

**XXIIIe Congrès Mondial de la Route
Paris, 2007**

HONGRIE - RAPPORT NATIONAL

SÉANCE D'ORIENTATION STRATÉGIQUE TS4

GESTION DES INFRASTRUCTURES : APPORTS TECHNIQUES AU PROCESSUS DE DECISION

L. GASPAR
KTI (Institut Scientifique de Transports),
Budapest, Hongrie
gaspar@kti.hu

SOMMAIRE

À cause de plusieurs raisons administratives, budgétaires et économiques, en Hongrie on ne possède pas encore d'un système complet de la gestion des routes. Néanmoins, au cours des dernières années, nombreuses activités aidaient d'approcher le pays vers l'application d'un tel système de gestion. Ces activités sont liées aux objectifs des propriétaires, aux besoins des utilisateurs, aux changements du cadre institutionnel, ainsi qu'aux mesures commerciales et aux moyens techniques.

En utilisant des ressources concentrées, le développement du réseau autoroutier a été accéléré récemment. C'est pourquoi un Programme National de la Reconstruction des Routes a été élaboré pour la période 2007-2016. En exécutant des projets de ce Programme, il est prévu d'atteindre les conditions moyennes actuelles des routes dans les Etats Membres de l'Union Européenne.

Pour mieux connaître les besoins, des conducteurs d'autobus du transport public ont été questionnés dans un Département en Hongrie, concernant l'état des routes sur lesquels ils roulent régulièrement. Leur opinion a été prise en compte au cours de la préparation du programme d'entretien des routes à court terme.

En ce qui concerne la valeur brute et nette du réseau routier national et ses ponts, des estimations ont été faites régulièrement en Hongrie depuis 1981. Les séries chronologiques de taux valeurs brute/valeur nette sont utilisées pour la gestion des routes.

Une « étude de conformité » (évaluant des conditions d'une route en comparant ses indices de condition existantes à celles prescrites par les normes en vigueur), étalant sur tout le réseau routier de la Hongrie, a été commencé en 1979, et dès lors les indices principales sont mesurées régulièrement.

Depuis une réorganisation récente, l'entretien et la reconstruction des routes nationales, autres que des autoroutes et des routes expresses, est gérée dans tout le pays par une seule entreprise d'utilité publique. Autres entreprises spécialisées dans la matière sont responsables pour le développement du réseau routier et de la gestion et l'entretien des autoroutes.

Les travaux de construction des routes et des ponts sont traditionnellement adjugés aux sociétés privées par marché compétitif. Un nouveau grand projet d'autoroute a été financé et exécuté dans le cadre d'un partenariat public-privé en 2005-2006.

Les péages collectés sur les autoroutes en utilisant des vignettes, sont affectés au financement de la gestion et de l'entretien du réseau des autoroutes et des routes express, faites actuellement par une entreprise d'État.

Le premier système de gestion des chaussées (PMS) au niveau du réseau entier a été élaboré vers 1990, mais son développement se continue sans cesse, en tenant compte des expériences acquises et le modèle finlandais HIPS, utilisant également des matrices de probabilités de transition Markov. Un PMS autoroutier et un PMS urbain au niveau de projet, utilisables pour établir l'ordre d'urgence de la réalisation des projets ont été élaborés aussi. Le modèle HDM-4 a été bien étudié et adapté aux conditions hongroises aussi.

Le système de gestion des ponts américain PONTIS a été adapté et continue d'être développé.

Le changement des conditions des routes est surveillé sur 60 tronçons d'essai depuis 16 ans. Sur la base des données ainsi acquises, des modèles de comportement de chaussées ont été élaborés et des informations sont recueillies sur l'amélioration réelle des conditions, résultant de différentes technologies de reconstruction.

Les moyens techniques assurant la haute qualité des décisions prises dans le cadre d'un système de gestion des routes, fournissant des informations plus en plus détaillées et fiables, sont ainsi disponibles en Hongrie.

1. INTRODUCTION

En Hongrie on ne possède pas encore un système complet de gestion des routes. Les obstacles majeurs de cela sont les suivants :

- les autorités n'ont pas encore reconnu la portée réelle de la gestion des routes,
- nombreuses décisions administratives en vue de la gestion des routes sont prises sous l'influence politique,
- le budget routier est devenu constamment déficitaire, qui fait difficile d'appliquer le partage des risques, ou introduire des coûts à vie, ainsi que d'autres techniques progressives,
- la plupart des ressources disponibles sont affectée à la construction accélérée du réseau autoroutier et des routes express, par conséquent il n'y a pas assez d'argent pour financer l'entretien du réseau routier existant,
- l'intégration de certains éléments du système de gestion des routes (e.g. PMS et BMS) est aussi contrariée par le manque des paramètres économiques généralisés,
- il est difficile à quantifier le bénéfice généré par le développement des moyens techniques supportant le processus de décision.

Malgré tout cela, on peut mentionner beaucoup d'activités, des changements de la politique, ou des recherches importantes et utiles, qui ont fait avancer la Hongrie vers l'application des principes de la gestion des routes dans les années passées. Ces activités peuvent être classées selon les quatre éléments majeurs de la gestion des routes :

- a.) Les objectifs du propriétaire et les besoins de l'utilisateur
- b.) Changement du cadre institutionnel des décisions
- c.) Les mesures de nature commerciale
- d.) Les moyens techniques.

