

XXIIe CONGRÈS MONDIAL DE LA ROUTE

DURBAN 2003

RAPPORT NATIONAL DU PORTUGAL

SÉANCE D'ORIENTATION STRATÉGIQUE TS1

***Des niveaux de service et des innovations
pour répondre aux attentes des usagers***

Rapporteur Principal

Fernando E. F. Branco
Professeur à l'Université de Coimbra
Ing.-Conseil, COBA, SA. Lisbonne(*)

Rapporteurs

Paulo A. Pereira

Professeur à l'Université de Minho
Guimarães

Maria de Lurdes Antunes

Docteur Ingénieur en Génie Civil
Chercheur Principal
LNEC (Lab. Nat. Génie Civil)
Lisbonne

Maria Elisa Fonseca

Chef de l'Unité de Surveillance des
Travaux d'Entretien
ICERR (Inst. Entretien et Exploitation
du Réseau Routier)
Lisbonne

Mário Cardoso

Directeur
BRISA, Auto-Estradas de Portugal, SA
Lisbonne

Maria da Conceição Azevedo

Docteur Ingénieur en Génie Civil
Consultant, "CA e MD" – Lisbonne

(*) COBA, SA
AV^a 5 DE OUTUBRO, 323, 1649-011 LISBOA, Portugal
Telf.: (351) 217925000; Fax.: (351)217970348; E-mail: fb@coba.pt

RESUME

1 – Au cours des vingt dernières années, le réseau routier portugais a connu une profonde évolution, non seulement en matière de couverture du territoire, pour améliorer les accessibilités, mais aussi en ce qui concerne la qualité des infrastructures, afin de répondre aux attentes des usagers qui souhaitent plus de vitesse, de confort et de sécurité sur les routes.

Cette évolution suit actuellement le Plan Routier National de l'année 2000, qui a structuré le réseau national, avec un total d'environ 11500 km, en définissant pour les principaux itinéraires, près de 3000 km, un niveau de service minimum B (comme défini dans le *Highway Capacity Manual*) et pour le reste du réseau un niveau de service minimum C.

2 – Pour assurer les niveaux de service visés et une sécurité adéquate, les projets doivent obéir aux Normes de l'Administration Routière (IEP) applicables à la géométrie du tracé, à la signalisation et à la sécurité, ainsi qu'aux autres composantes du projet.

Un projet a été lancé récemment à l'échelle nationale (Projet SEQUER – Sécurité, Qualité, Efficacité dans le Secteur Routier – 2000 à 2006), géré par l'IEP, qui comporte plusieurs actions, parmi lesquelles la définition de critères d'évaluation de la performance des infrastructures, la création d'un système d'audits de sécurité et l'étude approfondie de la sinistralité sur le réseau ainsi que des mesures correctives à adopter. Ce projet compte sur la participation de plus de 30 organismes, publics et privés, liés à la planification, à la construction et à l'exploitation du réseau. Le financement prévu s'élève à 9 millions d'euros.

3 – Parmi les attentes des usagers, la qualité des chaussées revêt une importance majeure. Les paramètres qui la caractérisent sont définis dans les cahiers des charges de l'IEP et des concessionnaires d'autoroutes. Ils varient selon qu'il s'agisse de nouvelles chaussées ou de chaussées en service et sont, dans ce dernier cas, associés aux systèmes de gestion de l'entretien adoptés. Les paramètres normalement pris en compte sont les dégradations superficielles, les défauts d'uni longitudinales et transversales, les indicateurs d'adhérence (coefficient de frottement transversal et texture) et la portance (déflexions).

4 – L’entretien des chaussées du réseau national non concédé s’effectue actuellement dans le cadre de contrats d’entretien. Sur le réseau concédé, l’entretien courant est assuré par les concessionnaires, mais l’entretien périodique, en particulier les travaux de réhabilitation, est fait par appels d’offres.

5 – Les techniques d’entretien adoptées sont décrites dans le rapport. Nous pouvons néanmoins citer l’intensification de l’emploi de recyclages en place à froid, avec émulsion ou ciment, et le recyclage à chaud en centrale. L’emploi de la mousse de bitume, du bitume- caoutchouc et des enrobés bitumineux à module élevé tend également à se développer.

L’emploi des enrobés bitumineux drainants se généralise dans les zones les plus pluvieuses et celui des enrobés et des microbétons rugueux dans les autres régions.

6 – Les travaux d’entretien impliquent normalement certaines contraintes pour le trafic, qui est concentré sur une partie de la chaussée et, si nécessaire, sur l’accotement préalablement renforcé ou dévié par des déviations provisoires réalisées hors de la voie de circulation. Sur les autoroutes, le trafic est transféré sur la chaussée qui n’est pas en travaux, du moins pendant la construction de la couche de roulement. Dans les zones urbaines, et dans celles ayant un trafic supérieur à 30 000 véhicules par jour, les travaux sont faits pendant la nuit (22.00 à 6.00 h).

