

XXIV<sup>e</sup> CONGRÈS MONDIAL DE LA ROUTE  
MEXICO 2011

## MEXIQUE – RAPPORT NATIONAL

### SÉANCE D'ORIENTATION STRATÉGIQUE TS D

# GESTION DU PATRIMOINE ROUTIER DANS UN CONTEXTE DE DÉVELOPPEMENT DURABLE ET D'ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

R. Solorio

Institut Mexicain des Transports, San Fandila, Queretaro, Mexique

[rsolorio@imt.mx](mailto:rsolorio@imt.mx)

B. Ortiz

Sous-secrétariat de l'Infrastructure, Secrétariat des Communications et des Transports,  
Mexico, Distrito Federal, Mexique

[bomantil@sct.gob.mx](mailto:bomantil@sct.gob.mx)

J.M. Osio

Direction Générale de l'Entretien Routier, Secrétariat des Communications et des  
Transports, Mexico, Distrito Federal, Mexique

[josio@sct.gob.mx](mailto:josio@sct.gob.mx)

R. Vazquez

Ponts et Chaussées Fédéraux à Péage et Services Connexes (CAPUFE)  
Cuernavaca, Morelos, Mexico

[jrvazquezg@capufe.gob.mx](mailto:jrvazquezg@capufe.gob.mx)

## **1. RESUME**

On présente une description des initiatives les plus importantes relatives à l'emploi des outils de gestion du patrimoine pour assurer le développement durable du réseau routier fédéral du Mexique. Tout d'abord, on détaille les caractéristiques du réseau national, y compris la longueur totale, la classe de route, le type de chaussée, la compétence et la longueur correspondant aux routes à péage et aux routes sans frais. Ensuite, on présente la structure organisationnelle du Secrétariat des Communications et des Transports (SCT), en indiquant les domaines liés à la préservation et développement des routes. Les trois articles suivantes contiennent des descriptions de quelques-uns des projets les plus importants déployés par les bureaux du SCT pour améliorer les processus de prise de décisions sur lesquelles se fondent l'entretien et l'amélioration du réseau fédéral. Celles-ci comprennent les éléments suivants: i) Applications de HDM-4 au sein de la Direction Générale de l'Entretien Routier du SCT; ii) Système de Gestion des Chaussées reposant sur HDM-4 développé par Ponts et Chaussées Fédéraux à Péage et Services Connexes (CAPUFE), un organisme décentralisée du SCT qui exploite la majorité des routes fédérales à péage; iii) Un Système Intégré de Gestion des Infrastructures Routières en cours de développement par le Sous-secrétariat de l'Infrastructure du SCT visant à traiter simultanément les différents aspects de la gestion des routes y compris l'entretien, les questions opérationnelles et les projets de développement. Suite à ces descriptions, on souligne certaines limitations des initiatives présentées, en particulier l'absence d'un cadre conceptuel formel de gestion du patrimoine.

## **2. LE RESEAU ROUTIER DU MEXIQUE**

Selon le Secrétariat des Communications et des Transports (SCT) (DGCD, 2009), le patrimoine routier du Mexique se compose de 356,945 km de routes dont 120,498 km sont revêtues et 236,627 km non revêtues. Quarante pour cent des routes revêtues (48,319 km) composent le réseau fédéral, y compris routes à deux voies et routes à plusieurs voies qui se propagent sur tout le territoire mexicain. Les routes fédérales sont essentiellement exploitées par SCT bien qu'une partie croissante d'entre elles atteignant 2,322 km en 2009 ont été concédées à des opérateurs privés à travers différents modèles de partenariats public-privé. Le reste des 72,179 km de routes revêtues (60%) correspondent à des sous-réseaux constitués presque entièrement de routes à deux voies qui sont sous la juridiction des États mexicains. En concernant les routes non revêtues, il s'agit de routes locales qui donnent accès à des petites communautés rurales et se composent de 167,877 km de routes de grave et de terre (71%) et 68,750 km de chemins carrossables (29%). Bien que SCT encore participe à certains programmes de routes locales, la plupart de ces routes sont également administrés par les États.

Le réseau routier fédéral du Mexique est divisé en sous-réseaux primaire et secondaire. Le premier a 31.147 km de longueur et rassemble les routes reliant les capitales des États et les grandes villes, ainsi que les ports et les postes-frontières. Le sous-réseau secondaire est composé de 17,172 km de routes d'importance locale et régionale qui donnent également accès au sous-réseau primaire.

Dans le sous-réseau primaire, il ya 19,245 km de routes qui définissent les principaux couloirs routiers du pays. Ces axes comprennent la plupart des routes à quatre ou plus voies disponibles dans le réseau, dont la longueur est venu à 11,616 km en 2007 (Martínez et al, 2009). Les couloirs routiers contiennent également la quasi-totalité de la longueur des routes à péage (7,122 de 7,698 km soit 92,5%). La Figure 1 illustre la classification du réseau routier du Mexique. Les axes principaux sont représentés sur la Figure 2.

