Association
mondiale
de la Route

World Road
Association

LE ROLE DES MODELES PREDICTIFS ECONOMIQUES ET SOCIO-ECONOMIQUES DANS LA GESTION DES ROUTES

THE ROLE OF ECONOMIC AND SOCIO-ECONOMIC MODELS IN ROAD MANAGEMENT

2003

Comité technique AIPCR de la Gestion des Routes (C6)
PIARC Technical Committee on Road Management (C6)

SOMMAIRE

Sommaire *2*

I - Objectif et programme de l'action *6*

I.1 Introduction **6**

I.1.1 Un besoin croissant de modèles économiques et socio-économiques 6

I.1.2 Un intérêt croissant pour les aspects économiques 6

I.1.3 Analyse coût/bénéfice et analyses d'utilité 6

I.1.4 Les échanges entre les gestionnaires, les experts et les développeurs : un besoin, une occasion 8

I.2 Référence au Plan stratégique **10**

I.3 Programme **10**

II – Généralités *12*

II.1 Définition des niveaux réseaux et projets **12**

II.2 Définitions concernant les modèles et les règles de décision **14**

II.3 Besoins et exigences des gestionnaires routiers **16**

III – Étude bibliographique *20*

III.1 Revue sommaire des modèles technico-économiques dans HDM **20**

III.1.1 Les modèles de HDM 20

III.1.2 Adaptation et calibration des modèles 22

III.2 Examen des rapports OCDE **26**

III.3 Revue des projets européens récents ou en cours **32**

III.3.1 L'action COST 324 et le projet PARIS 32

III.3.2 Le projet PAV-ECO 34

III.3.3 Le Projet RIMES 38

III.3.4 Le projet COST 343 40

III.3.5 Le projet FORMAT 42

ISBN : 2-84060-144-3

CONTENTS

Contents *3*

I – Objectives and Programme of the Action *7*

I.1 Introduction **7**

I.1.1 A growing need for economic and socio-economic models 7

I.1.2 A growing interest for the economic aspects 7

I.1.3 Cost Benefit Analysis and Utility Analysis 7

I.1.4 Exchange between managers, experts and development teams: a need, an opportunity 9

I.2 – Reference to the Strategic Plan **11**

I.3 – Programme **11**

II – Generalities *13*

II.1 Definitions of network and project levels **13**

II.2 Definitions of models and decision rules **15**

II.3 Needs and requirements of road managing authorities **17**

III - Literature Review *21*

III.1 Brief review of HDM technico-economic models **21**

III.1.1 The models in HDM-4 21

III.1.2 Adaptation and calibration of models 23

III.2 Review of OECD reports **27**

III.3 Review of European recent and on going projects **33**

III.3.1 COST 324 action and PARIS Project 33

III.3.2 PAV-ECO Project 35

III.3.3 RIMES Project 39

III.3.4 COST 343 Project 41

III.3.5 FORMAT project 43

IV – Recueil d'informations : le questionnaire *46*

V – Analyse et Recommandations *48*

V.1 Procédures de base pour l'évaluation économique de l'entretien **48**

V.2 Recommandations **52**

V.2.1 Lors de la mise en œuvre d'un PMS, il faut adapter l'organisation du service de gestion des routes 52

V.2.2 Le recueil d'information est un point crucial pour la fiabilité de l'analyse économique ; il faut consacrer les efforts appropriés dans cette activité 54

V.2.3 L'ajustement des modèles techniques et économiques utilisés par le système est aussi un point clé ; bien qu'elle exige beaucoup de travail, cette étape est essentielle et ne doit pas être sous-estimée 54

VI – Conclusions *58*

VII – Références *62*

Membres du sous-comité :

Ph. Lepert	Laboratoire central des Ponts et Chaussées	France
M. Gorski	Centre de Recherches routières	Belgique
W. Pichler	Carinthia Tech. Institute	Autriche
T. Kaal	Technical Centre of Road Administration	Estonie
J. Litzka	Technische Universität Wien	Autriche
G. Rhode	Transportation Division AFRICON	Afrique du Sud
N. Robertson	HDM4 Project coordinator	AIPCR
G. Woltereck	Autobahndirektion Südbayern	Allemagne

IV - Gathering information: Questionnaire *47*

V - Analysis and Recommendations *49*

V.1 Basic procedures for economic evaluation of maintenance **49**

V.2 Recommendations **53**

V.2.1 When implementing a PMS, adapt the organisation of the road management service 53

V.2.2 Data collection is a crucial point for the reliability of economic analysis; put adequate efforts in this activity 55

V.2.3 Calibration of technical and economic models used by the system is also a key point; although it requires a lot of work, this step is essential and should not be underestimated 55

VI – Conclusions *59*

VII – References *63*

Sub Committee members:

Ph. Lepert	Laboratoire central des Ponts et Chaussées	France
M. Gorski	Centre de Recherches routières	Belgium
W. Pichler	Carinthia Tech. Institute	Austria
T. Kaal	Technical Centre of Road Administration	Estonia
J. Litzka	Technische Universität Wien	Austria
G. Rhode	Transportation Division AFRICON	South Africa
N. Robertson	HDM4 Project Cooordinator	PIARC
G. Woltereck	Autobahndirektion Südbayern	Germany

I - OBJECTIF ET PROGRAMME DE L'ACTION

I.1 Introduction

I.1.1 Un besoin croissant de modèles économiques et socio-économiques

Dans un contexte où les administrations publiques rencontrent une demande de plus en plus forte de politique sociale, et où les budgets routiers, et plus particulièrement les budgets d'entretien des routes tendent à se stabiliser, voire à se réduire, l'évaluation et l'optimisation économiques des actions d'entretien routier deviennent des exigences récurrentes. Le besoin de méthodes et d'outils pour répondre à ces exigences ne cesse de croître. Le développement de tels outils se heurte à de nombreux obstacles techniques, parmi lesquels : développer des moyens fiables pour suivre l'état des réseaux routiers, prévoir le rythme de détérioration des chaussées, apprécier le niveau des nuisances causées tant par ces détériorations que par les travaux d'entretien sur les usagers, et quantifier ces divers phénomènes en termes monétaires.

I.1.2 Un intérêt croissant pour les aspects économiques

De tels obstacles ont déjà été traités, avec des résultats inégaux. Ainsi, dans les pays en voie de développement, des modèles ont été créés et intégrés dans le système logiciel HDM-3 avec l'appui de la Banque mondiale. Ce système a été parfois considéré, voire évalué, pour des applications dans des pays industrialisés où, dans la plupart des cas, il n'était pas adapté. Récemment, l'Association mondiale de la Route (AIPCR) a pris un rôle dans la gestion, la maîtrise d'ouvrage et la diffusion du logiciel et des manuels HDM-4 , élargissant cette action à la promotion de l'étude ISOHDM.

Ces dernières années, différents projets ont été menés dans les pays développés, et surtout dans les pays européens, sous l'égide de la Commission Européenne. L'action COST 324, les projets PARIS, RIMES et PAV-ECO ont traité du développement de modèles socio-économiques pour la gestion de l'entretien routier. Récemment, l'action COST 343 a porté sur la réduction des fermetures de route par l'emploi de procédures d'entretien améliorées. Au plan mondial, des pays et organisations internationales ont mené des travaux dans ce domaine.

I.1.3 Analyse coût/bénéfice et analyses d'utilité

Il est important que les décisions soient prises de façon transparente. L'analyse d'utilité comme l'analyse coût/bénéfice sont particulièrement adaptées pour répondre à cette exigence. Quelles sont les <u>principales questions</u> qui se posent dans le domaine de la gestion des routes ? Pour quels <u>types de décisions</u> les analyses évoquées ci-dessus sont-elles utiles ?

Construction de nouvelles routes

- Comparaison de différents tracés ;
- Constructions et matériaux alternatifs.

Entretien des routes

- Constructions et matériaux alternatifs ;
- Optimisation de la date d'action ;
- Stratégies d'entretien des routes ;
- Estimation des budgets nécessaires ;
- Mise en priorité des actions.

I – OBJECTIVES AND PROGRAMME OF THE ACTION

I.1 Introduction

I.1.1 A growing need for economic and socio-economic models

In a context where the Public Administrations experience a stronger and stronger demand on social policy, and where road budgets, especially road maintenance budgets, tend to be tightened or even scaled back, the economic evaluation – and optimization - of road maintenance actions and/or policy becomes a recurrent requirement. There is, therefore, a growing need for methods and tools to meet this requirement. The development of such tools implies a number of technical obstacles, including: devising reliable means for monitoring the condition of road networks; forecasting pavement-deterioration rates; assessing the level of nuisance caused by pavement deterioration and road maintenance work on users; and quantifying these various phenomena in monetary terms.

I.1.2 A growing interest for the economic aspects

Such obstacles have already been handled, with differing results. For instance, in the context of developing countries, models were developed and integrated in the HDM 3 software with the support of the World Bank. This system was sometimes considered and evaluated in industrialized countries where, in most cases, it did not prove to be directly applicable. Recently, the World Road Association (PIARC) undertook a role in managing and directing the development and the dissemination of the HDM 4 software and manual, enlarging this action to the promotion of the ISOHDM Study.

For some years, various projects have also been conducted in developed countries, especially in European countries, under the aegis of the European Commission. The COST 324 action, the PARIS, RIMES and PAV-ECO projects dealt with the development of technico-economic models for pavement maintenance management. Recently, the COST 343 action is dealing with reduction in road closure by improved maintenance procedures. At the world level, some countries and international organizations conducted works in that domain.

I.1.3 Cost Benefit Analysis and Utility Analysis

It is of great importance to make decision in a transparent way. The utility analysis, as well as the cost benefit analysis, are very proper means to achieve the task of transparency. What are the main questions to be answered in the field of road management? For what kind of decisions the mentioned means are useful:

Construction of new roads

- Comparison of different locations of roads
- Alternative constructions and materials

Road maintenance

- Alternative constructions and materials
- Optimal point of time for a measure
- Strategies of road maintenance
- Estimation of the amount of financial resources
- Priorities of measures

La première étape du processus de décision est de définir les objectifs. Dans tous les cas, chaque objet considéré est inclus dans un vaste environnement. Celui d'un projet de construction ou d'entretien de routes comprend plusieurs niveaux. Les routes ont, par exemple, des effets sur les financiers, les clients (les utilisateurs, les riverains, etc.), l'environnement politique, la technologie, l'environnement naturel, économique et sociologique. Cet environnement global doit être pris en compte pour définir les objectifs. Le processus de décision répond aux principes suivants :

- l'approche doit être dynamique ;
- le but doit constamment être maîtrisé ;
- il est important de penser en termes de fonctions ;
- la communication interdisciplinaire est essentielle.

1.1.3.1 Analyse d'utilité

L'analyse d'utilité est utile pour répondre à la première question "comparaison des tracés routiers". Elle est appropriée à la prise de décision par un groupe d'acteurs assez large. Par exemple, les riverains, les autorités politiques et les autres parties peuvent s'impliquer dans le processus de choix. Les étapes de l'analyse d'utilité sont les suivantes :

- définition des buts ;
- estimation des quantités ;
- standardisation (définition des fonctions par rapport aux différents effets) ;
- pondération ;
- estimation des valeurs d'utilité ;
- analyse de sensibilité.

1.1.3.2 Analyse Coût/Bénéfice

L'analyse coût/bénéfice est utile lorsqu'il est possible de monétariser les différents facteurs. Ceci est possible pour certains aspects de la construction d'une nouvelle route (par exemple, chaussée hydraulique ou bitumineuse) et dans le cas de l'entretien des routes. Les étapes sont les suivantes :

- définition des buts ;
- estimation des quantités ;
- monétarisation de tous les postes ;
- actualisation ;
- estimation des critères d'évaluation finale (par exemple somme des coûts ou rapport "coûts sur bénéfices") ;
- analyse de sensibilité.

I.1.4 Les échanges entre les gestionnaires, les experts et les développeurs : un besoin, une occasion

L'intégration de cadres d'analyse et de modèles économiques et socio-économiques en des systèmes efficaces requiert une coopération étroite et des échanges fructueux entre les gestionnaires qui demandent - et attendent - ces systèmes, et les experts et/ou équipes de recherche qui mènent les développements.

The first step of the process of decision making is to define the aims. Each object to be considered is in any way part of a large environment. The environment of a project for road building or road maintenance is very multi-layered. The road has effects for instance on the interests of the financier, the customers (road user, people living beside the road etc.), the political environment, the technology, the natural environment, the economic environment and the sociological environment. This whole environment is to be taken into account by defining the aims. The process of decision making is characterised by the following principles:

- The consideration must be a dynamic one.
- The aim is at any time to be controlled.
- It is important to think in functions.
- An interdisciplinary communication is unrenounceable.

1.1.3.1 Utility Analysis

The mean of the utility analysis is useful for the first mentioned question "comparison of different locations of roads". The utility analysis is a proper mean for decision making in large groups. For instance people living beside the road, politicians and others can take part in the process of weighting. The steps for the process of the utility analysis are:

- Definition of aims;
- Estimation of quantities;
- Standardisation (definition of functions regarding to the different effects);
- Weighting;
- Estimation of the values of utility;
- Sensitivity analysis.

1.1.3.2 Cost Benefit Analysis

The cost benefit analysis is useful in the case of the possibility to estimate monetary values. It is possible for decisions in the field of new roads about some aspects (e.g. bituminous or concrete pavement) and in the area of maintenance. The steps to be done are:

- Definition of aims;
- Estimation of quantities;
- Monetarising of all values;
- Discounting;
- Estimation of the final mean for the decision (e.g. criterion of cost sum or of the question "cost divided by benefits");
- Sensitivity analysis.

I.1.4 Exchange between managers, experts and development teams: a need, an opportunity

Integration of economic and socio-economic analysis frameworks and models in effective and efficient systems requires close co-operations, and direct and fruitful exchanges, between the road managing authorities, which are asking - and waiting - for such systems, and the experts and/or research staffs who are conducting developments.

Le groupe de travail "Modèles prédictifs économiques et socio-économiques" du Comité C6 (ci-dessous nommé "GT"), qui est composé d'experts et de gestionnaires de réseaux routiers, vise à offrir une occasion de développer ces coopérations et échanges. Il fut décidé que, pendant la période 2000 – 2003, le GT aurait comme objectif de promouvoir le développement et l'emploi de cadres d'analyse et de modèles économiques. De plus, le GT se chargerait de la diffusion de ses conclusions par le biais d'ateliers et de séminaires AIPCR, avec l'objectif de contribuer, en tant que partie du Comité C6, à la préparation du rapport pour le Congrès Mondial de 2003.

Les activités du GT, et donc son programme, reflétèrent ces objectifs.

***Note importante** : initialement, le GT s'était vu conférer un autre objectif, consistant à suivre et à orienter le projet spécial de l'AIPCR "ISOHDM". A la suite de la réunion de Vancouver, en octobre 2000, il apparu clairement que le projet ISOHDM couvrait un champ plus large que celui des modèles économiques ou même socio-économiques. Les quatre groupes de travail du comité étaient concernés par les questions et aspects qui pouvaient contribuer à un guidage efficace du projet. Aussi, il fut proposé que ce rôle de suivi et d'orientation soit repositionné au niveau du comité, plutôt qu'au niveau du GT.*

I.2 Référence au Plan stratégique

L'action qui est rapportée dans ce document contribue au thème stratégique 4 "Gestion et Administration du Système Routier". Bien qu'il contribue plus ou moins à toutes les questions 4.1 à 4.9, cette contribution est plus tournée vers :

4.1 "Développement, amélioration et application des processus de gestion du patrimoine" ;
4.5 "Faire un usage plus efficace des budgets routiers" ;
4.6 "Introduction du coût des routes"

Le GT s'efforce également de promouvoir les meilleures pratiques en matière de gestion des routes, et par-là même, contribue à la question 4.3 relative au projet ISOHDM.

I.3 Programme

Le programme de travail fut élaboré en 2000, et adapté tout au long de l'action. Sous l'objectif principal de promouvoir le développement et l'emploi de cadres d'analyse et de modèles économiques et socio-économiques, le GT a identifié cinq phases dans son travail :

1. Donner des définitions claires des objectifs de la gestion des routes ;
2. Clarifier les besoins et les exigences des gestionnaires de réseaux routiers en matière de modèles économiques ;
3. Conduire une revue des projets qui furent ou qui sont menés dans le monde pour développer ces cadres d'analyse et les modèles ;
4. Faire une synthèse des résultats qui ont été obtenus dans ce domaine ;
5. In fine, apporter des éléments pour convaincre :
    - les gestionnaires routiers d'utiliser les outils existant pour améliorer leurs pratiques ;
    - les équipes de développement de mieux prendre en compte les exigences et attentes des gestionnaires.