TABLE DE MATIERES

	Pages
1 – INTRODUCTION.....	1
2 – RESEAU ROUTIER ET QUALITE DES TRACeS.....	1
2.1 – reSEAU NATIONAL ET NIVEAUX DE SERVICE.....	1
2.2 – deFINITION DES TRACeS.....	4
2.2.1 – Phases des Projets	4
2.2.2 – Qualité des Tracés et Sécurité de Circulation	5
3 – QualiTe DES CHAUSSeES.....	6
3.1 – exigENCES DE QUALITE SUR LES NOUVELLES ROUTES.....	6
3.1.1 – Généralités	6
3.1.2 – EcartS par Rapport au Projet	6
3.1.3 – Défauts d’Uni	6
3.1.4 – Rugosité	7
3.1.5 – Coefficient de Frottement.....	7
3.2 – exigENCES DE QUALITE SUR LES ROUTES EN SERVICE	7
3.2.1 – Système de Gestion des Chaussées de BRISA	7
3.2.2 – Système de Gestion des Chaussées sur le Réseau National non Concédé.....	8
3.2.3 – Systèmes de Gestion des Chaussées des Réseaux Municipaux.....	11
4 – OrganISATION DES activites d’ENTRETIEN ROUTier	12
4.1 – rÉSEAU NON CONCÉDÉ	12

4.2 – reSEAU CONCeDe.....	13
5 – tECHNIQUES D’ENTRETIEN.....	13
5.1 – TECHNIQUES UTILISeES.....	13
5.2 – DeVELOPPEMENTS ReCENTS.....	16
6 – ProceDURES POUR ReDUIRE LA GeNE aux USAGERS.....	18

1 – INTRODUCTION

Au cours des vingt dernières années, le réseau routier portugais a connu une profonde évolution, non seulement en ce qui concerne la couverture du territoire et les liaisons transfrontalières, mais aussi en ce qui concerne la qualité des infrastructures

La préparation de l'ensemble de dispositions légales et réglementaires destinées à orienter cette évolution a naturellement été assurée par les organes de l'Administration centrale chargés de ce domaine d'intervention, comptant également sur la participation des populations, par le biais des Administrations locales (municipalités) et d'associations représentatives de certaines sensibilités, liées notamment à l'environnement et à la sécurité routière. En outre, que ce soit en tant qu'entités qui vont être desservies par les infrastructures ou en tant qu'usagers de ces voies, les populations ont eu également, dans beaucoup de cas, une action importante dans l'amélioration des solutions adoptées, dans le cadre des mécanismes à leur disposition, tels que les enquêtes et les audiences publiques visant l'évaluation de l'impact environnemental des projets, la présentation de requêtes et de réclamations, les contacts des municipalités et des associations avec l'Administration centrale et les promoteurs des investissements, et même les pressions à travers les médias.

2 – RESEAU ROUTIER ET QUALITE DES TRACES

2.1 – RESEAU NATIONAL ET NIVEAUX DE SERVICE

L'évolution du réseau national précitée a commencé à partir du Plan Routier National (PRN) élaboré en 1985, issu de la révision approfondie du Plan précédent datant de 1945. Après plus de dix ans d'application du PRN 85, l'expérience acquise entre-temps et les développements socio-économiques issus de l'adhésion du Portugal à l'Union Européenne ont recommandé un certain nombre de modifications qui ont débouché sur un nouveau Plan, publié en 2000.

Le Plan Routier National – PRN 2000 est le texte actuellement en vigueur qui définit, pour le territoire continental, le réseau routier national d'intérêt national et international. Ses principaux objectifs sont le développement des potentiels régionaux, l'articulation correcte et la réduction des coûts du système de transports, l'augmentation de la sécurité routière et la satisfaction du trafic international.

Selon ce Plan, le réseau routier national se compose du réseau national "fondamental" (itinéraires principaux) et du réseau national "complémentaire". Le PRN 2000 établit également un niveau "régional" de communications publiques routières d'intérêt supramunicipal – Routes Régionales.

Les itinéraires principaux (IP) sont les voies de communication présentant un plus grand intérêt national. Ils servent de support à tout le réseau national et assurent la liaison entre les grands centres urbains (chefs-lieux de districts) et entre ces derniers et les principaux ports, aéroports et frontières.

Le réseau national complémentaire assure la liaison entre les IP et les centres urbains municipaux et supramunicipaux. Il se compose des routes nationales (RN) et des itinéraires complémentaires (IC) qui comprennent aussi les principales voies de contournement et d'accès aux agglomérations des principales grandes villes du pays : Lisbonne et Porto.

L'étendue approximative du réseau routier national établie par le PRN 2000 et les niveaux de service (d'après la définition du *Highway Capacity Manual – Special Report 209 – TRB*) minimums sont les suivants :

–Itinéraires principaux	2 600 km	niveau de service B
–Itinéraires complémentaires	3 550 km	niveau de service C
–Routes nationales	5 350 km	niveau de service C

En plus des niveaux de service établis, le PRN 2000 définit les tronçons des IP et des IC qui devront disposer de caractéristiques autoroutières.

Afin d'assurer la conclusion de ces autoroutes, sans que les investissements directs de l'État ne dépassent des niveaux incompatibles avec les critères de convergence de l'Union Européenne, en 1997 le Gouvernement a décidé de lancer un appel d'offres visant la conception, la construction, le financement, l'exploitation et l'entretien, en régime de concession pour une durée d'environ 30 ans, des nouveaux tronçons d'autoroute du PRN 2000, ce qui a conduit à un total de près de 2700 km d'autoroutes concédées.

Pour des raisons de subvention inter-régionale, de volumes de trafic insuffisants, d'inexistence d'alternatives gratuites, etc., le régime de péage gratuit pour l'utilisateur – SCUT a été introduit pour la première fois dans le pays. Cette solution, où les paiements sont faits directement par l'État au concessionnaire en fonction des volumes de trafic, a été mise en place sur certaines liaisons autoroutières, mais il est actuellement en cours de réévaluation par rapport aux concessions à péage réel.

Jusqu'en 1997, une seule entreprise concessionnaire – BRISA – opérait dans le pays et en régime de péage réel, c'est-à-dire où les usagers payent directement le concessionnaire. A partir de cette date, le marché a été ouvert à d'autres concurrents.