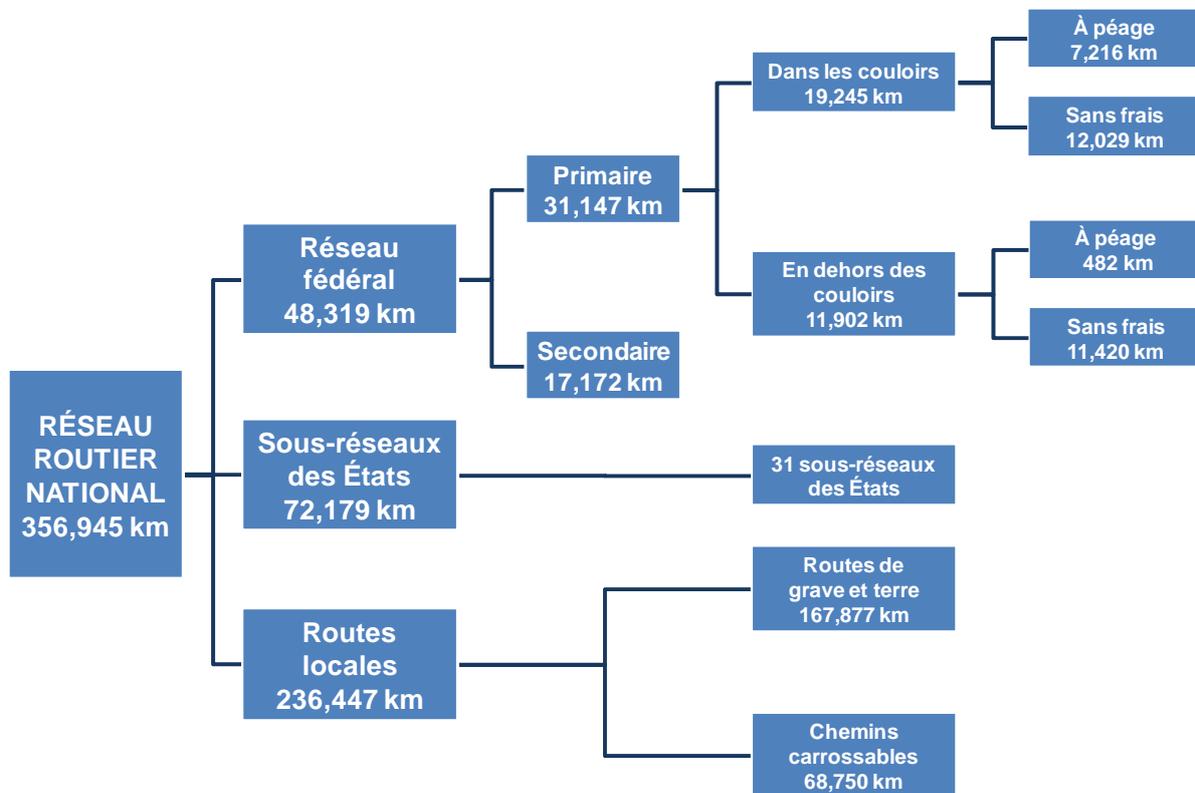


Figure 1 - Classification du réseau routier du Mexique (DGDC, 2009).

### 3. ORGANISATION DU SCT

Le Secrétariat des Communications et des Transports (SCT) est l'organisme du gouvernement fédéral responsable de l'exploitation et gestion des routes. Les obligations du SCT s'étendent bien au-delà de ces fonctions puisque elles englobent toutes les activités liées à l'élaboration des politiques, la planification et la réglementation pour le développement des infrastructures, ainsi qu'à la fourniture de services dans les secteurs des transports et des télécommunications. Pour le sous-secteur routier le SCT agit comme la plus haute autorité en fournissant des normes et des conseils techniques.

La structure organisationnelle du SCT comprend un certain nombre de sous-secrétariats, coordinations, directions et des unités décentralisées dont le plus pertinent en ce qui concerne la gestion des routes est le Sous-secrétariat de l'Infrastructure (SI). Cette entité est organisée selon la structure représentée sur la Figure 3.

Les fonctions de chacune des sous-unités représentées dans le tableau ci-dessus peuvent être résumées comme suit (SCT, 2010):

Direction Générale du Développement Routier (DGCD): Planifier le développement stratégique du réseau routier fédéral, conduire le processus d'appel d'offres prévues par la loi pour accorder des concessions à l'exploitation d'infrastructures routières et superviser la performance des concessionnaires.



Figure 2 - Couloirs routiers principaux du réseau fédéral du Mexique (DGDC, 2009).

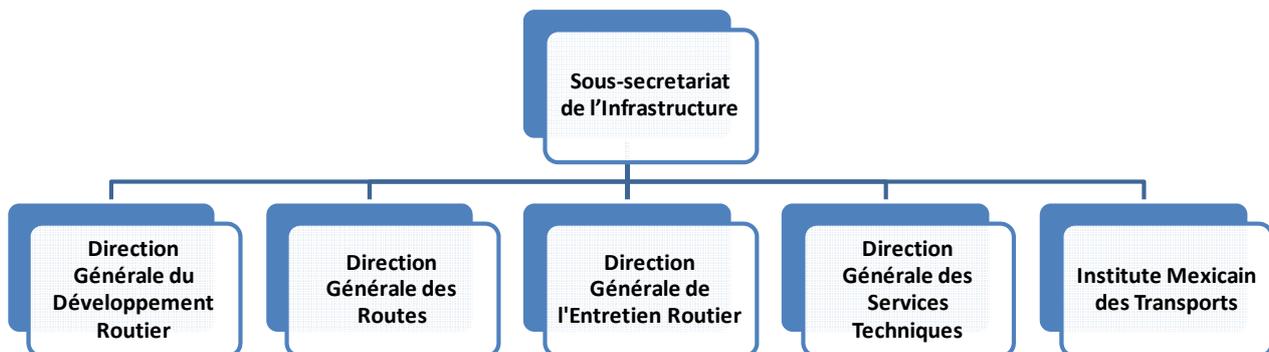


Figure 3 – Structure du Sous-secrétariat de l'Infrastructure du SCT.

Direction Générale des Routes (DGC): Gérer les nouveaux projets routiers; proposer des projets pour la modernisation des couloirs; améliorer l'accessibilité aux zones urbaines en proposant la construction de routes de contournement et d'accès; participer à la planification et supervision de la construction, reconstruction et l'entretien des routes secondaires et locales.

Direction Générale de l'Entretien Routier (CCDG): Entretien le réseau routier fédéral au moyen de l'identification, l'appel d'offres et la supervision des travaux publics nécessaires pour fournir le meilleur niveau de service possible pour promouvoir le développement du pays.

Direction Générale des Services techniques (DGST): Apporter un soutien technique complet et multidisciplinaire pour la planification, la conception, le projet, la construction, l'entretien et l'exploitation du réseau routier national à l'aide des technologies de pointe.

Institut Mexicain des Transports (IMT): Aider au développement global du secteur des transports en effectuant des recherches et des études sur l'innovation technologique, la formulation de normes techniques et la promotion des activités de formation et des programmes des études supérieures (IMT, 2010).