The working group "Economic and socio-economic prediction models" of the C6 Committee (thereafter referenced as "WG"), which is composed of experts and road managers, aims at providing the opportunity to develop these co-operation and exchanges. It was decided that, during the period 2000 - 2003, the WG would pursue the objective of promoting the development and use of economic analysis frameworks and models. Furthermore, the WG will take care of dissemination of its conclusions through different PIARC workshops and seminars, with a view of contributing, as a component of the C6 Committee, to the preparation of the report for World Congress in 2003.

The activities of the WG, and therefore its programme, reflected these objectives.

***Important note**: Initially, another objective was also devoted to the WG, consisting in monitoring and advising the PIARC special project "ISOHDM". After the meeting in Vancouver in October 2000, it clearly appeared that the ISOHDM project was covering a field quite broader than the economic or even socio-economic models. The four working groups of the committee were dealing with questions and items that could contribute to fruitful advises to the project. Therefore, it was proposed that the monitoring and advising task was re-allocated at the committee level, rather than at the WG level.*

I.2 – Reference to the Strategic Plan

The action that is reported in this document contributes to the strategic theme 4 "Management and Administration of the Road System". Although it more or less contributes to all issues 4.1 to 4.9, this contribution is direct for issues:

- 4.1 "Developing, improving and implementing asset management processes"
- 4.5 "Making more efficient use of the road budget"
- 4.6 "Introduction of road pricing"

The WG is also promoting best practices in road management, and as such, contributes to the issue 4.3 on ISO-HDM project.

I.3 – Programme

The programme of work was drafted in 2000, and adapted all along the progress of the action. Within the main objective of promoting the development and use of economic and socio-economic analysis framework and models, the WG identified five phases of work:

1. giving clear definitions of the aims of road management;
2. clarifying the needs and requirements of road managing authorities for economic models;
3. conducting an overview of the projects that were or are conducted in the world to develop such frameworks and models;
4. making a synthesis of the results which have been achieved in this domain;
5. finally, providing elements to convince:
    - Road managing authorities, to use existing tools to improve their practices;
    - Development staffs, to better meet the requirements and expectancies of managing authorities.

II – GÉNÉRALITÉS

Il est nécessaire d'introduire quelques définitions et exemples avant de pouvoir discuter de l'évaluation des actions d'entretien à l'aide de modèles économiques. Dans les paragraphes qui suivent, les notions de niveau projet et de niveau réseau, de modèles et de règles de décision sont définies et des exemples de ces modèles sont donnés.

II.1 Définition des niveaux réseaux et projets

Les définitions qui suivent sont essentiellement proposées par l'action COST 343, dans le "*Guide for Network Level Procedures*" [6] préparé par le GT 4.

Le *niveau réseau* de la gestion traite des questions suivantes :

- niveau supérieur (ci-après appelé "maîtrise d'ouvrage") de décision, principalement situé aux plans économique et financier liés aux options principales d'entretien ; l'objectif, ici, est d'optimiser le budget –c'est-à-dire de minimiser le coût total d'entretien (usager + maître d'ouvrage)- ;
- niveau intermédiaire (ci-après appelé "maîtrise d'œuvre") de décision portant sur la localisation, la mise en priorité et la programmation de l'entretien ; ce niveau intègre aussi la préparation des budgets opérationnels.

Les études au *niveau réseau* traite de la combinaison et de la gestion de différents projets à la fois. Elles visent à donner les informations appropriées aux décideurs concernés pour :

- la programmation, c'est-à-dire l'identification de toutes les sections de route nécessitant des travaux d'entretien ; la maîtrise d'œuvre est concernée au premier chef ;
- la mise en priorité, c'est-à-dire l'organisation du programme en une liste de priorités, de l'intervention la plus urgente à celle qui est la moins urgente ;
- la planification, consistant en l'allocation des budgets par année, par maître d'œuvre, par catégorie de routes par la maîtrise d'ouvrage ;
- la budgétisation, c'est-à-dire la définition du budget global nécessaire pour atteindre les objectifs d'entretien définis par le maître d'ouvrage ; ce budget dépend à la fois de l'état de la route (issu d'une évaluation globale in situ) et de l'état visé par le maître d'ouvrage (objectifs d'entretien).

Par comparaison, les études au *niveau projet* ne portent que sur un seul site sans prendre en considération les interactions avec d'autres projets. Elles concernent principalement :

- le diagnostic des problèmes rencontrés par la chaussée ;
- la conception des solutions (choix des meilleurs matériaux, des épaisseurs appropriées, etc.), sur les sections où des travaux d'entretien ont été programmés lors d'études au niveau réseau ;
- l'organisation de l'intervention d'entretien (chronologie, gestion du trafic, etc.).

Le niveau de décision approprié pour ces études de niveau projet est le "service local".

II – GENERALITIES

Some definitions and examples about « models » must be introduced before discussing evaluation of maintenance actions using economic models. The following paragraphs propose definitions of network and project levels, of models and decision rules, and give examples of such models.

II.1 Definitions of network and project levels

The following definitions are mainly given by COST 343, in the WP4 Guideline for “Network Level Procedures” [6].

The *network level* of management deals with the following issues:

- Top level (later called "owner level") decision, mainly in the economical and financial fields related to the principal options of maintenance; the objective, here, is to optimise the budget – eq. minimise the total (user + agency) cost of maintenance-;
- Intermediate level (latter called "central agency level") decision of strategic order for localisation, priority and scheduling of maintenance; this level is also in charge of the preparation of executive budgets.

Network level studies deal with combination or management of different projects at the same time. They aim at providing the proper decision level with information needed for:

- Programming, e.g. selecting all the sections of road which require maintenance work; central agency is mainly concerned;
- Prioritisation, which means organising the program in a list of priority from the more to the less urgent action; again, central agency is mainly concerned;
- Planning, which means allocating the budget per area, agency or class of roads by the *owner*;
- Budgeting, which means defining the global budget required to reach maintenance objectives defined by the *owner;* this budget is depending on both the actual condition of the roads (from a global in situ evaluation) and the condition required by the owner (maintenance objective);

In comparison, *Project level* studies deal with a single site without taking into account interferes with other projects. They are dealing with:

- Diagnosis of the problems with the pavements;
- Design of the solutions (choice of best materials, appropriate thickness, etc.), on the sections where some maintenance works were programmed in study at the network level;
- Organisation of maintenance work (timing, management of traffic, etc.).

The decision level for these project level studies usually is the "local agency”.

II.2 Définitions concernant les modèles et les règles de décision

Modèle : un groupe de relations mathématiques ou logiques entre des valeurs d'entrée et de sortie.

Modèle empirique : un modèle déduit d'observations et de l'expérience.

Modèle statistique : Un modèle obtenu en traitant une base de données par des méthodes statistiques ou probabilistes appropriées.

Modèle prédictif : un modèle dans lequel les entrées sont les valeurs passées ou présentes d'un indicateur, et quelques "variables explicatives", et la sortie est la valeur de cet indicateur à un instant donné dans le futur.

Modèle technique : un modèle qui décrit un phénomène ou une interaction physique et donne des résultats non monétaires.

Modèle mécanique : un modèle technique basé sur les lois mécaniques.

Modèle économique : un modèle dont les entrées sont des indicateurs physiques, économiques, sociaux ou environnementaux, et les sorties sont exprimées en termes monétaires.

Modèle social : un modèle qui décrit l'impact d'actions et de phénomènes sur le bien-être collectif, exprimé en termes monétaires.

Modèle environnemental : un modèle qui décrit l'impact d'actions et de phénomènes sur l'environnement.

Modèle technico-économique : un modèle qui décrit des phénomènes ou des interactions physiques, et fournit des résultats exprimés en termes monétaires.

Modèle socio-économique : un modèle qui décrit l'impact d'actions ou de phénomènes sur le bien-être collectif, et fournit des résultats exprimés en termes monétaires.

Règles de décisions : un groupe de règles logiques qui permet de déduire certaines actions de certaines observations.

II.2 Definitions of models and decision rules

Model: A group of mathematical and/or logical relationships between input and output values.

Empirical model: A model derived from observations and experience.

Statistical model: A model obtained by processing a database with adequate statistical or probabilistic methods.

Predictive model: A model in which the inputs are past and present values of an indicator, plus some “explanatory variables” and output is the value of the indicator at a given future time.

Technical model: A model that describes physical phenomena or interactions, and provides non monetary results.

Mechanistic model: A technical model based on mechanistic laws.

Economic model: A model the inputs of which are physical, economic, social or environmental indicators, with outputs expressed in monetary terms.

Social model: A model that describes the impact of actions or phenomena on the welfare for humanity expressed in non-monetary terms.

Environmental model: A model that describes the impact of actions or phenomena on the environment.

Technico-economic model: A model that describes physical phenomena or interactions, and provides monetary results.

Socio-economic model: A model that describes the impact of actions or phenomena on the welfare for humanity expressed in monetary terms.

Decision rules: A group of logical rules which makes it possible to derive some actions from some observations.

Tableau n° 1 - Exemples de modèles prédictifs techniques et/ou économiques applicables à la gestion de l'entretien routier

Désignation commune de modèles élémentaire	Type de modèles	Définition
Coût d'entretien	Modèle économique	Prédit le coût des actions d'entretien
Comportement des chaussées	Modèle technique prédictif	Prédit l'évolution de l'état de la route – ou de différents indicateurs – avec le temps (comportement des routes à long terme)
Effet de l'entretien	Modèle technique	Effet des actions d'entretien sur l'état de la route
Surcoût d'usage sur les sites de chantier	Modèle socio-économique	Coûts des attentes, surcoût de fonctionnement des véhicules, augmentation des coûts d'accident causés par les travaux d'entretien
Modèle de valeur résiduelle des chaussées	Modèle technico-économique	Valeur résiduelle de la chaussée à la fin de la période de service (avant réhabilitation ou reconstruction)
Coût de fonctionnement des véhicules	Modèle économique	Coût de carburant, de pneus, de lubrifiant, de pièces détachées, etc., fonction de l'état des routes
Modèle des temps de trajet	Modèle socio-économique	Coût du temps passé par les usagers pour se déplacer d'un point du réseau à un autre.
Modèle d'accident (ou de sécurité)	Modèle social	Prédiction du nombre d'accidents et de leur coût, selon l'état des routes
Modèle d'émission de polluant	Modèle environnemental	Estimation de la pollution de l'air causée par le trafic, selon l'état de la route
Modèle d'émission de bruit	Modèle environnemental	Estimation du bruit produit par le trafic, selon l'état de la route

II.3 Besoins et exigences des gestionnaires routiers

Le niveau d'activité économique d'un pays, et donc sa production de richesses, est pour une bonne part influencé par ses capacités de transport des biens et des personnes. En conséquence, les caractéristiques des routes du pays, y compris leur état, ont un impact significatif sur le taux de croissance économique. L'entretien des routes peut ainsi être assimilé autant à un service public qu'à une activité économiquement viable.

Certains pays, notamment des pays industrialisés, connaissent une demande croissante de politique sociale, tendance qui se manifeste par une croissance des budgets correspondants. Par conséquent, les budgets alloués à d'autres activités, comme les interventions sur l'infrastructure routière (parfois ressenties comme moins urgentes à long terme) tendent à se stabiliser, voire à se réduire. Les conséquences pratiques de ces tendances varient sensiblement d'un pays à l'autre, depuis le maintien des niveaux de service antérieurs jusqu'à une réduction sans contrepartie des budgets routiers. En démontrant les inconvénients majeurs, à moyen et long termes, de cette situation, on peut contribuer à écarter des décisions excessives. Pour autant, et dans tous les cas, c'est un constat courant que "des budgets réduits doivent être mieux utilisés".

Table n° 1 - Examples of "Technical and/or Economic prediction models" applicable to road maintenance management

Common designation of elementary models	Type of models	Definition
Maintenance cost	Economic model	Prognosis of the cost of maintenance tasks
Pavement performance	Predictive Technical model	Prognostic of the development of road condition – or several condition indicators - with time or traffic (long term road behaviour)
Maintenance impact	Technical model	Effect of maintenance action on road condition
Extra user cost on work site	Socio-economic model	Costs related to delays, additional vehicle operating costs and increased accident costs caused by maintenance works
Pavement residual value model	Technico-economic model	Remaining value of the construction at the end of the service life (before rehabilitation or reconstruction)
Vehicle operating cost	Economic model	Costs caused by fuel, tyres, oil, spare parts consumption, etc., depending on the road condition
Travel time model	Socio-economic model	Cost of time spent by users to move from one point of the network to another
Accident (or safety) model	Social model	Prediction of number of accidents and related accident costs, depending on the road condition
Pollution emission model	Environment model	Estimation of air pollution caused by traffic, depending on the road condition
Noise emission	Environment model	Estimation of noise produced by the traffic, depending on the road condition

II.3 Needs and requirements of road managing authorities

A country's level of economic activity, and hence its production of wealth, is for a large part influenced by its capacity to move people and goods. Consequently, the characteristics of a country's roads, including the condition of roadways, exert a direct and significant impact on its rate of economic growth. Road maintenance therefore can be considered as a form of public service and an economically viable activity.

Some countries, especially industrialized countries, have been experiencing a stronger demand on social policy, a trend which has been manifested by an increase in corresponding budgets. Consequently, budget allocations for other activities, such as road infrastructure operations (sometime perceived as less urgent over the short term) tend to be tightened or even scaled back. The practical repercussions of this trend differ substantially from one country to the next, running the gamut from preserving the previous level of service to reducing road budgets (especially maintenance programs) without any compensation. Giving some evidences of the major disadvantages, on the medium and long terms, of this situation may contribute to avoid extreme decisions. Nevertheless, and in any case, a general observation is that "less budget means more efficient use of this budget".

Dans d'autres cas, la tendance évoquée ci-dessus à déplacer les priorités a conduit à transférer la responsabilité de tout ou partie des interventions sur les routes vers le secteur privé ou à contractualiser, à un niveau variable, les activités correspondantes. Or, les acteurs privés, tels que les sociétés d'autoroute à péage, ont besoin d'évaluer périodiquement la rentabilité de leurs investissements, dont l'entretien routier.

Ces brèves considérations montrent que la dimension économique de la gestion des routes devient de plus en plus présente. Pour répondre à cette situation, les gestionnaires de réseaux routiers ont besoin de méthodes et d'outils pour définir une politique d'entretien – c'est à dire pour fixer des objectifs et des budgets cohérents -, pour démontrer la rentabilité à long terme de cette politique et pour optimiser la répartition de ce budget vers les différentes opérations d'entretien.

In other instances, the formerly mentioned shift in priorities has led to transferring responsibility for all or part of a country's road operations to the private sector or to contracting out the relevant activities to various degrees. As a matter of fact, private operators, such as toll motorways companies, required regular evaluation of the efficiency of their investments amongst which road maintenance.

These brief considerations show that the economic dimension of management of roads becomes more and more stringent. In order to cope with such a situation, road network managers need methods and tools to define a maintenance policy – which means to fix consistent maintenance objectives and budgets - , to demonstrate the long-term economic profitability of this policy and to optimize the allocation of this budget to the different maintenance operations.

III – ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE

III.1 Revue sommaire des modèles technico-économiques dans HDM

Le cadre général du système HDM-4 ("*Highway Development and Management*") est décrit dans le volume 4 du manuel associé au logiciel [9]. Le volume 5 traite des procédures de calibration et d'adaptation des modèles. Les volumes 6 et 7 décrivent en détail respectivement les modèles techniques "détérioration des chaussées et effet des travaux", et les modèles économiques et socio-économiques "usage des routes et impacts environnementaux".

III.1.1 Les modèles de HDM

Les modèles techniques sur la détérioration des chaussées et l'effet des travaux couvrent différents types de chaussées (bitumineuse, hydraulique, etc.), différents types de dégradations ou d'indicateur de chaussées (fissuration thermique et de fatigue, orniérage, uni, etc.) et différents types de travaux. La plupart de ces dégradations et de ces indicateurs sont utilisés pour calculer l'indicateur d'uni (IRI), qui est employé dans les modèles économiques.

Divers modèles économiques sont utilisés par HDM. Parmi ceux-ci, plusieurs concernent les coûts de fonctionnement des véhicules : consommation (de carburant, de pneus, de lubrifiant), entretien et réparation, durée d'utilisation et de service, capital immobilisé. Les autres couvrent les coûts d'usage : temps de trajet, sécurité des usagers, effets des travaux d'entretien sur le trafic, etc. D'où il ressort que la plupart des aspects économiques de la gestion des routes sont pris en compte par HDM, l'accent étant mis sur les coûts des véhicules.

Ces "coûts de fonctionnement" dépendent généralement de l'état de la route, exprimé par l'uni longitudinal, c'est-à-dire la valeur d'IRI. En fait, ils ne varient pas linéairement avec l'IRI, mais restent sensiblement constants pour les valeurs d'IRI faibles (0 – 5) et s'accroissent rapidement ensuite. Ainsi, sur les réseaux sur lesquels l'IRI est presque partout inférieur ou égal à 5, ces "coûts de fonctionnement" sont peu sensibles à l'état de la route, et donc peu affectés par l'entretien. Ils ne participent pas significativement à la comparaison de politiques d'entretien. Au contraire, ces coûts sont une composante importante du bilan économique de politiques d'entretien dans les pays où l'IRI dépasse couramment la valeur 5 avant entretien.