2. LES OBJECTIFS DU PROPRIÉTAIRE ET LES BESOINS DE L'UTILISATEUR

L'objectif majeur des propriétaires du réseau routier national en Hongrie (c'est-à-dire de l'État et des Municipalités), est bien entendu, de mettre à la disposition des utilisateurs un réseau routier en bon état, permettant de transporter les personnes et les marchandises dans des conditions sûres, confortablement et économiquement. Cet objectif global, toutefois ne peut être atteint que partiellement à cause des contraintes budgétaires. Pour obtenir les bénéfices économiques et sociaux espérés au niveau national et régional, une priorité absolue est accordée pour le moment à la construction des éléments manquants

du réseau autoroutier hongrois. C'est pour cela qu'il y avait beaucoup moins de ressources financières disponibles, qu'il soit nécessaire, pour l'entretien (reconstruction) du réseau existant des routes dites « ordinaires » (autres que des autoroutes et des routes express).

Il est bien connu que l'objectif de la gestion des routes est surtout d'optimiser l'entretien et l'exploitation du réseau routier ; mais dans des conditions existantes en Hongrie, cet objectif ne peut pas être atteint. Les autorités ont quand même reconnu les dangers d'une détérioration continue des routes dite « ordinaires » et prenaient l'initiative de faire préparer un Programme National de la Reconstruction des Routes pour la période 2007-2016. En exécutant les projets incorporés dans ce Programme, on souhaite atteindre les conditions moyennes des routes actuellement observées dans les États Membres de l'Union Européenne, vers la fin de la période désignée. Les valeurs-cibles des indices de performance à atteindre en 2016, ont été choisies et différenciées selon les routes nationales primaires et secondaires, en tenant compte la détérioration des chaussées, escomptée jusqu'à cette date. La largeur minimale des voies de circulation est aussi incluse parmi ces valeur-cibles des indices de performance. En cas des ponts, les valeurs-cibles de la portance et de la largeur minimale des voies de circulation ont été déterminées aussi, séparément pour les routes nationales primaires et secondaires.

Pour mieux connaître les besoins des utilisateurs de routes (des consommateurs), les conducteurs d'autobus d'une entreprise de transport public dans un Département de la Hongrie ont été interrogés à propos de l'état des routes sur lesquelles ils roulent régulièrement. Leur opinion était prise en compte au cours de la préparation du programme d'entretien à court terme du réseau routier départemental. Les réclamations des utilisateurs de la route, recueillies par des bureaux départementaux de l'administration routière sont prises en compte pour former la politique de l'entretien des routes.

Pour satisfaire la demande des utilisateurs, en se qui concerne l'infrastructure futur, la construction de nouveaux tronçons d'autoroutes est précédée par une série des consultations publiques organisées pour permettre à tous les intéressés et des organisations concernées (y compris « les verts » écologistes), d'exprimer leur opinion.

Pour une gestion appropriée du réseau routier, on a besoin de connaître le plus exactement possible des paramètres techniques et économiques du réseau en question. Pour cette raison l'estimation des valeurs brute et nette des routes nationales (et ses ponts routiers) a commencé déjà en 1981 et ce calcul a été répété dans tous les 5-6 ans, utilisant pratiquement la même méthodologie. L'étude de la série chronologique des données concernant le taux des valeurs nettes/brutes (N/B) des routes, a démontré clairement que l'état des chaussées et des ponts a une tendance généralisée de se détériorer. (Le taux N/B était 66,7 % en cas des routes et 75,9 % en cas des ponts routiers en 1981 ; mais il se réduisait à 59,4 % en cas des routes et à 49,2 % en cas des ponts en 2004). Le Tableau 1 présente quelques détails relatifs à ce sujet.

**Tableau 1 - Évolution du taux de la valeur Nette/Brute (%)
du réseau des routes nationales et ses ponts en Hongrie de 1981 à 2004**

N/B (%)	1981	1986	1990	1995	2000	2001	2004
Routes	66,7	61,7	58,8	60,1	62,5	62,1	59,4
Ponts	75,9	70,7	66,8	56,9*	55,8	54,6	49,2
Routes + ponts	67,4	62,5	59,4	59,8	62,1	61,8	59,4

* Note : Depuis 1995 une méthode d'évaluation légèrement différente est appliquée.

Une « étude de conformité » (évaluant l'état d'une route en comparant ses paramètres existantes caractérisant sa condition à celles prescrites par les normes en vigueur) étalant sur le réseau routier de la Hongrie a été commencé en 1979. Dès lors l'évaluation visuelle des défauts superficiels de revêtement, ainsi que ceux des paramètres majeurs (portance, l'uni, profondeur des ornières, micro- et macro-texture) sont mesurés dans tous les 3-5 ans. L'inventaire des données du réseau routier national a été enregistré en 1981 et les changements observés y sont mises à jour annuellement.

