

Évaluer l'état des routes secondaires : pourquoi et comment ?

Philippe LEPERT

Ingénieur

Chef de la section Auscultation et gestion des routes

Alain RIOUALL

Expert technique

Section Auscultation et gestion des routes

Laboratoire central des Ponts et Chaussées

Nicolas FREITAS

Ingénieur

Direction d'études Gestion et entretien de la route

SETRA

RÉSUMÉ

L'entretien des réseaux routiers, notamment des réseaux départementaux, représente une masse financière et des enjeux économiques et politiques importants. Les routes dites « secondaires » entrent pour une part importante dans ces réseaux. Il était normal que le Réseau technique de l'Équipement leur accorde une attention particulière, qui s'est récemment concrétisée par la mise au point d'une méthode spécifique d'évaluation de l'état des chaussées.

Le réseau à évaluer est découpé en tronçons de longueur prédéfinie, sur lesquels sont calculées une note d'état « Patrimoine », une note d'état « Qualité d'usage » et une note synthétique, dite « Globale ». Chacune de ces notes est obtenue en identifiant, à partir d'indicateurs relevés sur la chaussée (dégradations de surface graves, déformations sévères) les travaux qui seraient nécessaires pour remettre celle-ci à « neuf », vis à vis de sa structure, de ses qualités d'usage, ou des deux à la fois. La note est inversement proportionnelle au coût de ces travaux, et vaut donc 20 lorsque la chaussée est en parfait état et 0 lorsque la chaussée est pratiquement « ruinée ».

Cette approche tient compte des spécificités des routes secondaires, notamment de leur mode de comportement structurel et des travaux d'entretien qui y sont couramment exécutés. De plus, les indicateurs qui sont à la base du calcul des notes, et qui donc doivent être recueillis sur l'ensemble du réseau à ausculter, sont accessibles par des méthodes ou avec des appareils simples, d'un coût en rapport avec les enjeux financiers de l'entretien sur ces routes.

La méthode a été évaluée au plan technique par des opérations pilotes menées sur cinq itinéraires choisis dans différentes régions. Cette évaluation s'est achevée par une confrontation avec des avis formulés par les gestionnaires de ces itinéraires, qui a permis de conclure sur la pertinence de la méthode proposée.

MOTS CLÉS : 61 - Entretien - Chaussée (corps de) - Déformation - Altération (gén.) - Route secondaire - Usager de la route - Évaluation.

Introduction

L'entretien des réseaux routiers représente, en France, une masse financière importante. Il est difficile de citer des chiffres précis, car d'un maître d'ouvrage à l'autre, les données disponibles peuvent recouvrir des dépenses de nature variable. En regard des 3 324 MF consacrés en 1998 à l'entretien des quelques 30 000 km de routes nationales et autoroutes non concédées [1] (dépendances et équipements inclus), soit près de 116 kF/km, les budgets consacrés à l'entretien des routes départementales peuvent paraître bien modestes : de 15 à 20 kF/km, en moyenne. En fait, ces dépenses, étendues aux 350 000 km de routes départementales, représentent un budget de l'ordre de 6 000 MF. Les réseaux dits « secondaires » entrent pour une part importante dans ces réseaux départementaux. Ils se composent généralement de routes supportant des trafics relativement faibles (essentiellement des véhicules légers) et dont le rôle économique est moins évident, au premier abord, que celui des routes structurantes. Pourtant, ces routes forment un fin maillage du territoire national, essentiel au fonctionnement des centres de vie, à la production agricole, ou encore au tourisme, et qui participent largement à l'aménagement du territoire.

Parce que l'entretien des routes secondaires représente un enjeu réel, parce qu'il engage des masses financières loin d'être négligeables, il justifie que des outils modernes soient mis au point pour aider les services gestionnaires. Ces outils doivent être simples et peu coûteux, et apporter plus de rationalité à la démarche tout en conservant le rôle des hommes de terrain.

La gestion de l'entretien et la gamme GiRR

Lorsqu'on envisage, sous un angle rationnel, l'entretien des chaussées, on est usuellement conduit à identifier quatre étapes [2] :

- l'évaluation de l'état des chaussées, qui permet au gestionnaire de construire une image d'ensemble du réseau et des besoins en entretien ;
- sur cette base, et selon les moyens disponibles, la détermination d'une politique d'entretien qui se déclina en stratégies adaptées à chaque catégorie de routes ;
- l'application de ces stratégies, qui débouche sur la programmation de travaux d'entretien ;
- dans un certain nombre de cas, une étude particulière prenant en compte tous les paramètres disponibles pour optimiser le choix de la solution de travaux.