Également pertinente pour la gestion du réseau fédéral est l'unité décentralisée connue sous le nom Ponts et Chaussées Fédéraux à Péage et Services Connexes (CAPUFE), qui exploite 4,128.4 km d'autoroutes fédérales à péage (CAPUFE, 2009), soit 54% du total. Comme avec n'importe quel opérateur de routes fédérales, les activités de CAPUFE sont surveillées par le Sous-secrétariat de l'Infrastructure du SCT.

Dans la dernière décennie, le SCT a encouragé le développement durable de l'ensemble du réseau fédéral par deux lignes d'action principales: i) l'identification et la mise en œuvre des modèles de partenariat public-privé pour compléter les toujours insuffisants investissements publics disponibles pour la préservation et développement du réseau; ii) L'exigence pour ses directions générales, CAPUFE et les concessionnaires privés d'utiliser des données fiables et des outils de gestion des routes, à l'appui des tâches telles que:

- Évaluer la faisabilité économique et financière des projets routiers.
- Formuler des programmes d'entretien préliminaire pour les routes soient-elles exploitées par organismes publiques ou par le secteur privé.
- Évaluer la performance des concessionnaires de routes.
- Estimer les besoins d'entretien pour le cycle de vie des projets de nouvelle construction ou d'amélioration dans les partenariats public-privé.
- Préparer des termes de référence pour les offres de nouvelles concessions de routes dans les différents partenariats public-privé.

Entre les activités du SCT liées au soutien à l'utilisation des systèmes de gestion routière on peut mentionner les suivants:

- a) Pendant des décennies, la Direction Générale des Services Techniques (DGST) a recueilli des informations sur l'intensité et la composition du trafic sur les routes fédérales et des États. Initialement destinée à soutenir la formulation de projets de construction ou d'amélioration des routes ainsi que l'analyse des problèmes opérationnels, cette information est maintenant essentielle à toute initiative concernant la gestion routière.
- b) Dès la fin des années nonante, la Direction Générale du Développement Routier (en ce temps-là l'Unité des Routes à Péage du SCT) a démarré la mesure annuel de l'uni et l'orniérage pour l'ensemble du réseau routier fédéral à péage, dans un effort pour s'assurer que les opérateurs rencontraient les critères de performance convenus. Ces mesures ont continué sans interruption depuis lors et ont été complétées dans les dernières années avec le calcul des coûts d'exploitation des véhicules et l'obtention de photographies panoramiques en continu.

- c) La Direction Générale de l'Entretien Routier (DGCC) et CAPUFE ont développé des systèmes de gestion des chaussées reposant sur HDM-4. Celles-ci pourraient être les expériences les plus significatives dans le déploiement de systèmes de gestion des infrastructures dans le pays et par conséquent, ils sont résumés dans les articles 4 et 5.
- d) Le Sous-secrétariat de l'Infrastructure (SI) lui-même a récemment lancé un projet pour développer un système intégré de gestion des infrastructures routières dans le cadre des efforts du SCT pour la modernisation du réseau routier fédéral. Ce système est présenté en détail dans l'article 6.

#### **4. APPLICATIONS DE HDM-4 A LA DGCC**

Comme indiqué dans l'article 3, la Direction Générale de l'Entretien Routier (DGCC) est le domaine de SCT responsable de l'entretien du réseau fédéral sans frais. Le patrimoine géré par cette entité comprends 40,509 km de routes que la DGCC classe comme suit (Osio, 2010): i) Des routes faisant partie des couloirs principaux (9,887 km, voir Figure 2); ii) Sous-réseau primaire à l'extérieur des couloirs principaux (13,541 km) ; iii) Sous-réseau secondaire (17,081 km). La valeur de remplacement du réseau fédéral sans frais est estimée à 45,2 milliards de dollars américains.

Le SCT a démarré l'application formelle des systèmes de gestion de la route en 1993, lorsque DGCC mis en œuvre le modèle de Simulation de Stratégies d'Entretien Routier (SISTER). Ce modèle a été utilisé pendant plus de 15 ans pour comparer les résultats des divers scénarios budgétaires en termes de la performance des chaussées à moyen et long terme, ainsi que pour formuler des programmes de travaux annuels et pluriannuels.

En 2001 la DGCC a commencé un processus d'abandon du SISTER en faveur du système HDM-4 pris en charge par l'AIPCR. Les raisons pour abandonner le SISTER incluent son emploi de certains indicateurs de l'état des routes non-normalisés et subjectifs, ainsi que son régime restrictif d'autorisation pour l'utilisation. Ce processus a franchi une étape majeure en 2007, après une étude pilote menée dans plusieurs États a produit les résultats suivants: i) Les programmes de travaux provenant de HDM-4 mieux répondent aux besoins d'entretien des routes; ii) Par rapport au SISTER, on peut conférer une plus grande fiabilité aux résultats de HDM-4 sur l'optimisation des ressources; iii) Les choix pour la définition des options et la configuration des analyses sont plus souples dans HDM-4, alors que les calculs en ensemble sont plus rapides.

Les critiques de HDM-4 se réfèrent souvent à ses besoins énormes de données qui comprennent des centaines d'éléments pour un seul passage. La DGCC a réglé ce problème en tenant compte de la sensibilité HDM-4 tel que décrit dans la documentation du système (Bennet et al, 2000), ainsi que dans les résultats sur le même sujet rapportés par l'Institut Mexicain des Transports (Solorio et al, 2004). De la révision de ces documents, on a conclu que les données suivantes doivent toujours être collectées pour obtenir des résultats significatifs de HDM-4: D'une part, l'inventaire des routes, l'intensité et composition du trafic, l'uni, l'orniérage, les dégradations de la surface, les déflexions des chaussées, l'épaisseur des couches des chaussées et les paramètres climatiques; d'autre part, des informations générales sur les véhicules inclus dans le parc de véhicules utilisé et les coûts unitaires des ressources de chaque véhicule. Toutes ces données sont recueillies annuellement. L'uni, orniérage et les déflexions de la chaussée sont mesurés avec des équipements de haute performance, au moyen de contrats accordés à des firmes spécialisées (Figure 4). Les données sur le trafic sont extraites des rapports produits par la DGST, en tant que les autres informations sont recueillies directement par la DGCC.



