abattage des déblais rocheux**
- 2.2.3. Mode de compactage des remblais et couches de forme**
- 2.2.4. Précautions à prendre vis-à-vis des eaux superficielles**
- 2.2.5. Précautions à prendre vis-à-vis des eaux internes**
- 2.2.6. Relevé de l'état initial du bâti adjacent**

#### **2.3. Délais et coûts**

# 1. Rappel des problèmes généraux de terrassements

---

## 1.1 Données géotechniques

---

Le projet de terrassement est établi à partir :

- du dossier géotechnique regroupant l'ensemble des données recueillies par le laboratoire dans le cadre des études géologiques et hydrologiques (identification des sols, études des nappes et circulations d'eau, stabilité des talus de déblai et remblai, etc.) ;
- d'hypothèses éventuelles concernant la construction (phasage de l'opération, portance de la plateforme, entretien des talus, etc.) ;
- de l'étude géométrique (mouvements de terres, distances de transport, etc.).

Il tient compte des contraintes foncières, climatiques, d'exploitation et d'environnement.

## 1.2 Données météorologiques

---

Les conditions d'utilisation des sols sont souvent directement fonction de l'état du sol en place et des conditions météorologiques au moment de l'extraction et du réemploi.

Ces deux paramètres ont une influence directe sur le déroulement du chantier, donc sur le délai de réalisation et finalement sur son coût.

Il convient en conséquence de constituer, dès le stade de l'étude préliminaire, un dossier de renseignements météorologiques.

Les données utiles (dont l'exploitation est faite par les services de la météorologie nationale) sont notamment :

- les hauteurs d'eau moyennes et le nombre moyen de jours de pluie par mois ainsi que leur dispersion ;
- pour chaque mois, le nombre de jours pour lesquels les précipitations ont dépassé certains seuils ;
- l'évaporation potentielle moyenne mensuelle ;
- les températures moyennes, maximales et minimales, le nombre de jours de gel, etc.

Ces données permettent, au stade du projet, de faire des hypothèses sur les conditions d'extraction et de réemploi des sols, en fonction de la programmation des travaux.

De même, elles peuvent mettre en évidence des périodes favorables pour la réalisation de certains travaux délicats, de terrassements ou autres (semis, plantations, etc.) ainsi que la date (approximative) optimale du début des travaux.

## 2. Spécificité des terrassements en milieu urbain

---

### 2.1 Contraintes spécifiques imposées par le site

---

#### 2.1.1 Tracé

Le tracé d'une voie rapide urbaine est très généralement imposé par des considérations d'ordre foncier. Il n'est donc pas possible de retenir celui qui offrirait le meilleur compromis technique (terrassement, environnement, coût).

#### 2.1.2 Emprise

L'emprise est également limitée par des considérations du même ordre. La géométrie des talus s'en trouve souvent affectée et le recours à des parois verticales (murs en terre armée, soutènements en béton armé) est fréquent.

Lorsqu'un talus en terre est envisageable, il convient de tenir compte des difficultés d'entretien que posent des semis sur des surfaces en pente : nécessité de risberme pour la circulation des véhicules *ad hoc* (NB : l'arrosage pourra être prévu à partir d'une canalisation située sous la bande d'arrêt d'urgence).

L'exiguïté de l'emprise (moitié moindre, en moyenne, qu'en rase campagne) supprime toute possibilité de créer une piste de chantier hors de l'assiette. Dans la plupart des cas, enfin, le site urbain impose de clôturer le chantier.

#### 2.1.3 Incertitude sur les données géotechniques

Les données géotechniques sont recueillies ponctuellement (dans le temps et dans l'espace). Compte tenu du fait que les réservations foncières sont prévues plusieurs années à l'avance, l'emprise de la future voie rapide urbaine sert fréquemment de décharge. De plus, il s'agit parfois d'anciennes carrières, champignonnières, etc., plus ou moins comblées. C'est dire l'hétérogénéité probable d'un tel support. Dans ces conditions, les échantillons prélevés par le laboratoire routier ont peu de chance d'être véritablement représentatifs et posent des problèmes d'interprétation.

#### 2.1.4 Mouvement de terre

En milieu urbain, les zones d'emprunt sont rares et doivent être prospectées plusieurs années à l'avance. Les matériaux sont onéreux. De même, la mise en dépôt de déblais suppose d'importantes distances de transport.

Ces considérations expliquent que le mouvement des terres doit être aussi équilibré que possible, même au prix de méthodes qui ne seraient pas recommandées en rase campagne.

C'est ainsi que les sols sont souvent réutilisés (après traitement) malgré de trop fortes teneurs en eau, au prix d'une surconsommation de liant.

De même, certains talus peuvent être terrassés après avoir été l'objet d'injections, voire de congélation (ou terrassement en période de gel, si le climat autorise cette possibilité).

Plus encore qu'en rase campagne, les sols extraits d'éventuels déblais rocheux sont à réemployer dans les zones où ils sont indispensables (couches drainantes, etc.). Les remblais ne peuvent en général pas être édifiés par la méthode dite « excédentaire ». Il s'ensuit pour les talus une stabilité précaire (éclairage, dispositifs de retenue) et une érodabilité importante (mise en végétation rapide).

---

## 2.2 Contraintes imposées par le respect du milieu environnant

---

### 2.2.1 Mode de traitement en place des sols fins

La proximité d'habitations impose des précautions en matière de nature, transport, stockage et mise en œuvre des liants nécessaires (chaux, cendres volantes, ciment), et ce d'autant plus que le vent est à craindre. En particulier, le traitement à la chaux vive est à éviter.

### 2.2.2 Mode d'abattage des déblais rocheux

Le sautage à l'explosif des déblais non défonçables est générateur de nuisances (bruit, vibrations, projections). Son emploi sera donc réservé à des cas exceptionnels. L'abattage par pression d'eau est à préconiser dans de nombreux cas (limites d'emploi : roche très perméable, notamment).

### 2.2.3 Mode de compactage des remblais et couches de forme

Les compacteurs vibrants lourds sont susceptibles de communiquer des vibrations aux immeubles voisins, lors du compactage des couches de forme notamment. Lorsque cette nuisance est sensible, le recours aux compacteurs à pneus s'impose.

### 2.2.4 Précautions à prendre vis-à-vis des eaux superficielles

En phase de terrassements, le système de drainage mis en place est généralement sommaire. Un effort particulier devra être consenti à chaque phase de travaux pour éviter les écoulements incontrôlés d'eaux polluées et des bacs débourbeurs ou un système de décrottage à sec devront être installés aux sorties du chantier afin de minimiser la salissure des voiries empruntées par les camions concernés.

Le drainage définitif doit être exécuté dès la première phase des travaux.

### 2.2.5 Précautions à prendre vis-à-vis des eaux internes

Deux principaux types de nuisances sont à craindre : la pollution des nappes (par des hydrocarbures notamment) et la modification de leur niveau : rabattement provisoire (pompage destiné à permettre le terrassement), définitif (une tranchée intercepte la nappe) ou encore rehaussement provoqué par un remblai qui diminue la perméabilité d'une couche qui le supporte.

Ces différents risques doivent être appréciés et des solutions dégagées pour en minimiser les conséquences, dont les plus importantes concernent la stabilité d'immeubles voisins.

### 2.2.6 Relevé de l'état initial du bâti adjacent

Différentes nuisances mentionnées précédemment peuvent être à l'origine de contentieux, les immeubles riverains étant susceptibles de se dégrader sous l'effet des vibrations et des modifications des conditions d'appui de leurs fondations.

Une bonne précaution consiste donc à faire établir avant le début des travaux un constat, par experts et huissiers, de l'état initial du bâti adjacent au chantier.

---

## 2.3 Délais et coûts

---

Les contraintes évoquées ci-dessus se traduisent de façon sensible au niveau du délai d'exécution et des coûts. Il convient de mentionner en outre :

- les difficultés éprouvées par les camions à évoluer dans la circulation urbaine autour du chantier ;
- les difficultés éprouvées par les engins et les camions dans l'emprise réduite du chantier ;
- l'impossibilité pratique d'utiliser des matériels à grand rendement (décapeuses, tombereaux, etc.) ;
- les contretemps nés des contacts avec les élus et les revendications des riverains, qui exercent dans un tel site une pression quasi constante.

C'est ainsi que l'avancement général du chantier est considérablement ralenti et que son coût au kilomètre revient, en première approche, trois à cinq fois plus cher qu'en rase campagne.

# Chaussées

## Sommaire

- 1. Rappel des principes de dimensionnement des chaussées**
  - 1.1. Durée de service des structures
  - 1.2. Les performances des matériaux utilisés
  - 1.3. L'agressivité moyenne des poids lourds  
et le taux de progression moyen annuel du trafic lourd
  - 1.4. L'absence de contraintes liées au coût ou à la consommation d'énergie
- 2. Le profil en travers**
  - 2.1. Pentes transversales
  - 2.2. Surlargeurs
  - 2.3. BAU et BDG
- 3. Entretien structurel**
  - 3.1. Fissuration de retrait
  - 3.2. Fatigue des matériaux
    - 3.2.1. Processus
    - 3.2.2. Techniques d'entretien structurel
      - 3.2.2.1. Thermorégénération, recyclage en place
      - 3.2.2.2. Apport d'une nouvelle couche de surface en enrobés
      - 3.2.2.3. Renforcement ou réfection de structure
- 4. Choix de la couche de surface**
  - 4.1. La sécurité de l'utilisateur
  - 4.2. Le bruit de roulement
  - 4.3. La luminance
  - 4.4. L'entretien superficiel
    - 4.4.1. Entretien de l'adhérence
    - 4.4.2. Entretien de l'uni transversal
- 5. Influence de l'entretien sur les cotes du projet**

# 1. Rappel des principes du dimensionnement des chaussées

---

Le *Catalogue 1977* des structures types de chaussées neuves matérialise un certain nombre de principes de la politique française de construction et d'entretien des chaussées, préconisée sur le réseau routier national par la direction des Routes.

Cette politique est traduite par un faisceau de documents dont le *Catalogue 1977* est indissociable.

L'extrapolation des planches de structures proposées à un contexte différent de celui qui a servi d'hypothèse à leur établissement ne peut donc être faite que moyennant précautions.

Les hypothèses implicites du *Catalogue 1977* concernent la durée de service des structures, les performances des matériaux utilisés, l'agressivité moyenne des poids lourds et le taux de progression moyen annuel du trafic lourd, l'absence de contraintes liées au coût ou à la consommation d'énergie.

---

## 1.1 La durée de service des structures

---

Fonctionnellement, une chaussée se compose d'une surface qui doit offrir aux véhicules un niveau de service satisfaisant (sécurité, confort) et d'une structure qui protège le support vis-à-vis des agressions extérieures (trafic, climat).

On entend par « durée de service » des structures, la période de calcul pour laquelle, sous réserve d'un entretien normal des qualités de la couche de surface, les assises de chaussées et le sol support sont soumis à des contraintes telles que leur probabilité de dégradation est inférieure à un seuil donné, fonction de l'intensité du trafic lourd.

Au-delà de la durée de service, la probabilité serait donc jugée trop grande d'avoir à construire la chaussée si celle-ci ne faisait l'objet, périodiquement, d'interventions au titre de l'entretien des structures et de nature à retarder cette échéance.

Pour la classe de trafic  $T_0$  qui règne sur la majorité des voies rapides urbaines, les structures proposées dans le catalogue supposent une probabilité de dégradation structurelle de 2 % à vingt ans en l'absence d'entretien structurel.

De telles structures sont donc adaptées au contexte urbain. Néanmoins, un léger surdimensionnement, qui augmente sensiblement cette durée à peu de frais, est recommandé.

---

## 1.2 Les performances des matériaux utilisés

---

Les fiches du catalogue font référence à des matériaux standardisés au plan national et répondant aux spécifications contenues dans les directives et recommandations du Setra et du LCPC.

Le respect de ces directives assure un niveau minimum de performances, qui a été pris en compte dans les calculs.

Des produits ou procédés spéciaux, étudiés pour mieux répondre à certains problèmes particuliers et notamment ceux relatifs au contexte urbain, peuvent, le cas échéant et sous réserve que la preuve en soit établie, prétendre à des performances supérieures à celles des matériaux standard. Un dimensionnement particulier peut dans ce cas être étudié.

### 1.3 L'agressivité moyenne des poids lourds et le taux de progression moyen annuel du trafic lourd

---

Le milieu urbain se caractérise à cet égard par une proportion élevée :

- de petits camions de livraison, peu agressifs vis-à-vis des structures ;
- de véhicules de transport en commun (autobus, cars de tourisme, transports scolaires et d'entreprises) très agressifs de par leur conception (absence de roues jumelées).

Cette spécificité peut justifier une étude particulière.

### 1.4 L'absence de contraintes liées au coût ou à la consommation d'énergie

---

Les fiches du catalogue sont établies sans tenir compte de la conjoncture économique et ne présument en rien, ni pour leur construction, ni pour leur entretien, ni vis-à-vis de la consommation des véhicules, des coûts des matériaux nécessaires et de la dépense d'énergie qu'ils induisent.