Pour appliquer cette démarche, le Réseau technique du ministère de l'Équipement a développé une gamme de méthodes d'études s'appuyant sur des logiciels [3], [4], [5] et comprenant un module d'évaluation « GiRR-Evalue », un module d'analyse de stratégies « GiRR-Stratège », un module d'aide à la programmation « GiRR-Programme » et un module de définition des solutions de travaux, « GiRR-Expert ». Cette gamme, initialement développée pour les réseaux structurants, nationaux ou départementaux, a été étendue aux réseaux secondaires. L'une des premières étapes de cette extension passait par le développement d'un module d'évaluation spécifique à ces réseaux. Ce sont les principes de ce module qui sont présentés dans cet article.

Principes d'évaluation de l'état des chaussées

Principes généraux

La première étape est une évaluation correcte et objective de l'état des chaussées. Cette évaluation doit permettre d'appréhender, de façon globale, les besoins d'entretien. Partant de là, elle fournit les premiers éléments pour définir une politique d'entretien à moyen terme, et établir le budget correspondant. Le cas échéant, elle peut aider à définir une clé homogène et objective de répartition de ce budget entre les différents centres d'entretien. Enfin, elle est souvent utilisée comme outil de suivi de l'application de la politique qu'elle a servi à définir. A ces différents titres, l'évaluation de l'état des chaussées d'un réseau routier apparaît donc bien comme un outil de **gestion**, essentiellement utilisé par la **maîtrise d'ouvrage** de ce réseau.

Il existe deux grandes approches pour l'évaluation. La première est basée sur une notation par combinaison de paramètres relevés ou mesurés sur la chaussée. On calcule une moyenne pondérée de ces paramètres, où les coefficients de pondération reflètent l'importance que le gestionnaire attache à telle ou telle caractéristique physique de l'état de la chaussée. Cette notation n'a pas de relation directe avec les budgets nécessaires pour traiter les détériorations observées et ne permet donc pas de répondre correctement aux objectifs énoncés au paragraphe précédent.

La seconde approche passe par une estimation du montant des travaux nécessaires pour remettre la chaussée dans un état donné, dit état de référence, et qui est souvent l'état quasi-neuf. En se basant sur les paramètres relevés ou mesurés sur site, on réalise un diagnostic de l'état courant de la chaussée et on définit des solutions « conventionnelles » de remise à l'état de référence. Le coût de ces solutions permet de calculer la note d'état. Ce principe permet d'obtenir des notes ayant un sens économique, puisqu'elles varient en proportion des budgets nécessaires pour l'entretien. En France, c'est ce principe qui est appliqué par les modules de notation des chaussées développés par le Réseau Technique de l'Équipement. Il a été largement décrit dans d'autres publications [3], [6] et n'est que sommairement repris dans les paragraphes qui suivent.

Systèmes de notation

Concrètement, l'évaluation d'un réseau routier se traduit par la production d'un ou plusieurs types de notes, caractérisant l'état de sections élémentaires de route vis-à-vis d'objectifs bien définis. Ces notes peuvent être agrégées par sous-ensemble fonctionnel ou géographique.

L'entretien des routes a, ou peut avoir, plusieurs objectifs. Il peut s'agir d'éviter que le patrimoine représenté par ces ouvrages ne se déprécie, il peut s'agir également de maintenir à un certain niveau les caractéristiques de confort et de sécurité offertes à l'utilisateur. L'état des chaussées peut donc être apprécié vis-à-vis de ces différentes « finalités » (le patrimoine est-il bien protégé, le confort et la sécurité offerts aux usagers sont-ils au niveau requis, etc.). Il peut l'être aussi de façon globale, dès lors qu'une importance relative a été attribuée, même implicitement, aux finalités citées. On peut d'ailleurs concevoir que, sur certaines catégories de route, le gestionnaire accorde une priorité forte à l'une des finalités, et n'envisage alors l'évaluation que par rapport à celle-ci. Il faut donc que l'évaluation puisse produire une note par finalité (note « Patrimoine », note « Usager », etc.) et, le cas échéant, une note globale.