Dans la banque de données des routes nationales – modernisée en 2001 – sont enregistrées tous les données de base nécessaires pour prendre des décisions concernant le réseau routier. Des bases de données gérées par les 19 bureaux départementaux de l'administration des routes nationales fournissent des données plus détaillées qui peuvent être utilisées pour préparer les décisions d'intérêt local.

3. CHANGEMENT DU CADRE INSTITUTIONNEL DES DÉCISIONS

Le réseau routier national de 30 000 km est administré par le Département de Transport Routier au Ministère de l'Économie et de Transport, y compris l'allocation des ressources budgétaires disponibles. Les responsabilités ont été redistribuées dans le cadre d'une certaine réorganisation en 2005. Actuellement, c'est la Direction de la Gestion Routière et de Coordination nommé UKIG qui est responsable pour la gestion et de la coordination des mesures visant le réseau national routier, conformément aux directives principales définies par le Ministère de l'Économie et de Transport, responsable pour la politique de transports. La Compagnie Nationale des Autoroutes nommée NAZrt) est responsable pour le développement du réseau routier national. L'entretien et la reconstruction des autoroutes et des routes express gérées par l'État est exécutée, administrée et contrôlée par la Compagnie d'État pour la Gestion des Autoroutes nommée ÁAKZrt. Deux autoroutes (M5 et M6) sont gérées par des compagnies concessionnaires privées. L'entretien et la reconstruction des routes nationales « ordinaires » ont été entièrement centralisés récemment. La Compagnie d'Utilité Publique Route Hongroise nommée Magyar Közút Kht, avec ces 19 bureaux départementaux avait prise cette responsabilité dans tout le pays. (Les directions départementales de l'administration routière, transformées plus tard en compagnies de gestion, on eu un certain degré d'autonomie jusqu'à 2005.) On attend de cette nouvelle organisation, qu'elle permettra d'appliquer une gestion des routes uniforme et cohérente dans tout le pays, ainsi que de faciliter la dissémination des technologies nouvelles et les méthodes pratiques les meilleures.

Autre que ceux de l'entretien et de l'exploitation ordinaire, tous les travaux de construction, de reconstruction et de l'entretien majeur sont adjugés aux entreprises privées à travers de marchés publics d'appel d'offres normalisés. La collection régulière des informations sur l'état et les conditions des routes, ainsi que le contrôle de qualité des travaux de construction et d'entretien est adjugé aussi par Magyar Közút Kht aux entreprises tiers indépendants.

4. LES MESURES DE NATURE COMMERCIALE

Les travaux de construction des routes et des ponts du réseau national sont traditionnellement financés par l'Etat et exécutés par les entreprises privées, généralement avec une période de garantie de 3 ans. En plus de celles achevées auparavant, dans des années 1990, une autoroute importante (M6, 58,6 km) a été bien financée et construite par le secteur privé dans le cadre d'un partenariat public/privé en 2004-2006. à la fin de la période de concession de 22 ans, la gestion sera retransmise à l'administration publique. La compagnie concessionnaire recevra régulièrement des paiements (soi-disant « frais de disponibilité ») lequel pourront être réduits si les valeurs des indices de performance approuvées (e. g. profondeur des ornières, indice international d'uni – IRI) ne sont pas atteintes. (D'autres projets autoroutiers de financement similairement privé, dans le cadre de PPP, sont aussi prévus dans l'avenir).

Il est intéressant à noter le débat qui déroulait entre les politiciens et la concessionnaire, ainsi que l'accord achevé. En octobre 2004 le consortium adjudicataire a signé un Contrat de Concession avec le Ministère de l'Économie et de Transport, concernant le financement, la construction et l'exploitation d'un tronçon de 58.6 km de l'autoroute M6, lequel devait être mise en exploitation en avril 2006. La structure approuvée de la chaussée comportait des couches d'asphalte d'une épaisseur totale de 20 cm, construites sur une couche de base du béton maigre de 20 cm. L'utilisation de 750 000 m³ du laitier de haut fourneau pour construire le remblai autoroutier, une technologie sans précédente en Hongrie, était aussi prescrite par le Contrat de Concession. En mai 2005 la compagnie concessionnaire a suggéré de modifier la structure de la chaussée en augmentant l'épaisseur des couches d'asphalte à 24 cm, sur une couche de base de stabilisation en ciment, préparée sur place, d'une épaisseur de 25 cm. L'objectif principal était d'accélérer les travaux de construction pour les achever à la date limite prévue. Suivant l'avis de plusieurs experts, le Ministre a demandé de justifier préalablement, que les valeurs spécifiées de portance et de homogénéité peuvent être atteintes par la technologie proposée. Plusieurs tronçons d'essai ont été construits afin de prouver, que toutes les exigences peuvent être satisfaites. Puisque ces essais n'étaient pas entièrement réussies, en septembre 2005 le Ministre a refusé définitivement la demande. Comme la raison en premier chef de son refus, il a mentionné, que la justification de l'efficacité de cette technologie jamais utilisée auparavant en Hongrie, n'était pas assez convaincante. Plus tard la compagnie concessionnaire demandait de maintenir les 13 tronçons d'essai avec couche de base de stabilisation en ciment préparé sur place en utilisant des différentes recettes de mixage. Le ministre a consenti qu'ils soient maintenus (il ne fallait pas les démolir avec les couches d'asphalte supérieures), à condition que pendant une période de 5 ans un établissement indépendant contrôle le comportement de ces tronçons d'essai, pour justifier que leur performance ne soit pas inférieure à ceux construits à d'autres parts de l'autoroute.