En milieu urbain comme en rase campagne, les structures proposées restent donc à examiner sous ces différents aspects. Des circulaires ministérielles peuvent notamment imposer des mesures spécifiques conjoncturelles à cet égard.

---

## 2. Le profil en travers

---

### 2.1 Pentes transversales

---

Compte tenu de leur rugosité géométrique variable, les différents matériaux constitutifs des couches de roulement offrent aux eaux superficielles une opposition variable au ruissellement.

C'est ainsi que les structures faisant appel au béton de ciment, peu rugueuses en surface, étaient souvent réglées à 2 % minimum de pente transversale, contre 2,5 % pour les chaussées faisant appel à d'autres revêtements.

Considérant l'incertitude relative à la technique d'entretien ultérieur d'une structure en béton (les enduits ou bétons bitumeux ne pouvant être écartés a priori), il n'y a pas lieu de maintenir cette discrimination, et une pente de 2,5 % peut être préconisée de façon générale sur les voies rapides urbaines.

### 2.2 Surlargeurs

---

Pour assurer un fonctionnement mécanique correct (effets de bord) autant que pour faciliter la mise en œuvre des différentes couches consécutives de la structure, ces dernières doivent présenter des surlargeurs par rapport au bord intérieur de la bande de guidage des véhicules.

Ces surlargeurs sont au minimum, hormis le cas des chaussées en béton :

- pour la couche de roulement = 30 cm ;
- pour la couche de base = 50 cm ;
- pour la couche de fondation = 90 cm ;

et dans le cas des chaussées en béton :

- pour la couche de base – roulement = 75 cm à droite, 25 cm à gauche ;
- pour la couche de fondation = variable selon nature.

---

## 2.3 BAU et BDG

---

En milieu urbain, la bande d'arrêt d'urgence présente la particularité d'être fréquemment circulée pour des raisons programmées (exploitation sous travaux) ou accidentelles. Il est donc souhaitable de concevoir sa structure comme celle d'une voie normale, dimensionnée en fonction du trafic moyen journalier annuel prévisible.

En fonction de la largeur prévue pour la bande dérasée de gauche, il peut être opportun de la traiter avec le même matériau que les assises ou avec un matériau spécifique.

En tout état de cause, sa protection et celle du support contre les intempéries justifient qu'elle soit revêtue.

---

# 3. Entretien structurel

---

Une chaussée n'est pas un objet de consommation que l'on abandonne lorsqu'il est usagé.

Un entretien adapté est donc nécessaire de manière à prolonger la durée de service aussi longtemps qu'on le souhaite. Il est cependant indispensable de ne pas sous-dimensionner les chaussées pour éviter les renforcements lourds particulièrement contraignants et coûteux.

L'entretien peut revêtir différents aspects, liés à la pathologie des chaussées.

---

## 3.1 Fissuration de retrait

---

Les structures de chaussées à fort trafic comprennent au moins une assise traitée par un liant hydraulique. Ces assises sont le siège de phénomènes de fissuration transversale dus au retrait des matériaux.

Les fissures doivent être colmatées sous peine d'autoriser les infiltrations d'eau, ainsi que l'érosion et l'épaufrure des lèvres, voire leur dédoublement et l'enclenchement d'un processus de dégradation accéléré.

- Une couverture bitumeuse s'oppose à la remontée des fissures et ce de façon d'autant plus efficace que le rapport d'épaisseur entre les matériaux « noirs » et « blancs » est élevé.
- Les structures mixtes (base hydrocarbonée) n'imposent donc que de faibles sujétions à cet égard.

- Les chaussées à deux assises traitées aux liants hydrauliques doivent faire l'objet d'un premier colmatage échelonné entre la 4<sup>e</sup> et la 6<sup>e</sup> année (en moyenne), et d'un second, partiel, vers douze ans. Ce type de travaux est contraignant vis-à-vis de l'exploitation et cause une gêne sensible aux usagers.
- Les chaussées en béton sont sciées, lors de la construction, en dalles séparées par des joints garnis d'un matériau visco-élastique. Le regarnissage des joints doit être prévu tous les cinq ans en moyenne. C'est une sujétion comparable à celle évoquée ci-dessus (colmatage).

---

## 3.2 Fatigue des matériaux

---

### 3.2.1 Processus

Pendant leur durée de service, les assises subissent des contraintes engendrant des dommages élémentaires qui consomment progressivement leur capital de résistance initial.

Certaines interventions permettent de réduire la vitesse à laquelle ce capital est consommé : ce sont d'une façon générale celles qui se traduisent par une augmentation sensible de l'épaisseur de la structure. Ces interventions sont de type préventif.

À défaut de telles interventions, la probabilité augmente de voir la structure se dégrader à l'approche de l'expiration de sa durée de service.

Les dégradations à craindre sont de deux types :

- fissuration longitudinale, puis ramifiée, évoluant en faïençage ;
- déformations : orniérage à grand rayon, affaissements.

L'apparition de telles dégradations peut être palliée par des interventions de type curatif.

### 3.2.2 Techniques d'entretien structurel

#### 3.2.2.1 *Thermorégénération, recyclage en place*

Ces deux techniques consistent à améliorer les caractéristiques physiques et mécaniques de la couche de roulement en place ainsi, le cas échéant, que son accrochage à la couche sous-jacente, et ceci moyennant une modification faible du niveau de la chaussée.

Elles sont davantage curatives que préventives et sont bien adaptées au traitement spécifique d'une voie de circulation (en cas d'orniérage, notamment).

Il s'agit en fait de techniques d'entretien de la couche de surface mais qui permettent de retarder l'échéance d'une intervention plus lourde et plus contraignante.

#### 3.2.2.2 *Apport d'une nouvelle couche de surface en enrobés*

Selon les résultats de l'auscultation des chaussées, un choix est à opérer entre une couche « mince » ou « épaisse ».

Une couche « épaisse » (8 cm) apporte un important complément à la structure et s'oppose durablement aux remontées de fissures.

C'est une intervention préventive efficace, qui peut également être tentée en traitement curatif si le processus de dégradation n'est pas trop avancé.

Une couche « mince » (4 cm de BB ou enrobé spécial) apporte un léger complément de structure et participe à la maintenance des caractéristiques superficielles. Ce dernier objectif (cf. infra) peut être déterminant vis-à-vis de la formulation à adopter et, par conséquent, de l'épaisseur à mettre en œuvre.

Ces techniques sont onéreuses et supposent l'interruption de la circulation. Elles entraînent la modification du niveau de la chaussée avec les conséquences que cela induit (cf. infra).

### 3.2.2.3 Renforcement ou réfection de structure

À l'expiration de la durée de service, un entretien léger ne permet plus d'enrayer le processus de dégradation. Une nouvelle durée de service doit être conférée aux assises :

- par un « renforcement » : apport simultané d'une nouvelle couche de base et d'une couche de roulement. Cette opération est très onéreuse et très contraignante vis-à-vis des niveaux, des gabarits sous PI et du profil à proximité des PS. Il importe d'éviter d'en arriver à cette extrémité ;
- par décaissement et reconstitution des assises fatiguées. Cette opération peut être limitée à une seule voie et peut notamment être préconisée dans le cas des chaussées en béton.

Dans les deux cas, la gêne aux usagers est importante compte tenu de la durée des travaux.

En outre, la démolition d'une dalle de béton engendre de graves nuisances pour les riverains. En tunnel ou sous tranchée couverte, toutefois, une chaussée béton surdimensionnée peut être quasi éternelle. L'absence d'entretien qui en résulte peut permettre d'importantes économies, en minimisant le gabarit de l'ouvrage.

---

## 4. Choix de la couche de surface

---

Les caractéristiques physiques de la couche de surface dépendent du choix effectué en la matière. Ces caractéristiques ont une influence sur différents paramètres entre lesquels il convient de rechercher le meilleur compromis. Ces paramètres concernent essentiellement la sécurité de l'utilisateur, les qualités sonores et visuelles, la durabilité et les besoins en entretien, ainsi que les coûts qui en résultent.

Le choix final peut largement dépendre du site et des sujétions qu'il impose.

---

### 4.1 La sécurité de l'utilisateur

---

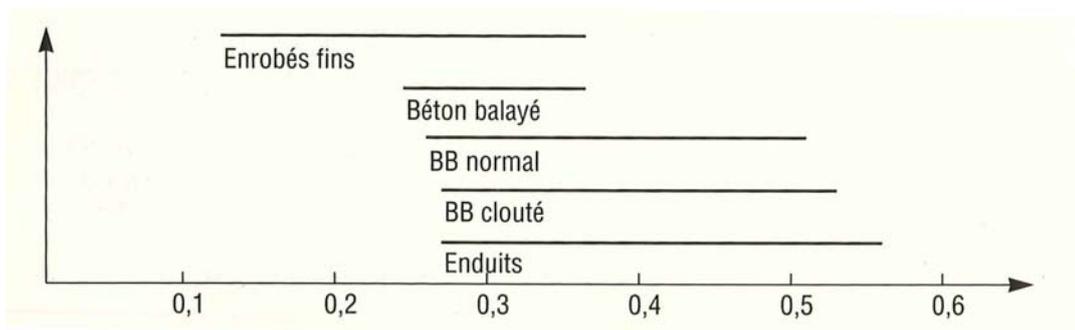
Le paramètre le plus important à considérer est l'adhérence, qui traduit l'aptitude du revêtement à mobiliser les qualités des véhicules en matière de tenue de cap et de freinage.

Satisfaisante sur chaussée sèche, elle varie selon la « drainabilité » du revêtement sur chaussée mouillée (l'uni longitudinal étant supposé suffisamment bon).

Le coefficient de frottement transversal à 20° (CFT) est l'indicateur communément admis pour son évolution (mesures de routine).

Le coefficient de frottement longitudinal (CFL) est cependant mesuré par des moyens plus fiables.

Selon la nature et l'âge des revêtements, le CFL varie dans les plages ci-dessous.



En voirie urbaine, l'obtention d'un CFL élevé est un objectif particulièrement important compte tenu de la fréquence des freinages qui conduit à éliminer l'emploi d'enrobés fins sur chaussées principales.

## 4.2 Le bruit de roulement

Les revêtements génèrent sous le passage des pneumatiques un niveau de bruit qui ne paraît pas lié de façon simple à leur rugosité géométrique.

Les bétons bitumeux classiques sont en général mieux adaptés dans les zones sensibles, mais les variations du niveau moyen de bruit sous le passage d'un flot de véhicules intense et composite n'excèdent guère quelques décibels d'un revêtement à l'autre.

Des recherches sont en cours sur ce thème, qui pourraient aboutir à la connaissance de revêtements moins bruyants.

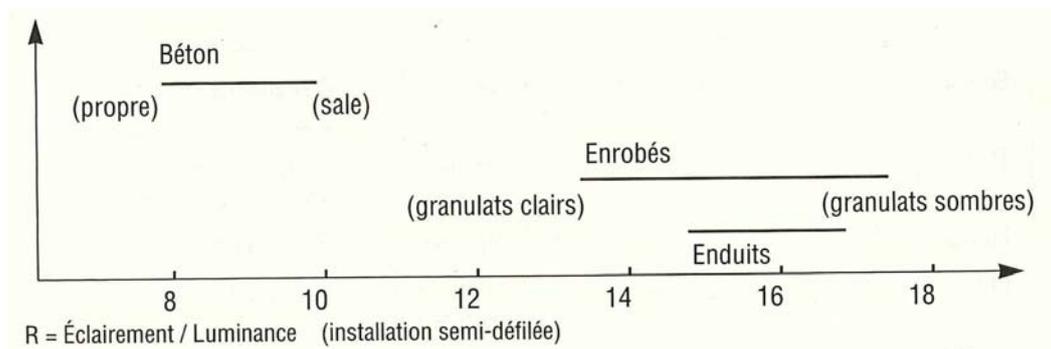
## 4.3 La luminance

Les revêtements de couleur claire offrent une meilleure luminance à éclairage égal et permettent de faire des économies d'éclairage.

En tunnel, notamment, les chaussées en béton peuvent offrir à cet égard un avantage substantiel.

Une luminance de 1,5 à 2 cd/m<sup>2</sup> semble constituer pour les voies rapides urbaines un bon compromis entre le gain de sécurité et le coût d'exploitation.

L'obtention d'un bon contraste entre la chaussée et les marquages est également un objectif à rechercher.



## 4.4 L'entretien superficiel

Sous l'action du trafic, de l'âge et des conditions climatiques, les revêtements vieillissent et leurs qualités s'altèrent sans pour autant que la structure de chaussée soit en cause.

Une intervention aussi légère que possible est donc à envisager périodiquement afin de redonner aux paramètres d'état de la couche de surface des valeurs supérieures aux seuils fixés par le maître d'œuvre.