En théorie, une note, quelle qu'en soit la nature, devrait être calculée sur une portion de route sur laquelle les indicateurs qui entrent dans ce calcul sont sensiblement constants. Ce principe conduit à fractionner le réseau à évaluer en tronçons d'état homogène. Cette notion d'homogénéité est difficile à définir sur la base d'indicateurs bruts, tels que les déformations, les fissurations ou les arrachements relevés sur la chaussée. De plus elle conduirait à des tronçons très petits. En pratique, on préfère donc travailler par tronçons de longueur fixe, de l'ordre de 200 mètres.

Calcul des notes par finalité

Pour calculer la note d'un tronçon relative à une finalité (patrimoine, usage, etc.), on commence par déterminer

les travaux « conventionnels » nécessaires pour passer de l'état constaté à l'état de référence, dans cette finalité. Cette détermination résulte d'une analyse croisée des indicateurs physiques recueillis sur le tronçon pendant l'auscultation, et qui sont pertinents vis-à-vis de cette finalité. Ainsi pour fixer les notes « Patrimoine », prend-on plutôt en compte les fissurations et les déformations transversales, qui caractérisent l'état de la structure de chaussée, alors que l'on retient les mesures d'uni longitudinal et transversal pour établir la note « Confort de l'utilisateur ». En utilisant des prix unitaires standards, on calcule le coût « C » de ces travaux, ramenés au mètre carré. Ce coût « C » est rapporté au coût « C_{max} » des travaux qui permettraient de remettre en état, vis à vis de la même finalité, la chaussée la plus dégradée qu'on puisse rencontrer, ce qui conduit à la note attribuée au tronçon par la formule simple :

$$N = \text{Partie entière } [20 (1 - C / C_{\text{max}})] \quad (1)$$

Cette note peut varier de 0 (« état désastreux » = « il faut un budget important pour remettre cette chaussée en état ») à 20 (« excellent état » = « il n'y a aucune dépense »).

Calcul de la note globale

On peut compléter ces notes par finalité par une note dite « globale », qui donne une vue plus synthétique de l'état du réseau. Pour calculer cette note, on commence par identifier, pour chaque tronçon, les travaux nécessaires à sa remise en état vis-à-vis de l'ensemble des finalités qui intéressent le gestionnaire, puis le coût « C_T » de ceux-ci. On a, par ailleurs, identifié les travaux nécessaires à la remise en état d'une chaussée totalement dégradée, vis-à-vis des mêmes finalités. En général, ce sont les travaux de remise en état de la structure de chaussée qui l'emportent, parce qu'ils consistent en un rechargement suffisamment épais pour que du même coup, toutes les caractéristiques de surface soient restaurées. Le coût de ces travaux est noté « C_{Max} ». La note globale de ce tronçon résulte de l'application à ces grandeurs de la formule (1) :

$$N = \text{Partie entière } [20 (1 - C_T / C_{\text{Max}})] \quad (1')$$

Bien que fort pratique pour bâtir une vision globale d'un réseau, cette note doit être employée à bon escient. Ainsi, si son emploi est pertinent pour établir et répartir les budgets, il n'est pas recommandé pour définir les priorités dans un programme d'entretien. En effet, les tâches d'entretien structurel sont de loin les plus coûteuses et correspondent, de ce fait, à des notes globales faibles. Une mise en priorité fondée sur la note globale conduira à mettre systématiquement en tête ces tâches structurelles, et donc à ne plus faire d'entretien de surface.

Exemple d'application : la méthode IQRN

Un système de notation appliquant ces principes généraux a été mis au point en 1992, sous le nom d'IQRN

[4] [5], pour « Image Qualité des Routes Nationales », il est, depuis lors, appliqué sur l'ensemble du réseau routier national (30 000 km de route) pour évaluer l'état des chaussées vis-à-vis des objectifs :

- ① de préservation du patrimoine ;
- ② de maintien des caractéristiques de surface.

Il peut également être appliqué aux itinéraires structurants d'autres réseaux, notamment départementaux. En revanche, ce système n'est pas applicable en l'état aux routes secondaires.

Particularités des chaussées de routes secondaires

Il n'existe pas de définition précise et officielle des routes « secondaires ». En général, on regroupe sous ces termes les routes qui ont en commun trois grandes caractéristiques :

- ayant le plus souvent une fonction de desserte, elles supportent un trafic faible, inférieur ou égal à la classe T3 du guide de dimensionnement des chaussées [7] ;
- elles sont constituées de chaussées traditionnelles, à assise non traitée et plus ou moins hétérogènes ;
- le tracé en est souvent sinueux, et ne se prête pas à des vitesses élevées.