2.2 – DEFINITION DES TRACES

2.2.1 – Phases des Projets

Les projets routiers sont élaborés en plusieurs phases, dont les plus importantes sont normalement les suivantes :

a) Étude préliminaire, en général à l'échelle 1/5 000, où sont analysées et comparées plusieurs solutions de tracé qui respectent les points obligatoires de passage et les niveaux de service établis pour la liaison concernée.

L'analyse comparative porte sur la qualité du tracé, en plan et profil, sur la facilité de construction comprenant les aspects géotechniques et de drainage, sur les répercussions environnementales et sur les coûts.

L'une des pièces les plus importantes de cette phase est l'Étude d'Impact Environnemental (EIE) qui analyse le respect des contraintes environnementales applicables et compare les différentes solutions quant aux impacts produits et aux mesures correctives exigibles et proposées.

Les études préliminaires et leurs EIE sont soumises à l'appréciation de nombreuses entités et font l'objet d'une enquête et d'un débat publics.

b) Avant-projet, en général à l'échelle 1/2 000 ou 1/1 000, qui est le développement d'une ou plusieurs solutions retenues de l'étude préliminaire, mais comprenant les corrections ou les modifications suggérées lors de leur appréciation. Les avant-projets ne sont pas toujours nécessaires et il est possible de passer directement à la phase suivante.

c) Projet d'exécution, en général à l'échelle 1/2 000 ou 1/1 000, comprenant la définition complète de l'ouvrage.

2.2.2 – Qualité des Tracés et Sécurité de Circulation

2.2.2.1 - Les projets doivent obéir aux normes établies par l'Institut des Routes du Portugal – – *Instituto das Estradas de Portugal* (IEP) – relatives à la géométrie du tracé, à la signalisation, à la sécurité et aux autres composantes des projets.

Ces normes visent l'obtention de tracés commodes et sûrs, qui assurent les conditions de circulation (niveau de service) souhaitées. Des recommandations particulières sont faites en ce qui concerne la coordination plan-profil et l'homogénéité du tracé.

Il s'agit ici de répondre aux principales attentes des usagers, qui concernent surtout la vitesse, le confort et la sécurité de la circulation.

2.2.2.2 – Malgré toute la rigueur apportée aux projets, la mortalité sur les routes demeure élevée. D'importants efforts sont déployés depuis plusieurs années pour étudier les causes de cette sinistralité, notamment dans la détection et l'analyse des zones d'accumulation d'accidents, l'étude d'orientations pour la définition de mesures correctives et, d'une manière plus générale, l'étude des caractéristiques du trafic (notamment les vitesses) en fonction des caractéristiques géométriques de la route.

2.2.2.3 – Ces préoccupations relatives à la qualité et à la sécurité des infrastructures routières ont débouché récemment sur un projet à l'échelle nationale inclus dans le Plan Opérationnel des Accessibilités et des Transports (POAT 2000-2006). Ce projet, intitulé "SEQUER – Sécurité, Qualité et Efficacité dans le Secteur Routier", a un financement prévu d'environ 9 millions d'euros et il est géré par l'IEP, en articulation avec le Centre Routier Portugais (CRP), une association technique d'entités publiques et privées liées aux infrastructures routières. Il compte également sur la participation de plus de 30 organismes d'horizons divers (administration, concessionnaires d'autoroutes, universités, industrie, associations professionnelles et d'usagers, etc.)

Le projet est structuré autour de cinq grands axes, parmi lesquels :

- a) définition de critères d'évaluation de la performance des infrastructures routières, comprenant l'identification des indicateurs de performance, à inclure dans les contrats de concession d'exploitation et dans les contrats d'entretien et de réhabilitation des routes ;
- b) création d'un système d'audit de la sécurité routière, comprenant l'élaboration de "manuels d'audit" ainsi que la préparation et la certification des auditeurs ;

c) étude de la mortalité sur le réseau routier national, comprenant les méthodologies de diagnostic de la sinistralité, les critères d'étude des zones d'accumulation d'accidents (ZAA), la supervision de l'évolution de la sinistralité et l'évaluation de l'efficacité des mesures correctives dans les ZAA, la réévaluation et la mise à jour de la base de données nationale sur la sinistralité et l'élaboration de recommandations sur les mesures (de préférence à bas coût) visant la réduction de la sinistralité.

3 – QUALITE DES CHAUSSEES

3.1 – EXIGENCES DE QUALITE SUR LES NOUVELLES ROUTES

3.1.1 – Généralités

Les exigences de qualité des chaussées des nouvelles routes sont définies dans le cahier des charges de l'IEP, en tant que référence nationale, et, de façon complémentaire, dans les cahiers des charges des entreprises concessionnaires, qui sont approuvés par l'IEP.

Ces exigences portent évidemment sur les caractéristiques et les conditions d'application des matériaux des différentes couches et de la fondation, mais aussi sur les caractéristiques superficielles des couches de la chaussée. Les spécifications du cahier des charges de l'IEP comprennent les paramètres et les valeurs indiqués ci-après.

3.1.2 – Écart par Rapport au Projet

Les écarts du profil longitudinal et des profils transversaux par rapport à ceux du projet doivent être inférieurs à 1,5 cm, à tous les points.

3.1.3 – Défauts d'Uni

Les irrégularités mesurées à la règle fixe ou mobile de 3 m ne doivent pas dépasser les valeurs indiquées.