Le *Guide technique de l'entretien préventif* peut valablement s'appliquer au cas des voies rapides urbaines. Il définit :

- les objectifs de l'entretien ;
- des seuils d'intervention ;
- des règles d'entretien.

Les voies rapides urbaines se caractérisent par la fréquence des sollicitations tangentielles (arrêt et redémarrage des véhicules, et notamment des poids lourds, aux abords des carrefours).

Ces sollicitations rendent la couche de roulement particulièrement sensible :

- à l'orniérage ;
- aux défauts d'interface roulement / base ;

et imposent le recours à des précautions accrues concernant :

- la formulation des matériaux ;
- leur mise en œuvre et le soin apporté à la réalisation des couches d'accrochage.

Elles se caractérisent en outre dans certains cas par l'é étroitesse (3 m) des voies de circulation. Dans ces conditions, le trafic lourd est très canalisé ce qui entraîne l'accélération des processus d'orniérage et de polissage de la couche de roulement.

### 4.4.1 Entretien de l'adhérence

Ce paramètre doit faire l'objet d'un suivi permanent.

Les interventions sont à programmer en fonction des mesures de glissance, mais également lorsque les statistiques révèlent un taux anormalement élevé d'accidents par temps de pluie.

Les techniques envisageables sont les enduits superficiels, les bétons bitumeux en couche mince (4 cm, avec une formulation adaptée à cet emploi), la thermorégénération, et différents procédés spéciaux à base de sable ou de mastic clouté et de liant additionné de polymères (en général), en couche mince (2-3 cm).

Technique	Efficacité	Coût	Observations
Enduits	++	Moins élevé que le coût de référence	Précautions sur voies lourdes bitumeuses
Thermorégénération ou recyclage	+	Moins élevé que le coût de référence *	Suppose un support bitumeux > 8 cm
Enrobés minces	+	Coût de référence	Tous supports
Procédés spéciaux	++	Beaucoup plus élevé que le coût de référence	Tous supports
* si traitement limité à une voie, deux au maximum			

#### 4.4.2 Entretien de l'uni transversal

Sous l'effet d'un trafic lourd canalisé et d'une température élevée en regard des caractéristiques du liant employé, les couches bitumeuses épaisses sont susceptibles de fluer sans que la structure puisse être incriminée.

Lorsqu'un liant de trop forte pénétrabilité a été employé, un orniéage caractéristique (à faible rayon) peut donc être constaté.

La technique adaptée pour pallier ce défaut est le thermoreprofilage qui s'applique sélectivement sur la voie concernée ou la thermorégénération qui permet en outre de corriger les caractéristiques du liant.

Certains outils spéciaux peuvent également être envisagés (sous réserves).

---

## 5. Influence de l'entretien sur les cotes du projet

---

Les considérations qui précèdent mettent en évidence l'intérêt que présente une vision réaliste des scénarios d'entretien envisagés en relation avec la structure de chaussée choisie.

Parmi les interventions citées dans ce qui précède, il convient de noter que certaines n'impliquent qu'une modification négligeable du niveau de la chaussée. Il s'agit des enduits, du thermoreprofilage et de la thermorégénération.

D'autres se traduisent par un rehaussement modéré de ce niveau : enrobés spéciaux d'entretien, BB minces.

Enfin, l'apport d'une nouvelle couche de roulement ayant à jouer un rôle structurel suppose la modification sensible des cotes altimétriques du revêtement. Ceci se traduit par :

- des sujétions concernant les accotements et dépendances : remise à niveau des bordures, îlots, dispositifs de retenue notamment ;
- la perturbation du profil en long au voisinage des PI ;
- la réduction des gabarits sous PS et tunnels.

Ce dernier inconvénient est le plus grave. Deux palliatifs sont envisageables :

- prévoir à la construction un gabarit tenant compte des interventions ultérieures probables (une marge de 10 cm paraît raisonnable) ;
- prévoir une chaussée béton surdimensionnée, à entretien minimum.

# Tunnels et tranchées couvertes

## Sommaire

- 1. Généralités**
- 2. Éléments géométriques**
  - 2.1. Tracé en plan**
  - 2.2. Profil en long**
  - 2.3. Profil en travers**
    - 2.3.1. Largeur entre piédroits**
      - 2.3.1.1. Rappel de la terminologie*
      - 2.3.1.2. Principes généraux de dimensionnement*
      - 2.3.1.3. Valeur de dimensionnement de la largeur roulable*
    - 2.3.2. Hauteur libre**
      - 2.3.2.1. Valeurs réglementaires*
      - 2.3.2.2. Précautions diverses*
    - 2.3.3. Réservations diverses pour les équipements**
    - 2.3.4. Synthèse**
- 3. Génie civil**
  - 3.1. Zone d'influence**
  - 3.2. Données géologiques et géotechniques**
    - 3.2.1. Tranchées couvertes**
    - 3.2.2. Tunnels**
  - 3.3. Points particuliers**
    - 3.3.1. Exécution par phases**
    - 3.3.2. Tolérances de construction**
    - 3.3.3. Dévers variables**
    - 3.3.4. Drainage de la chaussée**
    - 3.3.5. Station de relevage des eaux**
    - 3.3.6. Réservations pour réseaux divers**
  - 3.4. Dispositions réglementaires concernant la sécurité**
- 4. Ventilation**
  - 4.1. Nécessité d'une installation de ventilation**
  - 4.2. Conception**
  - 4.3. Systèmes de ventilation**
  - 4.4. Dimensionnement**
  - 4.5. Capteurs de pollution**
- 5. Éclairage**
  - 5.1. Nécessité d'une installation d'éclairage**
    - 5.1.1. De jour**
    - 5.1.2. De nuit**
  - 5.2. Dimensionnement**
  - 5.3. Précautions d'implantation**
- 6. Environnement**
  - 6.1. Environnement au niveau des têtes et des trémies d'accès**
  - 6.2. Environnement au niveau des usines de ventilation**
  - 6.3. Importance des études d'environnement**

## **7. Équipements de gestion**

### **7.1. Généralités**

### **7.2. Surveillance de la circulation et de ses effets**

#### **7.2.1. Télévision en circuit fermé**

#### **7.2.2. Contrôle du gabarit en hauteur**

### **7.3. Moyens d'alarme et de sécurité**

#### **7.3.1. Équipements à la disposition des usagers**

#### **7.3.2. Informations et prescriptions à l'utilisateur**

#### **7.3.3. Radiocommunication**

### **7.4. Poste de commande et de contrôle**

### **7.5. Alimentation électrique**

### **7.6. Signalisation horizontale**

## **8. Particularités de la gestion d'un ouvrage souterrain**

# 1. Généralités

---

---

Dans le cadre de la présente instruction, l'introduction d'une fiche thématique « tunnels et tranchées couvertes » est apparue nécessaire en raison des particularités de ces ouvrages. Cependant, le court exposé ci-après ne peut que donner des idées générales des divers problèmes à résoudre par un projeteur et il convient dans tous les cas de se reporter au *Dossier pilote des tunnels* édité par le Cetu (Centre d'études des tunnels).

Cette singularité ne résulte pas de la spécificité des méthodes de conception et de réalisation du génie civil. Chacune des grandes familles d'ouvrages d'art, par sa nature même, se différencie sur ce point. Elle provient du fait que, sur de nombreux points, les interactions entre le parti structurel et la fonction routière sont beaucoup plus marquées que celles habituellement rencontrées.

Les particularités résident d'abord dans l'influence souvent déterminante qu'un tel ouvrage exerce sur le choix du tracé. Les contraintes auxquelles il est soumis sont en général impératives et ne laissent que peu de latitude.

Par ailleurs, le confinement total imposé à la voirie se répercute sur la géométrie et le dimensionnement ainsi que sur les équipements de la route. Les indications données sur ces points dans la fiche ne visent pas à être exhaustives. Elles ont pour but de compléter et, si besoin, d'adapter les prescriptions et conseils des fiches thématiques de l'instruction.

Ce confinement implique également la mise en œuvre d'équipements propres à ce type d'ouvrage : ventilation et éclairage qui font l'objet de développements particuliers.

Les dispositions réglementaires concernant la sécurité, auxquelles sont soumis les ouvrages souterrains, constituent une autre particularité.

La circulaire interministérielle n° 81-109 du 29 décembre 1981 du ministère de l'Intérieur et de la Décentralisation et du ministère des Transports, définit les dispositifs et équipements de sécurité et les mesures d'exploitation qu'il convient de prévoir dès que la longueur en souterrain est supérieure ou égale à 200 m.

Les dispositifs que cette circulaire impose influent directement sur la conception du génie civil de l'ouvrage et sur ses équipements.

Une disposition essentielle est à signaler : « *Au cours de la préparation de l'avant-projet de l'ouvrage, il convient de faire examiner par la commission départementale de sécurité concernée les dispositifs prévus en application de la présente circulaire en fonction des caractéristiques propres de l'ouvrage considéré .»*

Bien que ces dispositions ne s'appliquent, en principe, qu'aux ouvrages du réseau national, il convient d'en tenir le plus grand compte dans tous les projets, quel que soit le maître d'ouvrage.

D'une portée plus générale, car s'appliquant à toutes les catégories de voiries, la circulaire interministérielle (Intérieur, Équipement, Transports n° 78-44 du 12 mars 1976) concerne la réglementation de la circulation, dans les tunnels de plus de 150 m de longueur, des véhicules routiers transportant des matières dangereuses.

La règle générale est l'interdiction. Il est possible de déroger à cette règle sous certaines conditions. La décision correspondante est à prendre au terme d'une consultation interservices qui, dans le cas d'une construction nouvelle, doit avoir lieu, ainsi que le précise la circulaire n° 81-109, avant l'approbation de l'avant-projet.

Dans ce dernier cas, l'autorisation peut être subordonnée à la réalisation de dispositifs spéciaux.

## 2. Éléments géométriques

---

---

### 2.1 Tracé en plan

---

La démarche dans l'étude du tracé en plan doit tenir compte de la spécificité « ouvrage souterrain » et un certain nombre de facteurs sont à examiner et à prendre en considération avant de pouvoir arrêter définitivement le projet.

Il s'agit principalement :

- des facteurs liés au génie civil (on se reportera à ce sujet au § 3 « génie civil » ci-après) ;
- des problèmes de visibilité latérale (très importants dans les courbes de faible rayon) conduisant éventuellement à une réduction de la vitesse de référence ou à la nécessité de surlargeurs latérales pour respecter la distance de visibilité ;
- des problèmes liés à la ventilation et à la possibilité d'implantation d'usines de ventilation (surtout important dans les sites très urbanisés).

Il convient de respecter les règles suivantes :

- proscrire les échanges en tunnel (jonction et bifurcation) en raison des problèmes de sécurité, des mauvaises conditions de stockage de véhicules et de réduction de la capacité,
- reporter ces échanges à une distance au minimum de 300 m par rapport aux têtes, ceci afin d'éviter leurs conséquences en tunnel ;
- séparer physiquement les deux courants de circulation dans le cas de tranchées couvertes ;
- prévoir au niveau de chaque tête des possibilités d'accès rapide pour les services de sécurité et d'exploitation ainsi que des possibilités de basculement de la circulation d'un tube sur l'autre en cas d'accident ou d'intervention pour l'entretien.

Il convient d'examiner au niveau des échanges amont, les itinéraires de déviation tant pour certains utilisateurs interdits sous le tunnel (matières dangereuses, hors gabarits... ) que pour les cas d'obligation de fermeture (entretien et accidents) qui sont plus fréquents en tunnel qu'à l'air libre pour l'entretien de l'ouvrage et de ses équipements.

### 2.2 Profil en long

---

En règle générale, on limite les rampes et les pentes de manière à maintenir la circulation fluide et à diminuer les besoins en ventilation. À titre d'exemple, le fait de passer d'un palier à une rampe de 4 % augmente de 20 % les émissions en oxyde de carbone des véhicules légers et double les fumées émises par les véhicules diesel (poids lourds).

Dans le cas de trémies de sortie à très forte rampe, le problème d'une voie supplémentaire pour véhicules lents est éventuellement à examiner dans la mesure où il y aurait risque de propagation du ralentissement de la circulation à l'intérieur de l'ouvrage pouvant à la limite aboutir à un blocage et ayant de toute manière des effets sur le plan de la pollution.

En profil concave, même sans faux plafond de ventilation, le problème de visibilité longitudinale qui ne se pose pas à l'air libre est à examiner et conduit alors à adopter des rayons plus élevés.

## 2.3 Profil en travers

### 2.3.1 Largeur entre piédroits

#### 2.3.1.1 Rappel de la terminologie



**Remarque** : contrairement à l'air libre, le caniveau ou fil d'eau, et les avaloirs (répartis régulièrement tout au long de l'ouvrage) sont mis en œuvre et font partie intégrante de la largeur roulable ; en effet, les débits à évacuer sont généralement très faibles (eaux de ruissellement ou eaux de lavage).