Sur ces routes, les niveaux de service, donc les objectifs d'entretien, n'ont que peu à voir avec ceux des routes structurantes. Bien entendu, ces routes doivent offrir un passage quasi-permanent : on y admet néanmoins, de façon occasionnelle, la pose de barrière de dégel, voire la mise en service temporaire d'itinéraires de substitution (« déviations »). Une stratégie d'entretien préventif, c'est-à-dire d'interventions structurelles précoces, ne se justifie donc pas. Quant aux caractéristiques de surface de ces routes, elles sont plus appréciées à travers l'uni (longitudinal, transversal) que l'adhérence, en raison des vitesses pratiquées, qui sont plus faibles que sur les itinéraires structurants.

D'un point de vue mécanique, ces chaussées sont particulièrement sensibles à la présence d'eau dans les couches non traitées constituant le corps de chaussée. Si on s'en tient aux examens de la chaussée proprement dite, on s'intéressera donc principalement aux défauts d'imperméabilisation du revêtement, résultant de fissurations graves ou d'arrachements profonds. La détérioration des chaussées, consécutive à l'entrée d'eau, se traduit fréquemment par le développement progressif de déformations structurelles, notamment d'affaissements de rive.

Dans ces conditions, on conçoit que le suivi de l'état des chaussées mette en œuvre des indicateurs différents de ceux utilisés pour suivre les réseaux structurants. On s'intéressera surtout aux dégradations graves, fissurations, arrachements et déformations transversales, pour apprécier l'état structurel, et aux unis transversaux et longitudinaux pour apprécier le service offert à l'utilisateur. Si on considère aussi que la valeur patrimoniale de

ces routes est plus faible, et justifie plus difficilement des budgets importants, on comprend que ces indicateurs doivent aussi pouvoir être relevés dans des conditions économiquement moins lourdes que celles de l'IQRN. La méthode présentée apporte une réponse appropriée à cette situation.

Notation d'état structurel

Les modes de dégradation structurelle des chaussées traditionnelles

Les chaussées souples se détériorent selon un processus qui est aujourd'hui bien connu. Schématiquement, on peut dire qu'aussi longtemps que l'assise non traitée reste sèche, et pour des trafics adaptés, la chaussée ne se détériore pas, ou très lentement. Les détériorations sont observées lorsque l'eau pénètre dans l'assise ou le support de la chaussée, et que le trafic vient exercer une action mécanique sur le matériau ainsi affaibli. On peut observer une telle situation dans plusieurs circonstances : à l'issue d'une période de gel, si le soulèvement de la chaussée comporte des matériaux gélifs ; durant une période pluvieuse, si les fossés latéraux sont partiellement ou totalement obstrués, suite à une insuffisance d'entretien ; enfin, si le revêtement a perdu son étanchéité par suite de dégradations de surface de types arrachement ou fissuration importante. Dans ces conditions, la répétition des contraintes engendrées par la circulation, notamment des quelques véhicules lourds qui empruntent la route, va entraîner une déformation plastique de l'assise non traitée ou du sol, et se traduire par des déformations permanentes en surface. Ces déformations vont à leur tour engendrer des efforts dans le revêtement, ce qui se traduira par l'apparition de fissures en surface [8].

Indicateurs d'état structurel

Pour détecter l'initiation et suivre l'évolution d'un tel processus, le système d'évaluation se fonde sur trois indicateurs relevés visuellement : les déformations transversales, les fissurations et les dégradations de revêtement. Il se limite aux formes les plus graves de ces dégradations [8], qui seules sont le signe d'une détérioration avancée de la chaussée. Le relevé est donc fait selon le mode opératoire M4 de la méthode LPC de relevé des dégradations de surface des chaussées [9]. De plus, les dégradations de revêtement prises en compte sont essentiellement les arrachements, qui affaiblissent la structure. Les ressuges qui peuvent être précurseurs d'arrachement en période chaude sont pris en compte. L'extension des dégradations de revêtement est prise égale à la somme de l'extension des arrachements plus un sixième de l'extension des ressuges, ce dernier coefficient ayant été calibré lors d'essai de validation en site.

Cette restriction permet de pratiquer le relevé à une cadence plus élevée que celle pratiquée pour l'IQRN

(la cadence serait incompatible avec les exigences économiques propres aux réseaux secondaires).