Irrégularités	Couche de roulement	1ère sous-couche	2ème sous-couche et suivantes
Irrégularités longitudinales	0,3 cm	0,5 cm	0,8 cm
Irrégularités transversales	0,5 cm	0,8 cm	1,0 cm

Sur les ouvrages de plus grande étendue ou importance, l'uni est aussi mesuré à l'aide de profilomètres laser ou type APL, sur les deux ornières de chaque voie de circulation, exprimé par l'IRI (m/km) moyen des deux ornières, calculé pour des intervalles d'échantillonnage de 0,25 m et par tronçons de 100 m. L'uni doit obéir aux valeurs suivantes :

Couches	Pourcentage de longueur de l'ouvrage		
	50% (50%)	80% (75%)	100% (90%)
Couche de roulement	= 1,5 (=2,0)	= 2,5 (=2,5)	= 3,0 (= 3,0)
1ère sous-couche	= 2,5	= 3,5	= 4,5
2ème sous-couche et suivantes	= 3,5	= 5,0	= 6,5

NOTE : Entre parenthèses, les valeurs relatives aux chaussées rigides

3.1.4 – Rugosité

La profondeur de la texture superficielle des couches de roulement mesurée selon la méthode de la hauteur de sable, doit obéir aux valeurs suivantes :

Type de couche	Hauteur de sable (mm)
Béton bitumineux	= 0,6
Béton bitumineux drainant	= 1,2
Microbéton rugueux	= 1,0

3.1.5 – Coefficient de Frottement

Le coefficient de frottement transversal, mesuré en continu avec l'équipement SCRIM, ne doit pas être inférieur à 0,4 pour des mesures effectuées à 50km/h.

3.2 – EXIGENCES DE QUALITE SUR LES ROUTES EN SERVICE

Les exigences de qualité sur les routes en service sont en général associées aux systèmes de gestion de l'entretien mis en place.

Au Portugal, il existe des systèmes de gestion de l'entretien des chaussées, déjà appliqués ou en cours d'établissement, sur les autoroutes concédées. Pour le réseau non concédé, un système de gestion des chaussées a été étudié il y a quelques années, mais son application a été gênée par les remaniements opérés entre-temps au sein de l'Administration routière, qui vient de rouvrir ce dossier.

3.2.1 – Système de Gestion des Chaussées de BRISA

BRISA a adopté le système de gestion des chaussées espagnol GEFIREX, dûment adapté à sa réalité, dans lequel les paramètres d'état de la chaussée faisant l'objet d'un relevé systématique

sont les dégradations superficielles, l'uni, la profondeur d'ornières, les déflexions mesurées à intervalles de 100 m avec un déflectomètre d'impact (FWD) et le coefficient de frottement transversal (CFT) mesuré avec le SCRIM.

Ces contrôles sont effectués en général tous les 4 ans, mais leur périodicité peut diminuer en cas d'évolution anormale des dégradations superficielles ou d'augmentations imprévues du trafic.

Les valeurs des paramètres qui définissent l'état "d'alerte" et "d'intervention obligatoire" sont les suivantes :

Paramètre	Intervention	
	Recommandée	Obligatoire
Nids de poule (% de la surface)	= 5	= 10
Fissures (% de la surface)	= 10	= 15
IRI (m/km)	= 3	= 3,5
Prof. ornières (mm)	= 5	= 10
Déflexions (μm ; 7,8 kN)	= 700	= 900
CFT	= 0,5	= 0,4

Les modèles d'évolution des différents indicateurs adoptés par ce système de gestion sont basés sur ceux du HDM de la Banque Mondiale, mais un certain nombre de sections fait l'objet de suivi pour calibrer les modèles de l'évolution.

3.2.2 – Système de Gestion des Chaussées sur le Réseau National non Concédé

3.2.2.1 – Le Système de Gestion des Chaussées mis en oeuvre en 1995 pour le réseau national non concédé retient comme paramètres d'état des chaussées les dégradations superficielles, l'uni, la capacité portante (déflexion) et, accessoirement, le coefficient de frottement transversal.

Pour chaque paramètre, des classes ont été définies selon des valeurs qui varient en fonction des classes de trafic suivantes :

Classes de trafic	TMDA
1	< 3000
2	3000 – 8000
3	> 8000

Les classes de déflexion, mesurées au déflectographe Lacroix et exprimées en centièmes de millimètres, sont les suivantes :

Classes de déflexion	Classes de trafic		
	1	2	3
1	< 100	< 70	< 40
2	100 – 150	70 -120	40 – 80
3	> 150	> 120	> 80

Les dégradations de la chaussée sont caractérisées par leur densité (D_i) et leur gravité (G_i), en considérant uniquement la fissuration à ses différents stades de développement. Quatre types de densité de dégradation sont considérés (D_0 à D_3), selon l'aire dégradée, ainsi que quatre types de gravité de dégradation (G_0 à G_3), selon l'aire occupée par la fissuration la plus grave (peau de crocodile). En combinant D_i et G_i on obtient 10 classes d'état de dégradation superficielle (D_0G_0 à D_3G_3).

L'uni est caractérisée à partir d'une notation par bandes d'onde (NBO), dans le domaine des petites ondes, obtenue avec l'équipement français APL. Les classes d'uni prises en compte sont les suivantes :

Classes d'uni	Classes de trafic		
	1	2	3
1	> 6	> 6	> 7
2	4 - 6	5 e 6	6 e 7
3	< 4	< 5	< 6

A partir du rapport entre la NBO et l'IRI, l'uni peut être aussi défini par ce dernier paramètre.

Compte tenu du nombre de classes de déflexion (3), d'état de dégradation (10) et d'uni (3), il est possible de définir 90 "états de la chaussée", caractérisés par un numéro qui fonctionne comme un indice global, mais qui permet de connaître l'importance de chaque composante définissant "l'état de la chaussée".

A chacun des "états" sont associées deux actions alternatives d'entretien, qui peuvent revêtir un caractère fonctionnel ou structurel. D'une manière générale, et pour chaque paramètre, la classe 3 correspond à la nécessité d'une intervention de remise en état structurelle, tandis que la classe 2 correspond à un niveau d'alerte, à partir duquel il convient de procéder à un suivi plus rigoureux de l'évolution de l'état de la chaussée.