Les utilisateurs du réseau autoroutier hongrois doivent acheter une vignette qu'ils collent au pare-brise du véhicule et qui autorise de circuler sur tout le réseau autoroutier hongrois pendant une période bien déterminée. Les vignettes, valides pour une période de 1 jour (seulement pour les camions en dessus de 12 tonnes) de 4 jours (seulement pour les véhicules particulières), de 10 jours, mensuelle et annuelle sont disponibles pour 4 différents catégories de véhicules. Les péages autoroutiers encaissés sont affectés au financement de l'entretien et reconstruction des autoroutes et des routes express gérés par la compagnie ÁAKZrt, d'une longueur totale de près de 900 km.

5. LES MOYENS TECHNIQUES

L'administration des routes hongroise a reconnu l'importance des données fraîches et précises qui sont pratiquement nécessaires à la gestion des routes et pour prendre des décisions. Les informations se trouvent ci-dessus concernant la collection, l'enregistrement, le magasinage et l'utilisation des données.

5.1. La base de données

L'inventaire de données principales (techniques) des routes nationales a été enregistré sur ordinateur dans les années 1970. L'étude de conformité du réseau routier national de la Hongrie, mentionné déjà plus haut, a commencé en 1979. En comparant des données réelles avec celles prescrites par des normes, concernant le tracé en plan, le profil en travers, la structure de la chaussée, les éléments des intersections et de ponts, les « degrés de conformité » ont été calculés. L'étude de conformité était répétée dans tous les 5 ans, alors que l'évaluation visuelle des défauts superficiels de revêtement est faite annuellement. Depuis 1991 les données de l'uni, de profondeur des ornières, de micro- et macro-texture, sont recueillis par un laser RST (Road Surface Tester). Les mesures dynamiques de la portance des chaussées, par le déflectromètre KUAB à chute de contrepoids ont été commencées en 1993, en remplaçant les méthodes quasi-statiques utilisées auparavant (Rósa, 2004).

Unifiant des données de plusieurs bases de données régionales, la première version de l'OKA (Banque de Données des Routes Nationales) est devenue accessible en 1990. Cette version a déjà utilisé un système de repaire par coordonnées géographiques, tandis que le système traditionnel utilisant le numéro de la route et la distance mesurée de sa point d'origine est aussi maintenu depuis, en permettant une conversion aisée entre ces deux systèmes.

Le système d'ordinateurs de la Banque de Données des Routes Nationales a été développé continuellement de 2000 à 2003, et depuis 2004 une base de données beaucoup plus complexe, nommée OKA2000 est en utilisation. Ses caractéristiques énumérées ci-dessous, peuvent faciliter de trouver les moyens techniques pour rendre les décisions plus fiables (Forrai-Hernádi, 2004) :

- elle fonctionne aux trois niveaux (national, départemental, local)
- elle se réfère aux cartes géographiques, entre autres, aux cartes thématiques,
- la base de données permet l'enregistrement des séries de données en ordre chronologique,
- toutes les données sont inséparablement enregistrées avec leurs dates d'enregistrement,
- seulement les données principales de ponts sont enregistrées (les données plus détaillées se trouvent à part, dans une Banque de Données des Ponts indépendants),
- les programmes principaux sont les suivants : logiciel de visualisation et de mise à jour de données, logiciel de mise à jour des utilisateurs, logiciel de mise à jour topologique, logiciel d'établir des rapports de données,
- les sous-systèmes y inclus : sous-système de structure de la chaussée, sous-système du trafic, sous-système des intersections, sous-système Roadmaster (évaluation des défauts superficiels),
- la base de données est munie d'une clé de protection, contre les utilisateurs non autorisés,
- pour mettre à jour les données on utilise une méthodologie bien structurée.

5.2. Systèmes de gestion des chaussées

Les systèmes de gestion des chaussées et des ponts ont été introduits et ils sont perfectionnés sans cesse, afin de munir les décideurs du secteur routier avec des moyens techniques de plus en plus fiables.

Le premier système de gestion des chaussées au niveau du réseau (MPMS) a été achevé à la fin des années 1980. Ses modèles mathématiques et d'ingénierie ont été élaborés à 1990 (Bakó, 1992 ; Gáspár, 1991).

À cause du manque de séries des données chronologiques, relative à la condition des chaussées à cette époque, les matrices de probabilités de transition type Markov ont été choisies comme modèle de base pour ce PMS. 16 matrices ont été élaborées en tenant compte de deux types de revêtement (béton bitumineux et macadam à l'asphalte), trois catégories du volume de trafic (0-3 000 ; 3 001-8 000 et au minimum 8 001 UVP/jour) et trois types d'intervention (entretien de routine seulement, enduit superficiel, pose d'une nouvelle couche d'asphalte). Afin de caractériser la condition globale d'une route, une combinaison des indices suivants a été utilisée :

- note sur la portance de la chaussée,
- note sur l'uni (rugosité),
- note sur les défauts superficiels.