Tâches conventionnelles d'entretien structurel

Les travaux d'entretien structurel régulièrement pratiqués sur les routes secondaires et qui sont considérés ici, entrent dans deux catégories : les travaux d'imperméabilisation du revêtement et les travaux de confortement des rives. Pour réimperméabiliser la chaussée, on a recours à trois grands types de techniques :

- les emplois partiels, qui sont utilisés sur zone fissurée et sur reprofilage, lorsque la surface de chaussée à traiter est inférieur à 30 % (par section de 200 mètres) ;
- les enduits superficiels, qui sont appliqués dans les mêmes circonstances, mais lorsque la surface à traiter dépasse les 30 % ;
- les « sandwichs » (grille à sec + émulsion + granulats 4/6 + émulsion + ...), dont l'emploi est réservé à la correction des arrachements les plus profonds ; cette technique peut être remplacée par un reprofilage (« rebouchage ») lorsque ces arrachements profonds sont trop nombreux.

Lorsqu'il s'agit de conforter les rives, on appliquera plutôt des « traitements de rive » :

- localisés, lorsque les linéaires à traiter sont inférieurs à 30 % ;
- généralisés, dans le cas inverse.

On a considéré que ces traitements de rive étaient toujours accompagnés de la remise en état des fossés.

Pour conduire à son terme la démarche de notation, il faut définir des coûts conventionnels pour chacune de ces techniques. Il est important de préciser que, ces coûts n'intervenant que de façon relative dans le calcul de la note, ils sont exprimés dans une unité particulière, dite « Unité de Coût » (UC). Ils ont été estimés en tenant compte des coûts unitaires moyens (au mètre carré de travaux) de chaque technique, en moyenne nationale 1998, et des quantités (largeur × longueur × épaisseur) à mettre en œuvre dans la configuration dans laquelle ils s'appliquent. Ils sont indiqués dans le tableau I.

TABLEAU I
Coûts conventionnels

Techniques	Abréviations	Coûts conventionnels unitaires (UC)
Sandwich	Sand	1
Emploi Partiel	Empar	1*
Enduit Superficiel	ES	12
Trav ^x rive localisés	TR loc	2
Trav ^x rive généralisés	TR géné	11
Reprofilage	Repro	1,8

* Coût d'un reprofilage très localisé ramené au mètre carré de chaussée.

Par ailleurs, on a estimé que, dans le pire des cas, les travaux de remise à l'état de référence d'une chaussée traditionnelle consistent en un recouvrement avec une couche de béton bitumineux de 4 cm (épaisseur moyenne théorique), soit environ 100 kg/m², dont le coût conventionnel est de 30 UC.

Calcul de la note « Patrimoine »

Pour calculer la note « Patrimoine » d'une section, on commence par identifier les tâches conventionnelles d'entretien structurel à mettre en œuvre pour ramener la chaussée à l'état de référence. On utilise pour cela

une grille d'analyse qui croise les indicateurs structurels (tableau II). La particularité de cette grille est qu'elle définit une solution de remise en état non pas dans les différentes cases de la grille, mais à ses différents nœuds.

La note d'état structurel est ensuite calculée à chaque nœud en appliquant les coûts unitaires du tableau I et la formule (1). On obtient le tableau III. Une interpolation linéaire permet ensuite de définir cette note, de façon continue pour tout état de la chaussée. Les coefficients d'interpolation ont été calculés pour chaque case de la grille. En dehors des cases définies dans les tableaux II et III, les notes sont constantes.

TABLEAU II
Travaux conventionnels de remise en état et leurs coûts

Dégradations Revêtement	Fissurations	Déformations		
		0 %	20 %	50 %
0 %	0 %	Rien 0 F	TR loc 2F	TR géné 30 + Empar 12 F
	20 %	Empar 1 F	Empar + TR loc 3 F	TR géné 30 + Empar 12 F
	50 %	ES 12 F	ES + TR loc 14 F	ES + TR géné 30 23 F
10 %	0 %	Sand 1 F	Sand+TR loc 3F	Sand + TR géné 30 + Empar 13 F
	20 %	Sand + Empar 2 F	Sand + Empar +TR loc 4 F	Sand + TR géné 30 + Empar 13 F
	50 %	Sand + ES 13 F	Sand + ES 15 F	ES + TR géné 30 24 F
20 % et plus	Quelle que soit la fissuration	ES + Repro 15 13,80 F	ES + Repro 15 + TR loc 15,80 F 24,80 F	ES + Repro 15 + TR géné 30

Les abréviations sont celles indiquées dans le tableau I.