#### 2.3.1.2 Principes généraux de dimensionnement

##### a) Chaussée

Il est mis en œuvre en tunnel le même nombre de voies que prévu dans la phase définitive à l'air libre, un tunnel n'étant pas « élargissable » ultérieurement.

La largeur des voies est identique à celle de l'air libre (3,50 m dans le cas général avec possibilité de réduction jusqu'à 3 m par voie pour les infrastructures de type U et particulièrement pour U 60).

##### b) Largeur roulable

La largeur roulable est dimensionnée afin de conserver le même nombre de voies de circulation au droit d'un véhicule en panne, avec au minimum une vitesse au pas lorsqu'il s'agit d'un poids lourd arrêté, et prudente en cas d'arrêt d'un véhicule léger.

Sauf dans le cas des tunnels très courts, on ne conserve pas généralement sur ce type d'itinéraire, les bandes d'arrêt d'urgence existant à l'air libre. Pour ces ouvrages, la possibilité d'implantation de garages (ou points d'appuis) doit alors être examinée. Les bandes dérasées de droite ou de gauche ont une largeur minimale de 0,30 m.

Il convient dans tous les cas de préserver une visibilité latérale suffisante (courbe à droite ou à gauche de faible rayon) de manière à assurer une distance de visibilité satisfaisante, ce qui amène éventuellement à créer des surlargeurs dans certaines zones ou sur toute la longueur.

### c) Trottoirs de service

Des trottoirs de service sont prévus de chaque côté afin de permettre aux usagers en panne d'aller alerter les secours ; leur largeur minimale est de 0,60 m pour les piédroits concaves et de 0,75 m pour les piédroits verticaux. Les bordures utilisées sont du type T2.

Toutefois, ces valeurs (les largeurs à prendre en compte peuvent être plus importantes) ne peuvent être arrêtées définitivement que lorsque toutes les réservations et réseaux divers devant être mis sous trottoirs ont été répertoriés et définis.

**Remarque** : la possibilité de mise en œuvre de bute-roues (largeur 0,25 m) à la place de trottoirs n'est à envisager qu'en cas de présence d'une bande d'arrêt d'urgence. Cette solution exclut, par manque de place, l'implantation d'équipements (éclairage, signalisation...) en position latérale.

#### 2.3.1.3 Valeur de dimensionnement de la largeur roulable

Afin de respecter et de vérifier les règles générales énoncées au § 2.3.1.2 b, le projeteur peut s'inspirer du tableau ci-après donnant la largeur du couloir de circulation (largeur du véhicule + gardes latérales) nécessaire à chaque courant de circulation dans les différentes hypothèses.

Type de véhicule	Largeur du couloir de circulation (en mètres)	
	Véhicules légers	Poids lourds
Conditions de circulation		
Véhicule arrêté	2,15	2,85
Véhicule au pas : 10 km/h	2,30	3,00
Vitesse prudente : 40 km/h – 50 km/h	2,70	3,25
Vitesse normale : ≥ 60 km/h	3,00	3,50

**Remarque** : dans le cas d'ouvrage à très faible rayon de courbure ( $\leq 200$  m), il convient de prendre en compte les débordements latéraux (avant et arrière) de la carrosserie par rapport à la largeur normale et fonction des caractéristiques des véhicules (voiture particulière, camion routier, semi-remorque ou transport en commun).

En application des valeurs proposées ci-avant, on trouve ci-après les largeurs roulables minimales pour quelques cas courants d'ouvrages souterrains.

	Largeur roulable (en mètres)	
	% de PL faible ou nul	% important de PL
Bretelle d'insertion à une voie	4,85	5,85
2 voies unidirectionnelles	7,55	8,15
2 voies bidirectionnelles	7,85	9,10

## 2.3.2 Hauteur libre

### 2.3.2.1 Valeurs réglementaires

La détermination de la hauteur libre sera conforme à la circulaire du 17 octobre 1986 (Équipement – Logement) relative au dimensionnement de la hauteur des ouvrages routiers sur le réseau national.

Les différentes valeurs à prendre en compte sont les suivantes :

- hauteur libre minimale (Hm) :
- 4,75 m (autoroute) ;
- 4,50 m (route internationale) ;
- 4,30 m (cas général) ;
- 3,65 m (PSGR bus permettant le passage des différents véhicules de sécurité).

- Revanche de construction et d'entretien (Rc)

Rc = 0,05 m. Cette valeur peut être portée à 0,10 m lorsque l'on prévoit un rechargement ultérieur de chaussée qui n'est à envisager uniquement que pour les ouvrages courts. Par contre, dans les autres tunnels, un rechargement nécessite de telles sujétions (trottoirs qui « disparaissent », rehaussement presque obligatoire des avaloirs) que l'on n'a pas intérêt à prévoir une réfection par-dessus l'ancienne couche de roulement qui doit alors être enlevée.

- Revanche de protection (Rp)

Rp = 0,10 m vis-à-vis des équipements en tunnel.

### 2.3.2.2 Précautions diverses

- La hauteur libre règne sur toute la largeur roulable majorée de part et d'autre de :
  - 0,25 m vis-à-vis des équipements ;
  - 0,10 m vis-à-vis du génie civil, sauf dans le cas d'ouvrages avec BAU où cette valeur sera nulle.

Cette marge latérale permet la protection des équipements envers les bâches flottantes des camions routiers et les débordements éventuels de leur chargement (en mouvement ou à l'arrêt).

- On doit également prêter attention aux dévers et faire pivoter l'ensemble du rectangle pour la détermination du profil en travers type.
- Le choix du point de rotation des dévers revêt une importance particulière et un changement d'axe de référence par rapport à l'air libre peut s'avérer très économique.

## 2.3.3 Réservations diverses pour les équipements

Dès les études préliminaires, les problèmes liés à l'implantation des équipements doivent faire l'objet d'un examen très détaillé de manière à arrêter les réservations correspondant à leur encombrement.

Les principaux points concernés sont les suivants :

- surface nécessaire des conduits d'air frais et d'air vicié dans le cas d'une ventilation à mode semi-transversal ou transversal (pur ou partiel) ;
- possibilité de mise en œuvre des accélérateurs dans le mode longitudinal ;
- implantation de l'éclairage ;
- mise en œuvre de la signalisation (feux et panneaux de signalisation) ;
- vérification de l'encombrement dû aux chemins de câbles, caméras de télévision, capteurs de pollution...

### 2.3.4 Synthèse

Ce n'est que lorsque toutes les décisions sont prises concernant les points évoqués ci-avant qu'il est possible, à partir des impératifs du génie civil, de bâtir le profil en travers type du tunnel.

Cette étape est l'une des plus importantes dans la vie du projet et de l'ouvrage et elle nécessite une collaboration très étroite entre toutes les parties intéressées (maître de l'ouvrage, maître d'œuvre, spécialistes génie civil et équipements).

Il convient également de rechercher une optimisation du profil en travers en fonction des différentes contraintes exposées ci-avant.

---

## 3. Génie civil

---

Ce chapitre ne vise pas à constituer un exposé, même succinct, des différentes méthodes envisageables pour le génie civil des tunnels et des tranchées couvertes. Son objet est de fournir au concepteur les indications générales indispensables pour engager l'étude en n'omettant aucun point essentiel et de s'assurer que toutes les contraintes et sujétions sont prises en compte.

---

### 3.1 Zone d'influence

---

Il est indispensable de dresser dans la zone d'influence présumée de l'ouvrage, un inventaire des installations, constructions et réseaux divers qui peuvent avoir sur lui une influence quelconque mais également être influencés, tant au cours des travaux que par la suite, dans leurs propres stabilité et pérennité ou simplement dans leurs conditions d'utilisation.

De telles contraintes se rencontrent fréquemment en zone urbaine et périurbaine et peuvent influencer de manière décisive sur le tracé et sur le génie civil. Elles sont à traiter conjointement avec celles afférentes à l'urbanisme.

---

### 3.2 Données géologiques et géotechniques

---

Sous le double aspect faisabilité et coût, les limites que l'on rencontre en génie civil sont très contraignantes. Elles ont pour origine le terrain encaissant, à l'étreinte duquel il est toujours très difficile d'échapper car elle est continue et non localisée contrairement au cas des piles et culées pour lesquelles un choix judicieux permet souvent d'éviter, au moins en partie, les difficultés.

Le recueil des données géologiques et géotechniques et leur interprétation sont indispensables dès le stade des études préalables. Les constatations, reconnaissances et essais effectués à ce titre ne peuvent prétendre être exhaustifs ; par contre leur caractère exploratoire est essentiel et ils doivent concerner toutes les variantes envisageables sans laisser subsister de lacunes sur les tracés.

Dès les premiers stades de l'étude, le concepteur envisage des partis d'exécution dont certains (murs de soutènement, tunnels, tranchées couvertes) impliquent des déformations du terrain encaissant ; il faut donc pouvoir en apprécier l'ordre de grandeur et s'assurer de leur compatibilité avec la préservation des

constructions avoisinantes. C'est pourquoi il est nécessaire de définir lors de l'étude hydrogéologique et géotechnique les conditions hydrauliques initiales et celles induites par la réalisation de l'ouvrage et de déterminer les caractéristiques de déformabilité du terrain.

Ces reconnaissances initiales sont à compléter, parfois même à reprendre, en partant d'un programme plus élaboré lors de l'étude de l'avant-projet. Celui-ci propose en effet pour la solution retenue un type de structure et une estimation qui engagent la suite de l'opération. La mise au point du dossier de consultation des entreprises ne doit nécessiter que des compléments limités.

### 3.2.1 Tranchées couvertes

En règle générale, la faisabilité des tranchées couvertes n'a comme limite, si l'on s'en tient au génie civil, que leur prix de revient. Le facteur généralement déterminant est le passage éventuel dans les nappes d'eau souterraines, d'autant plus onéreux que la tranchée est large et surtout profonde. La connaissance de leur niveau et de leurs modes d'alimentation et d'écoulement est indispensable.

Pour ce type d'ouvrage, les travaux entraînés par le maintien ou le déplacement des réseaux divers ont une incidence très importante sur les durées et les coûts. Ils sont à prendre en compte dès les études préalables.

Les nuisances d'exécution pour le voisinage sont par contre assez bien maîtrisées de par l'apparition de nouvelles techniques. Elles ne constituent que rarement un élément déterminant dans le choix ou le rejet d'une variante.

### 3.2.2 Tunnels

Pour les tunnels, qu'ils soient au rocher ou creusés dans le sol, les problèmes posés par le terrain encaissant sont toujours déterminants, et ce d'autant plus que la couverture est faible. Le tracé en plan et le profil en long doivent ainsi impérativement rechercher un horizon géologique favorable.

Les possibilités d'exécution de têtes, dont les emplacements sont souvent fixés pour des raisons propres au tracé à l'air libre, doivent être étudiées avec une grande attention, les terrains en surface présentant fréquemment des caractéristiques médiocres ou mauvaises. Un déplacement de quelques mètres, correspondant à une amélioration très nette de l'attaque en souterrain, peut se heurter à des impératifs de desserte, de voisinage ou fonciers et modifier sensiblement l'économie du projet.

Pour les tunnels urbains, souvent construits en grande partie avec une faible couverture, les affaissements de surface doivent être impérativement étudiés ; ils sont le résultat d'un couple de paramètres indissociables : les caractéristiques du terrain et en particulier sa teneur en eau et sa déformabilité d'une part, et les procédés d'exécution d'autre part. Ces deux aspects de l'étude doivent donc être conduits simultanément et en totale imbrication.

Des difficultés de même nature sont à attendre pour réserver l'interdistance nécessaire entre les deux tubes d'un tunnel. Quel que soit le mode d'exécution, l'espacement entre leurs têtes ne peut descendre en dessous d'une valeur minimale dont l'ordre de grandeur, pour les bons terrains, est de l'ouverture des tubes. L'augmentation de l'emprise qui en résulte, par rapport aux tronçons adjacents à l'air libre ou en tranchée couverte, pose en général des problèmes délicats.

De même l'adjonction d'une voie supplémentaire entraînant une plus grande largeur entre piédroits peut très vite conduire à un constat d'impossibilité et à envisager la construction d'un troisième tube ou à tout le moins à en réserver la possibilité. Les difficultés déjà rencontrées pour l'implantation de deux tubes sont encore aggravées par l'existence d'un tube supplémentaire.

Par ailleurs, le terrain encaissant a une influence prépondérante sur les méthodes d'excavation et de soutènement, dont il restreint le choix, certaines d'entre elles, intéressantes par ailleurs, s'avèrent impossibles. L'autre limite en la matière, très fréquente, est la nature et le niveau des nuisances admissibles pour le voisinage.

La conjugaison de ces deux impératifs peut conduire à rechercher la solution dans un éventail très large, dont les cas extrêmes pour un tunnel au rocher sont l'adoption d'un moyen d'excavation mécanique parfois lent et coûteux et l'excavation à pleine section par tirs de mines.

Ces contraintes communes à la réalisation de tous les ouvrages souterrains prennent une importance particulière en zone urbaine en raison du peu de latitude laissée au projeteur. Toutes les modifications, même légères, ont une répercussion immédiate sur les autres caractéristiques de l'aménagement et sur les coûts.