Les autres "coûts d'usage" sont d'abord conditionnés par le temps de trajet et la sécurité d'usage. Le temps de trajet est inversement proportionnel à la vitesse des véhicules, qui est conditionnée soit par les vitesses permises du fait des caractéristiques géométriques de la route, soit par les limitations de vitesse, si elles sont plus basses que les précédentes. Elles ne dépendent pas des choix de maintenance ou de réhabilitation. A l'inverse, sur les réseaux très circulés, le temps de trajet est aussi, voire d'abord, influencé par les ralentissements et/ou les bouchons créés par les travaux d'entretien et/ou de réhabilitation. Les ralentissements entraînent des délais limités, alors que les bouchons provoquent des retards importants, donc des surcoûts d'usage considérables.

III - LITERATURE REVIEW

III.1 Brief review of HDM technico-economic models

The general framework of the HDM-4 ("Highway Development and Management") system is described in the volume 4 of the manual [9] associated with the software. Volume 5 addresses the models adaptation and calibration procedures. Volumes 6 and 7 respectively describe in all details the technical "pavement deterioration and works effects" models and the economic and socio-economic "road users and environmental effects" models.

III.1.1 The models in HDM-4

The technical pavement deterioration and works effect models cover different types of pavement (bituminous, concrete, etc.), different types of distresses or pavement indicators (thermal and fatigue cracking, rutting, roughness, etc.) and different road works. Most of these distresses and indicators are used to calculate the value of IRI, the roughness indicator, which is the one used in the economic models.

Various economic models are used in HDM. Amongst these models, several are addressing the vehicle operations costs: consumption (fuel, tyre and oil), maintenance and repairs, utilisation and service life, capital costs. The other are dealing with user costs: travel time, user safety, effects of road works on traffic, etc. From this list, it appears that most of the economic aspects of road management are taken into account in HDM-4, with a special effort directed towards the so-called "vehicle costs".

These "operating costs" are generally depending on the road condition, expressed through the unevenness, eq. the IRI value. In fact, they do not vary linearly with IRI, but remain quite constant for small IRI values (0 – 5), and increase rapidly beyond this range. Therefore, on road networks where IRI is almost systematically less or equal to ~ 5, these "operating costs" are not very sensitive to the road condition, and thus are not really affected by the maintenance operations. They do not significantly contribute to compare different maintenance policies. On the contrary, these "vehicle costs" are important components of the economic balance of maintenance policies in countries where the IRI values currently exceeds 5, before maintenance.

The other "user costs" are mainly derived from travel time and user safety. The travel time is inversely proportional to the speed of vehicles, which is governed either by the geometrical characteristics of the road, or by speed regulations, if the latter are lower than the former. They are not depending on maintenance or rehabilitation options. On the contrary, on networks experiencing heavy traffics, the travel time is also, and probably mainly, sensitive to slowing down and/or congestion, which can be generated by maintenance and/or rehabilitation works. Slowing down implies limited user delays, but congestion causes important delays and thus, large extra user costs.

Dans sa version 1.0, HDM4 utilise un modèle qui évalue uniquement les retards dus aux ralentissements, ce qui limite fortement son applicabilité aux réseaux routiers structurants des pays industrialisés. Il semble que des travaux soient en cours pour étendre ces modèles de sorte qu'ils prennent également en compte les bouchons.

La sécurité routière n'est que très peu évoquée dans le manuel HDM-4. De plus, elle n'est pas mise en relation avec l'état de la route, et de façon sommaire avec sa géométrie. Ainsi, l'effet des travaux d'entretien sur la sécurité routière n'est pas vraiment considéré dans l'analyse.

De plus, il faut noter que HDM-4 est fortement orienté vers les usagers. Ainsi, il ne comprend pas de modèle pour la préservation des routes, c'est-à-dire aucun modèle qui exprime la valeur résiduelle de la chaussée en fonction de son état. Même si on doit reconnaître que ce concept reste encore assez mal défini, y compris par ceux qui l'utilisent, il est néanmoins largement utilisé aujourd'hui, dans les pays développés, pour justifier des budgets d'entretien.

Ce rapide survol conduit à la conclusion que HDM-4, au moins dans sa version 1.0, est adapté à l'analyse économique des politiques d'entretien et la comparaison des choix d'entretien et de réhabilitation dans les pays en voie de développement, où l'état des routes implique généralement une contribution importante des coûts liés aux véhicules au bilan global. Dans les pays industrialisés, les "coûts de fonctionnement des véhicules" sont moins sensibles aux interventions d'entretien. Au contraire, la préservation des chaussées, la sécurité des usagers et les surcoûts d'usage sur les zones de travaux sont des composantes majeures (positives et négatives) des bénéfices attendus de l'entretien dans ces pays.

III.1.2 Adaptation et calibration des modèles

Les modèles de HDM-4 sont, sous certains aspects, généraux. Ils combinent des données décrivant le type de routes, l'état des chaussées, les caractéristiques de la flotte de véhicules et des véhicules eux-mêmes, etc., grâce à des équations. Ces équations utilisent des coefficients qui reflètent les conditions locales d'application. Avant d'utiliser HDM-4 dans un contexte précis, il faut d'abord adapter les données au format attendu par HDM-4, et/ou compléter les données manquantes, puis identifier les valeurs de coefficients qui traduisent ce contexte.

L'adaptation est une opération complexe entachée d'incertitude. Ainsi, la fissuration de fatigue dans HDM est exprimée à la fois en termes de surface de chaussée affectée par tout type de fissures, et en termes de surface de chaussée affectée par une fissuration large. Si la fissuration structurelle est exprimée en terme de longueur de chaussée affectée par cette fissuration, dans le système local, une conversion est nécessaire. Celle-ci est source de difficultés, d'incertitudes, et doit être traitée avec soin. Un examen des règles locales de codage des dégradations est indispensable pour éviter un biais du système de conversion.

In the version 1.0, HDM-4 uses a model that only evaluates the delays due to slowing down, which drastically limits its applicability on main road networks of industrialised countries. It seems that works are in progress to extend this model so that it takes into account the congestion as well.

Road safety is only briefly addressed in the HDM-4 manual. Furthermore, it is not related with road condition, and very coarsely with road geometry. Therefore, effects of maintenance operations on road safety cannot really be taken into account in the analysis.

Furthermore, it should also be noticed that HDM-4 is strongly user oriented. For instance, it involves no model for pavement preservation, which means no model that expresses the current value of the pavement as a “function” of its condition. Although one must admit that this concept is not enough clearly defined, even by those who are using it, it is nevertheless largely used, today, in developed countries, to justify maintenance budgets.

This brief overview supports the conclusion that HDM-4, at least the version 1.0, is appropriate for economic analysis of maintenance policies and comparison of maintenance and rehabilitation options in developing countries, where the condition of the networks generally implies a major contribution of vehicle costs to the overall balance. In industrialised countries, the “vehicle operating costs” are not so sensitive to maintenance operations. On the contrary, pavement preservation, user safety and extra user costs at works zones are the major components (positive and negative) of the benefits expected from maintenance, in these countries.

III.1.2 Adaptation and calibration of models

The models in HDM-4 are, to some respect, general-purpose models. They combine data describing road type, pavement condition, vehicles characteristic, vehicle fleet parameters, etc. using some equations. These equations involve coefficients, which reflect the local conditions of application. Before using the HDM-4 models on its own context and data, one has firstly to adapt its data to the format required by HDM, and/or to collect the missing data, secondly to find the value for the coefficients which apply to the local conditions.

Adaptation is a quiet complex and uncertain operation. For instance, structural cracking in HDM is expressed in term of both pavement areas affected by all cracking and pavement area affected by wide cracking. If the structural cracking is expressed in terms of extend of pavement which is affected by cracks, in the local database, a conversion is necessary. This conversion is a source of difficulties and uncertainties, and should be carefully realised. A comprehensive examination of how are encoded the distresses in local system is really necessary to set up a conversion system which does not generate important bias.

Les modèles techniques et économiques comportent des paramètres et coefficients de calibration. Par exemple, le modèle d'initiation de la fissuration structurelle, 'I_{ca}', sur des revêtements d'origine, est exprimé par :

$$I_{ca} = K_{cia} \left\{ CDS^2 \, a_0 \, e^{\left[a_1 \, HSE + a_2 \log(CMOD) + a_3 \log(DEF) + a_4 \, YE4.DEF)\right]} + CRT \right\}$$

où "HSE" est l'épaisseur du revêtement, "CMOD" le module résilient du sol, "DEF" est la déflexion, "YEA" le nombre d'essieux standard équivalents par an. "K_{cia}" est un facteur de calibration qui est ajusté sur les conditions locales par l'utilisateur. Les coefficients a_0 to a_4 doivent aussi refléter cet environnement local. Néanmoins, dans la plupart des cas ces valeurs ne sont pas accessibles à l'utilisateur, et le système utilise des valeurs par défaut. La même règle s'applique aux modèles économiques. Par exemple, le modèle de consommation de carburant s'écrit :

$$Fc = a_0 + \frac{a_1}{S} + a_2 \, S^2 + a_3 \, RISE + a_4 \, FALL + a_5 \, IRI$$

où S désigne la vitesse des véhicules, RISE la pente de la route, FALL le dévers et IRI l'uni de la route. Ici encore, les coefficients a_0 , …, a_5, b_0 et b_1 sont des coefficients qui doivent normalement être ajustés aux données locales.

Face à cette situation, les utilisateurs ont le choix entre se fier aux valeurs par défaut ou ajuster les coefficients sur les conditions locales par les procédures appropriées. Dans le premier cas, les modèles ne seront pas précisément représentatifs des conditions locales, et les résultats et conclusions des analyses peuvent être douteux. Le second cas suppose la mise en œuvre d'une calibration. Ceci peut être relativement "facile" s'il existe des modèles utilisables pour générer des cas (entrées + sorties) représentatifs des différentes circonstances dans lesquelles les modèles seront employés. Le plus souvent, de tels modèles n'existent pas ou ne sont pas cohérents avec ce qui peut être exploité par HDM-4, et dans ce cas la calibration demandera un travail assez important. Une troisième option consiste à développer localement des modèles et à demander leur introduction dans le logiciel. On conçoit que cette solution soit à la fois la meilleure et la plus coûteuse.

Finalement, il est important de considérer que l'application de tout système d'aide à la gestion des chaussées standard exige à la fois l'adaptation et la calibration des modèles utilisés par ce système. Ces tâches sont importantes pour la fiabilité et la précision des analyses faites avec le système. Elles sont aussi importantes en terme de quantité de travail et ne doivent pas être sous-estimées. Cette conclusion s'applique à tous les systèmes standards : le survol de HDM n'est qu'une occasion de la mettre en lumière.

Both technical and economic models involve calibration parameters and coefficients. For instance, the model of initiation of all structural cracking, 'I_{ca}', on original surfacing is expressed as:

$$I_{ca} = K_{cia} \left\{ CDS^2 \, a_0 \, e^{[a_1 \, HSE + a_2 \log(CMOD) + a_3 \log(DEF) + a_4 \, YE4.DEF)]} + CRT \right\}$$

where 'HSE' is the thickness of the surfacing, 'CMOD' the resilient modulus of the soil, 'DEF' is the deflexion, 'YE4' the annual number of equivalent standard axles. 'K_{cia}' is a calibration factor, which is adapted to local conditions by the users. The coefficients a_0 to a_4 should also reflect the local environment. Nevertheless, in most cases, these values are not opened to the users, and the system uses default values. The same applies for economic models. For instance, the fuel consumption model is expressed as:

$$Fc = a_0 + \frac{a_1}{S} + a_2 \, S^2 + a_3 \, RISE + a_4 \, FALL + a_5 \, IRI$$

where S holds for vehicle speed, RISE for road rise, FALL for road fall and IRI expresses the road roughness. There again, the coefficients a_0 to a_5, b_0 and b_1 are coefficients that should normally be adjusted to the local data.

Facing this situation, the user has the choice to trust in default values or to calibrate the coefficients to local conditions by appropriate procedures. In the first option, the models will not be precisely representative of the local conditions, the results and conclusions of the analysis might be questionable. The second option implies to undertake the calibration. It may be quite "easy" if there are already some existing models which can be used to generate a number of cases (inputs + outputs) representative of the different situations in which the models will be used. Often, there are no such local models, at least consistent with what is used in HDM-4, and in that case, calibration will require a quite important amount of work. A third option is to develop models at local level and to ask for the implementation of these models in the existing software. One can imagine that this is both the best and the most expensive option.

Finally, it is important to consider that the application of any "standard" pavement management system to a specific context requires both adaptation and calibration of the models used by this system. These tasks are important for the reliability and accuracy of the analysis made with the system. They are also important in terms of amount of works, and should not be underestimated. This conclusion applies to all standard PMS. Review of HDM-4 models is only an opportunity to enlighten it.

III.2 Examen des rapports OCDE

Parmi les enjeux du Groupe de Recherche sur les Transports Routiers de l'OCDE, l'entretien des chaussées et les systèmes de gestion des chaussées tiennent une place importante. A titre d'exemple, on citera les rapports suivants :

- Systèmes de Gestion des Chaussées, Paris 1987
- Le renforcement des routes dans les pays d'Europe centrale et de l'Est, Paris, 1993
- Les systèmes de gestion de l'entretien routier dans les pays en voie de développement, Paris 1995

Beaucoup d'ateliers furent organisés sur ces sujets dans les pays aussi bien développés qu'en voie de développement.

L'examen fut étendu au champ plus large des performances des routes, des équipements d'usage et de la satisfaction des usagers dans les rapports sur :

- Indicateurs de performance dans le secteur routier, Paris, 1997
- Indicateurs de performance du secteur routier, Résumé des essais en site, Paris, 2001
- Gestion du Patrimoine dans le secteur routier, Paris 2000

Le rapport sur les indicateurs de performance examine les pratiques courantes pour mesurer l'efficacité des administrations routières et suggère un ensemble spécifique de buts et d'objectifs pour la préparation de projets et programmes routiers. Il fournit un groupe standard d'indicateurs de performance que les administrations routières peuvent utiliser pour s'auto-évaluer. Il traite aussi des raisons d'être et de l'usage des indicateurs de performance et des systèmes de données qui permettent d'agir. L'étude fut commencée en 1995 par un Groupe d'Experts Scientifiques du Programme de Recherche sur les Transports Routiers de l'OCDE. Son objectif était de définir une liste minimum des données routières clés devant être recueillies pour évaluer l'état courant de la gestion des routes du point de vue des maîtres d'ouvrage (Accessibilité et Mobilité, Sécurité, Environnement, Équité, Communauté, Développement de programmes, Présentation de programmes, Performance des programmes) et abordé sous trois angles (Niveau gouvernemental, Niveau de l'administration routière, Niveau de l'usager des routes). Le rapport propose 40 indicateurs primaires et 35 secondaires.

Suivant les recommandations de ce rapport de 1997, un groupe de travail fut investi de la mission de tester en site une sélection de 15 indicateurs utilisés par différentes administrations routières dans le monde. L'objectif de ce projet était d'évaluer l'applicabilité des indicateurs de performance pour améliorer la gestion de l'administration. Les essais furent conduits durant la période 1997-99 dans 15 pays membres. Les 15 indicateurs testés comprenaient :

III.2 Review of OECD reports

Within the targets of the Road Transport Research Group of OECD Pavement maintenance and Pavement Management Systems always played an important role. As examples the following reports may be mentioned:

- Pavement management systems, Paris 1987
- Road Strengthening in Central and Eastern European Countries, Paris 1993
- Road maintenance management systems in developing countries, Paris 1995

Also many workshops were held on these topics in developed and developing countries, as well.

A wider view looking on the broad field of road performance, user requirements and user satisfaction was conducted with the reports on:

- Performance indicators for the Road Sector, Paris 1997
- Performance indicators for the Road Sector, Summary of the field tests, Paris 2001
- Asset management for the Road sector, Paris 2000.

The report on performance indicators examines current practices for measuring the efficiency of road administrations and suggests a well-defined set of goals and objectives for the successful delivery of road projects and programmes. The report provides a standardised set of performance indicators which road administrations can use to gauge them. It also deals with the purpose and uses of performance indicators and data systems that support the development of measures. The study was started 1995 by a Scientific Expert Group of the OECD Road Transport Research Programme. The objective was to define the minimum set of key road data that must be collected in order to evaluate the current status of road management from the point of view of all stakeholders. The Group identified and classified performance indicators in 8 categories (Accessibility and Mobility, Safety, Environment, Equity, Community, Programme Development, Programme Delivery, Programme Performance) and from 3 perspectives (Government level, Road administration level, Road user level). There are 40 primary indicators and 35 secondary indicators presented in the report.