Figure 4 - Mesure des déflexions des chaussées avec un équipement HWD dans une route fédérale sans frais (Osio, 2010).

Les analyses de la DGCC avec HDM-4 ne prennent pas les sections routières réelles en entrée, mais plutôt, ils utilisent des longueurs de route résultant d'un réseau matriciel qui, à son tour, est obtenu par la classification des routes dans des catégories définies à partir de paramètres clés tels que les suivants: l'intensité de trafic, l'uni et la déflexion des chaussées (3 catégories pour chaque); classe de route (3 catégories: couloir, primaire et secondaire). Un certain nombre de stratégies d'entretien prédéfinies sont évaluées techniquement et économiquement pour ces sections virtuelles à l'aide de HDM-4 qui produit un programme de travaux préliminaire comprenant le type d'ouvrage, l'emplacement des sections, le coût et les indicateurs de la faisabilité économique. Les programmes de travaux définitives de la DGCC des années 2008 à 2010 ont été tirées de ces sorties de HDM-4.

Un logiciel supplémentaire appelé Système d'Information des Chaussées (SIP) a été spécialement développé par la DGCC au soutien de l'application systématique de HDM-4. Ce logiciel est utilisé à la gestion de toutes les informations requises, à la génération de fichiers d'entrée de HDM-4 et à la récupération des résultats pour produire un ensemble de rapports personnalisés conçus à soutenir les processus de décision de la DGCC.

L'utilisation combinée des modèles SISTER et HDM-4 a permis à la DGCC d'augmenter le pourcentage de routes en état bon à acceptable de 43% en 1994 à 80% en 2008, comme le montre la Figure 5. Un autre avantage majeur de ces développements concerne l'adoption formelle par la DGCC d'un cycle de gestion routière efficace dans le cadre de ses pratiques institutionnelles, donc contribuant au développement durable du réseau fédéral sans frais. Toutefois, cette durabilité ne peut être atteinte si les ressources disponibles sont insuffisantes pour mettre en œuvre les programmes résultants du processus de gestion.

En ce sens, les fonds publics disponibles pour l'entretien du réseau fédéral sans frais ont été maigre et historiquement l'objet d'une grande variabilité (jusqu'à 50% entre les allocations budgétaires au minimum et au maximum). Pour résoudre ce problème le SCT a proposé, faisant partie de ses initiatives visant à attirer les investissements privés, un nouveau modèle de partenariat public-privé appelé Contrats Pluriannuels d'Entretien des Routes (CPCC). En plus de prescrire des délais de 5 à 10 ans, ce type de contrat intègre les différentes activités nécessaires à l'entretien de tous les composants de la route (chaussés, structures, signalisation routière, etc.) et considère tous les types d'entretien: systématique, périodique et de reconstruction. Le rendement des concessionnaires sera évalué par un ensemble d'indicateurs de qualité de service.

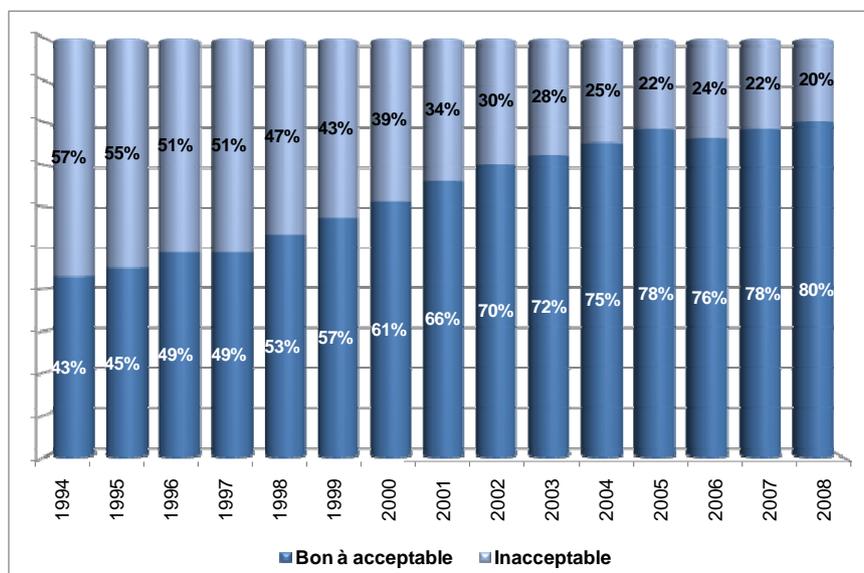


Figure 5 - Evolution de l'état du réseau fédéral sans frais de 1994 à 2008.

La DGCC a regroupé les contrats CPCC dans 31 paquets (un par État). La longueur totale concernée s'élève à 16,203 km (40% de la longueur du réseau sans frais) et comprend essentiellement des sections appartenant aux couloirs routiers et au réseau primaire. La viabilité économique des projets de la CPCC a également été déterminée en utilisant le modèle HDM-4.

Le déploiement des paquets CPCC a officiellement commencé avec un paquet pilote correspondant à l'État de San Luis Potosi dont l'invitation à soumissionner a été publié en mars dernier.

## 5. SYSTEME DE GESTION DES CHAUSSEES DE CAPUFE REPOSANT SUR HDM-4

Comme mentionné dans l'article 3, Ponts et Chaussées Fédéraux à Péage et Services Connexes (CAPUFE) exploite 4,128.4 km d'autoroutes fédérales à péage qui représentent 54% de la longueur totale. Ces autoroutes doivent fournir des normes de haute performance en termes du confort d'utilisation et de la sécurité donc transformant la prestation des programmes fiables d'entretien dans une question cruciale.

Un total de 3,757.6 km du réseau routier exploité par CAPUFE (91%) est détenue par le Fonds National des Infrastructures (FONADIN), un fonds d'affectation spéciale créé par le gouvernement fédéral pour appuyer la participation du secteur privé dans le développement de projets d'infrastructure pour les télécommunications, le transport, l'approvisionnement en eau, la protection de l'environnement et le tourisme. La Banque Nationale de Travaux et Services Publics (BANOBAS) a été désigné comme syndic du FONADIN et, en tant que telle, a accordé à CAPUFE un contrat pour exploiter la longueur des routes spécifiées ci-dessus. Jusqu'à 2008, ce patrimoine des routes étaient détenu par un autre fonds connu sous le nom FARAC.