---

### 3.3 Points particuliers

---

#### 3.3.1 Exécution par phases

Si, pour des raisons de programmation, la réalisation d'un tube est différée, les conditions d'exécution de celui-ci sont en général plus contraignantes et peuvent influencer sur certains choix ou partis constructifs concernant le premier tube, en particulier par l'exécution de travaux préparatoires concernant les trémies ou le front d'attaque. Parfois, dans le cas des tunnels, on peut être amené à amorcer l'excavation pour rendre acceptables les nuisances sur le proche environnement au début du chantier du deuxième tube.

#### 3.3.2 Tolérances de construction

Les données géométriques (hauteur, largeur, rayons... ) sont arrêtées sur la base de considérations propres à l'utilisation de l'ouvrage. Elles prennent en compte la place nécessaire aux divers équipements, y compris la revanche pour leur protection, et éventuellement réservent la possibilité de recharger la chaussée.

Il importe en plus, dans le dimensionnement général, de prévoir une tolérance de construction en raison des difficultés d'implantation et des mouvements possibles et non contrôlables du soutènement et des coffrages. La marge correspondante doit être au minimum de cinq centimètres pour chacun des points durs.

#### 3.3.3 Dévers variables

La présence d'une courbe ou d'une succession de courbes conduit à des dévers généralement variables et qui peuvent s'inverser. Pour respecter la hauteur libre, il est envisageable, soit de faire tourner l'ensemble du profil – cas des tranchées couvertes –, soit d'adopter un profil enveloppe applicable sur toute la longueur de l'ouvrage. Cette solution facilite le génie civil, mais les surdimensionnements qui en résultent ne sont pas négligeables. Le choix dépend de l'importance des dévers et des longueurs respectives des parties en alignement droit et en courbes.

#### 3.3.4 Drainage de la chaussée

La chaussée, sauf si elle repose sur une dalle en béton armé ou si l'ouvrage comporte un radier général, est toujours un point faible. Il importe d'assurer un drainage efficace de la fondation en prévoyant des pentes suffisantes et surtout en assurant une collecte efficace et continue par des drains latéraux pouvant se déverser gravitairement dans les collecteurs situés à la base des piédroits. Ce dispositif est évidemment indépendant de celui assurant le recueil des eaux superficielles.

### 3.3.5 Station de relevage des eaux

Dans le cas d'un profil en long concave, une station de relevage des eaux est à prévoir en l'absence de possibilité d'écoulement gravitaire. Il convient que les bâches de recueillie aient une capacité suffisante, non seulement pour servir de réservoir tampon pour limiter le débit d'exhaure à une valeur acceptable, mais aussi pour stocker les eaux de lavage et les liquides provenant d'un déversement accidentel de citernes qui, en règle générale, ne peuvent être évacués directement dans un réseau d'assainissement.

### 3.3.6 Réservations pour réseaux divers

Même si on exclut ceux d'éventuels concessionnaires, les réseaux, conduits et canalisations nécessaires à l'exploitation demandent une place importante

Leur implantation est rendue délicate par diverses incompatibilités et par la nécessité pour certains, d'assurer une distribution le long de l'ouvrage. Par ailleurs, leur juxtaposition avec les dispositifs de drainage et d'évacuation des eaux superficielles pose également des problèmes.

Les concentrations sous les trottoirs et à la base des piédroits impliquent que les réservations dans le génie civil soient prévues très en amont car elles conditionnent la structure du gros œuvre dans cette zone.

---

## 3.4 Dispositions réglementaires concernant la sécurité

---

Ces dispositions font l'objet du titre II de la circulaire n° 81-109 du 29 décembre 1981 « Dispositifs de génie civil ».

Elles concernent les points suivants :

- matériaux généraux de construction ;
- galeries et garages de secours ;
- dispositifs pour l'évacuation des usagers ;
- protection des bâtiments et superstructures ;
- niches de sécurité ;
- parois des gaines techniques ;
- alimentation en eau.

Leur mise en œuvre n'entraîne pas de difficultés spécifiques d'exécution. Toutefois, certaines d'entre elles (galeries et garages de secours, dispositifs pour évacuer les usagers et niches de sécurité) constituent autant de points singuliers qui ont des répercussions sur la conception et le parti constructif de l'ensemble.

Il convient d'en tenir compte dès le début de l'étude, d'autant plus que l'incidence sur le coût de l'ouvrage n'est, en général, nullement négligeable.

---

## 4. Ventilation

---

La ventilation a deux objectifs :

- assurer une teneur admissible en polluants dans l'ouvrage souterrain pour des conditions normales ;
- en cas d'incendie, évacuer la fumée et permettre l'intervention des secours.

Cet équipement doit être examiné très attentivement pour en définir les principes généraux dès les études préliminaires, compte tenu des répercussions sur le profil en travers et sur les réservations d'emprise pour l'implantation éventuelle des usines de ventilation.

En outre, des études d'environnement spécifiques aux sites choisis ainsi que les problèmes d'expropriation (très importants en site urbain) peuvent influencer d'une manière non négligeable les choix techniques à effectuer.

Une analyse de la nature du trafic et de sa fluidité précède l'évaluation des besoins de ventilation.

---

### 4.1 Nécessité d'une installation de ventilation

---

Il est difficile d'énoncer des règles précises concernant la nécessité ou non d'une installation mécanique de ventilation.

Pour des conditions normales de profil en long, de tracé en plan, d'entrée et de sortie, et de trafic prévisible, l'éventualité d'une installation de ventilation n'est à examiner que pour les tunnels d'une longueur supérieure à 300 m. Cependant il est conseillé de prendre contact avec des spécialistes pour en avoir confirmation, car dans certains cas particuliers, ce seuil peut être réduit.

---

### 4.2 Conception

---

Compte tenu de l'influence de la ventilation sur les coûts de l'ouvrage, tant en premier investissement qu'en frais d'exploitation, il convient de rechercher une organisation générale de la ventilation qui soit satisfaisante sous l'angle de l'économie générale du projet.

---

### 4.3 Systèmes de ventilation

---

Les systèmes de ventilation envisageables dans le cas des tunnels sur voies rapides urbaines sont les suivants :

- D'une part, le système longitudinal qui consiste à accélérer le courant d'air en tunnel par l'intermédiaire de ventilateurs de jet (ou accélérateurs) placés en voûte, l'air frais rentrant par une tête et sortant pollué par l'autre.  
Ce système peut être utilisé dans le cas des tunnels unidirectionnels d'une longueur inférieure à 1 000 m.
- D'autre part, les systèmes dits transversaux (purs ou partiels) qui consistent à insuffler régulièrement de l'air frais tout au long du tunnel par l'intermédiaire de carneaux de ventilation alimentés par des conduits et à reprendre l'air vicié (en totalité ou partiellement).

Le système semi-transversal (uniquement apport d'air frais tout au long de l'ouvrage) est à conseiller ; cependant, pour les ouvrages courts, il peut être employé moyennant la précaution de prévoir la possibilité de réversibilité de l'insufflation de l'air frais en aspiration d'air vicié. Cette disposition permet en cas d'incendie l'extraction des fumées.

Le choix définitif ne peut être effectué qu'après un recensement des possibilités exactes de chaque système compte tenu des différentes contraintes d'environnement.

L'examen détaillé des sites disponibles, des problèmes d'exécution et des réservations géométriques correspondantes peut orienter l'étude vers le système le plus adapté au cas particulier de l'ouvrage à étudier.

En outre, l'examen de la sécurité pour les cas d'incendie et du passage éventuel de matières dangereuses est aussi un critère important dans le choix de la solution à retenir.

---

## 4.4 Dimensionnement

---

Les calculs permettant de dimensionner une installation de ventilation, doivent prendre en considération divers cas de figure.

On doit noter que :

- les débits de polluants (oxyde de carbone et fumées émises par les véhicules diesels) ont des valeurs qui évoluent au cours du temps ;
  - chaque cas est un cas particulier sur le plan de la circulation qui doit être analysée par les spécialistes trafic dans une optique « ventilation ».
- 
- Cependant on peut avancer qu'en règle générale les débits d'air frais à mettre en œuvre sur les voies rapides urbaines sont de l'ordre de 100 à 160 m<sup>3</sup>/s/km de voie.
  - Les débits d'air vicié à prendre en compte dans les systèmes à extraction sont au minimum de 60 m<sup>3</sup>/s/km de tunnel à deux voies.
  - Dans le système longitudinal, il convient de s'assurer que la vitesse de l'air est voisine de 4 m/s de manière à pouvoir chasser les fumées en cas d'incendie.

---

## 4.5 Capteurs de pollution

---

Vis-à-vis de la sécurité en tunnel, il est nécessaire dans presque tous les ouvrages souterrains de contrôler la qualité de l'air et d'assurer la commande automatique de l'équipement de ventilation, fonctions réalisées par les analyseurs d'oxyde de carbone et les opacimètres.

Dans certains ouvrages non équipés d'une ventilation artificielle, l'installation de tels capteurs peut être prévue de manière à surveiller la pollution et se rendre compte s'il convient après la mise en service de ventiler l'ouvrage souterrain.

## 5. Éclairage

---

---

L'éclairage est un facteur déterminant pour la sécurité et le confort des usagers traversant un ouvrage souterrain : c'est un facteur essentiel pour la circulation automobile dans les conditions de vision acceptables pour la perception d'éventuels obstacles.

L'éclairage représente une part non négligeable du coût d'investissement, et ce notamment pour les tunnels courts. Il conduit, après la mise en service, à des dépenses d'entretien et de fonctionnement très importantes mais surtout à des contraintes sur le plan de la circulation pour entretenir correctement les différents matériels (lavage des glaces, remplacement des sources, appareillages... ) et afin d'assurer la sécurité des personnels d'intervention.

---

### 5.1 Nécessité d'une installation d'éclairage

---

#### 5.1.1 De jour

Le problème de l'éclairage des tunnels se pose essentiellement de jour, en particulier pour les zones d'entrée-sortie. Il n'est pas possible, pour des raisons évidentes d'économies, de rétablir en tunnel des conditions d'éclairement identiques à celles qui règnent à l'extérieur (20 000 à 100 000 lux). Il est seulement possible d'équiper le tunnel d'une installation permettant d'assurer à l'usager, en fonction des conditions de luminance à l'approche de l'ouvrage, la vision d'un obstacle et la possibilité de s'arrêter. L'éclairage des entrées doit pouvoir donner à l'œil le temps de s'adapter à la brusque variation de luminance. C'est le moment du passage de l'extérieur vers l'intérieur qui est le plus critique.

Une installation d'éclairage de jour est à prévoir en règle générale dans tout tunnel d'une longueur supérieure à 100 m, la pénétration de la lumière naturelle n'étant plus suffisante pour assurer la sécurité des usagers. Dans des cas bien particuliers de profil en long ou de tracé plan, cette longueur peut être plus faible.

#### 5.1.2 De nuit

Pour les tunnels équipés d'une installation diurne, il convient de prévoir des régimes d'éclairement réduits.

Dans les autres ouvrages, il est conseillé de prévoir un éclairage réduit ou un simple balisage destiné à souligner le point singulier ; cette installation est indispensable lorsque les parties à l'air libre sont éclairées. On doit veiller dans tous les cas à ne pas introduire de brusques variations dans les conditions de vision.

---

### 5.2 Dimensionnement

---

Le dimensionnement exact de l'installation d'éclairage ainsi que les principes qui le régissent sont très complexes. On retiendra simplement que pour les ouvrages situés sur ce genre d'itinéraires, le niveau maximal à mettre en œuvre varie de 100 à 200 cd/m<sup>2</sup> pour la zone d'entrée, alors qu'à l'intérieur du tunnel, le niveau est de l'ordre de 10 à 20 cd/m<sup>2</sup>.

## 5.3 Précaution d'implantation

---

On s'assurera qu'au niveau de la détermination du profil en travers, l'encombrement des appareils d'éclairage a bien été pris en compte.

---

# 6. Environnement

---

On assiste depuis une dizaine d'années à une évolution historique dans les rapports entre la route et les ouvrages souterrains. Si pour le franchissement d'obstacles naturels (reliefs montagneux et plus tard fleuve ou cours d'eau), l'utilisation de la technique souterraine est une nécessité ressentie par tous, il n'en a pas été de même pour la satisfaction d'autres critères plus subjectifs ressentis maintenant très fortement par les riverains qui de plus en plus désirent se protéger contre les nuisances dues au trafic.

Parallèlement, dans les zones urbanisées, les problèmes fonciers liés à l'emprise deviennent toujours plus difficiles avec une rareté croissante dans les disponibilités de surface.

Ces différents facteurs conduisent donc pour les nouveaux tracés (et même dans certains cas pour les anciens) à envisager une solution souterraine (ou couverte) tant en projet de base que comme variante.