La classification des différents indices de condition dans 5 catégories semblait adéquatement détaillée, le PMS étant au niveau du réseau.

41 conditions générales qui s'apparaissent relativement souvent sur le réseau routier national en Hongrie ont été choisies pour établir les matrices de 41 x 41 cases.

Le minimum des coûts totaux institutionnels et ceux des utilisateurs ont été choisis en tant que critère d'optimum.

Le modèle MPMS peut être utilisé pour :

- déterminer le besoin de ressources (atteindre une condition générale en dépensant un montant des coûts le plus bas),
- l'allocation des ressources (obtenir la distribution optimale des ressources financières disponibles parmi des différents types d'intervention et des régions),
- évaluer les conséquences techniques et économiques causées par une modification éventuelle du montant, ou d'allocation des ressources.

Le modèle MPMS continuait à être développé en tenant compte des expériences acquises dans l'exploitation et en utilisant certains éléments du modèle finlandais HIPS ayant de principes similaires. Les caractéristiques principales du nouveau modèle (HUPMS) sont les suivants :

- plusieurs (au maximum 10) périodes de temps à étudier,
- deux types de revêtement (béton bitumineux et macadam d'asphalte),
- quatre indices de condition (l'uni, la portance, les défauts superficiels, la profondeur des ornières),
- au maximum 8 types d'intervention pour améliorer les conditions,

- 3-3 catégories du volume de trafic par chaque type de revêtement.

La solution optimale à long terme recherchée par le modèle MPMS est celui qui est le plus avantageux du point de vue technique et économique, quand le réseau routier à l'étude va atteindre un état stable, bien équilibré.

Les matrices Markov de 135 x 135 cases ont été utilisées. En conséquence du nombre considéré des types de revêtement, des catégories du volume de trafic et des types d'intervention, il y a 48 matrices dans le modèle.

Les modèles aux périodes multiples permettent d'atteindre l'état d'équilibre par itération, au cours de plusieurs années. Différentes valeurs-limites (constraints) peuvent être définies, par exemple le montant des ressources disponibles, ou le taux des coûts des interventions de l'agence et ceux du coût de trafic.

Le critère d'optimum (reflété par la fonction d'objectif) est choisi en vue d'obtenir la somme minimale des coûts d'intervention et ceux du coût de trafic. Il est possible de choisir de différents multiplicateurs de pondération pour ces deux types de coûts.

Le modèle HUPMS a été utilisé pour l'allocation de ressources au niveau de réseau routier hongrois et dans plusieurs analyses stratégiques (Gáspár, 2003).

Le modèle HUPMS n'est pas capable de tenir compte les caractéristiques particulières des autoroutes, un Système de Gestion des Chaussées d'Autoroutes (APMS) a été élaboré séparément. Ceci est un modèle au niveau du projet, ayant pour but d'établir l'ordre d'urgence de l'exécution des projets, avec les caractéristiques principales suivantes (Gáspár, 2003) :

- 3 types de revêtement (béton de ciment, microbéton bitumineux bouchardé, enrobé à gros granulats),
- 3 indices de condition pour les revêtements en béton (l'uni, défauts superficiels, résistance au dérapage),
- 5 indices de condition pour les revêtements en asphalte (l'uni, défauts superficiels, résistance aux dérapage, profondeur des ornières, portance),
- une période d'étude de 25 ans,
- 5 types d'intervention pour les revêtements en béton et 6 types d'intervention pour les revêtements en asphalte,
- 2 catégories du volume de trafic (au-dessous et au-dessus de 8 000 UVP par jour et par voie de circulation),
- prise en considération des coûts d'agence et des coûts d'utilisateurs,
- les stratégies possibles : entretien de routine seulement et interventions selon une séquence optimale.

La longueur minimale d'un tronçon routier soumis à une intervention en vue d'améliorer ses conditions est définie, ainsi que si celle peut être exécutée sur une seule voie de circulation ou sur toutes les voies de circulation simultanément.

Le modèle d'ingénierie contient des matrices lesquelles indiquent l'intervention et les coûts unitaires d'utilisateurs « optimales » pour les combinaisons de différents types de revêtement, de catégories du volume de trafic, de stratégies d'intervention et des conditions initiales.

L'analyse préalable a été faite avec des sous-tronçons de 100 mètres. Les projets réels sont formés en tenant compte la longueur minimale d'intervention et le nombre des voies de circulation qui peuvent être reconstruites simultanément.

Le programme calcule le coût total de l'entretien de routine, ainsi que la séquence optimale des interventions pour chaque projet pour une période de 25 ans, puis détermine les coûts d'utilisateurs.

L'ordre d'urgence des projets est déterminé sur la base de ces données financières et ceux à exécuter peuvent être sélectionnés en tenant compte le montant total des ressources disponibles (Gáspár, 2003).