Following the recommendations of this 1997 – report, a task force was established to field test a selection of 15 performance indicators used by road administrations throughout the world. The objective of the project was to assess the applicability of the performance indicators to improving the management of road administration. The field test was conducted over the period 1997-99 in 15 Member countries. The 15 indicators that were field-tested included:

- coût d'usage moyen des routes ;
- niveau de satisfaction sur les temps de trajet et leur régularité, qualité de l'information délivrée aux usagers ;
- risques encourus par les usagers "protégés" ;
- risques encourus par les usagers "non protégés" ;
- programme/politique vis à vis de l'environnement ;
- processus de recherche de marché et de retour de clientèle ;
- programmes à long terme ;
- comparaison des valeurs prévues / réelles des coût de routes ;
- pourcentage de frais généraux ;
- valeurs du patrimoine ;
- uni ;
- état des ponts routiers ;
- satisfaction relative à l'état des routes.

Un aspect clé de ce projet résida dans la comparaison des procédures selon lesquelles les administrations routières utilisent ces indicateurs. Une appréciation qualitative des rôles et fonctions remplies par les administrations routières, tend à montrer qu'une évolution culturelle est nécessaire dans la plupart des cas vers une approche ciblée client. Le groupe de travail conclut qu'une comparaison entre administrations est d'un intérêt limité à moins qu'elle ne soit accompagnée par un examen en profondeur des raisons expliquant les différences.

Alors que les gouvernements exercent une pression croissante sur les administrations routières pour améliorer l'efficacité et la traçabilité de la gestion des réseaux, un autre groupe d'experts a présenté en Décembre 2000 un rapport sur la gestion du patrimoine dans le secteur routier.

La gestion du patrimoine appliquée au secteur routier peut être conçue comme "un processus systématique d'entretien, de mise à niveau et d'exploitation du patrimoine, associant les principes d'ingénierie avec des pratiques de gestion et des raisonnements économiques sains, et mettant à disposition des outils facilitant une approche mieux organisée et plus flexible pour prendre les décisions nécessaires pour répondre aux attentes du public".

Le rapport explique en quoi le développement d'un Système de Gestion du Patrimoine routier est une évolution logique de la gestion des composants individuels de ce patrimoine et des programmes vers une gestion conçue dans une perspective plus large, faisant un usage plus efficace de ressources limitées. Ainsi vu, les Systèmes de Gestion du Patrimoine sont des systèmes intégrés qui peuvent combiner les systèmes de gestion sectoriels pour produire des informations nouvelles, souvent plus abstraites. Beaucoup d'administrations routières disposent déjà de solides bases sur lesquelles construire leur Système de Gestion de Patrimoine.

En général, la procédure de Gestion du Patrimoine part des objectifs et de la politique de l'administration routière, ainsi que du budget disponible. Sur cette base, elle enchaîne le recueil de données, l'étude de comportement, l'analyse des options d'entretien et l'optimisation de la programmation jusqu'au choix des solutions d'entretien et à leur mise en œuvre au niveau des projets. Finalement, le suivi a posteriori produit un retour d'informations qui, à son tour, influence les objectifs, la politique et le budget. Le rapport décrit ces étapes.

- Average road user costs;
- Level of satisfaction regarding travel time and its reliability and quality of road user information;
- Protected road user risk;
- Unprotected road user risk;
- Environmental policy/programmes;
- Processes in place of market research and customer feedback;
- Long-term programmes;
- Forecast values of road costs vs. actual costs;
- Overhead percentage;
- Value of assets;
- Roughness;
- State of road bridges;
- Satisfaction with road condition.

A key aspect of the project was the comparison of the processes in which the indicators are applied by different road administrations. Qualitative assessment on the role of and function served by road administrations, and whether the execution of their mandates reflects the views of the public and government, suggested that a cultural change is necessary in most cases toward a client focused approach. The task force concluded that quantitative comparison between administrations is of limited usefulness unless it is accompanied by a thorough examination of the underlying reasons for any differences.

As governments are placing greater pressures on road administrations to improve the efficiency of, and the accountability for, the management of the road network, another expert group in December 2000 presented a report on Asset Management for the road sector.

Asset Management as applied to the roads sector can be considered to be “a systematic process of maintaining, upgrading and operating assets, combining engineering principles with sound business practice and economic rationale, and providing tools to facilitate a more organised and flexible approach to making the decision necessary to achieve the public’s expectations”.

The report describes how the development of an Asset Management System for Road Administrations is a logical evolutionary step from managing individual assets and programmes to managing from a broader perspective, making most effective use of the limited resources. As such, Asset Management Systems are generally integrated systems in which existing management systems for individual assets can be combined to produce new and often more abstract information. In this regard, many road administrations already have a solid backbone on which to build an Asset management System.

In general, the sequence of Asset Management begins with the goals and policies of a road administration and the available budget. From this starting position, the sequence proceeds through data collection, performance monitoring, analysis of maintenance options and programme optimisation, through to project selection and implementation. Finally, monitoring and review procedures provide feedback, which in turn influences the goals, policies and available budget. The typical components of this sequence are described.

Une autre application importante des Systèmes de Gestion du Patrimoine, identifiée par le rapport, est liée à la nécessité de suivre le comportement de ce patrimoine en référence à des productions ou des objectifs de performance bien définis. Une approche en ce sens consiste à utiliser des indicateurs de performance pour mesurer les progrès faits vers les objectifs de l'administration routière, mais d'autres sont plus simples. Les différents services de l'administration peuvent utiliser les mêmes mesures de performances, avec une importance différente.

Le rapport montre aussi comment la mise en œuvre d'un Système de Gestion du Patrimoine peut fournir aux administrations routières une gamme d'avantages, dont l'amélioration de la Communication, ainsi que de meilleures données sur le patrimoine et le fonctionnement du réseau. Des outils plus efficaces de gestion du patrimoine sont aussi disponibles, permettant un meilleur usage des fonds et offrant des opportunités pour la qualification des équipes.

Les expériences des pays membres de l'OCDE qui se sont lancés vers la Gestion du Patrimoine routier ont montré que de nombreux points devaient être traités par les administrations routières avant de mettre en œuvre un Système de Gestion du Patrimoine :

- un Système de Gestion du Patrimoine doit intégrer les systèmes existants de gestion des éléments du patrimoine, ce qui permet d'adopter une approche commune pour la gestion de ces différents éléments ;
- il est nécessaire d'améliorer les procédures de recueil, de sauvegarde et de gestion des données d'inventaire, de localisation et d'état applicable à la gestion du patrimoine ;
- les moyens d'analyse doivent permettre de mettre en priorité les options d'entretien à partir des coûts sur le cycle de vie du patrimoine ;
- la Gestion du Patrimoine encouragera les administrations routières à adopter une approche plus "industrielle" pour la gestion des biens dont ils ont la responsabilité alors que le concept de valorisation / dépréciation du patrimoine apporte aux ingénieurs un langage commun avec les centres financiers et de décision. Ceci permettra de mieux évaluer les répercussions des différentes stratégies d'investissement en y incluant, potentiellement, d'autres secteurs patrimoniaux. La Gestion du Patrimoine favorisera le concept de suivi de performances dont, par exemple, les indicateurs de performance.

Bien qu'aucun Système de Gestion du Patrimoine n'ait encore été complètement mis en œuvre au niveau national dans les pays membres représentés dans le groupe de travail, on considère que la mise en œuvre de Systèmes de Gestion du Patrimoine résultera inévitablement soit de l'application de dispositions législatives, soit du désir de réaliser les avantages supplémentaires qu'offre un système intégré sur des systèmes de gestion sectoriels.

Another important aspect of the use of Asset Management Systems identified by the report is the need to monitor the performance of the asset against defined required outcomes or targets of performance. One approach for this is the use of Performance indicators to measure progress towards achieving the Road Administration objectives but there are other, simpler approaches. The same measures of performance can be used by all parts of an Administration but the importance given to each measure may differ.

The report also describes how the implementation of an Asset Management System can provide Road Administrations with a range of benefits including improved communications, improved data about assets and network performance. More effective tools for the management of the asset are also provided which allow more effective use of available funds and provide opportunities for staff development.

The experiences of those OECD Member countries that are moving towards Asset Management in the roads sector have indicated that there are a number of points that should be considered by Road Administrations before implementing an Asset Management System:

- An Asset Management System should integrate existing management systems for individual assets, which will enable a common approach to be adopted for the management of different assets.
- Improved collection, storage and management procedures for asset information including inventory, location and condition data, will be required.
- Analysis capabilities should include the ability to prioritise maintenance options on the basis of the life cycle cost of the assets.
- Asset Management will encourage Road Administrations to adopt a more business-like approach to the management of the assets for which they have responsibility while the concept of asset valuation and depreciation will provide engineers with a common language with budget holders and decision-makers. This will enable the implications of different investment strategies to be determined including, potentially, assets in other sectors. Asset Management will further encourage the concept of performance monitoring including, for example, Performance Indicators.

Although no such Asset Management System has yet been fully implemented at a national level in any of the OECD Member countries represented in the Working Group, it is considered inevitable that Asset Management Systems will begin to be implemented as a result of either legislative requirements or the desire to realise the incremental benefits of an integrated system over systems of managing individual assets.

III.3 Revue des projets européens récents ou en cours

III.3.1 L'action COST 324 et le projet PARIS

L'entretien des infrastructures routières passe par une programmation structurée, prenant en compte les "coûts sur la durée de vie" des chaussées et les conséquences pour les usagers en terme de délais et de sécurité associés aux fermetures de route consécutives à l'exécution de travaux d'entretien. De tels plannings d'entretien structurés sont préparés selon des méthodes de gestion de l'entretien incluant des analyses économiques.

Des analyses économiques de la gestion de l'entretien n'ont de sens que sur le long terme, ce qui implique que les premiers "modèles économiques" sont ceux qui traitent de l'évolution des chaussées. Ils sont employés pour prédire le moment auquel une section donnée atteindra le niveau d'intervention s'appliquant à la dégradation considérée. Le projet PARIS [4] (*Performance Analysis of Road Infrastructure*) visait à développer des modèles robustes adaptés aux conditions de trafic et de climat de l'espace européen, mettant l'accent sur les chaussées souples et semi-rigides. Le projet dura deux ans, du 1er octobre 1996 au 30 septembre 1998. Il était partiellement financé par la Commission Européenne, dans le cadre du programme "Recherche Routière et Développement Technologique" du Quatrième Programme Cadre. Dix-neuf instituts de quinze pays participèrent au projet en fournissant l'historique de dégradations de chaussées sur diverses sections de leur réseau. Ces instituts recueillir également des données récentes sur ces sections et prirent part au développement des modèles de dégradation de chaussées et à leur validation.

Les bases de ce projet furent posées dans le cadre de l'action COST 324 "*Long Term Performance of Road Pavements*". Les deux années accordées au projet imposaient de recourir à des données de dégradations de chaussées provenant des bases des instituts participants. Ces données avaient été recueillies lors d'opérations dites de tests en temps réel (RLT) sur des sections sélectionnées sur les réseaux routiers, soumises à un trafic normal. Une évaluation de ces données dites "historiques" fut faite, dont il résultat que 700 sections remplissaient les conditions pour être prises en compte dans PARIS. Des sections additionnelles furent sélectionnées pour la validation des modèles de dégradations, portant le nombre total de sections à plus de 900. Les données provenant de ces sections furent complétées par des données recueillies lors d'essais de fatigue accélérée (ALT) réalisés sur des manèges de fatigue. Là aussi, la durée du projet imposa qu'on utilise des données existantes, sans pouvoir faire de nouveaux essais. Les données ALT apportèrent des informations sur la forme des modèles à développer, depuis l'apparition de la dégradation jusqu'à la rupture de la chaussée.

Deux types de modèles de dégradations furent produits par l'analyse. Le premier type de modèles prédit l'âge d'apparition d'une dégradation, alors que le second type décrit, en termes d'extension et de gravité, son évolution ultérieure. Les modèles d'apparition de dégradations furent développés pour les fissurations uniquement. En effet, on manquait de données d'entrée pour les modèles de ce type applicables aux autres dégradations. Les modèles de propagation des dégradations furent développés pour la fissuration, l'orniérage, les arrachements et l'uni longitudinal.

III.3 Review of European recent and on going projects

III.3.1 COST 324 action and PARIS Project

Maintenance of the road infrastructure calls for a structured planning, taking into account the life-cycle costs of the pavements and the consequences for the road users in terms of delays and safety of the road closures associated with the execution of maintenance. Such structured maintenance planning is done using Maintenance Management Methods including economical analysis.

Economical analysis of maintenance management can only be performed on the long term, which means that the first "economical models" are those dealing with pavement deterioration, which are used to forecast when a given road section reaches the intervention level for the pavement distresses considered. The PARIS project [4] (Performance Analysis of Road Infrastructure) aimed at developing robust models for the European inference space of traffic loading and climate, focusing on flexible and semi-rigid pavements. The project duration was two years, from 1 October 1996 till 30 September 1998. The project was partly funded by the European Commission under the Transport Research and Technological Development Programme of the Fourth Framework Programme. Nineteen Institutes from fifteen European countries participated in the project by providing historical distress data on pavement deterioration of selected test sections of their road network. They also performed recent data acquisition on those sections and took part in the development of the pavement deterioration models and in the validation of those models.

The basis for this work was laid in COST Action 324 "Long Term Performance of Road Pavements". The available two years of project duration called for the use in the analysis of historical data on pavement deterioration, provided from data sources at the participating Institutes. Such data were collected in so called Real-Time Loading Testing (RLT) on selected sections of the road network subjected to normal traffic loading. An assessment was made of these historical data sets, resulting in a set of over 700 sections meeting the criteria for inclusion in the analysis of PARIS. Additional sections were selected for the validation of the deterioration models, bringing the total number of sections in the project to over 900. The data from these sections were augmented by data from Accelerated Loading Testing (ALT) of pavement structures, using dedicated facilities. Given the time frame of the project, again only existing data were used here, rather than performing new experiments. The ALT data especially provided information on the functional forms of the models to be developed, covering the full range from the onset of distress up to pavement failure.

Two types of deterioration models were produced in the analysis. The first type of models allows for forecasting when the first appearance of distress will be, whereas the second type of models describe the following period in which the distress at hand increases with time in severity and extent. Distress initiation models were developed for the distress cracking only, due to a lack of input data for such models at the practitioner's level of pavement management for the other distresses. Distress propagation models were developed for the distresses cracking, rutting, ravelling and longitudinal unevenness.

III.3.2 Le projet PAV-ECO

PAV-ECO [3] était une partie d'un contrat de recherche intitulé "Pavement and Structure Management System" qui regroupait deux projets de recherche distincts mais liés, conduit avec un financement partiel du Programme "Recherche Routière et Développement Technologique" du Quatrième Programme Cadre de la Commission des Communautés Européennes. Ces deux projets étaient PAV-ECO (*Economic Evaluation of Pavement Maintenance - Life-cycle Cost at Project and Network Level*) et RIMES (*Road Infrastructure Maintenance Evaluation Study*) (cf. § II.3.3.3). PAV-ECO fut lancé par le Forum des Laboratoires européens de Recherche routière, et démarra officiellement le 14 Octobre 1997, s'achevant le 13 Octobre 1999.

Le premier objectif de ce projet était d'examiner les pratiques européennes dans les domaines des techniques, des stratégies et de la gestion de la réhabilitation et de l'entretien. Les informations furent réunies à la fois par une étude bibliographique et par des interviews menées par les partenaires du projet. L'étude bibliographique visa à donner des bases théoriques plus solides à la procédure de collecte d'informations, et à construire le cadre d'analyse dans lequel les informations recueillies à travers les interviews sur les pratiques d'entretien en cours pourraient être organisées. Les Directions des Routes de 15 pays furent interrogées. La synthèse qui fut faite à partir de ces entretiens donna une vue d'ensemble des pratiques de la gestion des chaussées en Europe.

Les conclusions de cette revue portent sur l'entretien des chaussées en Europe. Au premier abord, les réseaux routiers des pays industrialisés sont très différents en longueur, en trafic et dans l'organisation de leur gestion. Toutefois, une analyse plus fine de la situation permet d'identifier plusieurs constantes :

- Dans la plupart des pays, il y a plusieurs réseaux routiers gérés par des organismes différents: national, régional, local et parfois des sociétés concessionnaires ;
- Les maîtres d'ouvrage des différents réseaux bénéficient d'une autonomie croissante ; ils décident eux-mêmes de la répartition des budgets routiers et de leur distribution ;
- Il existe une tendance à établir une classification des routes découlant de différentes considérations, telles que le trafic, les caractéristiques des routes et leur fonction ; lorsque cette classification existe, des objectifs d'entretien spécifiques sont assignés aux différentes catégories de routes ;
- Pour discuter de la répartition des budgets, les services techniques en charge de la gestion des routes expriment le "souhaitable" en termes de normes applicables à l'état des chaussées ; en Europe, très peu de pays utilisent les coûts de fonctionnement des véhicules pour définir ces normes ;
- La répartition des budgets entre les différents services résulte le plus souvent d'un compromis entre l'équité et l'efficacité ; Dans le second cas, il faut disposer d'outils rationnels et fiables pour conduire les analyses indispensables ; dès lors que ces outils (PMS) sont largement diffusés, le principe d'efficacité devrait gouverner de plus en plus les choix de répartition des fonds.