Les conditions de sécurité de circulation sont évaluées par le CFT, lui aussi regroupé en 3 classes.

Classes	CFT
1	> 0,65
2	0,35 – 0,65
3	< 0,35

Ce paramètre n'est pas pris en compte dans le système de gestion, étant admis que les tronçons atteignant la classe 3 exigent une intervention pour rétablir la sécurité.

3.2.2.2 – Bien que le système décrit ci-dessus n'ait pas encore été mis en oeuvre, les études se poursuivent afin d'aboutir à une définition plus correcte des valeurs des paramètres d'état, notamment l'uni et les dégradations superficielles, car, selon de nombreuses études, ce sont les paramètres que les usagers de la route considèrent comme les plus significatifs pour caractériser la qualité des chaussées.

Quant à ce premier paramètre, une étude a été réalisée au cours des dernières années, comprenant: i) l'évaluation, au profilomètre, de l'uni de 50 sections de route avec un IRI entre 0,5 et 10 ; ii) l'évaluation des accélérations induites dans un véhicule instrumenté circulant sur ces sections; iii) l'évaluation de la qualité de la chaussée par un panel d'usagers (notation de 1 à 10).

Cette étude avait pour objectif de développer un modèle croisant les notes attribuées par les usagers avec les indices définissant l'irrégularité, notamment l'IRI et les NBO dans le domaine des petites, moyennes et grandes ondes.

Les modèles obtenus ont permis de conclure que :

a) les notations par bandes d'ondes, en particulier dans le domaine des petites ondes, caractérisent mieux la qualité de circulation évaluée par les usagers que l'IRI. Toutefois, les modèles basés sur l'IRI ont quand même été considérés satisfaisants ;

b) la notation par bandes d'ondes a l'avantage de diagnostiquer des défauts dans les domaines des trois bandes et fournit donc une meilleure orientation pour la réalisation des travaux de remise en état nécessaires afin d'obtenir une certaine qualité (nombre de couches à réaliser et système de nivellement de l'équipement à adopter).

A partir de cette étude, des nouvelles spécifications d'irrégularité ont été proposées pour les travaux de réhabilitation.

3.2.2.3 – En 1999, a été lancé un programme de relevé visuel systématique de l'état des chaussées du réseau national, dans le but de réévaluer les indicateurs de l'état du réseau et de définir les interventions à réaliser. Les données ainsi obtenues sont en cours de traitement et introduites dans une base de données.

Le contrôle de l'état des chaussées par les organes de gestion départementale (Direction des Routes) est réalisé à deux niveaux. L'un correspond à des interventions de réhabilitation fonctionnelle ou structurelle simplifiée définies dans un « Manuel de Réhabilitation des Chaussées Souples » qui suit, d'une façon générale, l'orientation décrite au paragraphe 3.2.2.1. L'autre correspond à des situations plus complexes, exigeant l'intervention d'unités spécialisées au sein des Directions des Routes – les Centres Opérationnels.

3.2.3 – Systèmes de Gestion des Chaussées des Réseaux Municipaux

Quelques systèmes de gestion des chaussées ont été développés ces dernières années pour les réseaux routiers de grands centres urbains : Coimbra et Lisbonne.

Ces systèmes ont une structure identique à celle des réseaux interurbains et, dans les deux cas, l'état de la chaussée est défini par l'IRI_t (mm/km) l'année t, par la profondeur moyenne des ornières R_t (mm), par l'aire de fissuration et de peau de crocodile C_t (m²/100m²), par l'aire des dégradations superficielles (nids de poule et pelades) S_t (m²/100m²), par l'aire des réparations P_t (m²/100m²), au moyen de l'indice global PSI (*Present Serviceability Index*) défini par l'expression

$$PSI_t = 5 \cdot e^{0,0002598 \cdot IRI_t^4} \cdot R_t^{0,002139} \cdot C_t^{0,21} \cdot S_t \cdot P_t^{0,5}$$

Cette expression est une adaptation aux conditions urbaines de celle utilisée par le DOT du Nevada (USA).

Les modèles d'évolution des chaussées sont probabilistiques dans le cas de Coimbra et déterministiques dans le cas de Lisbonne. Ces deux systèmes comprennent des modèles d'optimisation qui permettent de minimiser les coûts totaux (coûts d'entretien, coûts pour les usagers et valeur résiduelle de la chaussée).

4 – ORGANISATION DES ACTIVITES D'ENTRETIEN ROUTIER

4.1 – RÉSEAU NON CONCÉDÉ

Les tâches inhérentes à l'entretien des routes non concédées – entretien périodique et entretien ordinaire – incombent aux Directions des Routes. A l'heure actuelle, le modèle de gestion des ressources humaines et des équipements adopté prévoit la sous-traitance de l'ensemble des tâches, les Directions des Routes se réservant uniquement la gestion et le contrôle des travaux correspondants.

En ce qui concerne l'entretien périodique, qui comprend essentiellement les tâches de réhabilitation fonctionnelle des chaussées, le recours au secteur privé s'est imposé depuis longtemps, en raison de l'augmentation du réseau à entretenir et de l'innovation technique en termes de matériaux et de technologies, qui exigent d'importants investissements en équipements et en moyens humains, incompatibles avec les modèles de gestion normalement adoptés par l'Administration publique.