Toutefois, si cette solution permet de soustraire globalement les riverains aux effets de la circulation (bruits, odeurs, pollution, vibrations, impression visuelle...), il y a introduction de nuisances ponctuelles et nouvelles au caractère parfois plus aigu, qu'il convient de prendre en considération et d'étudier avec le plus grand soin. Cependant ces différents points peuvent être maîtrisés et ils sont rarement décisifs pour le rejet d'une solution souterraine, les avantages vis-à-vis de l'environnement étant très positifs par rapport à un tracé à l'air libre.

---

## 6.1 Environnement au niveau des têtes et des trémies d'accès

---

Les problèmes liés au bruit en provenance du tunnel (accélérateurs ou circulation) influencent les dispositions à retenir pour le matériel de ventilation (limitation du niveau sonore) ainsi que pour l'aménagement des têtes.

L'évacuation de l'air vicié par les têtes dans les modes naturel, longitudinal ou semi-transversal conduit éventuellement à des dispositions spéciales sur le strict plan ventilation (adaptation ou même changement de système) et ceci pour deux raisons :

- d'une part, minimiser au maximum les effets sur l'environnement (têtes qui « fument », présence proche de lieux publics ou privés) ;
- d'autre part, éviter le recyclage éventuel de l'air vicié d'un tube sur l'autre. Des dispositions spéciales peuvent s'avérer nécessaires (décalage des deux têtes ou séparation physique à l'air libre...).

L'aspect architectural est à examiner également en fonction des impératifs d'éclairagisme et une coordination des deux spécialités est indispensable. L'intégration dans le site ne doit pas non plus être négligée.

## 6.2 Environnement au niveau des usines de ventilation

---

La recherche des sites disponibles pour l'implantation des usines de ventilation revêt en milieu urbain une importance toute particulière de par leur impact sur l'environnement.

Les différents aspects qu'il convient d'examiner sont les suivants :

- possibilité d'intégration dans le site de volumes plus ou moins importants ;
- bruits et vibrations liés au fonctionnement des groupes motoventilateurs ;
- rejet d'air pollué à de fortes concentrations (toxiques et visuelles), nécessitant une distance suffisante par rapport aux locaux habités ;
- qualité de l'air pris à l'extérieur. On doit éviter les prises au niveau de la voirie de manière à ce que l'air insufflé en tunnel ne soit pas trop pollué. Les éventuels problèmes de recyclage entre cheminée de rejet et prise d'air sont également à examiner.

Tous ces éléments propres à chaque projet conditionnent l'étude de la ventilation (et dans certains cas, le tracé en plan de l'ouvrage), avec ses répercussions sur les coûts d'investissement et d'exploitation.

---

## 6.3 Importance des études d'environnement

---

Une étude spéciale d'environnement pour chaque site ainsi qu'éventuellement sur les têtes de l'ouvrage doit être effectuée au niveau de l'avant-projet sur les trois plans (bruit, pollution, aspect architectural). Elle conduit dans les cas exceptionnels à des simulations (sur maquettes et/ou sur ordinateurs) souvent importantes sur le plan financier et sur le plan délais d'études. Pour les cas simples de nuisances acoustiques, le *Guide du bruit* propose une méthode simple, suffisante au niveau des études de dégrossissage.

Il peut être également utile de faire procéder à des mesures *in situ* avant et après les travaux dans le but d'aider le projeteur, de pouvoir démontrer éventuellement que les résultats obtenus sont inférieurs ou égaux aux seuils réglementaires ou à ceux fixés dans le cadre du projet et de parer ainsi à d'éventuelles réclamations dans des études d'environnement.

Pour les riverains, le contexte général d'une usine de ventilation est très mal ressenti en premier abord. L'étude d'environnement et donc par la suite l'étude d'impact (au niveau de la DUP) qui en découle revêtent donc une importance toute particulière vis-à-vis des associations de défense éventuelles.

---

# 7. Équipements de gestion

---

---

## 7.1 Généralités

---

On trouve généralement en tunnel tous les équipements mis en œuvre à l'air libre. Cependant, le niveau d'exploitation (ou de service), la densité et les règles d'implantation sont très différents.

Toutefois, il convient de ne pas dissocier les études entre souterrain et air libre, de manière à ne pas rompre l'homogénéité de l'ensemble de l'itinéraire sur les plans de la construction, de la gestion et de l'entretien.

---

## 7.2 Surveillance de la circulation et de ses effets

---

### 7.2.1 Télévision en circuit fermé

Compte tenu de son utilité, cet équipement très précieux pour les gestionnaires est à prévoir dans la grosse majorité des tunnels sur voies rapides urbaines dès lors qu'ils dépassent quelques centaines de mètres. La surveillance assurée doit permettre une couverture totale de l'ouvrage.

À l'extérieur, les entrées-sorties sont également à surveiller.

### 7.2.2 Contrôle du gabarit en hauteur

En amont du dernier échangeur ou diffuseur avant l'ouvrage souterrain, un équipement de détection automatique des hors-gabarits est installé permettant alors de les informer et de les délester ensuite sur un itinéraire parallèle.

---

## 7.3 Moyens d'alarme et de sécurité

---

En souterrain, l'utilisateur n'a pratiquement aucun degré de liberté lors de circonstances exceptionnelles. En conséquence, beaucoup d'indications et de moyens doivent lui être fournis.

### 7.3.1 Équipements à la disposition des usagers

Un certain nombre de moyens sont mis à la disposition des usagers. Il s'agit des téléphones (ou réseau d'appel d'urgence), des extincteurs portatifs et éventuellement des boutons poussoirs d'alerte. Ces équipements sont regroupés dans des niches de sécurité situées tous les 200 m et signalées à l'attention des usagers.

### 7.3.2 Informations et prescriptions à l'utilisateur (signalisation)

En tunnel, la sécurité exige également des installations importantes vis-à-vis de la signalisation, afin de permettre les interventions et l'information rapide des usagers en leur prescrivant la conduite à tenir. On utilise pour cela des panneaux du type code de la route et des feux d'exploitation par voie.

Cette signalisation doit être mise en œuvre au niveau du dernier échange amont, de manière à délester éventuellement la circulation. On doit veiller également, au niveau des feux d'affectation en souterrain (tous les 200 m environ dès que la longueur en souterrain dépasse 400 m), à ce qu'ils soient recto verso, de manière (dans le cas des tunnels unidirectionnels) à ce que l'ouvrage puisse être utilisé en bidirectionnel (cas de fermeture de l'autre tube).

Tous ces équipements de signalisation, de par leur encombrement, nécessitent des réservations de génie civil qui doivent être attentivement étudiées.

### 7.3.3 Radiocommunications

Il est recommandé de prévoir dès la mise en service d'ouvrages importants, les équipements nécessaires à la continuité en tunnel de l'émission et de la réception des ondes radio pour les services d'exploitation. On peut également envisager la réception pour l'utilisateur de certaines radios « grand public » avec la possibilité de couper les émissions normales afin de leur substituer des messages d'information captés alors par l'automobiliste.

Ces équipements nécessitent des autorisations et agréments de la part de certains ministères ou services publics (Intérieur, PTT, TDF...).

## 7.4 Poste de commande et de contrôle

---

Suivant l'importance de l'ouvrage proprement dit et de l'itinéraire sur lequel il est situé, le poste de commande et de contrôle peut aller de la simple permanence téléphonique (où arrivent les principales alarmes, le RAU et la visualisation des images en provenance des caméras de télévision) à un complexe beaucoup plus important où toutes les informations possibles venant et allant vers le tunnel peuvent être analysées, traitées, visualisées, enregistrées et stockées. Il est intégré au centre d'exploitation de la section considérée (se reporter à ce sujet au chapitre « Exploitation signalisation – sécurité – aires annexes » de la présente instruction).

Il convient de rappeler qu'en tunnel (et beaucoup plus qu'à l'air libre), le poste de commande doit avoir une vision globale de tout ce qui se passe à l'intérieur de manière à pouvoir décider en connaissance de cause des mesures d'exploitation à prendre sur l'ensemble des équipements (ventilation, éclairage...) et de la circulation (signalisation).

Même dans le cas d'une simple permanence téléphonique (minimum réglementaire pour les tunnels de plus de 200 m), un petit local technique regroupant les fonctions de stockage des informations (mesures, défauts, alarmes) et commandes manuelles est à réserver au niveau des têtes.

---

## 7.5 Alimentation électrique

---

La permanence de l'alimentation électrique des équipements est essentielle compte tenu des problèmes de sécurité vis-à-vis des usagers.

On doit donc rechercher le mode d'alimentation électrique le mieux adapté tant pour le service normal que pour les cas exceptionnels (défauts d'arrivée EDF, défauts matériels, cas de grève...). Suivant l'importance de l'ouvrage, on peut être amené à préconiser un secours important pour la ventilation et l'éclairage par l'intermédiaire de groupes électrogènes. Dans les tunnels supérieurs à 200 m, il convient de secourir les équipements prioritaires (éclairages, signalisation, analyseurs, transmissions, automatismes...) au minimum pendant vingt minutes.

---

## 7.6 Signalisation horizontale

---

Quel que soit le soin apporté à l'éclairage des ouvrages souterrains, la conduite en tunnel présente des risques importants. En conséquence, dans le cas de phasage transversal (chaussée bidirectionnelle), les voies de circulation doivent être obligatoirement affectées et non pas banalisées.

## 8. Particularités de la gestion d'un ouvrage souterrain

---

Les objectifs de l'exploitation, de la surveillance et de l'entretien d'un ouvrage souterrain constituant sa gestion ne sont pas différents, dans leur principe, de ceux de tout ouvrage routier.

L'exploitation des tunnels routiers présente des particularités par rapport à celle des routes à l'air libre :

- un tunnel est en général un point de passage obligé pour lequel il n'y a pas d'itinéraire de substitution, sinon au prix d'un long détour ;
- les conséquences d'accidents ou d'incendies en tunnel sont susceptibles d'être beaucoup plus graves qu'à l'air libre étant donné l'espace confiné, les possibilités limitées d'accès, le volume restreint pour intervenir ;
- la visibilité en tunnel est très différente et souvent plus réduite qu'à l'air libre ; le respect des réglementations de circulation est une condition encore plus fondamentale pour la sécurité des usagers ;
- l'entretien et le dépannage des installations requièrent en général l'intervention de personnels qualifiés et spécialisés dans des conditions difficiles ;
- le fonctionnement des installations doit pouvoir être adapté à l'évolution du trafic, ce qui peut conduire à des modifications de l'état initial ;
- les dépenses d'entretien et d'exploitation sont nettement plus importantes qu'à l'air libre ; elles sont étroitement liées à la politique du gestionnaire vis-à-vis du service rendu aux usagers, dans le cadre des prescriptions d'ordre réglementaire qui sont imposées.

## **Partie VII**

# **Phasage de l'opération**

## Sommaire

### Préambule

1. Principes généraux
2. Définitions
3. Recommandations particulières aux genres de phasage
4. Types de phasage
  - 4.1. Phasage longitudinal
    - 4.1.1. Raccordement en alignement sur la voie existante
    - 4.1.2. Raccordement sur une bretelle d'échangeur futur
  - 4.2. Phasage transversal
  - 4.3. Phasage des points d'échanges

### Annexe 1 : Schémas de phasage transversal

- 1 phase définitive 2 x 2 voies
- 2 phase définitive 2 x 3 voies
- 3 phase définitive 2 x 4 voies

### Annexe 2 : modalités d'emploi de ces phasages

# Préambule

---

---

Le phasage d'une voie rapide urbaine peut être rendu nécessaire :

- par l'échelonnement des crédits ;
- par l'évolution à venir du tissu urbain, des pôles générateurs de trafic et, par conséquent, par l'accroissement présumé des flux de circulation concernés par l'infrastructure.

La mise en service de chaque phase de travaux doit s'accompagner d'un procès-verbal de remise au service exploitant.

---

---

## 1. Principes généraux

---

### **P1**

Tout phasage doit s'appuyer sur des études de trafic aussi fines et fiables que possible (tests Davis, enquêtes origine-destination, analyse des flux déplaçables... ).

### **P2**

Chaque phase doit présenter un caractère non contestable de fonctionnalité technique, c'est-à-dire déboucher sur la mise en service d'une portion de l'infrastructure présentant toute garantie de fiabilité et de sécurité.

### **P3**

Les aménagements provisoires éventuels permettant la mise en service d'une phase donnée doivent offrir des caractéristiques géométriques minimales assurant une sécurité suffisante et être adaptés à leur durée prévisionnelle.

### **P4**

Tout phasage doit être pensé en tenant compte du coût collectif résultant des sujétions inhérentes à la réalisation des travaux des phases ultérieures.

### **P5**

Les problèmes d'environnement (limitation des nuisances) et de rétablissement des itinéraires piétons ou deux-roues doivent impérativement être traités phase par phase.

### **P6**

Il convient impérativement d'analyser en détail l'incidence des dispositions provisoires sur la phase finale.