De 2004 à 2006 CAPUFE a réalisé une étude pilote financé par BANOBAS et soutenu techniquement par l'IMT. Cette étude portait sur le développement d'un Système de Gestion des Chaussées reposant sur Systèmes d'Information Géographique (SIG) et sur le modèle HDM-4. Les principaux résultats de cette étude ont été les suivants: i) Une cycle de gestion des chaussées préliminaire pour le réseau du FARAC; ii) Un schéma de base de données spécialement conçu pour les données d'inventaire et d'état des réseaux

autoroutiers; iii) Algorithmes au traitement d'information sur le trafic, à la segmentation de sections d'autoroutes sur la base Indicateurs de l'état de la chaussée et à l'obtention de segments homogènes; iv) Un logiciel (fonctionnant sur une plate-forme SIG) pour générer des segments homogènes prêts à être importés à partir de HDM-4; v) Termes de référence pour les appels d'offres et la sous-traitance des auscultations de l'état des routes; vi) Un programme d'entretien préliminaire généré avec HDM-4 pour un sous-ensemble de trois autoroutes spécifiquement abordés dans cette étude.

L'étude pilote a également produit deux conclusions principales:

- HDM-4 est un outil approprié pour identifier des options d'entretien adéquates pour les autoroutes à péage, bien que les outils coûts-avantages puissent ne pas être aussi pertinents que pour les autres réseaux routiers puisque les critères de haute performance doivent toujours être respectés dans ce cas.
- Une plate-forme SIG n'est pas appropriée pour développer le logiciel d'un système de gestion des chaussées car elle nécessite beaucoup de ressources informatiques pour assurer les nombreuses fonctions des systèmes d'information géographique. La plupart de ces options sont inutiles pour les applications de gestion des chaussées.

En 2008 BANOBRAS, CAPUFE et l'IMT ont signé un nouvel accord pour développer un système de gestion des chaussées pour le réseau FONADIN reposant sur HDM-4. Ce nouveau projet a eu les objectifs suivants: i) Obtention de la version finale du cycle de gestion des chaussées; ii) Collecte de données sur l'inventaire routier, le trafic, le climat et l'information historique pour l'ensemble du réseau FONADIN; iii) Sous-traitance et supervision de la collecte d'une première série de données sur l'état des chaussées; iv) Déploiement d'une base de données pour le réseau FONADIN; v) Définition d'un ensemble d'options à analyser avec HDM-4; vi) Conception des procédures pour récupérer les résultats de HDM-4 et les utiliser dans la génération des produits requis par CAPUFE et BANOBRAS pour soutenir leurs processus de décision ; vii) Obtention de programmes de travaux préliminaires avec HDM-4; viii) Développement d'un logiciel de gestion des chaussées capable de s'interfacer avec HDM-4.

Le projet sera terminé à la fin de 2010, de sorte qu'il est actuellement dans sa phase finale.

Le fonctionnement du système est basé sur un cycle annuel de gestion des chaussées qui tient en compte des fonctions des principales parties prenantes (CAPUFE, BANOBRAS, SCT et les sous-traitants) en passant par les principales étapes définies dans le cycle: collecte des données, mise à jour de la base de données, évaluation de l'état des chaussées, examen des politiques, évaluation des options de traitement, prise de décisions, formulation des projets et, finalement, appel d'offres et sous-traitance des travaux.

Pour répondre aux préoccupations relatives aux exigences de données de HDM-4, on a employé une approche similaire à celle utilisée par la DGCC (voir l'article 4). Il faut noter que le système considère la collecte et le stockage de données qui, bien que pas nécessaires pour réaliser des passages de HDM-4, peuvent être très utiles dans des différentes étapes du cycle de gestion tels que l'évaluation de l'état et l'évaluation des options de traitement. Ces données supplémentaires comprennent l'ensemble des indicateurs normalisés que l'on utilise au niveau international pour décrire les dégradations de la surface des chaussées (par exemple, la fissuration par fatigue ou les fissures en coin), les déflexions mesurés dans tous les capteurs de l'équipement FWD, des photographies panoramiques des routes et de l'emprise, et des représentations

géographiques d'une grande variété d'objets y compris les autoroutes. Le tableau 1 résume les informations stockées dans la base de données du système de gestion des chaussées de CAPUFE, en indiquant la source de chaque catégorie d'information et l'équipement de mesure utilisé le cas échéant.

Table 1. Résumé des données stockées dans la base de données du système de gestion des chaussées de CAPUFE

Catégorie d'information	Source des données	Equipment
Trafic	Rapports de la DGST	
Uni et orniéage	Relèvements de la DGDC	Profilomètre laser
Dégradations de la surface	Relèvements de CAPUFE	Caméras haute résolution
Déflexions des chaussées	Relèvements de CAPUFE	Déflexomètre à boulet
Structure des chaussées	Relèvements de CAPUFE	Géoradar
Paramètres climatiques	Catalogue de climats préparé par l'IMT	
Données historiques	Archives de CAPUFE	
Paramètres géométriques	Archives de CAPUFE	
Données du parc véhiculaire	Archives de l'IMT	
Paramètres de friction	Relèvements de CAPUFE	
Représentations géographiques des routes	Relèvements de CAPUFE	Récepteur GPS
Représentations géographiques suppl.	Archives CAPUFE / sources publiques	
Images panoramiques des routes	Relèvements de CAPUFE	Système vidéo

Certains des plus importantes pièces qu'ont été utilisées pour la construction du système proviennent de l'étude pilote, y compris le cycle préliminaire de gestion, le schéma de base de données, les algorithmes de traitement des informations du trafic et de segmentation, et les termes de référence pour la sous-traitance des auscultations de l'état des chaussées. En ce qui concerne HDM-4, les options évaluées aussi bien que le schéma d'analyse ont été affinés.