Un autre modèle au niveau de projet a été développé pour la gestion des routes urbaines. Pour établir l'ordre d'urgence des projets, une technique similaire est utilisée dans le PMS Urbain ayant des caractéristiques suivantes :

- indice combiné caractérisant la condition générale de la route,
- une ou plusieurs indices de conditions (e. g. défauts superficiels, profondeur des ornières),
- coûts d'intervention,
- données des accidents,
- volume de trafic,
- valeur nette des tronçons routiers.

Une technique de planification cumulée est utilisée avec un horizon de 10 ans. On présuppose que le réseau à l'étude est composé des tronçons homogènes du point de vue de conditions, de type de revêtement et de type d'intervention appliquée pour améliorer les conditions.

La fonction de détérioration est donnée par trois indices de conditions (portance, l'uni et défauts superficiels). Trois niveaux de conditions sont distingués. La détérioration réelle est déterminée (par un modèle de comportement) en fonction des conditions initiales, de volume du trafic écoulé, et du type de revêtement. Le type d'intervention optimal (e. g. renforcement, réparation du système de drainage) est déterminé pour chaque combinaison du type de revêtement, de volume du trafic et des conditions.

Le coût total pendant la période d'étude de 10 ans est déterminé tant pour la stratégie de l'entretien de routine, que pour la stratégie optimale d'intervention. La réduction des coûts d'utilisateurs résultant de l'exécution des stratégies optimales de l'intervention est considérée comme bénéfique. L'ordre d'urgence des projets est déterminé en fonction (dégressif) de leur taux bénéfice/coût.

Le modèle HDM-4 (Robertson, 2000) a été bien étudié et adapté aux conditions hongroises aussi.

5.3. Le système de gestion des ponts

L'élaboration d'un système de gestion des ponts en Hongrie a commencée au début des années 1990, par des activités suivantes :

- élaboration d'un système simple de gestion des ponts, pour définir l'ordre d'urgence des interventions (Csorba, 1996),

- l'estimation régulière des valeurs nette et brute des ponts (Gáspár (a), 1996),
- évaluation des conditions des ponts dans la cadre de « l'étude de conformité », en utilisant 5 notes (Tóth, 1987),
- développement d'une méthode pour évaluer le degré de conformité pour des travaux de reconstruction et construction des ponts (Gáspár (b), 1996),
- un programme de l'entretien et de reconstruction des ponts à moyen terme (10 ans) pour la période 1991-2000 (Agárdy, 1996).

En 1995 l'administration des routes a décidé d'adapter le système de gestion des ponts américain PONTIS aux conditions hongroises. Cette adaptation a exigé les activités principales suivantes :

- la conversion de 123 fichiers de données,
- la définition de nouveaux éléments de structure,
- la définition des « facteurs environnementaux »,
- l'élaboration d'un module des coûts hongrois,
- la vérification et éventuelle modification des matrices de probabilités de transition Markov américaines – du type « avec » et « sans » intervention – en tenant compte la détérioration de conditions des éléments de ponts.

La « technique de surveillance » des ponts employée par le système de gestion PONTIS est considérablement plus détaillée que la version hongroise pratiquée auparavant. Cette méthode de surveillance exige de déterminer préalablement : les éléments principaux d'un pont selon un guide spécifique (Agárdy, 1997), la classification des éléments en fonction de leurs conditions utilisant des notes de 1 à 5, et des « facteurs environnementaux » pour chaque élément. La nouvelle méthode de surveillance des ponts avait été dûment présentée aux ingénieurs des ponts de tous les 19 départements, puis nombreux stages ont été organisés pour eux, avant que la nouvelle technique a été introduite dans tout le pays à partir de 2000.

Suivant son adaptation le système PONTIS a été développé et transformé en Hongrie à un véritable système de gestion des ponts, avec les résultats suivants (Agárdy, 2002) :

- élaboration d'un modèle assurant d'atteindre la condition optimale de chaque élément du pont négligeant l'interaction éventuelle entre des éléments joints,
- élaboration d'un modèle assurant d'atteindre l'optimum globaux en tenant compte l'interaction des éléments joints (c'est-à-dire l'influence de la reconstruction d'un élément aux éléments y joints),
- élaboration d'un modèle permettant de sélectionner des travées normalisées de ponts, en déterminant à chacune d'elles une stratégie optimale d'intervention.

5.4. Le modèle de gestion des routes

Les principes de base d'un modèle complexe (intégré) de gestion des routes ont été déterminés récemment (Bakó, 2002) :

- en combinant le PMS et le BMS une allocation des ressources disponibles pour la construction et pour l'entretien des routes ainsi que des ponts peut être optimisée au niveau plus élevé,
- l'efficacité à long terme est assurée,
- c'est une contribution considérable pour maintenir le réseau routier entier au niveau de conditions prédéterminé,

- on aide à atteindre un niveau favorable de la sécurité du trafic,
- on assure la capacité prédéterminée des établissements à l'étude,
- on minimise les coûts à vie du réseau routier.

La combinaison des deux systèmes de gestion hongrois est facilitée par le fait, que tous les deux sont basés sur les matrices de probabilité de transition Markov.