---

---

## 2. Définitions

---

On peut distinguer trois genres de phasages suivant les perspectives d'enchaînement dans le temps des différentes phases de réalisation.

### **1<sup>er</sup> genre**

Les phases vont s'enchaîner rapidement mais les contraintes techniques ou financières obligent à un fractionnement des travaux et à des mises en service successives de tranches fonctionnelles.

## **2<sup>e</sup> genre**

La (ou les) phase(s) ultérieure(s) a (ont) des chances raisonnables d'être programmée(s) à un horizon suffisant pour que des dispositions provisoires soient rentabilisées, tout en restant relativement proche(s) dans le temps (trois à dix ans).

## **3<sup>e</sup> genre**

La (ou les) phase(s) ultérieure(s) n'est (ne sont) envisagée(s) qu'à long terme (plus de dix ans) ; elle(s) a (ont) donc un caractère aléatoire et est (sont) susceptible(s) d'être remise(s) en cause.

Suivant les cas, différents types de phasages ou d'aménagements progressifs peuvent être envisagés.

### **1) Phasage longitudinal**

Mises en service successives de sections (dans leur état définitif ou non) comprises chacune entre deux points d'échanges.

### **2) Phasage transversal**

Réalisation ultérieure de voies de circulation supplémentaires sur une plate-forme existante ou à élargir.

### **3) Phasage des points d'échanges**

Réalisation en première phase de carrefours à niveau avec dénivellation ultérieure ; réalisation ultérieure d'un point d'échanges ou d'un rétablissement sans intérêt immédiat.

### **Remarque importante**

En milieu urbain, il convient de proscrire tout phasage vertical des couches de chaussées consistant à renforcer la structure au fur et à mesure de l'évolution du trafic pour des raisons liées aux sujétions propres à la réalisation des travaux, donc à l'exploitation de la voie.

---

## **3. Recommandations particulières aux genres de phasages**

---

Le chef de projet doit se demander dans quel genre de phasage il doit se placer. Longitudinalement, il peut exister des points singuliers pour lesquels le genre sera différent de la section courante (ouvrage d'art).

### **Phasage du premier genre**

Dans le premier genre, il est en général préférable d'adopter un phasage longitudinal avec réalisation immédiate de l'ensemble des équipements et des ouvrages d'accompagnement.

Une première tranche fonctionnelle consiste souvent à assurer le rétablissement préalable des communications locales (y compris le cas échéant la réalisation des voies de desserte latérale). Cette solution a l'avantage d'affranchir la circulation locale des phases ultérieures de travaux.

Il peut être intéressant de recourir à des marchés à tranches conditionnelles dans le but de réduire les coûts et les inconvénients inhérents au fractionnement des travaux (voir chapitre E du *Guide à l'intention des Maîtres d'ouvrage et des maîtres d'œuvre*).

## Phasage du deuxième genre

Dans le deuxième genre, le phasage peut être dans l'un des trois types ; chaque projet doit faire l'objet d'une étude spécifique. Il est vivement conseillé d'engager les libérations d'emprises d'emblée pour le projet définitif.

## Phasage du troisième genre

Il convient d'éviter que les principes d'aménagement de la phase finale entraînent des sujétions trop contraignantes pour la première phase ; on se contente en général de mesures conservatoires rendant possible la réalisation ultérieure de la phase définitive. La phase ultérieure concerne en général l'évolution du profil en travers ou les dispositions des points d'échanges. Néanmoins, dans les cas assez rares de phasage longitudinal, on traite les sections de raccordement d'extrémité avec des caractéristiques géométriques normales. Le traitement des emprises excédentaires destinées aux phases ultérieures doit faire l'objet d'une réflexion particulière (deux attitudes excessives doivent être évitées : l'absence d'aménagement ou des aménagements risquant d'être interprétés comme irréversibles).

---

# 4. Types de phasage

---

---

---

## 4.1 Phasage longitudinal

---

La mise en service de la voie rapide urbaine se fait par sections successives comprises entre deux points d'échanges.

D'une manière générale, la section mise en service comporte l'ensemble des équipements inertes et les ouvrages d'accompagnement.

La voie doit être équipée d'un minimum d'équipements dynamiques, notamment le réseau d'appel d'urgence.

Toutes les mesures sont à prendre pour permettre le raccordement des sections suivantes ainsi que l'installation d'équipements dynamiques complémentaires au fur et à mesure des besoins.

Une attention particulière doit être portée aux raccordements d'extrémité (raccordement à la voirie locale).

Plusieurs types de raccordements peuvent se présenter.

### 4.1.1 Raccordement en alignement sur la voirie existante

Si le raccordement se fait en alignement d'une voie existante, il convient d'introduire une zone de transition permettant de passer des caractéristiques de la voie à celles de la voie raccordée.

Cette transition peut être assurée par des actions sur la largeur roulable, sur la nature de la chaussée, sur la vitesse des véhicules, sur la composition des accotements (introduction de bordures de trottoir).

La modulation de la vitesse d'approche est obtenue par la signalisation de prescriptions qui doit être renforcée et à laquelle peut être associée une signalisation dynamique.

Il peut être également envisagé la création d'un carrefour.

### 4.1.2 Raccordement sur une bretelle d'échangeur futur

À l'approche de la bretelle, il faut réduire progressivement les caractéristiques de la voie rapide. Cette réduction peut être obtenue par une diminution de la largeur de la voie, la mise en place de barrières de sécurité et d'une signalisation renforcée.

Le premier rayon rencontré sur la bretelle doit être compatible avec la vitesse d'approche sur la voie rapide urbaine dont les caractéristiques doivent avoir été réduites.

Si le débouché d'une voie rapide se fait sur une bretelle de faibles caractéristiques, il ne peut être admis un phasage longitudinal qu'en premier genre.

On rappelle que la bretelle doit avoir une longueur suffisante pour que les véhicules l'empruntant puissent atteindre, au niveau du raccordement à la voirie locale, la vitesse pratiquée sur cette voirie si le raccordement se fait par une voie d'insertion ou une vitesse nulle si cet accès est réglé par des feux.

On admet une décélération de  $1,50 \text{ m/s}^2$  sur la bretelle.

Si le raccordement sur la voirie locale se fait par un carrefour à feux, on traite la géométrie des îlots selon les dispositions prévues pour l'aménagement des carrefours.

Les caractéristiques de la bretelle doivent être réduites progressivement depuis son origine jusqu'au raccordement avec la voie locale.

---

## 4.2 Phasage transversal

---

À partir d'un profil en travers définitif (2 x 2 voies, 2 x 3 voies, 2 x 4 voies), plusieurs phasages transversaux peuvent être envisagés.

Les figures données en annexe 1 exposent les dispositions qui peuvent être adoptées pour chaque phasage. Dans les tableaux de l'annexe 2, on trouvera une liste non exhaustive des avantages et inconvénients de chaque phasage, ainsi qu'un descriptif (incidence sur les équipements et dispositions constructives possibles sur ou sous ouvrages d'art). Dans toute phase provisoire, il est nécessaire de respecter les règles générales de visibilité.

On se reportera :

- au tableau n° 1 :

cas d'un profil définitif à 2 x 2 voies ;

- au tableau n° 2 :

cas d'un profil définitif à 2 x 3 voies ;

profil définitif à 2 x 4 voies, (Fig. 11 – annexe 1).

On peut utiliser un phasage à chaussées séparées 2 x 2 voies sur demi-plate-forme (figure 9 ou mieux figure 10).

Si en première phase une 2 x 3 voies est nécessaire, on réalisera, sur plate-forme définitive, 2 x 3 voies avec élargissement par le centre de préférence ou élargissements latéraux.

### 4.3 Phasage des points d'échanges

---

D'une manière générale, on doit s'attacher à n'implanter des échanges en phase provisoire, que dans la mesure où ces échanges seront maintenus en phase définitive.

La première phase peut consister en la réalisation de carrefours plans pour certains échanges. C'est l'étude de trafic et notamment l'appréciation des mouvements tournants qui détermine le type d'échanges à réaliser en première phase (plan ou dénivelé). On doit veiller à l'homogénéité de l'itinéraire.

Pour certains échanges, il peut être combiné un aménagement plan et une ou plusieurs dénivellations de certains courants importants.

On doit s'attacher à réaliser en phase provisoire des ouvrages intégrables à l'aménagement définitif ou en cas d'impossibilité des ouvrages démontables (type VMD).

L'aménagement des échanges doit être conforme aux normes définies dans le chapitre « Aménagements des échanges ».

# Annexe 1 : schémas de phasage transversal

## 1. Phase définitive 2 x 2 voies

Figure 1: profil définitif 2 x 2 voies

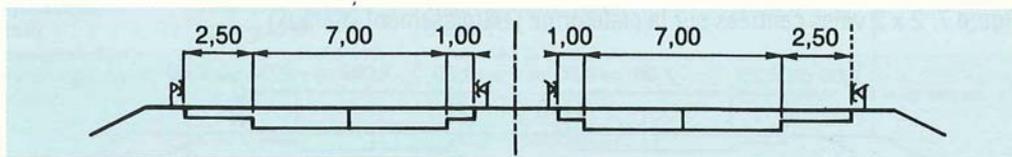


Figure 2: une chaussée de 7,00 m sur plateforme définitive

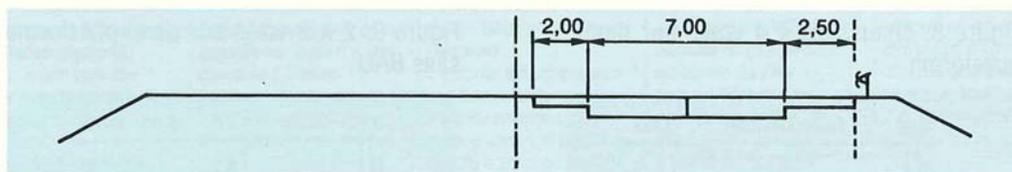


Figure 3: une chaussée de 7,00 m sur demi-plateforme

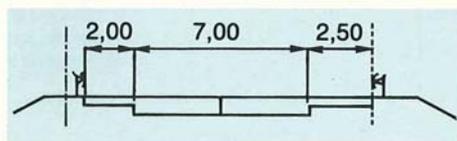
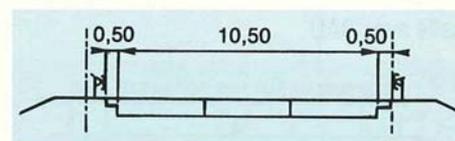


Figure 4: chaussée à 3 voies sur demi-plateforme



## 2. Phase définitive 2 x 3 voies

Figure 5: profil définitif 2 x 3 voies

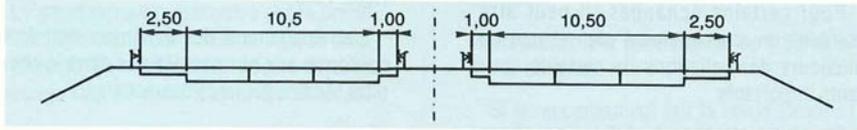


Figure 6: 2 x 2 voies sur plateforme définitive (élargissement par le centre)

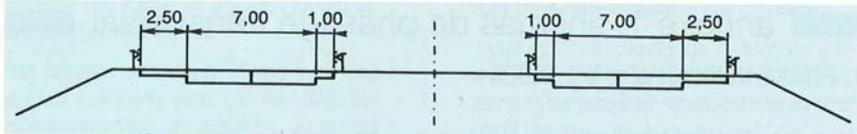


Figure 7: 2 x 2 voies centrées sur la plateforme (élargissement latéraux)

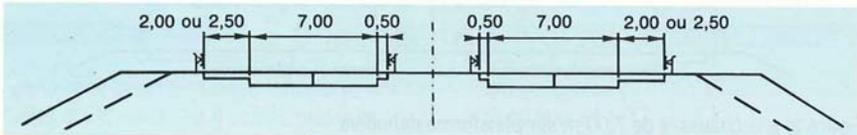


Figure 8: chaussées à 4 voies sur demi-plateforme

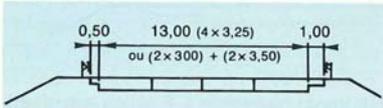


Figure 9: 2 x 2 voies sur demi-plateforme sans BAU

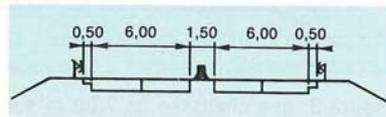
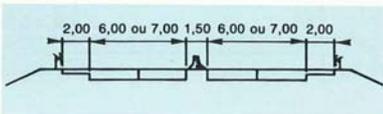
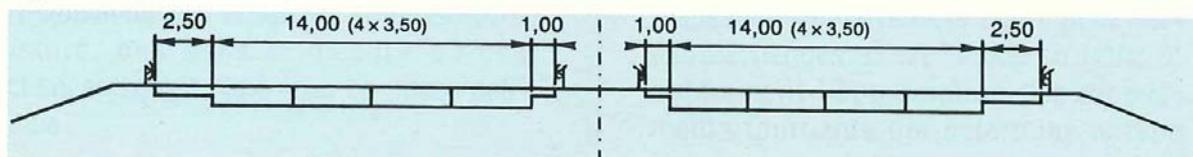