Dans le cadre du système de gestion des chaussées de CAPUFE, l'application de HDM-4 se compose de l'exécution d'analyses de programme du cycle de vie pour des réseaux routiers issues de la segmentation d'une section FONADIN donnée, en utilisant les algorithmes du système. Tous les segments sont affectés des quatre options normalisées suivantes: i) L'entretien courant (alternative de base); ii) L'option techniquement optimale; iii) L'option d'entretien différé; iv) L'option de dégradation-reconstruction. Une fois l'analyse est exécutée, les résultats de HDM-4 pour chacune des options sont récupérées afin de générer des moyennes pondérées des paramètres d'état et de calculer les indicateurs économiques pour toute la section. Le programme préliminaire des travaux recommandé correspond à l'ensemble des travaux résultant de l'application de l'option techniquement optimale pour tous les segments de la section. Des programmes préliminaires équivalents de travaux sont réunis pour les autres options afin que les différents plans d'action puissent être sélectionnés si nécessaire.

L'application de HDM-4 est appuyée par le logiciel de gestion des chaussées développé dans le cadre du projet. Ce logiciel exécute les fonctions suivantes:

- Gestion de la base de données.
- Prétraitement des données de HDM-4, à savoir la création des fichiers d'importation HDM-4 pour le réseau routier et l'analyse de programme.
- Requête interactive de données routières pour toutes les informations stockées dans la base de données du système.
- Post-traitement des données de HDM-4, c'est-à-dire, récupération des résultats de HDM-4 pour calculer les indicateurs techniques et économiques et pour permettre aux utilisateurs d'assembler le programme des travaux préliminaire en combinant les

résultats pour toutes les options envisagées et en ajustant l'année d'exécution de chaque œuvre particulier. Des nouveaux passages de HDM-4 peuvent être générés à plusieurs reprises pour évaluer la faisabilité technique et économique de tous les programmes modifiés.

- Génération des rapports.

Le logiciel de gestion des chaussées a une interface utilisateur visuelle basée sur les « espaces de travail ». Les utilisateurs emploient ces espaces de travail pour ajouter des vues pertinentes pour chacune des fonctions du système décrit ci-dessus. Par exemple, les vues relatives à la requête interactive des informations incluent des représentations tabulaires, graphiques et géographiques des données qui peuvent être combinées avec des images panoramiques. Ces vues sont toujours synchronisés en fonction des bornes kilométriques afin que l'utilisateur puisse effectuer une inspection virtuelle de la route. En ce concernant le post-traitement des données de HDM-4, les vues disponibles comprennent un certain nombre de graphiques pour représenter les coûts, les avantages et les performances techniques des options évaluées, ainsi qu'une interface visuelle pour modifier les programmes de travaux. Sur la Figure 6 on représente un espace de travail de requête de données typique. La Figure 7 illustre l'interface utilisateur pour l'ajustement des programmes.



Figure 6 - Logiciel de gestion des chaussées de CAPUFE: espace de travail pour la requête de données.

## 6. SYSTEME DE GESTION DES INFRASTRUCTURES ROUTIERES DE LA SI (SGIC)

Les articles précédentes illustrent deux des divers efforts menés par des entités du SCT et d'autres organisations à mettre en œuvre des outils de gestion du patrimoine pour rationaliser l'allocation des ressources fédérales à des projets d'entretien et d'amélioration des routes. Ces efforts ont généralement inclut l'acquisition de données, la mise en œuvre

d'une base de données routières et le développement ou l'adaptation d'outils d'analyse. Evidemment, chaque organisme doit employer des outils d'analyse appropriées pour le sous-réseau particulier qu'ils exploitent, mais la collecte de données et la gestion des informations, si incoordonnées, peuvent mener à des procédures différentes, des tâches en double, gaspillage des ressources et, finalement, peuvent mettre en péril la viabilité du processus de gestion pour le réseau fédéral dans son ensemble.



Figure 7 - Logiciel de gestion des chaussées de CAPUFE: interface utilisateur pour l'ajustement des programmes.

En plus le problème spécifique décrit dans le paragraphe précédent, il faut noter qu'il ya peu de développements ou des projets répondant aux besoins de gestion des composants de la route autres que les chaussées, comme les ponts, les tunnels ou les pentes. De même, d'autres aspects de l'exploitation du réseau et le développement, y compris la gestion du trafic, la sécurité routière, les services aux usagers, la gestion des projets ou la supervision de la construction n'ont pas été traitées de manière cohérente et intégrée.

Dérivé de questions ci-dessus, le Sous-secrétariat de l'Infrastructure du SCT (SI) a proposé le développement d'un système de gestion des infrastructures routières (SGIC) basée sur les prémisses suivantes:

- Le sous-réseau primaire du réseau fédérale (voir l'article 2) constitue un élément stratégique du system routier national et il doit donc être prioritaire dans la modernisation de tous les processus liés à la planification, la construction, l'entretien et la gestion. Par conséquent, la mise en œuvre du SGIC sera axée sur ce sous-ensemble du réseau fédéral.
- L'opération du SGIC doit s'appuyer sur une source unique d'informations donc une base de données centrale des routes pour soutenir son fonctionnement doit être déployé. Puisqu'une gestion globale du réseau implique la prise en compte de l'emplacement et la couverture spatiale de chaque section de route, ses relations avec les autres modes de transport et les effets de l'environnement sur sa condition physique, la base de données du système devra être mise en œuvre à l'aide des systèmes d'information géographique.