III.3.2 PAV-ECO Project

PAV-ECO [3] was a part of a research contract entitled “Pavement and Structure Management System”, which covered two separate, but related, research projects, carried out under partial funding from the Transport Research and Technological Development Programme of the Fourth Framework Programme of the Commission of the European Communities. The two Projects were PAV-ECO (Economic Evaluation of Pavement Maintenance - Life-cycle Cost at Project and Network Level) and RIMES (Road Infrastructure Maintenance Evaluation Study) (see § II.3.3.3). PAV-ECO was initiated by the Forum of European Highway Research Laboratories and officially started on 14 October 1997 and ended on 13 October 1999.

The first objective of the project was to review European practices in the fields of maintenance and rehabilitation techniques, strategies and management. The information was collected via both a literature survey and some direct investigations being carried out by the partners of the project. The literature survey was undertaken to give stronger theoretical basis to the information gathering process, and to build a framework in which the information collected during the interviews about actual situation regarding maintenance practices could be arranged. Road Directorates were interviewed in 15 European countries. A synthesis was made which gave an overview of the pavement management practices, all over Europe.

This review first provided general conclusions about pavement maintenance in Europe. At first sight, the road networks of industrialised countries are very different in length, traffic and organisation of road management. Nevertheless, a careful analysis of the situation makes it possible to identify different constants:

- In most countries, there are several roads networks managed by different organisations: national, regional, local and sometimes toll networks;
- The authorities managing the different networks are more and more autonomous; they decide by themselves of the allocation of road budgets, and of their distribution;
- There is a trend to establish a classification of the roads derived from different considerations, such as the traffic, the characteristics of the roads or their functions; when such a classification exists, different maintenance objectives are assigned to the different categories of roads;
- To discuss budget allocation, the technical service in charge of the roads management expresses the « desirable » in terms of norms applying to the condition of roads; in Europe, very few countries use the VOC to define these norms;
- Distribution of maintenance budgets between the services most often results of a compromise between equity and efficiency. In the latter case, there is a need for rational and reliable tools, making it possible to conduct the required analysis; since these tools (PMS) are now largely implemented, the principle of efficiency should more and more govern the distribution of maintenance funds.

Plus important encore, la réduction des budgets d'entretien et l'implication croissante du secteur privé dans cette activité constituent des tendances majeures observées ces dernières années en gestion des routes. D'un côté, les administrations routières ont besoin, aujourd'hui, de plus d'arguments, notamment économiques, pour étayer leurs demandes de budget. De l'autre côté, les opérateurs du secteur privé suivent de plus en plus près l'efficacité financière de l'activité de gestion des routes. L'une des conséquences est le besoin croissant de PMS permettant de réaliser des analyses économiques et financières de l'effort d'entretien.

Sur ce point (les PMS avec des modèles économiques), les interviews ont aussi permis de passer en revue les concepts et les outils qui étaient – et sont encore – utilisés pour mettre en œuvre une approche rationnelle de la gestion de l'entretien routier. Dans les pays européens, les approches organisationnelles, financières et techniques de l'entretien, au moins sur les réseaux nationaux, sont assez proches. Il y a un consensus sur les concepts théoriques de politique d'entretien, de stratégie d'entretien, etc., même si ces concepts font l'objet de représentations différentes. De plus, tous les pays utilisent le même groupe d'indicateurs d'état aussi bien que les mêmes familles de techniques d'entretien. Il n'est donc pas surprenant que les gestionnaires des routes emploient les mêmes outils. En fait, les principales différences entre les pays tiennent aux adaptations techniques de ces schémas généraux et des outils aux contextes locaux. De toute évidence, et même en restreignant la comparaison aux réseaux nationaux, les routes subissent des climats différents, supportent des trafics différents, dont l'agressivité (% PL) varie ; par voie de conséquence, les chaussées sont construites avec différentes techniques, et se dégradent donc de façon différente. En d'autres termes, la nature des dégradations qui apparaissent sur ces chaussées, leur gravité, diffèrent d'un pays à l'autre. Et les indicateurs d'état qui sont utilisés dans les stratégies d'entretien variant selon ces dégradations locales, même s'ils sortent d'un groupe commun d'indicateurs. De la même façon, les techniques d'entretien appliquées sur les routes européennes sont assez similaires, seules les caractéristiques des composants (liants, granulats) varient selon les ressources et les contraintes climatiques locales. Finalement, les systèmes qui sont actuellement utilisés dans la plupart des pays européens permettent de prédire les effets de politiques d'entretien autant en termes de programmation que d'évolution de l'état des chaussées. Ils représentent un premier pas dans le développement de systèmes d'analyses économiques "sur le cycle de vie". En fait, de tels systèmes économiques peuvent être dérivés des systèmes de prédiction d'entretien par addition des modèles appropriés pour monétariser les divers effets des mesures d'entretien, et éventuellement d'algorithmes d'optimisation.

A côté de ces considérations générales, PAV-ECO [3] traite avec davantage de détails plusieurs aspects de l'analyse économique de l'entretien.

L'estimation du volume de trafic et sa distribution sont des paramètres importants dans les analyses de coûts sur la durée de vie. La plupart des systèmes de gestion des chaussées utilisent des modèles de trafic linéaires sans considérer le risque d'atteindre la capacité limite. PAV-ECO décrit les facteurs déterminant les prévisions de trafic et propose de nouveaux modèles de simulation de trafic aux niveaux réseaux et projets. Un modèle prototype simple d'affectation du trafic a été développé pour illustrer la distribution de trafic durant des travaux d'entretien ;

More important, the major trend observed over the last years in road management was the decrease of maintenance budgets and the growing implication of private sector in this activity. On one side, the road administrations needs, today, more arguments, especially economical arguments, to justify their demands for budget. On the other side, private operators are looking for more financial efficiency in road management. A consequence is the growing need for PMS taking into consideration economical and financial analysis of maintenance effort.

Regarding this aspect (PMS with economical models), the interviews also provided an overview of the concepts and tools which were – and still are - used to perform a rational approach of the management of pavement maintenance. In European countries, organisational, financial and technical approaches of maintenance, at least on national network, are quiet close. There is some consensus on the theoretical concepts of maintenance policy, maintenance strategy, etc., even if different representations of these concepts are used. Furthermore, all countries are using the same group of condition indicators as well as the same families of maintenance techniques. It is therefore not surprising that the road managing authorities used similar tools. In fact, the main differences between the countries lay in the technical adaptation of the general schemes and tools to the local context. Obviously, and even if the comparison is restricted to national networks, roads experience different climates, support different traffics, with different aggressivity (% of trucks); as a consequence, pavements are constructed with different techniques, and thus deteriorate in different ways. In other words, the type of distresses which appear on these pavements, their severity, differ from one country to another. And the condition indicators that are used in the maintenance strategies vary according to these local distresses, although they are picked up out of a group of common indicators. In the same way, the maintenance techniques applied on European roads are quite common, only the characteristics of components (binders, aggregates) vary according to local resources or local climatic constraints. Finally, the systems which are presently in use in most European countries make it possible to predict the effects of maintenance policies, in terms of both maintenance program and pavement condition evolution. They can actually be considered as a first step for the development of economical analysis systems on the whole life cycle. In fact, these economical systems can be derived from maintenance prediction systems by addition of appropriate models to monetarise the different effects of maintenance measures, and eventually of optimisation algorithms.

Besides these general considerations, PAV-ECO addressed with more details several aspects of the economical analysis of maintenance.

Estimation of traffic volume and distribution is important in pavement life-cycle cost analysis. Most current pavement management systems use simple linear traffic forecasts without considering the risk of reaching the capacity limit. PAV-ECO provides a description of the determinants for traffic forecasts and suggests new traffic simulation models for both network and project level. A simple prototype model for traffic assignment has been developed to illustrate the distribution of traffic during maintenance works.

PAV-ECO présente une méthode pour déterminer la stratégie d'entretien la plus efficace en ne considérant pas seulement les coûts de travaux mais aussi les coûts de temps de trajet, le fonctionnement des véhicules, les accidents, la pollution de l'air, les émissions de CO_2. Une étude de cas effectuée sur des sections routières au Danemark, en France et en Allemagne illustre l'application de ce type d'analyses et compare la mise en œuvre d'actions d'entretien rapprochées et de faible ampleur avec celle de mesures plus conséquentes mais moins fréquentes ;

Les coûts de fonctionnement des véhicules constituent une composante significative des "coûts sur la durée de vie" associés à chaque liaison du réseau routier. Le niveau de ces coûts de fonctionnement dépend de l'état des chaussées, des caractéristiques physiques de la liaison routière et de trafic. La détermination de la relation entre l'accroissement de ces coûts et la dégradation du réseau routier présente un intérêt particulier, plus que leur niveau absolu. Dans cet esprit, une série de modèles de coût de fonctionnement des véhicules européens a été évaluée pour apprécier comment ils pouvaient s'intégrer dans les modèles d'analyse de "coût sur la durée de vie" utilisables en Europe. Une étude comparative entre un modèle de fonctionnement simple et un plus complexe fut conduite, qui montra que le modèle simple mais adapté donnait une précision suffisante sur les routes européennes de bon niveau.

III.3.3 Le Projet RIMES

RIMES (*Road Infrastructure Maintenance Evaluation Study*) était la seconde partie du contrat de recherche "*Pavement and Structure Management System*". Ce projet était divisé en quatre sujets techniques :

1. Revue des systèmes d'infrastructures routières et des modèles dans les états de l'UE ;
2. Module de conception au niveau réseau ;
3. Modèle de programmation des travaux combinant les projets d'entretien des chaussées et des ouvrages ;
4. Étude d'évaluation de l'entretien des infrastructures routières.

La revue des systèmes d'infrastructures routières et de leurs modèles porta sur les Systèmes de Gestion des Chaussées (PMS), des Ouvrages (BMS) ou des Structures (SMS) et sur les coûts d'usage de la route. Concernant les modèles économiques, la principale conclusion de ce sujet fut que "*les modèles examinés paraissent, en l'état, spécifiques à chaque pays parce que la structure, la complexité et la qualité des données utilisées ou disponibles, le climat et la géographie, varient considérablement à travers l'Europe. Des efforts considérables sont donc nécessaires pour produire des modèles de fonctionnement des véhicules pouvant être appliqués partout en Europe*".

Le module de conception au niveau réseau présente un système développé par l'Administration finlandaise des Routes (FINNRA). L'objectif de ce système était de "*fournir le prototype d'un outil d'aide pour les décisions d'allocation de financements pour l'entretien et la réhabilitation des routes revêtues et des ponts. Le système fut conçu pour minimiser la somme des coûts d'usage et de gestion associés à l'entretien des routes tout en assurant un état et des conditions de service sûres et optimum*".

PAV-ECO presents a method for determining the most effective maintenance strategy considering not only works costs, but also social costs for travel time, vehicle operation, accidents, air pollution, and CO_2 emission. A case study including road sections in Denmark, France and Germany illustrates the use of this type of analysis and shows how maintenance measures of limited expenditure carried out at high frequency compares to measures involving larger expenditure carried out at a low frequency, in terms of cost-efficiency.

Vehicle operating costs form a significant component of the life-cycle costs associated with each link in a road network. The level of vehicle operating costs depends upon the condition of the pavement, the physical characteristics of the road link and the traffic flow on the road. The variation of the rising costs relative to the deterioration of the road network is of particular interest to determine, rather than their amount. Therefore, a range of European vehicle operating cost models has been evaluated to assess their suitability for inclusion in life cycle cost models for roads in Europe. A comparison study between a complex and a simple vehicle operating cost model was carried out, which showed that the simple but adapted model was sufficiently accurate for high-standard European roads.

III.3.3 RIMES Project

RIMES [5] (Road Infrastructure Maintenance Evaluation Study) was the second part of the research contract entitled Pavement and Structure Management System. This project was divided in four main technical packages:

1. Review of Road Infrastructure Systems and Models in EU members states
2. Network Level Module System Design
3. Work Programming Model for Combining Pavement and Bridges Maintenance Projects
4. Road Infrastructure Maintenance Evaluation Study

The review of road infrastructure systems and models covered Pavement Management Systems (PMS), Bridge Management Systems (BMS) or Structure Management System (SMS) and Road User Cost models. Regarding economical model, the main conclusion of this package was that "*the models reviewed in their current state would appear to be country specific as the nature, complexity, quality of data used or available, climate and geography varies considerably across Europe. Considerable work is therefore required to produce an effective vehicle operating cost model that could be used throughout Europe*".

The Network Level Module System Design presented a system developed by the Finnish Road Administration (FINNRA). The purpose of this system was "*to provide a prototype of a support tool to aid in the decision process for the allocation of funds for the maintenance and rehabilitation of existing paved roads and bridges. The system was designed to minimise the sum of the road user and agency cost while maintaining roads and bridges in an optimal and safe condition and level of service"*.

Un cadre de programmation d'entretien fut aussi élaboré, proposant deux approches :

- une pour les chaussées, limitée à la programmation à court terme, sans modèle d'évolution ;
- une seconde à l'issue de laquelle une liste d'ouvrages (ponts, tunnels, murs) affectés d'une forte priorité technique suivant l'option d'entretien optimale, est présentée ; ces ouvrages sont rangés selon un critère économique ;

Une liste comparative ordonnant les travaux d'entretien des chaussées et des ouvrages suivant ce même critère économique est produite.

Dans un autre sujet, un modèle informatique fut développé pour calculer les coûts sur la durée de vie associés à différentes options d'entretien de chaussées. Ce prototype est dit utilisable dans toute l'Europe, moyennant calibration. Il est accompagné d'un modèle de coût d'usage pour les pays européens et d'un logiciel prototype de calcul de coûts sur la durée de vie.

III.3.4 Le projet COST 343

L'action COST 343 [6] "*Reduction in Road closures by improved Pavement Maintenance Procedures*" débuta en avril 1999, pour une durée de quatre ans. Elle est partiellement financée par la Commission Européenne. L'objectif premier de cette action est d'obtenir une réduction du nombre et de la durée des fermetures de routes en trouvant un équilibre judicieux entre l'entretien requis du point de vue de l'ingénieur, les délais supportés par les usagers et les risques. Cet objectif devrait être atteint en appliquant les procédures d'organisation et de sélection des travaux/options d'entretien les plus appropriées.

Au-delà de cet objectif principal, l'action COST 343 vise à identifier les procédures d'entretien qui permettent de réduire la gêne au trafic créée par les chantiers d'entretien, sans accroître excessivement les coûts supportés par les maîtrises d'ouvrage. Il y a différentes voies pour réduire cette gêne au trafic :

- la combinaison de différentes interventions d'entretien (sur les chaussées, les ponts, les tunnels, les équipements, etc.) sur le même site en même temps ;
- une meilleure planification / organisation de sites proches (dans le temps et l'espace) ;
- l'exécution des travaux de nuit ;
- le recours à des techniques d'entretien durables, qui réduisent les fréquences d'intervention ; etc.

L'analyse coût/bénéfice (CBA) sur le long terme est le seul moyen pour quantifier le bilan entre les surcoûts s'appliquant au maître d'ouvrage et la gêne supportée par le trafic, puis de les ajouter pour comparer l'efficacité de différentes procédures. Progresser dans cette direction représente la véritable ambition du projet.

A Framework for Work Programming was also provided, proposing two approaches:

- One for pavement, limited to short term programmes, with no deterioration model;
- The second for structure; at the end of this approach a list of structures (bridges, tunnels, walls) in a high technical priority with the optimal maintenance option is given and these structures are ranking through an economical indicator.

A final list comparing pavement work sections and structure through their ranking by the same economical indicator is achieved.

In another package, a computer model for life cycle cost analysis of maintenance alternatives for pavement was developed. It is stated that this prototype may be used across Europe, after proper calibration. The main deliverables associated with this computer model is a road user cost model for EU countries and a prototype software for life cycle costs analysis.

III.3.4 COST 343 Project

COST Action 343 [6] “Reduction in Road closures by improved Pavement Maintenance Procedures” started in April 1999, for duration of four years. It is partly supported by the European Commission. The primary objective of the action is to achieve a reduction in the number and duration of road closures by finding an appropriate balance between engineering focused pavement maintenance, user delays and safety hazards. This objective should be achieved by using the most appropriate procedures for the organisation and selection of the maintenance treatments/options.