Quant à l'entretien ordinaire, qui comprend les activités plutôt à caractère environnemental et curatif, telles que le rebouchage de nids de poule, le désherbage, l'entretien des accotements et des fossés, le nettoyage des systèmes de drainage, l'entretien de la signalisation verticale et des glissières de sécurité, il a été peu à peu confié également au secteur privé, à mesure que les Directions des Routes ont été confrontées au problème du manque de ressources humaines.

Comme le manque de ressources humaines est actuellement généralisé, il a été décidé de confier à des entreprises privées les tâches d'entretien ordinaire de l'ensemble du réseau de routes non concédé. Le modèle adopté prévoit l'existence de deux contrats par District, ce qui correspond à trente-six contrats d'entretien ordinaire pour l'ensemble du territoire. A l'heure actuelle, certains de ces contrats ont déjà été terminés et les autres sont en phase d'appel d'offres et/ou d'analyse des offres.

Les activités ayant une répercussion sur l'environnement devront être normalement exécutées deux fois par an sur les itinéraires principaux et complémentaires ainsi que sur les routes à plus grand trafic et une fois par an sur les autres routes. Ces marchés sont passés par série de prix, pour les quantités prévues compte tenu des caractéristiques du réseau et des niveaux souhaités, et l'entrepreneur exécute les travaux en fonction des quantités prévues et inscrites dans le projet.

L'expérience de l'application de ces contrats est positive, surtout en ce qui concerne les activités programmables, où il est possible d'obtenir des rendements élevés. Pour les activités à caractère plutôt curatif, telles que le rebouchage des nids de poule, etc., l'efficacité s'est avérée moins satisfaisante, car les ressources humaines et l'équipement à affecter à ces tâches ne sont pas toujours disponibles et il faut alors modifier la programmation initiale.

Les travaux de réhabilitation structurelle des chaussées font, en général, l'objet de projets conduits par des bureaux d'études et sont réalisés par contrat.

4.2 – RESEAU CONCEDE

En ce qui concerne l'entretien ordinaire, les services régionaux des concessionnaires disposent des moyens nécessaires pour s'en charger, dans la mesure où la non exécution rapide de ces tâches (rebouchage de nids de poule, réparation de la signalisation et des glissières de sécurité, etc.) peut avoir des conséquences sur la sécurité routière, en raison des vitesses élevées normalement pratiquées sur ces routes.

Les travaux d'entretien périodique (amélioration de la qualité fonctionnelle et structurelle des chaussées) font en général l'objet de projets détaillés, par tronçons d'environ 20 km, entre échangeurs, et sont réalisés par des entreprises privées.

5 – TECHNIQUES D'ENTRETIEN

5.1 – TECHNIQUES UTILISEES

5.1.1 – L'adoption de la technique appropriée à chaque cas est faite après un diagnostic préalable des causes des dégradations et, le plus souvent, après la connaissance de la structure de la chaussée et des caractéristiques de ses matériaux, du trafic, du climat et autres paramètres de la route, ainsi que des différents procédés de réhabilitation disponibles.

Les techniques d'entretien varient selon qu'il s'agisse de la réhabilitation des caractéristiques superficielles, structurelles ou des deux.

5.1.2 – Pour la réhabilitation des caractéristiques superficielles, les techniques les plus adoptées sont :

a) scellement des fissures de petite gravité, qui n'exigent pas encore des travaux au niveau de la structure, pour imperméabilisation de la chaussée, afin de parvenir la pénétration d'eau et d'éléments étrangers et de contribuer également à l'entretien structurel, en empêchant ou en retardant la progression de la dégradation ;

b) rebouchage de nids de poule avec des enrobés bitumineux à froid ou des enrobés bitumineux à chaud, dont les granulométries varient entre 0/25 et 0/12,5, selon l'épaisseur à traiter ;

c) application de traitements (microbétons bitumineux à froid, "slurry seals", revêtements superficiels, etc.), qui ne conduisent pas à une amélioration sensible de la capacité portante, mais servent à rénover la chaussée et à corriger ses défauts superficiels.

Cette mesure vise à améliorer les propriétés antidérapantes des chaussées présentant exsudation du bitume ou des surfaces polies, en particulier à des endroits tels que les virages, les pentes, les zones d'accélération, etc., et dans les zones critiques de manque de visibilité causé par projection d'eau ou réflexion de la lumière ;

d) rainurage de la chaussée, application de bétons cloutés, revêtements superficiels, bétons bitumineux drainants et enrobés bitumineux rugueux appliqués en couches minces ou très minces, pour améliorer la rugosité ou l'adhérence entre le pneu et la chaussée, en particulier quand il pleut ;

e) dans le cas particulier des chaussées rigides, peu répandues dans le pays, réparation périodique des joints, avec remplacement des produits de scellement, réparation des bords et scellement des fissures.

5.1.3 – Les techniques de réhabilitation structurelle passent presque toujours par le renforcement de la chaussée existante, en appliquant de nouvelles couches d'enrobés bitumineux. La plupart du temps, en raison de l'augmentation des volumes de trafic observée ces dernières années au Portugal, l'application de ces matériaux est faite en couches épaisses (jusqu'à 15 cm ou même supérieures).

Cependant, avant l'application du renforcement, certains travaux préparatoires sont normalement réalisés, en fonction des anomalies observées lors des relevés visuels effectués à la surface de la chaussée. Les plus courants sont :

a) reconstructions localisées, qui sont réalisées dans les zones présentant des tassements accentués de la chaussée. Ces phénomènes sont en général provoqués soit par une dégradation des couches granulaires inférieures sur un point sensible, soit par une mauvaise exécution de ces dernières, soit encore par une capacité portante insuffisante de la fondation ou même par un drainage insuffisant.

Ces interventions sont aussi parfois réalisées dans les zones où s'est produit un soulèvement localisé de la chaussée, causé par les racines sur les routes nationales bordées d'arbres.