- Pour assurer la cohérence du processus de gestion globale et d'éviter la duplicité, toutes les parties prenantes y compris les entités du SCT, les exploitants des routes et les entrepreneurs doivent utiliser la base de données centrale du SGIC en tant que source principale d'information pour soutenir leurs processus internes liés à l'exploitation, l'entretien et le développement du réseau fédéral.
- Un certain nombre de systèmes de gestion spécialisés sont requis dans le cadre du SGIC. Même si une analyse détaillée doit être menée afin de déterminer l'ensemble des systèmes qui correspondent le mieux aux objectifs du SGIC, d'abord on peut identifier un besoin pour les systèmes suivants:
  - Gestion de l'inventaire routier. Se réfère à des procédures et des outils pour gérer les informations relatives aux caractéristiques physiques et l'emplacement géo-référencé de chaque élément du réseau routier, y compris des sections de chaussées, des ponts, le drainage, des tunnels, des signaux, des pentes et l'emprise.
  - Gestion de l'entretien. Celles-ci comprennent des systèmes pour les chaussées, les ponts et les structures, les tunnels et les pentes. En ce qui concerne les routes de fonctionnement des partenariats public-privé, ces systèmes visent à fournir des informations sur la conformité avec les exigences de performance. Pour les routes exploités par des entités du SCT, les système aidera au SI à assurer la meilleure utilisation des fonds disponibles. Pour le SI, les systèmes de gestion devront générer des informations sur les besoins d'entretien et d'amélioration pour l'ensemble du réseau fédéral, indépendamment de l'entité responsable de chaque sous-réseau en particulier. De même, ces systèmes devront fournir des indicateurs de la performance globale du réseau.
  - Gestion de la sécurité. Pour ce système en particulier, la SI travaille déjà avec le Programme International d'Évaluation des Routes (iRAP) et l'IMT à définir des mécanismes d'application au Mexique de la méthodologie développée par cette organisation internationale.
  - Gestion de la surveillance et de l'inspection des ponts. Puisque les défaillances des ponts peuvent avoir des effets significatifs dans la sécurité et la connectivité du réseau routier fédéral, on a besoin d'un ensemble d'installations et d'outils particuliers pour l'acquisition systématique de données sur l'état des ponts comme une partie intégrante du système de gestion proposé.
  - Gestion de l'exploitation des routes. Ce système est destiné à évaluer en permanence le niveau de service offert par les routes en vue de générer des statistiques et des comportements qui favorisent les processus de prise de décisions. Il comprend des aspects tels que la gestion du trafic, la gestion des signaux et la fourniture de services de soutien aux utilisateurs allant de l'aide au bord des routes aux systèmes ITS.
  - Gestion des indicateurs de performance. Un système est nécessaire pour surveiller tous les indicateurs actuellement utilisés pour mesurer la performance des concessionnaires de routes dans les différents partenariats public-privé mis en œuvre par le SCT. La vérification de la conformité, la génération de rapports et le déclenchement des alarmes sont parmi les résultats qu'on attend de ce système. Ces résultats devraient être intégrés dans un panneau de contrôle permettant aux

décideurs de connaître à tout moment l'état actuel d'une section de route en concession.

- Gestion des projets. Se réfère à un ensemble d'outils pour évaluer l'état d'un projet routier à tout moment afin d'identifier des problèmes réels ou potentiels.
- Gestion de la construction. En utilisant des outils de gestion de documents, ce système devra contribuer à la surveillance des travaux routiers depuis le début du processus d'appel d'offres jusqu'à la livraison des œuvres.

Cet ensemble de systèmes est principalement destiné à aider le SI de bien suivre les programmes en cours en générant les informations nécessaires au niveaux de gestion et opérationnelle pour prendre des mesures rapidement et en toute confiance. Elles visent également à soutenir les activités des entités du SCT impliquées dans la gestion et le développement routières en leur fournissant des données et des outils d'analyse fiables. Les systèmes déjà en place ne sont pas censés être remplacés par des sous-systèmes du SGIC; au contraire, ils devraient s'aligner sur un cadre commun, en fournissant les renseignements exigés par des flux de travail institutionnel. Pas tous les sous-systèmes proposés doivent être développés à partir de zéro. Une grande partie du travail a déjà été faite qui peut être mis à profit par des efforts d'intégration.

- Les données requises par les sous-systèmes du SGIC et les systèmes de gestion existants devraient être collectées de manière centralisée afin de garantir que toutes les informations nécessaires sont obtenues, d'éviter la duplicité, d'optimiser l'utilisation des ressources et d'appliquer des normes de mesure et traitement des informations. Les expériences de la DGST en recueillant des données de trafic pour l'ensemble du réseau fédéral et de la DGCD en mesurant l'uni et l'orniérage pour le réseau fédéral à péage, se sont avérées bénéfiques pour tous les utilisateurs de cette information. Compte tenu de ces expériences, il est recommandé que la DGST concentre tous les droits pour la collecte des données à l'avenir.

La Figure 8 présente la structure générale du SGIC.

Un consultant du secteur privé sera accordé un contrat pour aider dans le processus de développement du SGIC. Ce processus a été divisé en trois étapes principales: i) Première phase, visant à connaître en détail les efforts réalisés au sein de chaque domaine de la SI, ainsi que leurs besoins actuels, afin de convenir dans un cadre formel pour le SGIC; ii) Phase de conception et de développement, dans laquelle le consultant concevra et développera le système à partir du cadre convenu et produira la documentation nécessaire pour permettre l'emploi du système par les utilisateurs prévus; iii) Phase mise en œuvre, dans laquelle le consultant devra travailler avec des spécialistes de chaque domaine au déploiement des composantes pertinentes du système. Le processus ci-dessus est représenté dans la Figure 9.

## **7. LIMITATIONS POTENTIELLES DES DEVELOPPEMENTS ACTUELLES**

Les développements décrits dans les articles 4 à 6 représentent sans aucun doute des mesures importantes dans le déplacement d'une approche empirique à un cadre formel pour la gestion routière. Toutefois, un certain nombre de limitations potentielles existent qui pourraient empêcher ces développements de réussir pleinement. Il s'agit notamment de:

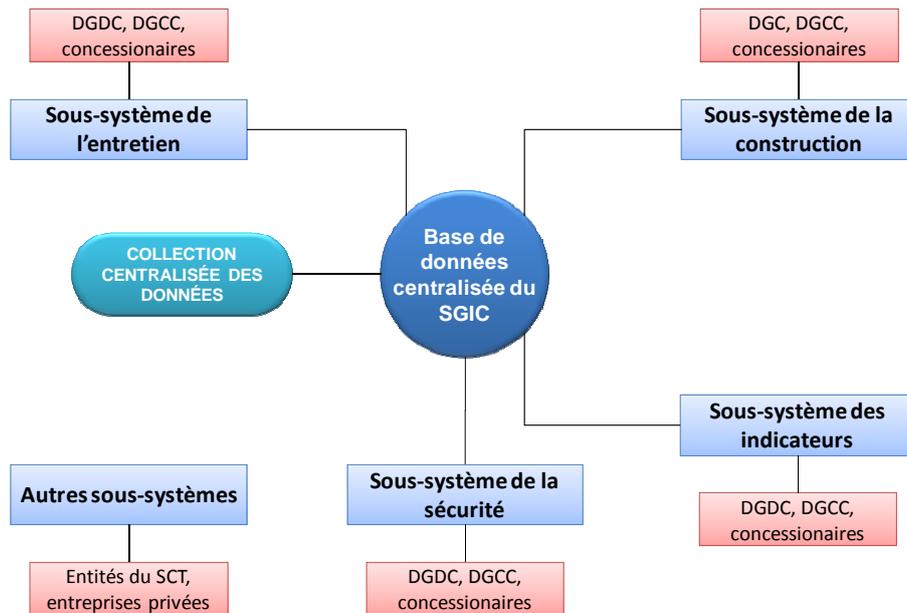


Figure 8 - Structure générale du SGIC.

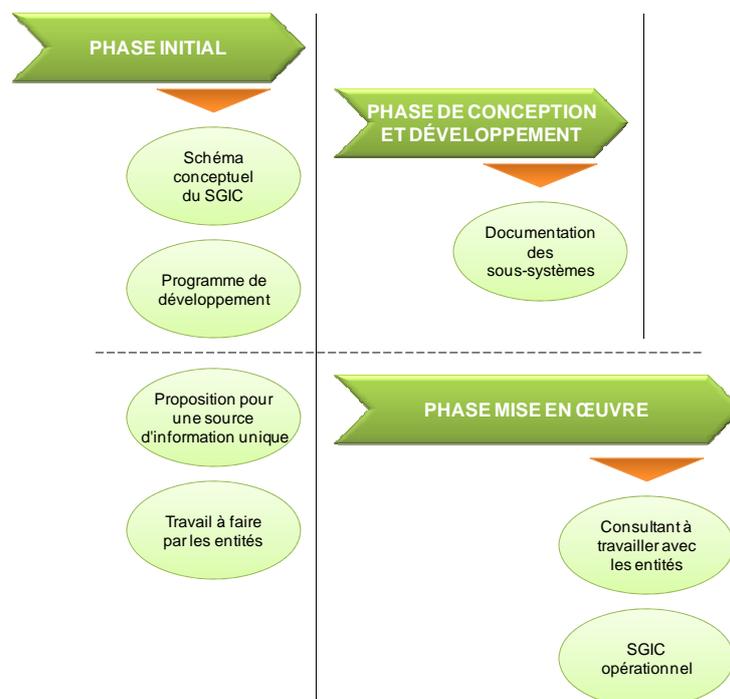


Figure 9 - Processus de développement du SGIC.

- a) La gestion du patrimoine routier n'est pas utilisée comme un outil conceptuel. En conséquence, l'importance des aspects tels que l'engagement de la direction, le changement organisationnel, la planification stratégique et l'alignement des flux d'information aux flux de travail réel pourrait être sous-estimée.
- b) Il y a un manque évident des normes mexicaines liées à l'équipement de mesure, la collecte des données, l'évaluation de l'état et l'inventaire des routes. Par conséquent, la mise en œuvre des systèmes d'information routière qui produisent des ensembles de données cohérentes pourrait être difficile à atteindre.

- c) Les ressources humaines dans la gestion des routes et la gestion du patrimoine sont faibles. En même temps, les programmes de premier cycle et des cycles supérieurs en génie routier en général ne comprennent pas ces sujets comme des sujets ordinaires. Cela a donné lieu à une dépendance technologique qui peut être difficile à surmonter dans l'avenir proche et conditionner ainsi le développement de systèmes de gestion.
- d) Les systèmes de gestion de la route sont encore considérés par certains intervenants comme une question secondaire, bien que cette situation ait changé ces dernières années. Jusqu'à ce que ces systèmes ne sont pas pleinement accordé une priorité élevée, le flux des ressources nécessaires à leur mise en œuvre restera limité.

## 8. REFERENCES

Bennett, C. R.; W. D. O. Paterson (2000). HDM-4: Highway Development and Management. Volume Five: A Guide to Calibration and Adaptation. World Road Association. Paris, France.

DGDC (2009). El sector carretero en México. Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Dirección General de Desarrollo Carretero (DGDC). México, D.F., Mexique.

CAPUFE (2009). Informe Annual 2009. Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos (CAPUFE). Cuernavaca, Mor., Mexique.

Martínez, J.J.; M.A. Moreno, M.C. Morales, A. Herrera, J.A. Balbuena, J.A. Pérez, A. Bustos, A.R. Zamora (2009). Manual estadístico del sector transporte 2009. Instituto Mexicano del Transporte. San Fandila, Qro., Mexique

Osio, J.M (2010). Aplicación en México del HDM-4 en la planeación de la conservación de carreteras. Vías Terrestres, Órgano Oficial de la Asociación Mexicana de Ingeniería de Vías Terrestres, A.C. Núm 7, año 2, septiembre-octubre de 2010. Asociación Mexicana de Ingeniería de Vías Terrestres, A.C. México, D.F., Mexique.

PIARC (2005). Asset Management for Roads - An Overview. World Road Association (PIARC), Technical Committee on Road Management (C6). Paris, France.

Solorio, R.; R. Hernández, J. A. López (2004). Análisis de sensibilidad de los modelos de deterioro del HDM-4 para pavimentos asfálticos. Instituto Mexicano del Transporte. San Fandila, Qro., Mexique

Solorio, R; P. Garnica, R. Téllez, R. Aguerrebere, R. Hernández (2007). Mexico - National Report, Strategic Direction Session ST4, Asset Management: Technical Inputs to Decision Making. Proceedings of the XXIIIrd PIARC World Road Congress. World Road Association. Paris, France.

SCT (2010). Organigrama SCT. Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT). Internet: <http://www.sct.gob.mx/informacion-general/organigrama-sct/>. Dernière visite le 04/01/2010. Secretaría de Comunicaciones y Transportes.