TABLEAU III
Tableau des notes relatives attribuées à chacune des sections typiques

Dégradations Revêtement	Fissurations	Déformations		
		0 %	20 %	50 %
Aucune 0 %	0 %	20	18,6	12
	20 %	19,5	18	12
	50 %	12	10,3	4,7
0* à 20 % valeur représentative 10 %	0 %	19,5	18	11,4
	20 %	18,6	17,3	11,4
	50 %	11,4	10	4
> 20 %	Quelle que soit la fissuration	10,8	9,5	3,5

Exemple

On peut illustrer ce mode de calcul sur un exemple. Soit une section de chaussée sur laquelle on a relevé 5 % de dégradation de revêtement, 10 % de fissuration et 40 % de déformation. Cette section est située dans la case définie par (tableau III) :

- dégradations de revêtement comprises entre 0⁺ et 20 % ;
- fissuration comprise entre 0 et 20 % ;
- déformation comprise entre 20 et 50 % ;

On calcule d'abord une note N_0 , pour une section ayant le même taux de fissuration et de déformation, mais ne présentant aucune dégradation de revêtement. Pour calculer cette note on interpole entre les sommets de la case grisée foncée dans le tableau III :

$$N_0^1 = 0,5 * (18,6 + 18) = 18,3$$

$$N_0^2 = 0,5 * (12 + 12) = 12$$

$$N_0 = 18,3 - (6,3 / 50) * 40 = 13,26$$

Ce calcul est répété, mais en considérant cette fois que la section présente un taux de dégradation de revêtement de 10 %. On obtient ainsi une note N_{10} , en interpolant entre les sommets de la case grisée claire.

$$N_{10}^1 = 0,5 * (18 + 17,3) = 17,65$$

$$N_{10}^2 = 0,5 * (11,4 + 11,4) = 11,4$$

$$N_{10} = 17,65 - (6,25 / 50) * 40 = 12,65$$

La note applicable à la section réelle qui comporte 5 % de dégradation de revêtement est obtenue par interpolation linéaire entre N_0 et N_{10} .

$$N = 0,5 * (13,26 + 12,65) = 12,955 \sim 13$$

L'avantage de cette méthode de calcul est qu'elle n'amplifie pas la dispersion des relevés. Un écart faible sur un indicateur, entre deux relevés, se traduit toujours par un écart faible entre les deux notes calculées à partir de ces relevés.

Notation de la qualité d'usage

Indicateurs d'état vis-à-vis des qualités d'usage

Sur les routes secondaires, les vitesses sont relativement réduites (< 70 km/h) et l'usager est plus sensible à l'inconfort de la route qu'au problème d'adhérence. Le confort étant largement conditionné par l'uni de la chaussée, il était donc naturel de considérer l'uni longitudinal et l'uni transversal comme les indicateurs les plus pertinents vis à vis de cette finalité. Lorsque, dans les années 1995-1998, la méthode de notation des qualités d'usage des routes secondaires a été développée, l'uni longitudinal était encore, le plus souvent, caractérisé par le coefficient, C_{apl} . C'est ce coefficient qui a donc été retenu dans cette méthode. L'uni transversal, quant à lui, est caractérisé par l'indice de déplanéité, I_p [10], qui représente l'écart type moyen entre le profil transversal mesuré et la droite obtenue par régression linéaire sur ce profil.

Tâches conventionnelles d'entretien des qualités d'usage

La rectification de l'uni des chaussées, au moins sur les réseaux secondaires, est obtenue par des opérations de reprofilage. Intuitivement, on conçoit que plus les déformations sont prononcées, plus les quantités de matériau à mettre en œuvre pour les corriger sont importantes. Il était naturel de rechercher une relation explicite entre les unes et les autres. Reprenant un travail initialisé par le Laboratoire régional des Ponts et Chaussées de Clermont-Ferrand, un groupe de travail a étudié les améliorations d'uni observées sur une centaine de sections tests à la suite d'opérations de reprofilage. En s'attachant à rechercher les quantités **minimales** de reprofilage nécessaires pour obtenir une correction d'uni donnée (caractérisée par des réductions données du C_{apl} et de l' I_p), le groupe a pu mettre en évidence une relation, qui prend la forme :