A certains endroits, présentant des dégradations importantes, la reconstruction comprend l'enlèvement de la totalité des couches de la chaussée et d'environ 20 à 30 cm de sol de fondation et la remise en place de nouveaux matériaux, y compris les matériaux granulaires nécessaires ;

b) le fraisage des couches bitumineuses qui sont très fissurées ou qui s'avèrent décollées des couches sous-jacentes.

Les couches bitumineuses enlevées par fraisage sont remplacées par une même épaisseur d'enrobé bitumineux neuf, généralement dense et ayant une granulométrie adaptée à l'épaisseur souhaitée.

Les matériaux enlevés ont commencé par être déposés dans les décharges, mais les projets d'exécution des travaux de réhabilitation prévoient actuellement leur réemploi, notamment sur les terrassements de déviations et même dans les enrobés bitumineux de renforcement, après recyclage.

c) le rebouchage des dépressions, en particulier des ornières, avec un enrobé bitumineux, de manière à reprofiler/régulariser la surface de la chaussée, avant l'application du renforcement.

Les enrobés bitumineux sont le plus souvent fabriqués à chaud, du type mortier bitumineux ou à plus grosses granulométries, selon la profondeur de la dépression à traiter.

d) le scellement de fissures, avec les matériaux utilisés pour la réhabilitation des caractéristiques superficielles et aussi des mélanges bitumineux à froid (enrobés et "slurries") et des enrobés à chaud, en utilisant surtout ceux qui contiennent des bitumes modifiés avec des élastomères, de manière à minimiser la réflexion des fissures et, par conséquent, leur remontée à la surface.

Certains cas exigent également l'utilisation de géogrilles ou géotextiles imprégnés, cloués à la chaussée et revêtues d'un matériau bitumineux, du type "slurry-seal" ou enrobé bitumineux.

Parfois, deux types de traitement peuvent être recommandés en même temps, comme par exemple l'application d'un mortier bitumineux avec du bitume modifié pour le traitement des fissures et un enrobé bitumineux dense pour la correction du profil transversal.

5.1.4 – L'exécution d'une couche d'accrochage pour assurer la bonne adhérence des couches sur toute la structure de la chaussée est toujours envisagée et réalisée fréquemment à l'aide d'émulsions bitumineuses modifiées, ce qui permet d'utiliser des taux d'application de 0,4 à 0,8 kg/m², les valeurs plus grandes quand la couche est très fissurée ou vieillie.

5.1.5 – Pour réduire les risques d'accidents, des couches de roulement procurant une meilleure adhérence sont désormais appliquées sur les itinéraires principaux et complémentaires ainsi que sur beaucoup d'autres routes. Dans les régions du pays particulièrement pluvieuses, comme le Nord, on utilise du béton bitumineux drainant et, dans les autres régions du pays, des microbétons ou bétons bitumineux rugueux. Ces mélanges bitumineux utilisent des bitumes modifiés par des polymères adéquats.

Les bétons bitumineux drainants sont des enrobés à granulométrie ouverte, du type 0/19, appliqués en couches de 4 à 5 cm (couches minces), qui visent à assurer le drainage de l'eau superficielle vers les accotements, une meilleure visibilité (absence de projection d'eau) et un plus grand confort acoustique (à l'extérieur et à l'intérieur du véhicule) pendant la circulation des véhicules sur la route. La réduction du niveau sonore du bruit émis a conduit à l'adoption de cette solution sur les routes urbaines, même dans les zones à faible pluviosité.

Les microbétons (couches très minces) ou bétons bitumineux rugueux (couches minces) sont des enrobés bitumineux à granulométries discontinues, riches en liant bitumineux. Les couches minces sont du type 0/19, appliquées sur 4 à 5 cm d'épaisseur; les couches très minces sont du type 0/12,5, appliquées sur 2 à 3 cm d'épaisseur.

5.2 – DEVELOPPEMENTS RECENTS

On assiste depuis peu à l'utilisation d'enrobés bitumineux à module élevé dans les travaux d'entretien, dans le but de diminuer l'épaisseur nécessaire en nouveaux matériaux pour des raisons écologiques mais aussi pour maintenir les cotes des chaussées existantes, en particulier dans le cas des traversées urbaines.

Le réemploi des enrobés bitumineux dégradés, par recyclage en place ou en centrale, tend également à être pratiqué depuis quelques années. Le recyclage en place le plus répandu est fait à froid, en utilisant les émulsions bitumineuses comme liant bitumineux. Le recyclage en centrale est également utilisé, surtout dans les cas de fraisage important des couches bitumineuses.

Dans le recyclage en place, le matériau dégradé de la construction initiale est recyclé pour former une nouvelle couche de la chaussée à résistance mécanique améliorée. Le traitement du matériau comprend, individuellement ou en combinaison : eau, pour aider au compactage, ciment, chaux et autres types d'agents chimiques stabilisateurs, agent bitumineux de stabilisation sous forme d'émulsion et, le cas échéant, de nouveaux granulats de manière à améliorer la granulométrie ou à modifier le matériau recyclé au plan mécanique. Le liant bitumineux est donc une émulsion bitumineuse, en général cationique à rupture lente, avec des bitumes ayant une pénétration entre 50 et 180, avec ou sans addition d'agents de rajeunissement qui réhabilitent le bitume vieilli. L'addition de chaux ou de ciment, en pourcentages d'environ 1 à 2%, se destine à faciliter ou accélérer la rupture de l'émulsion, à réduire la sensibilité à l'eau, surtout pour les matériaux argileux ou contaminés, ou à augmenter la cohésion du matériau obtenu. Ce type de recyclage, qui emploie les deux types de liants (bitumineux et hydrauliques) est souvent désigné par recyclage mixte à froid. Les épaisseurs des couches concernées par le recyclage sont en général de 12 à 15 cm, voire 20 cm maximum. Ce traitement n'est pas employé sur des épaisseurs inférieures à 5 – 6 cm. D'après les informations obtenues sur les travaux réalisés, quand les épaisseurs sont supérieures à 15 cm il est difficile d'obtenir une cure efficace et un bon compactage dans la zone inférieure de la couche.