Figure 10: 2 x 2 voies sur plateforme partielle avec BAU



## 3. Phase définitive 2 x 4 voies

Figure 11: profil définitif



## Annexe 2 : modalités d'emploi de ces phasages

Tableau n° 1 : phase définitive 2 x 2 voies

Phasage	Avantages	Inconvénients	Incidences sur les équipements	Dispositions sur ou sous ouvrages d'art
<p><b>Une chaussée de 7 m sur plate-forme définitive (figure 2)</b></p> <p>À préconiser en 1<sup>er</sup> genre et envisageable en 2<sup>e</sup> genre</p>	<p>Pas de perte de chaussée.</p> <p>Pas de glissière à déplacer en phase définitive.</p> <p>Plate-forme définitive, d'où acquisition totale des terrains en 1<sup>re</sup> phase.</p>	<p>Problèmes de sécurité dus à une mauvaise perception de l'existence d'une unique chaussée.</p> <p>Coût élevé de la 1<sup>re</sup> phase.</p> <p>La portée des PS et la longueur des PI sont plus importantes si on doit maintenir la BAU côté TPC (cas d'appui central pour les PS).</p> <p>Traitement des emprises excédentaires.</p>	<p>Les bornes du réseau d'appel d'urgence (RAU) seront disposées sur le côté extérieur avec fourreaux transversaux sous chaussées pour permettre de raccorder la borne « fille » en phase définitive.</p> <p>L'éclairage sera généralement latéral.</p> <p>Signalisation à modifier.</p>	<p>Passages inférieurs (PI) : on réalise un demi-ouvrage.</p> <p>La BAU est ramenée à une BDD côté TPC (envisageable si l'ouvrage n'est pas trop long).</p> <p>Passages supérieurs (PS) la BAU sur la VRU est ramenée à une BDD côté TPC au droit de l'ouvrage.</p>
<p><b>Une chaussée de 7 m sur demi-plate-forme définitive (figure 3)</b></p> <p>À préconiser en 3<sup>e</sup> genre et envisageable en 2<sup>e</sup> genre</p>	<p>Bonne sécurité si les distances de visibilité sont respectées.</p> <p>Pas de pertes de chaussée.</p> <p>Pas d'excédent d'emprise à aménager.</p>	<p>Glissières de sécurité côté TPC à déplacer en phase définitive.</p> <p>La portée des PS et la largeur des PI sont plus importantes si on doit maintenir la BAU côté TPC (cas d'appui central pour les PS).</p> <p>Acquisition d'une demi-emprise.</p>	<p>Idem phasage précédent.</p>	<p>Idem phasage précédent.</p>
<p><b>Une chaussée à 3 voies de circulation (figure 4)</b></p> <p>Il peut notamment être utilisé quand est nécessaire une voie poids lourds.</p> <p>Une chaussée à 3 voies avec BAU nécessite une emprise proche de la plate-forme définitive et conduit à réaliser tout de suite le profil définitif.</p> <p>Phasage intéressant si phase définitive à 2 + 3 voies</p>	<p>Légère augmentation de la capacité par rapport à une chaussée à 2 voies</p> <p>Facilite les dépassements.</p> <p>Permet une exploitation alternée de la voie centrale.</p>	<p>Pas de BAU en 1<sup>ère</sup> phase (sécurité).</p> <p>L'emprise est supérieure à une demi plate-forme.</p> <p>Perte de chaussée.</p> <p>Largeur des PI et portée des PS à appui central augmentées.</p> <p>Perte sur les équipements (glissières de sécurité, socles de bornes et câbles du RAU).</p>	<p>Les bornes du RAU sont à disposer de chaque côté ; les bornes du TPC seront à déplacer en phase définitive, ainsi que les glissières de sécurité.</p> <p>L'éclairage sera latéral.</p> <p>Signalisation à modifier.</p>	<p>Le profil en travers ne peut être réduit, d'où la nécessité d'une largeur supplémentaire pour le PI et d'une plus grande portée pour les PS si un appui central est prévu.</p>

**Tableau n° 2 : phase définitive 2 x 3 voies**

Phasage	Avantages	Inconvénients	Incidences sur les équipements	Dispositions sur ou sous ouvrages d'art
<b>2 x 2 voies sur plate-forme définitive (élargissement par le centre) (figure 6)</b> Phasage de 1 <sup>er</sup> et 2 <sup>e</sup> genre envisageable en 3 <sup>e</sup> genre.	Simplicité Excellente sécurité Plate-forme définitive d'où acquisition totale en 1 <sup>re</sup> phase.	Coût élevé de la 1 <sup>ère</sup> phase. Glissières de sécurité côté TPC à déplacer en phase définitive	Pas d'incidence sur le RAU ni l'éclairage qui pourra être latéral ou axial. Les glissières de sécurité côté TPC seront à déplacer en phase définitive.	PS réalisés pour la phase définitive. Possibilité de réaliser un demi ouvrage pour les PI.
<b>2 x 2 voies avec élargissements latéraux (figure 7)</b> Phasage à éviter sauf s'il est impératif de limiter la largeur d'emprise en 1 <sup>re</sup> phase.	Simplicité Bonne sécurité Permet de limiter l'emprise en 1 <sup>re</sup> phase.	Équipements (éclairage, bornes du TRAU) doivent être installés loin de la chaussée ou être déplacés en phase définitive. Reprise délicate des entrées et sorties Signalisation à modifier. Reprise des remblais difficiles en phase définitive.	Implantation des équipements. Modification de la signalisation.	Idem phasage précédent.
<b>Chaussées à 4 voies sur demi plate-forme (figure 8).</b> Phasage à éviter. Possible sous ouvrages d'art en 1 <sup>er</sup> genre.	Acquisitions réduites en 1 <sup>ère</sup> phase.	Sécurité (pas de BAU et de séparation physique des sens de circulation). Perte de chaussées Largeur des PI et portée augmentée. Glissières de sécurité côté TPC à déplacer.	Bornes du RAU et glissières de sécurité côté TPC à déplacer en phase définitive. Signalisation à modifier. Éclairage latéral.	Le profil en travers ne peut être réduit, d'où nécessité d'une surlargeur pour les PI et d'une portée supérieure pour les PS.
<b>2 x 2 voies sur plate-forme sans BAU (figure 9).</b> Phasage de 2 <sup>e</sup> genre si impératif de limiter les emprises en 1 <sup>re</sup> phase.	Séparation physique des sens de circulation. Plate-forme réduite.	Pas de BAU (sécurité). Perte de chaussée. Glissières de sécurité à déplacer.	Bornes du RAU et glissières de sécurité à déplacer en phase définitive. Signalisation à modifier. Éclairage latéral.	Idem phasage précédent.
<b>2 x 2 voies sur plate-forme partielle avec BAU (figure 10).</b> Phasage du 3 <sup>e</sup> genre ou si la réalisation à terme de 2 x 3 voies est hypothétique.	Séparation physique des sens de circulation. Bonne sécurité.	Perte de chaussée. Emprises proches des emprises définitives. Glissières de sécurité à déplacer.	Idem phasage précédent.	Idem phasage précédent mais des surlargeurs des PI et des portées de PS supérieures. Possibilité de supprimer les BAU sur ouvrage, ce qui ramène au phasage précédent.

## Bibliographie

Voir l'ouvrage *La bibliographie de l'ICTAVRU*, éditions du Certu, mai 2009.

## Abréviations

AP	avant-projet
BAU	bande d'arrêt d'urgence
BDD	bande dérasée de droite
bm	bande médiane
d ou d <sub>a</sub>	distance d'arrêt
δ	dévers
DPC	dossier de prise en considération
2R	deux-roues
Dn	débit de dimensionnement pour une chaussée à n voies
DUP	déclaration d'utilité publique
HPM	heure de pointe du matin
HPS	heure de pointe du soir
OA	ouvrage d'art
PDU	plan de déplacements urbains
PL	poids lourds
POS	plan d'occupation des sols
PTCA	poids total en charge autorisé
R	rayon R
RAU	réseau d'appel d'urgence
TC	transports collectifs
TPC	terre-plein central
Td	trafic de dimensionnement
UVP	unité de voitures particulières
Voie de type A	voie à caractéristiques autoroutières
Voie de type U	voie à caractéristiques non autoroutières
Vr	vitesse de référence
VRU	voie rapide urbaine
VL	véhicule léger
ZAC	zone d'aménagement concerté
ZI	zone industrielle

# Instruction on the technical conditions for the construction of urban express roads (ICTAVRU)

## Edition 2009

ICTAVRU is the must-have reference work for all those involved in the design of structuring roads and motorways in the urban environment.

The instruction is applicable after the consultation stages where it is intended for use in the preparation of technical document packages, from preliminary research to project studies before work begins.

This new edition should be considered as an interim reference work to help decision-makers in the planning and overall design of major road infrastructures in the urban environment.

The reader should bear in mind, however, that many chapters are out of date as many new regulations have been issued, particularly in the environmental and civil engineering fields.

It is therefore strongly recommended to seek out the latest information and regulations on the DTRF website: <http://dtrf.setra.equipement.gouv.fr/>.

# Instrucción sobre las condiciones técnicas de planeamiento de las vías rápidas urbanas (ICETAVRU)

## Edición 2009

EL ICTAVRU es la obra de consulta indispensable para todos los diseñadores de las vías estructurantes a características autovías o no autovías, en medio urbano.

La aplicación de esta instrucción viene después de las etapas de concertación: permite la elaboración de expedientes técnicos, desde los estudios preliminares hasta los estudios - proyectos antes de trabajos.

Esta reedición debe estar considerada como una obra pasajera de referencia de ayuda a la elección de partida de planeamiento y a la concepción general de las grandes infraestructuras viales en el medio urbano.

Sin embargo, alertamos al lector que numerosos capítulos son obsoletos cuenta obligada de nuevas reglamentaciones muy numerosas en particular en los campos del medio ambiente y de los trabajos de ingeniería civil.

Vivamente le recomendamos ir a buscar los elementos actualizados en la Documentación de las Técnicas Rutas Francesas (DTRF), en el sitio:

<http://dtrf.setra.equipement.gouv.fr/>

© Certu – 2009

Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire.

Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques

Toute reproduction intégrale ou partielle, faite sans le consentement du Certu est illicite (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.

Coordination : Pôle programme et produits (Aude Bertholon)

ISSN : 1263-3313

ISBN : 978-2-11-097164-7

1<sup>ère</sup> édition 1990

Réédition (mise à jour sous forme de document électronique téléchargeable) mars 2009

Cette collection comporte les guides techniques, les ouvrages méthodologiques et les autres ouvrages qui, sur un champ donné, présentent de manière pédagogique ce que le professionnel doit savoir. Le Certu a suivi une démarche de validation du contenu et atteste que celui-ci reflète l'état de l'art. Il recommande au professionnel de ne pas s'écarter des solutions préconisées dans le document sans avoir pris l'avis d'experts reconnus.

Le Certu publie également les collections : débats, dossiers, rapports d'étude.

## Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des voies rapides urbaines

L'ICTAVRU est l'ouvrage de référence indispensable pour tous les concepteurs des voies structurantes à caractéristiques autoroutières ou non autoroutières, en milieu urbain.

L'application de cette instruction vient à l'aval des étapes de concertation : elle permet l'élaboration des dossiers techniques, depuis les études préliminaires jusqu'aux études-projets avant travaux.

Cette réédition doit être considérée comme un ouvrage transitoire de référence d'aide au choix de partie d'aménagement et à la conception générale des grandes infrastructures routières en milieu urbain.

Cependant, nous alertons le lecteur que de nombreux chapitres sont obsolètes compte-tenu des très nombreuses nouvelles réglementations, en particulier dans les domaines de l'environnement et des ouvrages de génie civil.

Nous vous recommandons vivement d'aller rechercher les éléments actualisés dans la Documentation des Techniques Routières Françaises (DTRF), site : <http://dtrf.setra.equipement.gouv.fr/>

*Cf. Summary of the content translated into English at the end of the work.*

*Versa la síntesis de la obra traducida al español al final del libro.*

### SUR LE MÊME THÈME

#### ■ La régulation d'accès

cédérom

2004

#### ■ La régulation d'accès par feux

Une technique pour faire face à l'accroissement de la demande de trafic

2006

#### ■ Contrôle de sécurité des projets routiers (CSPR)

Audit avant mise en service - outil interactif illustré

cédérom

2004

#### ■ Bruit et études routières

Manuel du chef de chantier

2001

#### ■ Note méthodologique sur l'évaluation des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact routières

2005

#### ■ Éclairage public sur le réseau routier national

Utilisation de la norme NF EN 13201

2008

#### ■ Conduite d'un projet d'infrastructure en milieu urbain

Fiche gratuite téléchargeable sur [www.certu.fr](http://www.certu.fr)

2008