Beyond this primary goal, the COST Action 343 aims at identifying the maintenance procedures which make it possible to reduce the disturbances of traffic flow due to maintenance works, without increasing too much the costs supported by the agencies. There are different ways to reduce these traffic disturbances:

- Combination of different maintenance operations (on pavements, bridges, tunnels, equipment, etc.) on the same site at the same time;
- Improved planning and organisation of close (in both space and time) sites;
- Performance of works during night;
- Selection of lasting maintenance techniques which reduce the frequency of operations; etc.

Cost Benefit Analysis (CBA) on a long-term basis is the only means to quantify the balance between extra costs for agency and disturbances on traffic flow, and then, to sum them and compare the effectiveness of various procedures. Moving forward in this direction is the actual ambition of the project.

Dans l'action COST 343, l'entretien couvre toute la gamme de techniques depuis les travaux localisés exigés par la sécurité jusqu'à la réhabilitation déclenchée par la baisse du niveau de service et les dégradations structurelles. Les chaussées bitumineuses et les chaussées hydrauliques sont traitées pour couvrir les principales infrastructures routières d'Europe, y compris urbaines. L'organisation des différentes interventions d'entretien, telles que les réparations ou le marquage des chaussées, le remplacement des éclairages, le fauchage, les travaux sur les équipements, etc., est considérée. Le programme de travail fut organisé en quatre sujets.

L'objectif du premier sujet était de produire une base de données contenant des informations détaillées sur les traitements d'entretien des chaussées, surtout sur leur longévité et la vitesse d'application ; cette base est aujourd'hui disponible et sera diffusée à l'issue du projet ;

L'objectif du second Groupe de Travail était d'inventorier les schémas d'organisation des travaux routiers les plus courants, sur quelques réseaux routiers structurants d'Europe ; un choix de schémas spécifiques pour la sélection et l'organisation de l'entretien routier est proposé dans un portfolio, représentant les meilleures pratiques dans le domaine ;

Les autres sujets de l'action visaient à proposer des procédures guidant les ingénieurs dans la sélection des options d'entretien des chaussées les plus appropriées pour une section donnée, et dans la coordination de plusieurs interventions au sein d'un même site, voire de plusieurs sites proches.

Ces guides représentent les principales productions opérationnelles de l'action.

III.3.5 Le projet FORMAT

FORMAT [7] ("*Fully Optimised Road Maintenance*") est un projet conduit dans le cadre de la tâche "Infrastructures Routières et Gestion de l'Entretien des Chaussées" de l'Action Clé européenne "Mobilité et Intermobilité Durable". Le projet, qui concerne 19 organisations de 14 pays, a débuté le 1er février 2002. Il poursuit les objectifs techniques et scientifiques suivants :

- Apporter des stratégies, des procédures et des techniques d'entretien innovantes et plus performantes, qui réduiront les ruptures de trafic au niveau des chantiers, et leurs conséquences en termes d'encombrement et de sécurité ;
- Développer un cadre d'analyse coût bénéfice qui prenne en compte tous les aspects de l'entretien des chaussées ;
- Produire des stratégies de gestion de la sécurité au droit des chantiers qui permettent d'établir des configurations et des plannings de chantier tels que la sécurité des usagers de la route et des ouvriers soit maximale ;
- De proposer des méthodes, des procédures et des équipements qui mesurent l'état des routes en s'insérant dans le trafic, de sorte que le nombre de neutralisations de route requises pour acquérir ces données d'état soit réduit.

In COST 343, maintenance covers the full scope from localised maintenance warranted by road safety standards to rehabilitation required by decreasing serviceability and structural degradation. Both asphalt and cement concrete pavement types are addressed to cover the main road infrastructures including urban areas in Europe. The organisation of different maintenance operations like pavement repair, pavement marking, replacing light bulbs, grass mowing, work on utilities, etc. is considered as well. The work programme was built in four main packages.

The aim of the first package was to produce a database containing detailed information on pavement maintenance option, mainly data on the life expectancy and on the time required for their application; the data base is now available and will be released by the end of the project;

The objective of the task managed by the second Working Group was to set up an inventory of the schemes currently applied in the organisation of pavement maintenance on some selected major road networks in Europe; a choice of specific schemes for selecting and organising pavement maintenance considered as best practice is now being proposed in a portfolio on the basis of the inventory;

The others packages of the actions aim at proposing flow chart procedures that will guide the engineers in selecting the most appropriate pavement maintenance option for the particular road section (project level) and in co-ordinating several maintenance operations in a single road closure, and eventually several close sites.

These guidelines will be the main executive deliverables from the action.

III.3.5 FORMAT project

FORMAT [7] ("Fully Optimised Road Maintenance") is a project running within the 'Road infrastructure and pavement maintenance management' task of the European Commission Key Action 'Sustainable Mobility and Inter-modality'. The project, which involves 19 organisation from 14 countries, started on 1 February 2002. It has the following technical and scientific objectives:

- To provide better performing, innovative pavement maintenance strategies, procedures and techniques that will reduce traffic disruption at the road works, and their consequences in terms of congestion and improved safety;
- To develop an integrated cost-benefit analysis model that addresses all aspects of pavement maintenance;
- To produce safety strategies for road works that allow for arranging the work site lay-out and the timing of maintenance intervention in such a way that the safety of road users and road workers are maximised;
- To propose methods, procedures and equipment for monitoring the condition of road pavements at traffic speeds to minimise the number of disruptive road closures currently required for acquiring pavement condition data.

Il est prévu d'atteindre ces objectifs en traitant des points suivants, au sein de quatre sujets :

- Appréciation des meilleures technologies et procédures d'entretien ;
- Développement d'un cadre d'analyse coût bénéfice, prenant surtout en compte les coûts directs, indirects et associés (délais) aux travaux ;
- Évaluation de la sécurité au droit des chantiers ;
- Revue des projets de moyens d'auscultation des chaussées à grande vitesse .

Ce projet sera achevé au début de 2005.

These objectives should be met by addressing the following points, in four Work Packages:

- Assessment of pavement maintenance best technology and procedures,
- Development of an associated cost-benefit analysis method, mainly dealing with road works direct, indirect and associated (user delay) costs
- Assessment of safety at work sites and
- Survey of pavement condition high speed monitoring development project.

This project should be completed by the beginning of 2005.

IV – RECUEIL D'INFORMATIONS : LE QUESTIONNAIRE

Il y a beaucoup de questionnaires envoyés, dans le monde entier, aux gestionnaires de routes, aux experts routiers et aux entreprises. D'habitude toute action démarre par une démarche de recueil d'informations, qui commence par un questionnaire. Une proportion significative de ceux-ci n'est pas, ou du moins pas complètement ou correctement, remplie. Pourtant, un questionnaire est le moyen le plus facile d'obtenir des informations sur des points précis.

Dans ce contexte, il fallait soigneusement peser l'intérêt d'un questionnaire de plus. Finalement, il fut décidé qu'aucun questionnaire spécifique ne serait envoyé par le présent groupe de travail, qui examinerait en revanche les réponses au questionnaire envoyé par le groupe : "Planification de l'entretien et budgétisation" et plus précisément les questions suivantes :

- Quelle méthode utilisez-vous pour gérer l'entretien des routes ?
- Cette méthode a-t-elle été utilisée pour présenter des budgets d'entretien ?
- Cette méthode est-elle encore en usage ?
- Sera-t-elle utilisée dans le futur ?
- A quoi est-elle appliquée ?
- Prend-elle en compte les coûts d'usage ?
- Quelle est son efficacité ?
- Quels sont ses avantages et inconvénients ?

On trouvera tous les détails sur ce questionnaire dans le rapport technique de ce groupe.

Un nombre limité de pays répondirent – souvent partiellement – aux questions qui directement intéressantes ici : le Japon, la Suisse, l'Australie, les Pays-Bas, la Lituanie, les Philippines, la Pologne, la République tchèque et le Mexique. Certains pays apportèrent plusieurs réponses, comme l'Australie où sept provinces répondirent, ou le Japon. Quelques réponses portaient sur les réseaux régionaux, d'autres sur les réseaux nationaux, mais cette information, disponible, fut prise en compte. Un soin particulier fut apporté au dépouillement des réponses car certaines questions avaient pu être mal comprises. Un contrôle croisé des réponses apportées par un même pays à différentes questions fut systématiquement réalisé. De plus, les réponses furent généralement faites en 2001, et la situation pouvait avoir changé après cette date. Pour toutes ces raisons, aucune statistique ne fut faite à partir du questionnaire.

Néanmoins, quelques observations de portée plus générale purent être tirées d'un premier examen des réponses. Ces observations concernent surtout la mise en œuvre des systèmes de gestion des routes, surtout s'ils visent à réaliser des analyses économiques. Elles reflètent surtout les difficultés rencontrées dans les étapes critiques de l'emploi d'un PMS. Ces observations furent très utiles pour rédiger les recommandations pour une mise en œuvre correcte et satisfaisante des procédures d'évaluation économique (cf. chapitre V.4).

IV - GATHERING INFORMATION: QUESTIONNAIRE

There are a lot of questionnaires sent, all over the world, to road managing authorities, road experts and firms. It is a common practice to start any action by some information gathering process, and to start this process by questionnaire. A significant proportion of these questionnaires is not, or at least not completely or not correctly, answered. On another hand, a questionnaire is the easier mean to get information on very precise points.

In such a context, issuing one more questionnaire had to be carefully considered. Finally, it was decided that no specific questionnaire will be emitted by the present working group, which will rather examine the answers to the questionnaire prepared and disseminated by the Working Group: "Maintenance Planning and Budgeting". Answers to the following questions were more carefully considered:

- What method do you use to manage road maintenance?
- Has this method been used to present maintenance budgets?
- Is this method currently used?
- Will it be used in the future?
- What is it applied to?
- Does it take into account user costs?
- What is its effectiveness?
- What are their advantages and disadvantages?

One will find all details about this questionnaire in the technical report of this group.

A limited number of countries provided answers – often partial answers - to the questions that were directly interesting here: Japan, Switzerland, Australia, Netherlands, New Zealand, Lithuania, Philippines, Poland, Czech Republic and Mexico. Some countries provided several answers, such as Australia where seven different states answered, or Japan. Some answers addressed the regional networks, some other the national, but this information was always available and taken into account. A crosscheck of the answers of the same country to different questions was systematically made. Furthermore, the answers were generally made on 2001, and the situation could have changed after this date. Considering this situation, no statistics were derived from the questionnaire.

Nevertheless, some more general observations could be drawn from a first processing of the answers. These observations are mainly dealing with the implementation of road management systems, especially if they aim at performing economic analysis. They mainly reflect the difficulties encountered in this critical stage of the use of a PMS. These observations were very useful to write the recommendations for a good and satisfying implementation of economic evaluation procedures (see chapter V.4).

V – ANALYSE ET RECOMMANDATIONS

V.1 Procédures de base pour l'évaluation économique de l'entretien

Tous les projets évoqués dans le chapitre III apportèrent une contribution constructive au développement d'une approche rationnelle pour l'analyse économique des infrastructures routières. Toutes ces contributions permirent de proposer, dans des diagrammes clairs et précis, un cadre général pour ce type d'analyse. Ce concept ressortit progressivement, surtout de **PAV-ECO, RIMES** et **COST 343**. Dans ce concept, l'analyse coût/bénéfice (CBA) consiste à :

1. Définir une politique d'entretien (objectifs, stratégies) ;

2. Identifier les sites sur lesquels les interventions d'entretien sont nécessaires (projets) selon cette politique ;

3. Proposer une, deux ou trois options d'entretien adaptées pour chaque projet avec leurs caractéristiques (coût de travaux, surcoûts durant les travaux, durabilité, bénéfices à venir pour les usagers, préservation du patrimoine, etc.) ;

4. Combiner différents projets et options pour réduire l'impact sur les conditions de circulation ;

5. Calculer, au niveau du réseau :
   - les différents impacts, tant positifs que négatifs, des interventions sur le réseau et faire le bilan de ces coûts ;
   - les effets, en terme d'évolution de l'état des chaussées, de la politique d'entretien ;

6. Répéter les étapes 4) et 5) pour différentes et rechercher la meilleure politique d'entretien, c'est-à-dire celle qui conduit au meilleur ratio bénéfices / coûts.

Ainsi, l'analyse coût/bénéfice met en œuvre différents modèles (évolution des chaussées, dépréciation des chaussées, coûts d'usage en conditions normales, surcoûts d'usage sur les zones de travaux, etc.) qui sont appliqués chaque année au réseau et à toutes les interventions d'entretien pour établir les coûts et les bénéfices de l'entretien annuel. Sommées sur la période d'analyse, ces valeurs permettent une évaluation coût/bénéfice des différentes procédures mises en œuvre, comme indiqué dans la figure n° 2.

V - ANALYSIS AND RECOMMENDATIONS

V.1 Basic procedures for economic evaluation of maintenance

All the projects addressed in chapter III brought valuable contributions to the development of a rational approach for economic analysis of road infrastructures. All these contributions make it possible, first, to propose, in clear and concise diagrams, a general framework of this type of analysis. This concept progressively came out, mainly from **PAV-ECO, RIMES** and **COST 343**. In that concept, the so-called "Cost Benefit Analysis" (CBA) consists in:

1. Defining a maintenance policy (objectives, strategies);

2. Identifying the sites on which maintenance interventions are necessary (projects), according to this policy;

3. Deriving one, two or three appropriate maintenance options for each project with their characteristics (works cost, extra user costs during works, longevity, future user benefits, asset preservation, etc.);

4. Combining the different projects and options to reduce the impact of maintenance on traffic;

5. Calculating, at the network level:
   - The various positive and negative impacts of the operations on the network and evaluating the overall balance of these costs;
   - The effect, in terms of pavement condition evolution, of the maintenance policy.

6. Repeat steps 4) and 5) for different maintenance policy and search for the best one, e.g. the one will provides the best benefits / costs ratio.

Thus, the Cost Benefit Analysis applies several models (pavement performance, pavement depreciation, normal user costs, extra user costs on working zones, etc.) which are applied each year to the network and all maintenance works performed to establish the costs and benefits of annual maintenance. Summed over the analysis period, these figures then lead to a Cost Benefit Evaluation of the various procedures implemented, as illustrated in figure n° 2.