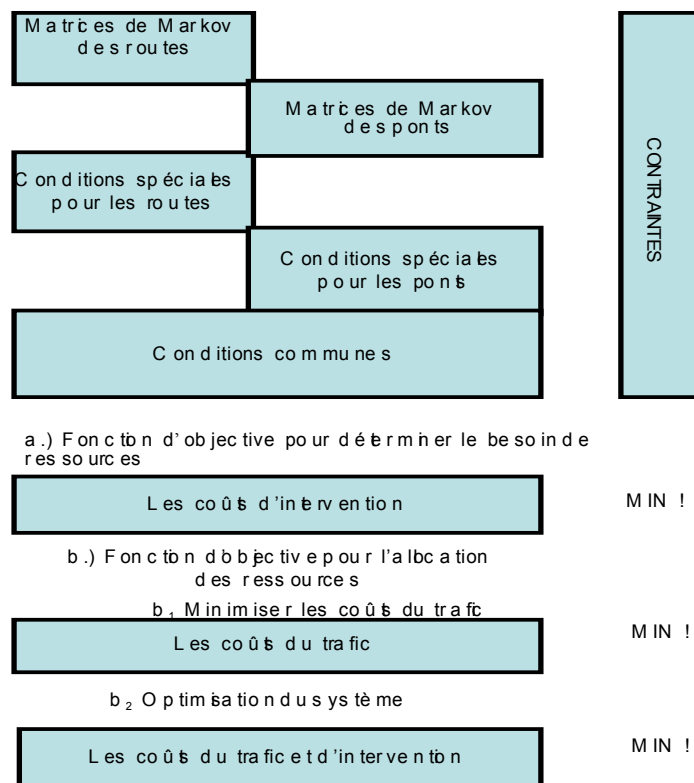


Figure 1 – Modèle combiné de gestion de routes et de ponts

Certain résultats des recherches hongroises récentes, qui avaient pour but de développer les moyens techniques facilitant les décisions nécessaires pour une gestion efficace des routes, sont présentés par la suite.

5.5. Résultats des recherches y attachés

60 tronçons d'essai possédant d'une combinaison typique du revêtement, de volume du trafic et de stabilité du terrassement, d'une longueur de 500 mètres chacun, ont été désignés sur le réseau routier hongrois en 1991, pour surveillance régulière. Ces 60 tronçons d'essai représentent 14 catégories de tronçons routiers et l'observation des changements de leurs indices de conditions (l'uni longitudinal, profondeur des ornières, portance, macro-rugosité, micro-rugosité, défauts superficiels) depuis déjà 16 ans a permis d'élaborer des modèles de comportement des chaussées de plus en plus fiables (Gáspár, 2003). Ces modèles de comportement peuvent être utilisés pour mettre à jour périodiquement les éléments des matrices de Markov dans le modèle HUPMS au niveau du réseau routier hongrois.

L'étude de la fiabilité de la méthode de surveillance a donné des résultats suivants :

- « l'amélioration » de certaines données comme l'indice international d'uni (IRI) et la profondeur des ornières, observée quand même assez rarement, peut être expliquée par la divergence des lignes suivies au cours des mesures annuelles faites par la véhicule RST,
- la série des données enregistrées annuellement concernant les défauts superficiels, reflète des caractéristiques d'une distribution dite « normale »,
- le fait, que presque 20 % des données concernant la portance reflète une tendance d'amélioration sans aucune raison visible, peut être attribué aux conditions météorologiques très différentes.