Parmi les contraintes associées à l'emploi de cette technique, il faut citer sa sensibilité à des facteurs tels que la teneur en eau et la granulométrie des enrobés, les conditions climatiques et l'absence de documents normatifs.

Le matériau recyclé présente les caractéristiques d'une couche de base et il ne peut donc pas être utilisé comme couche de roulement. Mais comme le recyclage en place à froid est presque toujours complété par une application d'enrobés bitumineux, dont l'épaisseur minimum habituelle est de 5 à 6 cm, cette technique suppose toujours une économie de matériaux, par rapport aux solutions conventionnelles décrites précédemment.

L'état actuel des chaussées déjà recyclées, après environ 10 ans d'application de cette technique et soumises au passage d'un trafic lourd important et canalisé, est bon dans l'ensemble.

Des études et des expériences sont actuellement en cours afin d'utiliser dans le recyclage en place la mousse de bitume ou bitume expansé, par injection d'une petite quantité d'eau froide dans le bitume chaud. Les propriétés physiques du bitume s'altèrent temporairement, par une augmentation considérable de son volume (10 à 20 fois) pendant une courte période de temps. Ce procédé produit une diminution importante de la viscosité du bitume, permettant l'utilisation d'agrégats froids et même humides, d'agrégats ou de sables naturels et même d'argiles à plasticité réduite.

Le recyclage en centrale fixe, selon les méthodes conventionnelles, implique toujours des techniques de fraisage et de production à chaud d'enrobés bitumineux. Il est parfois utilisé pour le traitement des matériaux fraisés obtenus sur d'autres tronçons de route. Dans ces cas, le pourcentage de matériaux à recycler entrant dans la composition des enrobés bitumineux ne dépasse pas les 40 à 50% et les bitumes utilisés sont en général des bitumes moins durs.

Une autre technique récente utilisée au Portugal dans l'entretien des routes est le recyclage en place avec du ciment, sur une certaine profondeur, en mélangeant le liant hydraulique, l'eau pour l'hydratation du liant et, le cas échéant, des granulats pour la correction de la granulométrie et des additifs. Les dosages de ciment ne sont pas supérieurs à 5%. En raison du phénomène de la rétraction thermique de ce matériau, il est courant de procéder à une pré-fissuration transversale. Dans les travaux réalisés dans le pays et afin d'éviter la pré-fissuration de la couche qui vient d'être exécutée, on applique sur cette dernière une couche d'un mélange bitumineux composé de bitume modifié par un élastomère ou caoutchouc.

L'utilisation du bitume-caoutchouc, à partir de pneus hors d'usage, est une technique récente dans le pays. Il s'agit d'une technique destinée à préserver l'environnement et les granulés de caoutchouc sont obtenus par cryogénie.

Ce procédé consiste à couper les pneus en morceaux, qui sont ensuite congelés à une température de -180°C, à l'aide d'azote liquide, pendant environ 5 minutes. Le produit congelé

est ensuite passé dans un moulin à marteaux afin de séparer les trois composantes des pneus : caoutchouc, textile et acier. L'acier est retiré par procédé magnétique et les textiles par succion. Les granulés de caoutchouc passent ensuite dans un tambour sécheur, en suite ils sont tamisés et puis placés dans des silos, selon leur granulométrie. Les granulés passent ensuite dans un moulin où ils prennent une forme plus arrondie avant d'être mis en sacs.

6 – PROCEDURES POUR REDUIRE LA GENE AUX USAGERS

En ce qui concerne les mesures visant à réduire la gêne aux usagers, le réseau de routes non concédées ne dispose pas de procédures internes formelles instituées. Pendant la phase de projet, la nécessité de développer, ou non, un dossier d'exploitation spécifique pour l'ouvrage – concernant ces aspects et faisant partie intégrante du dossier d'appel d'offres – est évaluée.

En général, l'établissement de procédures pour réduire la gêne aux usagers constitue une obligation de l'entrepreneur, qui les intègre dans le plan de travaux qu'il doit soumettre à l'approbation du maître d'ouvrage.

Les aspects généralement pris en compte sont les déviations de circulation, en coordination avec la réalisation des différentes phases des travaux, et leur signalisation.

Ces déviations peuvent impliquer la réalisation des travaux sur seulement une partie de la chaussée, en déviant la circulation vers la partie restante et vers l'accotement renforcé à cet effet, ou bien impliquer même des déviations provisoires réalisées hors de la chaussée.

L'installation de dispositifs de sécurité et d'éléments de signalisation adaptés est également importante.

En ce qui concerne la signalisation, les mesures adoptées sont celles figurant dans le Manuel de Signalisation Temporaire (JAE-1997), qui reprend la législation nationale en la matière et est applicable aux routes à une et à deux chaussées.

Sur les autoroutes, les travaux d'entretien impliquent le plus souvent des limitations de trafic, en procédant à son étranglement. La déviation du trafic vers la chaussée qui n'est pas en travaux est prévue au moins lors de l'exécution des couches de roulement.

Dans les zones urbaines ou sur les routes ayant un trafic supérieur à 30000 véhicules par jour, les travaux sont obligatoirement réalisés la nuit (22.00 à 6.00 h).