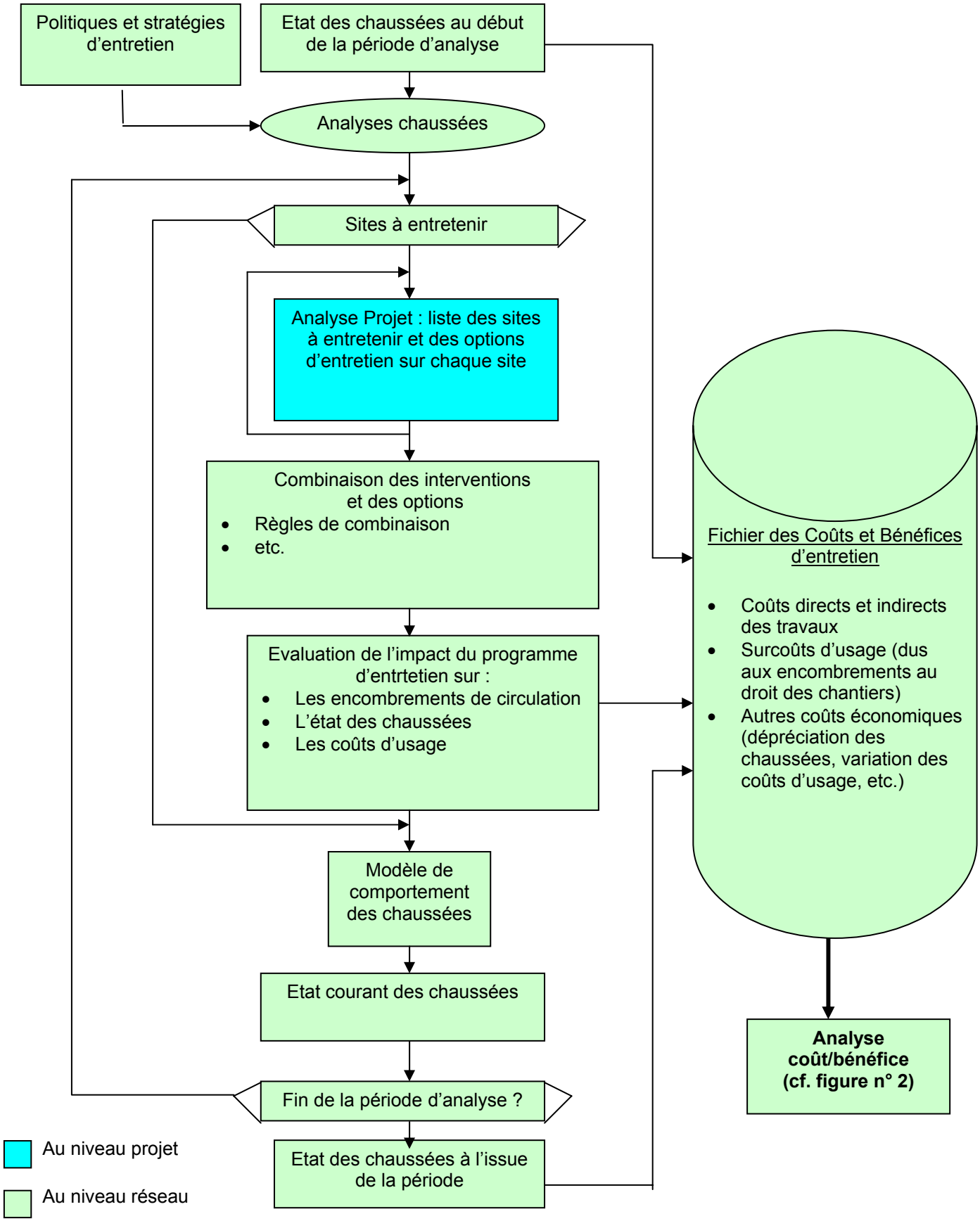

Figure n° 1 - Simulation d'entretien (inspiré de [6])

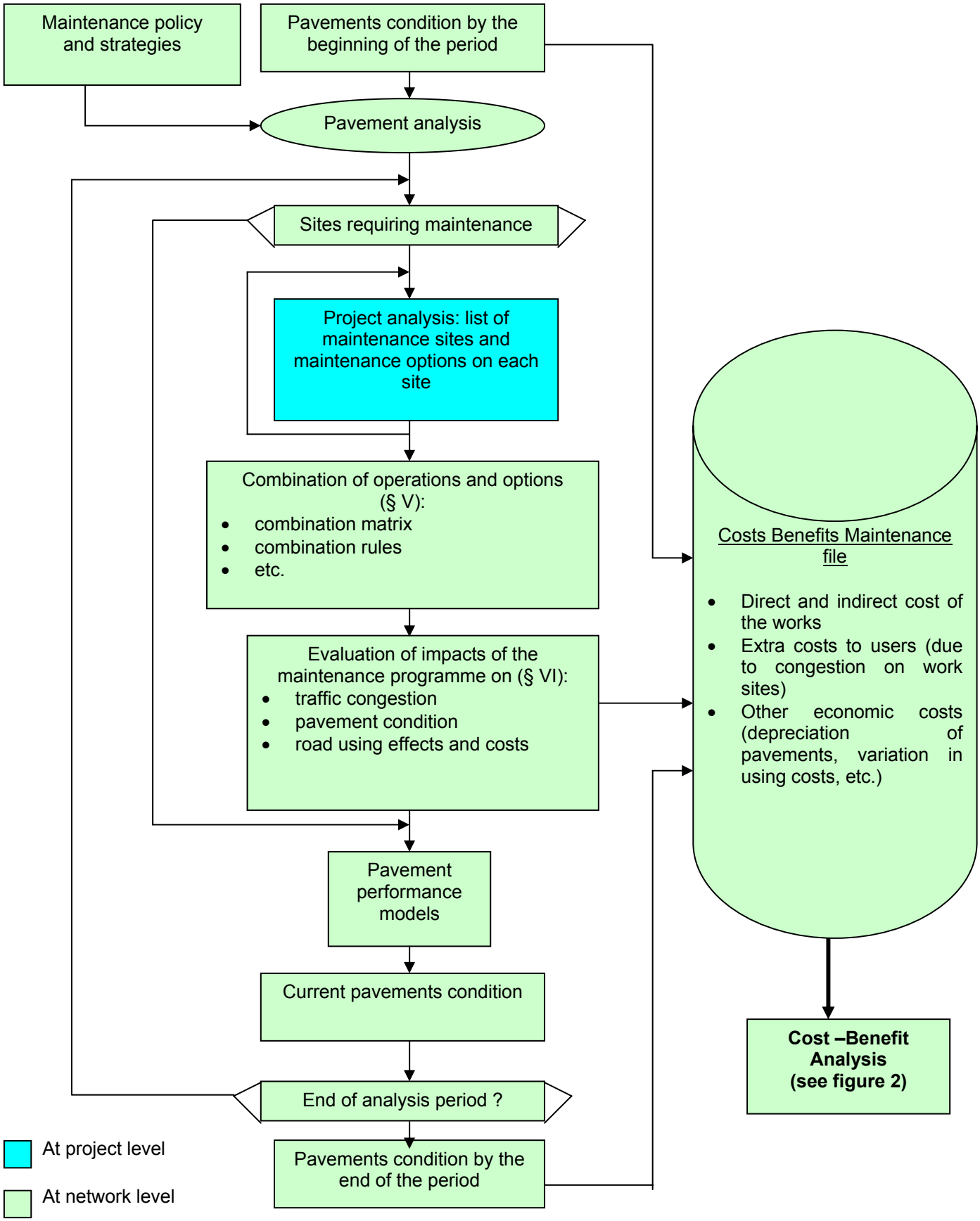

Figure n° 1 - Maintenance simulation (inspired from [6])

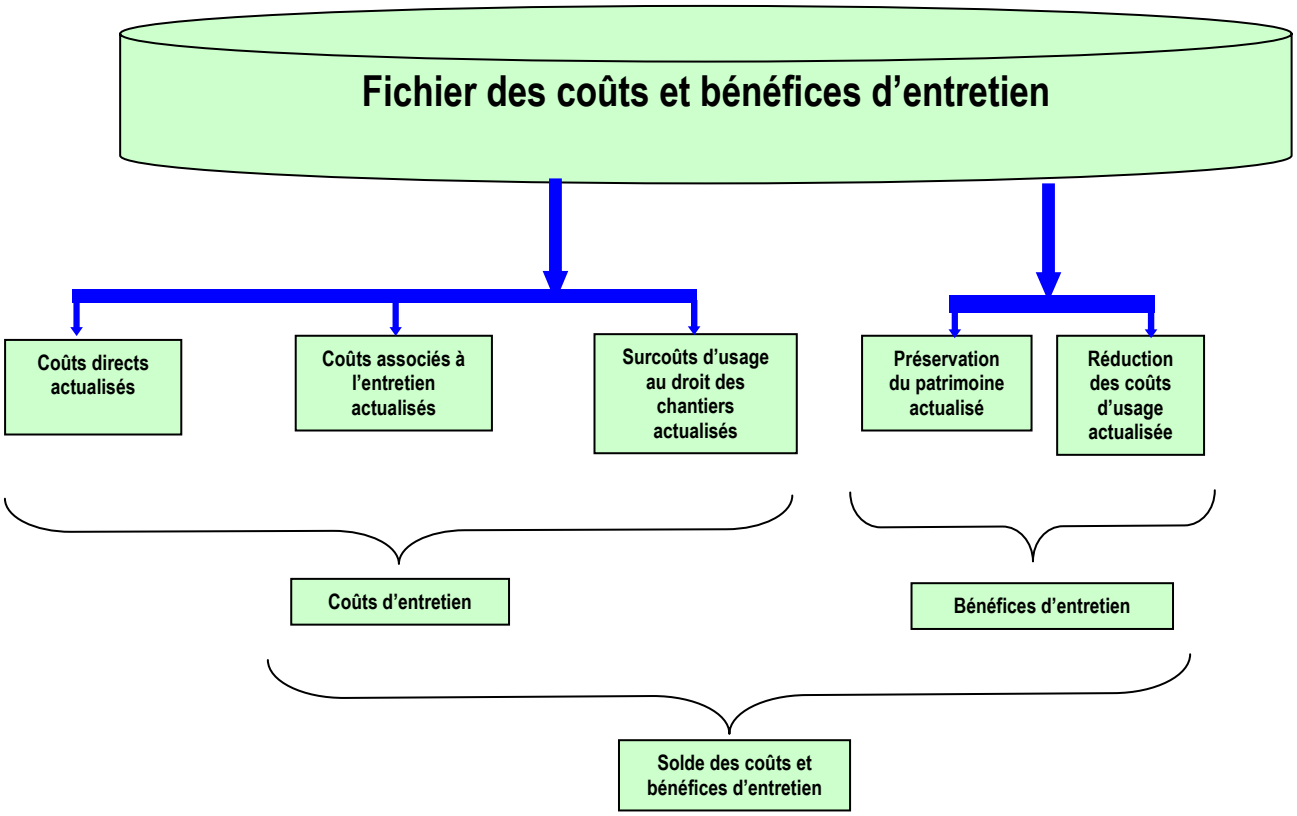

Figure n° 2 - Cadre d'analyse coût/bénéfice sur la durée de vie de l'entretien des chaussées [6]

V.2 Recommandations

Considérant les réponses apportées au questionnaire, et les éléments provenant de l'étude bibliographique, les recommandations suivantes sont proposées.

V.2.1 Lors de la mise en œuvre d'un PMS, il faut adapter l'organisation du service de gestion des routes

La mise en œuvre d'un PMS ne consiste pas seulement à installer un logiciel sur un micro-ordinateur. Tant s'en faut ! Organisations de travail et procédures doivent toujours être adaptées avant de mettre en œuvre un outil d'aide à la décision. L'activité de chaque niveau, de chaque personne impliquée dans le processus de décision, doit être réexaminée. Il n'est pas nécessaire que les personnes qui prennent les décisions sachent comment utiliser le système, ni comment il marche en détails. Inversement, les opérateurs du système ne doivent pas prendre les décisions à la place du décideur.

- Les systèmes de gestion des routes doivent être développés ou, au moins, ajustés pour les conditions locales, par des experts qui connaissent aussi bien que possible les méthodes et les modèles qui sont mis en œuvre par le système ;

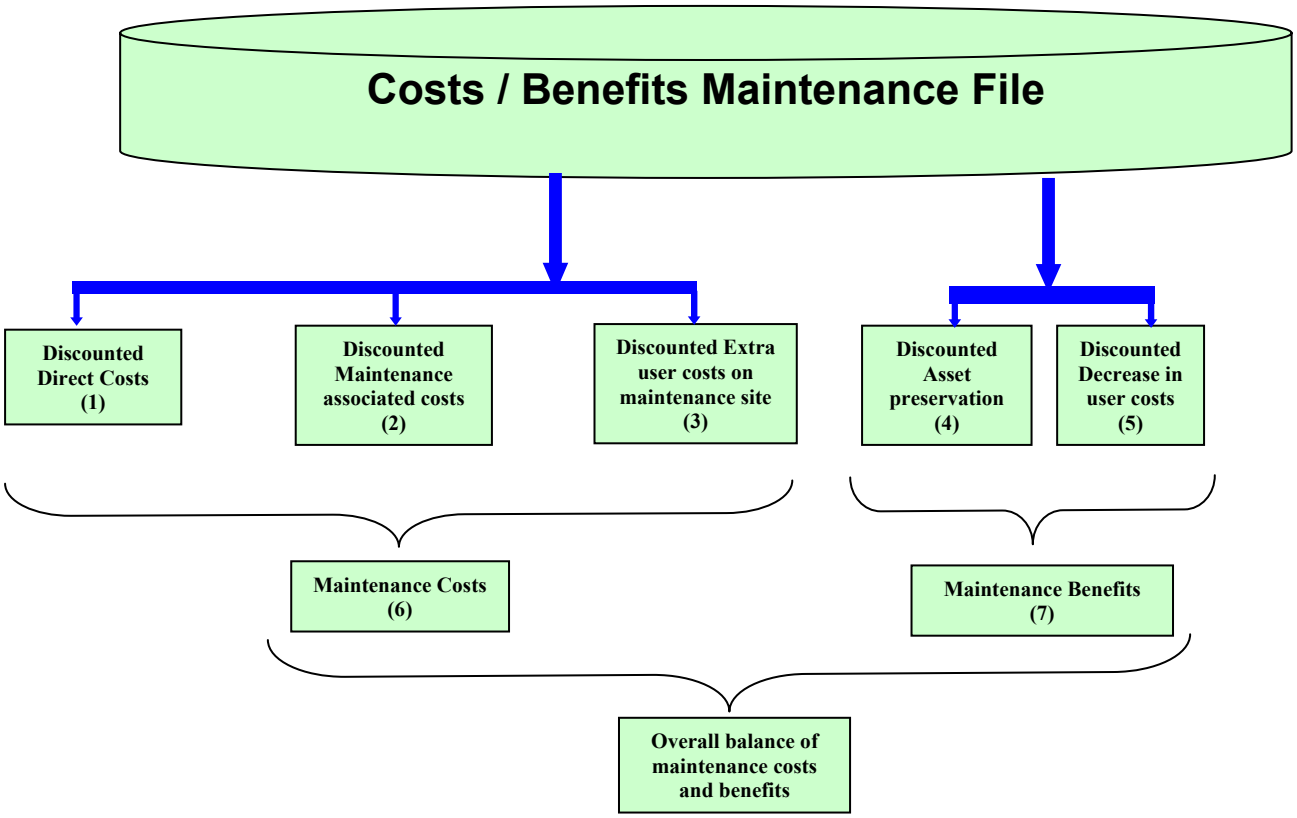

Figure n° 2 - Framework of life cycle Cost Benefit Analysis of pavement maintenance (from [6])

V.2 Recommendations

Considering the answers to the questionnaire, and elements from the literature survey, the following recommendations are proposed.

V.2.1 When implementing a PMS, adapt the organisation of the road management service

Implementing a PMS is not only installing software on a computer. Far from that! Working organisations and procedures need always to be adapted before implementing a decision tool. The activity of each level, each person involved in the decision process, must be revisited. People making decision do not need to know neither how to operate the system, nor how it works in all details. Conversely, people operating the system should not take decision instead of the decider.

- Road management systems must be developed, or at least calibrated to the local conditions, by experts who know as best as possible the methods and models which are implemented in the system;

- Les données doivent être recueillies par des techniciens expérimentés et entraînés, avec les outils appropriés (cf. aussi V.4.3) ;

- Les systèmes de gestion des routes doivent être opérés par des techniciens formés à cette tâche, et qui l'exécutent régulièrement pour alimenter les décideurs avec des analyses adéquates et des résultats fiables ;

- Les décideurs doivent se fier aux experts qui ont développé et ajusté le système, aux techniciens qui l'utilisent et aux résultats qui leur sont fournis pour prendre leurs décisions. Ils doivent s'assurer que ces experts et ces techniciens sont correctement et suffisamment formés, mais ils ne doivent pas mettre en question les modèles du système ni l'utiliser eux-mêmes.

En d'autres termes, il est tout à fait souhaitable que chaque acteur du service sache ce que sont ses propres responsabilités, les exerce, et ne cherche pas à exercer les responsabilités dévolues aux autres acteurs ou aux autres niveaux.

Quand un gestionnaire décide de mettre en œuvre un Système de Gestion des Routes, il doit considérer tous les efforts requis pour obtenir un fonctionnement satisfaisant de celui-ci : le recueil de données avec des moyens appropriés (méthodes, outils, techniciens), leur mise à jour régulière, surtout pour les données d'état des chaussées ; la calibration des modèles qui nécessite une grande quantité de données historiques ou certaines opérations spécifiques sur des sections ; les modifications d'organisation ; la formation des agents à leur rôle futur ; etc.

V.2.2 Le recueil d'information est un point crucial pour la fiabilité de l'analyse économique ; il faut consacrer les efforts appropriés dans cette activité

Le recueil d'informations requiert un budget significatif, surtout parce que celles-ci doivent être mises à jour régulièrement. Ce budget est, dans tous les cas, bien inférieur aux économies faites sur les travaux, si ceux-ci sont sélectionnés, programmés et conçus selon une méthode rationnelle. A long terme, les économies résultant d'une évaluation économique pertinente de la politique d'entretien sont beaucoup plus fortes.

Quoiqu'il en soit, pour concrétiser ces avantages, la qualité des données utilisées dans l'analyse est tout à fait cruciale. Le recueil de données doit donc être exécuté selon un Plan Qualité clair, complet et bien accepté.

V.2.3 L'ajustement des modèles techniques et économiques utilisés par le système est aussi un point clé ; bien qu'elle exige beaucoup de travail, cette étape est essentielle et ne doit pas être sous-estimée

Comme expliqué dans les chapitres précédents, l'analyse économique d'une politique d'entretien a recourt à des modèles techniques et économiques. Ces modèles sont utilisés, par exemple :

- pour prédire l'état futur des chaussées ;
- pour calculer les coûts de fonctionnement des véhicules selon l'état des chaussées ;
- pour estimer les temps perdus par les usagers au droit des sites d'entretien ; etc.