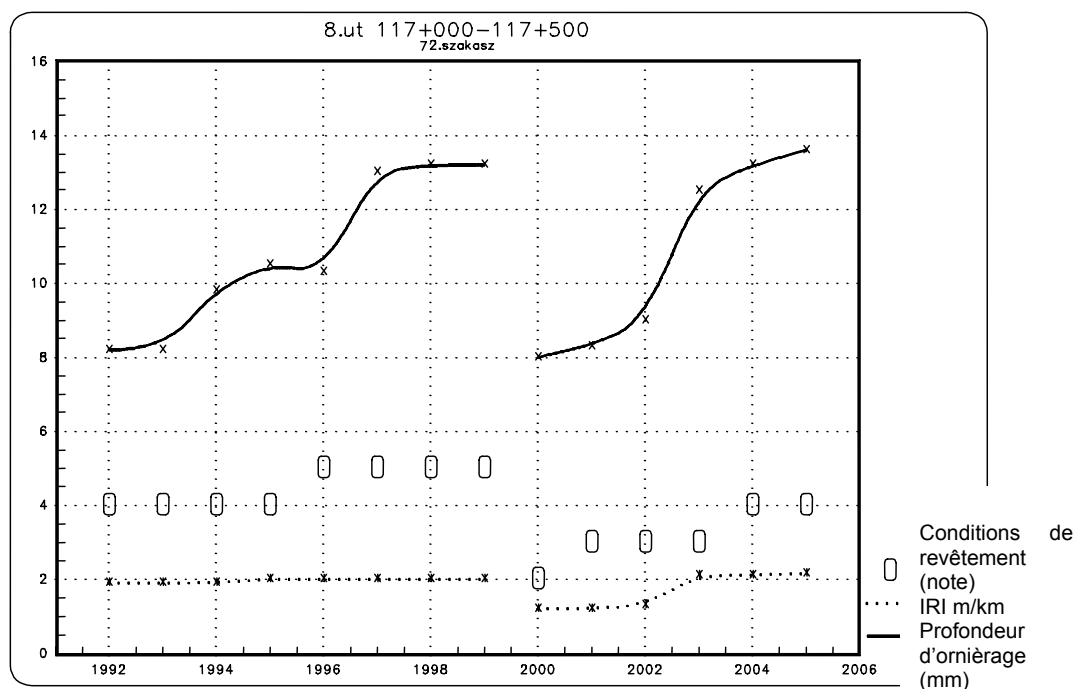


Figure 2 - Changement de conditions d'un tronçon avant et après l'intervention (renforcement)

Étant donné, que pendant la période de 16 ans la plupart des tronçons d'essai ont été soumis à une certaine intervention (renforcement, resurfaçage, enduit superficiel), l'amélioration des conditions peut être démontrée avec les résultats suivants (Figure 2) :

- après une intervention, indépendamment de son type, généralement des notes 1.4-1.5 ont été atteints concernant les défauts superficiels (les notes varient entre 1 et 5 ; 1 caractérisant les meilleures conditions),
- les valeurs d'IRI ont augmenté en moyenne de 0,50 m/km après un resurfaçage et de 0,80 m/km après un renforcement,
- la profondeur des ornières a diminué en moyenne de 2,26 mm après un resurfaçage de 4,51 mm après un renforcement et de 0,34 mm sous l'effet de l'enduit superficiel,
- plus les conditions initiales ont été mauvaises, plus l'amélioration obtenue a été significative
- la courbe de détérioration observée suivant une intervention ne diffère pas généralement de celle observée antérieurement.

Pour terminer, on peut constater, qu'en Hongrie les moyens techniques facilitant des décisions sont améliorés et développés sans cesse, ainsi la qualité des décisions de la gestion des routes peut être améliorée en utilisant des informations plus en plus détaillées et fiables.

BIBLIOGRAPHIE

Agárdy, Gy. et al. (1996) Le programme de l'entretien et de rénovation des ponts à moyen terme (1992-2000). Közúti Közlekedés- és Mélyépítéstudományi Szemle (Revue Scientifique du Transport Routier et du Génie Civil) № 2, pp. 78-87. (en hongrois)

Agárdy, Gy. et al. (2002) Hungarian 5-year Bridge Maintenance and Rehabilitation Programme as a part of Asset Management. IABSE Symposium, Melbourne, Australia. Proceedings, Vol.1, pp. 616-623.

Bakó, A. (1992) Le modèle mathématique du premier PMS hongrois de niveau du réseau. Közúti Közlekedés- és Mélyépítéstudományi Szemle (Revue Scientifique du Transport Routier et du Génie Civil) № 2, pp. 71-79. (en hongrois)

Bakó, A. et al (2002) Towards the Transportation Asset Management System in Hungary. 3rd International Conference on Decision Making in Urban and Civil Engineering, London. CD-ROM Proceedings.

Csorba, Á. (1996) Système de Gestion de Ponts à Szolnok (HGR-logiciel). Közúti Közlekedés- és Mélyépítéstudományi Szemle (Revue Scientifique du Transport Routier et du Génie Civil) № 2, pp. 88-93. (en hongrois)

Forrainé Hernádi, V. (2004) Présentation de la Banque Nationale de Données Routières Publiques (OKA 2000). Közúti Közlekedés- és Mélyépítéstudományi Szemle (Revue Scientifique du Transport Routier et du Génie Civil) № 7. pp. 6-10. (en hongrois)

Gáspár, L. (1991) Le premier PMS hongrois de niveau du réseau. Közlekedéstudományi Szemle (Revue Scientifique de Transports) № 4, pp. 132-141. (en hongrois)

Gáspár, L. et al. (a) (1996) Calcul des valeurs brute et nette des ponts. Közúti Közlekedés- és Mélyépítéstudományi Szemle (Revue Scientifique du Transport Routier et du Génie Civil) № 2, pp. 70-73. (en hongrois)

Gáspár, L. et al. (b) (1996) Méthode de calcul de performance pour les interventions effectuées sur les ponts. Közúti Közlekedés- és Mélyépítéstudományi Szemle (Revue Scientifique du Transport Routier et du Génie Civil) № 2, pp. 65-69. (en hongrois)

Gáspár, L. (2003) La Gestion des Routes. Akadémiai Kiadó, Budapest, 361 p. (en hongrois)

Robertson, N. (2000) Introducing HDM-4. Software for investigating road investment choices. The World Road Association.

Rósa, D. (2004) Création du système de banque de données des routes par microordinateur. Közúti Közlekedés- és Mélyépítéstudományi Szemle (Revue Scientifique du Transport Routier et du Génie Civil) № 7, pp. 3-5. (en hongrois)

Tóth, E. (1987) La conformité des ponts routiers publics. Revue Scientifique du Génie Civil № 10, pp. 417-423. (en hongrois)