- Data should be collected by experienced and well-trained technicians, with appropriate tools (see also V.4.3);

- Road management systems should be operated by technicians who are trained to perform this task, and who will do that on regular basis to provide the deciders with adequate analysis and reliable results;

- Deciders must trust the experts who developed and calibrated the system, the technician who operates it, and the results that they are provided with to take the decisions. They must check that these experts and technicians are correctly and sufficiently trained, but they don't need to check whether the models inside the system are correct or not, neither operate the system by themselves.

In other words, it is highly desirable that all people in the service are aware of its own responsibilities, take care of them, and do not apply for the responsibilities of other people or of other levels.

When deciding to implement a Road Management System, road authorities have to consider all the efforts which will be necessary to get a satisfying functioning of it: data collection with adequate means (methods, tools, technicians) and regular updating, especially for pavement condition data; model calibration, which requires either a quite large amount of past data or some specific operations on a number of road sections; modifications in organisation; training of people according to their future role; etc.

V.2.2 Data collection is a crucial point for the reliability of economic analysis; put adequate efforts in this activity

Collecting data needs quite significant budget, especially because data need to be updated on regular basis. This budget is in any case much lower than the money that can be saved on works budget, if these works are selected, planned and designed according to some rational method. On the long term, savings due to an appropriate economic evaluation of the maintenance policy are even much larger.

Nevertheless, in order to meet these advantages, quality of the data input in the analysis is a crucial point. Data collection has therefore to be performed according to a clear, complete and well-accepted Quality Plan.

V.2.3 Calibration of technical and economic models used by the system is also a key point; although it requires a lot of work, this step is essential and should not be underestimated

As explained in the former chapters, economic analysis of maintenance policy requires technical and socio-economic models. These models are used, for instance:

- to predict the future condition of the pavements,
- to calculate the vehicle operating cost depending on the condition of the pavements,
- to estimate the time lost by the users on the road works, etc.

La fiabilité d'une analyse économique, et donc le bénéfice que peut en tirer le gestionnaire routier, est largement dépendant de la précision des valeurs produites par les modèles aux différentes étapes de la procédure. Ces modèles dépendent d'un nombre limité de paramètres (le sol, la construction de la route, le climat, etc.) et aussi d'autres variables "explicatives" qui ne sont pas toutes bien identifiées (la gestion passée des chaussées, la qualité des travaux antérieurs, etc.). Pour ces raisons, il n'y a pas de modèle générique qui soit immédiatement applicable sur tous les réseaux, dans tous les pays.

Tous les Systèmes de Gestion des Routes incluent des modèles "de base", qui doivent être ajustés au réseau sur lequel ils sont appliqués, par le biais d'un plus ou moins grand nombre de coefficients. Ceci est fait en calibrant les coefficients sur les observations faites par le passé sur l'ensemble du réseau ou sur un groupe de "sections tests". Calibrer signifie que des valeurs sont données aux coefficients des modèles de sorte qu'ils expliquent ou prédisent correctement les observations passées. Des valeurs par défaut sont fournies avec les modèles pour former les utilisateurs, leur permettre de "jouer" avec le système pour mieux le maîtriser sans attendre l'issue de la calibration. Elles ne devraient jamais être utilisées pour réaliser des analyses sur un réseau précis.

On imagine qu'une calibration correcte est une opération qui exige une soigneuse sélection de sections tests, qui doivent représenter le mieux possible les différentes parties du réseau. Le recueil de données doit être complet et extensif. Les valeurs des coefficients sont ensuite obtenues en traitant les données avec des méthodes statistiques rigoureuses.

Cette calibration est, néanmoins, une étape clé dans la mise en œuvre d'un Système de Gestion des Routes. Elle ne doit jamais être sous-estimée. Cette situation doit être connue et acceptée des gestionnaires dès le début du processus de déploiement. Il est très important que les moyens nécessaires pour réaliser cette tâche, notamment le budget, soient prévus en même temps que le système lui-même.

The reliability, and thus the benefit for the road managing authority, of the economic analysis is largely depending on the accuracy of the values output by the models at different stages of the procedure. These models are depending on a limited number of parameters (the sub-grade, the road construction, the climate, etc.) and also on some other “explanatory” variables which are not always well identified (the pavement past management, the quality of past works, etc.). For these reasons, there are no generic model that can immediately be applied to all networks, in all countries.

All Road Management Systems include some kind of “basic” models, which must be adjusted to the network on which they will be used, through a more and less large number of coefficients. This adjustment is made by calibrating the coefficients on the observation made in the past on the whole network, or on a set of “test sections”. Calibrating means that values are given to the parameters of the models so that they correctly explains or predicts the past observations. Default values provided with the models aims at making it possible to train people, to “play” with the system to better know it before the calibration phase is completed. They should never be used to perform analysis on a specific network.

One can understand that a correct calibration is an operation which requires a careful selection of the test sections, so that they are as much as possible, representative for the different components of the network. Data collection must be very complete and extensive. The values of the coefficients are then obtained by processing these data with rigorous statistical methods.

This calibration is, nevertheless, a key step in implementing the Road Management System. It should never be underestimated. This statement should be known and accepted by the road managing authority from the beginning of the implementation process. It is highly important that the means required to perform this task, especially the budget, are planned at the same time as the system itself.

VI – CONCLUSIONS

Au cours des dernières décades, ce sont surtout les ingénieurs et les politiques (ou les maîtres d'ouvrage) qui ont géré l'entretien routier. Les ingénieurs ont développé des indicateurs de performances, et les ont utilisés pour présenter aux politiques l'état et les conditions d'usage des réseaux. Ces indicateurs ont également été utilisés, et le sont encore souvent, par les ingénieurs pour proposer des objectifs d'entretien – et justifier les budgets correspondants – aux politiques. Ils sont enfin employés pour "mesurer" l'efficacité de la politique d'entretien. Bien que ces indicateurs prennent en compte certains aspects sociaux et/ou économiques de la gestion des routes, ils sont surtout basés sur des avis d'experts. La justification des objectifs d'entretien apparaît alors plus subjective et plus fragile.

Ces dix dernières années, la réduction des budgets routiers dans beaucoup de pays développés a poussé à une identification plus rationnelle, à une justification plus forte des objectifs et des budgets. En même temps, des pays ont transféré tout ou partie de l'exploitation de leurs routes nationales ou ont sous-traité l'exécution des tâches correspondantes vers le secteur privé. Or, les acteurs privés ont besoin d'évaluer régulièrement l'efficacité de leur investissement. Dans ces conditions, la dimension économique de la gestion des routes est devenue de plus en plus présente.

Aujourd'hui, les gestionnaires de route sont confrontés de plus en plus souvent à la nécessité d'évaluer les impacts de différentes politiques d'entretien. Ces impacts incluent les effets sur les coûts d'usage, sur les coûts de gestion et sur la préservation du capital. L'exécution de telles études techniques et économiques nécessite des outils et des organisations appropriés.

Différents Systèmes de Gestion des Routes apportent un moyen de réaliser ces études. HDM est l'un des plus connus. Il est largement utilisé dans les pays en développement et en transition. Ce système comprend notamment des modèles de comportement des chaussées, et des modèles d'usage. Toutefois, jusqu'à présent, HDM ne traite pas de certains aspects économiques, importants dans les pays développés. Le modèle de préservation du patrimoine est l'un de ceux qui manquent. La question des surcoûts d'usage dus aux délais sur les zones de travaux n'est pas traitée non plus. Ceci limite l'application de HDM dans ces pays. Le développement de ces modèles est envisagé ou même en cours, notamment dans plusieurs projets européens : COST 324 et PARIS traitent des modèles de comportement des chaussées; PAV-ECO, RIMES, COST 343 et FORMAT traitent, directement ou indirectement, des modèles de préservation des chaussées, des modèles de "délais et risques au droit des chantiers". Il est donc très vraisemblable que tous ces modèles, nécessaires pour réaliser des analyses techniques et économiques, seront disponibles dans les prochaines années, avec éventuellement les options appropriées pour les pays développés, en transition ou en voie de développement.

VI – CONCLUSIONS

Over the last decades, engineers and politicians (or owners) have mainly managed road maintenance. Engineers have developed performance indicators, and used them to report to the politicians on the condition and serviceability of the networks. These indicators have also been used, and are often still used, by engineers to propose maintenance objectives – and justify corresponding budgets - to the politicians. They are finally used to “measure” the efficiency of the maintenance policy. Although these indicators take into account some social and/or economical aspects of road management, they are primarily based on engineering judgement. Justification of maintenance objectives appears therefore more subjective and fragile.

In the last ten years, the reduction of road budgets in many developed countries called for a more rational assignment, and a stronger justification, of road maintenance objectives and budget. At the same time, some countries went through a process of transferring all or part of the national road operations, or of contracting out some of the relevant activities, to the private sector. As a matter of fact, private operators require regular evaluation of the efficiency of their investment. Under such conditions, the economic dimension of management became more and more stringent.

Today, road managing authorities are often and often facing the need to evaluate the economical impacts of a given, or different, maintenance policy. These impacts include effects on road user costs, on agency costs, and on preservation of invested capital. Performing such technical and economic analysis requires appropriate tools and organisations.

Different Pavement Management Systems provide some support to perform such analysis. HDM is one of the most known. It has been extensively used in developing and transition countries. This system mainly involves pavement performance models and road users effect models. But, up to now, HDM do not address some aspects of economic analysis, which are important in developed countries. One of the missing models is the one dealing with asset preservation. The problem of the cost of user delays on works zones is not addressed too. This is limiting HDM applicability in these countries. The development of these models is envisaged or even on progress, especially in several European projects: COST 324 and PARIS dealt with pavement performance models; PAV-ECO, RIMES, COST 343 and FORMAT are, directly or indirectly, dealing with pavement preservation models, “user delay and safety on works zones” models. Therefore, it is highly probable that all the models required to perform maintenance technical and economical analysis will be available in the coming years, with eventually appropriate options for developing, transition and developed countries.

La mise en œuvre efficace de ces outils a (aura) un impact sur l'organisation des services techniques des gestionnaires de routes. L'activité de chaque niveau, de chaque personne participant au processus de décision doit être réexaminée. Les Décideurs n'ont à savoir ni comment fonctionne le système, ni comment on l'utilise. Inversement, les Opérateurs n'ont pas à décider à la place des … Décideurs.

Quand un gestionnaire décide de déployer un Système de Gestion des Routes, il doit considérer tous les efforts qui seront nécessaires pour obtenir un fonctionnement satisfaisant : le recueil de données avec les moyens adéquats (méthodes, appareils, techniciens) et leur mise à jour régulière ; la calibration des modèles qui requiert soit une large quantité de données passées soit des opérations particulières sur des sections routières ; les modifications de l'organisation ; la formation des agents à leurs futurs rôles ; etc. Toutes ces tâches sont souvent sous-estimées, ce qui entraîne des applications non satisfaisantes des outils et beaucoup de déception quant aux résultats.

Efficient implementation of these tools (will) necessarily impact the organisation of the technical part of road managing authorities. The activity of each level, each person, involved in the decision process, must be revisited. People making decision do not need to know neither how to operate the system, nor how it works in all details. Conversely, people operating the system should not take decision instead of the decider.

When deciding to implement a Road Management System, road authorities have to consider all the efforts which will be necessary to get a satisfying functioning: data collection with adequate means (methods, tools, technicians) and regular updating, especially for pavement condition data; model calibration, which requires either a quite large amount of past data or some specific operations on a number of road sections; modifications in organisation; training of people according to their future role; etc. All these tasks are often underestimated, which results in unsatisfactory applications of the tools and a lot of disappointment with the results.

VII – RÉFÉRENCES

[1] Comité technique AIPCR des Routes souples, C8, Sous-comité 3, “Coûts des routes sur toute leur durée de service”, rapport final, 1999

[2] Specification RVS-2.21 “Economic Analysis of Pavement Structures” (in German), Vienna, 1999

[3] PAV-ECO project, “Economic Evaluation of Pavement Maintenance – Final report”, European Commission, ref. RO-97-SC 1085/1189, Brussels, December 1999

[4] PARIS project, “Performance Analysis of Road Infrastructure – Final report”, European Commission, ref. RO-96-SC.404, Brussels, November 1998

[5] RIMES project, “ Road Infrastructure Maintenance Evaluation Study – final report”, European Commission, ref. RO-97-SC 1085/1189, Brussels, 1999

[6] COST 343, "Reduction in Road Closures by Improved Pavement Maintenance Procedures" ,
Package n° 1, final report, 22 January 2001
Package n° 2, final report, 11 September 2001
Package 4, draft guideline, September 2001

[7] FORMAT, “Inception Report”, European Commission, GROWTH Program, Brussels, July 2002

[8] OCDE Recherche sur le Transport routier, Paris
“Pavement Management Systems”, 1987
“Road Strengthening in Central and Eastern European Countries”, 1993
“Road Maintenance Management Systems in Developing Countries”, 1995
“Performance Indicators for the Road Sector”, 1997
“Performance Indicators for the Road Sector”, Summary of the Field Tests, 2001
“Asset Management for the Roads Sector”, 2000

[9] Manuels HDM-4
“Vol. 4: Analytical framework and model descriptions”, 2000
“Vol. 5: A guide to calibration and adaptation”, 2000
“Vol. 6: Modelling road deterioration and works effects”, 2000
“Vol. 7: Modelling road user and environmental effects”, 04/2000

Ces rapports font partie des produits HDM-4 publiés par l’Association mondiale de la Route (AIPCR).

VII – REFERENCES

[1] PIARC Technical Committee CT8 “Flexible roads”, sub-committee 3 “Whole life costs of roads”, Final report, 1999

[2] Specification RVS-2.21 “Economic Analysis of Pavement Structures” (in German), Vienna, 1999

[3] PAV-ECO project, “Economic Evaluation of Pavement Maintenance – Final report”, European Commission, ref. RO-97-SC 1085/1189, Brussels, December 1999

[4] PARIS project, “Performance Analysis of Road Infrastructure – Final report”, European Commission, ref. RO-96-SC.404, Brussels, November 1998

[5] RIMES project, “ Road Infrastructure Maintenance Evaluation Study – final report”, European Commission, ref. RO-97-SC 1085/1189, Brussels, 1999

[6] COST 343, « Reduction in Road Closures by Improved Pavement Maintenance Procedures » ,

- Package n° 1, final report, 22 January 2001
- Package n° 2, final report, 11 September 2001
- Package 4, draft guideline, September 2001

[7] FORMAT, “Inception Report”, European Commission, GROWTH Program, Brussels, July 2002

[8] OECD Road Transport Research, Paris

- “Pavement Management Systems”, 1987
- “Road Strengthening in Central and Eastern European Countries”, 1993
- “Road Maintenance Management Systems in Developing Countries”, 1995
- “Performance Indicators for the Road Sector”, 1997
- “Performance Indicators for the Road Sector”, Summary of the Field Tests, 2001
- “Asset Management for the Roads Sector”, 2000

[9] HDM-4 Manuals

- “Vol. 4: Analytical framework and model descriptions”, 2000
- “Vol. 5: A guide to calibration and adaptation”, 2000
- “Vol. 6: Modelling road deterioration and works effects”, 2000
- “Vol. 7: Modelling road user and environmental effects”, 04/2000

These reports are parts of the HDM-4 products, published by the World Road Association (PIARC).

Dans un contexte où les administrations publiques rencontrent une demande de plus en plus forte de politique sociale, et où les budgets routiers, et plus particulièrement les budgets d'entretien des routes tendent à se stabiliser, voire à se réduire, l'évaluation et l'optimisation économiques des actions d'entretien routier deviennent des exigences récurrentes. Le besoin de méthodes et d'outils pour répondre à ces exigences ne cesse de croître. Le développement de tels outils se heurte à de nombreux obstacles techniques, parmi lesquels : développer des moyens fiables pour suivre l'état des réseaux routiers, prévoir le rythme de détérioration des chaussées, apprécier le niveau des nuisances causées tant par ces détériorations que par les travaux d'entretien sur les usagers, et quantifier ces divers phénomènes en termes monétaires.

In a context where the Public Administrations experience a stronger and stronger demand on social policy, and where road budgets, especially road maintenance budgets, tend to be tightened or even scaled back, the economic evaluation – and optimization - of road maintenance actions and/or policy becomes a recurrent requirement. There is, therefore, a growing need for methods and tools to meet this requirement. The development of such tools implies a number of technical obstacles, including: devising reliable means for monitoring the condition of road networks; forecasting pavement-deterioration rates; assessing the level of nuisance caused by pavement deterioration and road maintenance work on users; and quantifying these various phenomena in monetary terms.

AIPCR - ASSOCIATION MONDIALE DE LA ROUTE
La Grande Arche - Paroi Nord
92055 LA DEFENSE Cedex - FRANCE
Fax : +33 1 49 00 02 02 E-mail : piarc@wanadoo.fr
http://www.piarc.org
PIARC - WORLD ROAD ASSOCIATION

ISBN : 2-84060-144-3

06.06.B