$$Q_u = \max(Q_l, Q_t) \quad (2)$$

avec

$$Q_l = 1,6 \delta C_{apl} + 50$$

$$\text{pour } 1 + \delta C_{apl} \leq C_{apl} \leq 6,6 + 1,34 \delta C_{apl}$$

$$Q_l = [1,6 + 67 / (C_{apl} - 6,6)] \delta C_{apl}$$

$$\text{pour } 6,6 + 1,34 \delta C_{apl} \leq C_{apl}$$

$$Q_t = [-0,39 + 107,21 / I_p] \delta I_p$$

$$\text{pour } I_p \geq \delta I_p + 1$$

où

Q_u quantité de reprofilage minimum nécessaire à la correction de l'uni d'une section

Q_l quantité de reprofilage minimum nécessaire à la correction de l'uni longitudinal

Q_t quantité de reprofilage minimum nécessaire à la correction de l'uni transversal

δC_{apl} variation recherchée du coefficient d'uni longitudinal

δI_p variation recherchée du coefficient d'uni transversal

Dès lors qu'on caractérise l'état de référence d'une chaussée, vis-à-vis de la finalité « condition d'usage », par un uni défini au travers d'une valeur de C_{apl} et d'une valeur d' I_p , on peut calculer à l'aide des formules précédentes la quantité de matériau de reprofilage qu'il faut mettre en œuvre pour restaurer cet état sur une section de route.

Calcul de la note « Usager »

Les travaux les plus importants qu'on puisse réaliser sur une route secondaire pour restaurer sa planéité ne dépassent pas le renouvellement du revêtement par une couche de 4 cm d'épaisseur, ce qui, on l'a indiqué précédemment, est équivalent à un reprofilage avec une quantité :

$$Q_{u, \max} = 100 \text{ kg/m}^2 \quad (3)$$

Le calcul de la note de qualité d'usage consiste donc à appliquer la formule (1). Considérant qu'il n'y a qu'une technique d'entretien, et que son coût conven-

tionnel est proportionnel à la quantité Q_u de matériau mise en place, (1) est équivalent à :

$$N = \text{Partie entière } [20 (1 - Q_u / Q_{u, \text{max}})] \quad (4)$$

Notation globale d'état

Un gestionnaire qui considère ses chaussées du double point de vue de son état structurel et de ses qualités d'usage, peut souhaiter englober ces deux appréciations dans une représentation unique, c'est à dire à travers une note globale. Si on fait l'hypothèse que « les travaux qui permettent la remise en état de la chaussée vis à vis de la finalité dont elle est le plus éloignée entraînent de facto la remise à l'état de référence vis à vis de l'autre finalité », alors le coût des travaux à prendre en compte dans le calcul de la note globale est le maximum des coûts des travaux conventionnels vis à vis des deux finalités. Dans ces conditions, la note globale est le minimum des deux notes « Patrimoine » et « Qualité d'usage ».

$$N \text{ « globale »} = \text{Min} \{ \text{Note « Patrimoine »}, \text{Note « Qualité d'usage »} \} \quad (5)$$

Cette hypothèse peut toutefois être contestée dans quelques cas requérant par exemple un emploi partiel pour préserver le patrimoine et un reprofilage léger pour restaurer les qualités d'usage. L'obtention de l'état de référence résulte de la mise en œuvre simultanée des deux tâches. On trouve alors que :

$$N \text{ « globale »} = \text{Note « Patrimoine »} + \text{Note « Qualité d'usage »} - 20 \quad (6)$$

Économie de l'étude

La méthode d'évaluation qui est présentée n'a d'intérêt que si elle permet d'obtenir des informations pertinentes sur l'état des chaussées des réseaux secondaires à un coût qui soit en rapport avec les enjeux d'entretien sur ces réseaux. Dans le coût d'une opération d'évaluation, on relève généralement deux grands postes financiers :

- la préparation de l'opération, et notamment la constitution de la banque de données contenant les informations utiles au calcul des notes, en plus de celles mesurées pendant l'auscultation (structure de chaussée, trafic, etc.) ; c'est souvent une source de coût importante ;
- l'exécution de l'auscultation.

Cependant, la méthode d'évaluation des réseaux secondaires n'implique pas de constituer une banque de données spécifiques, car le calcul des notes ne fait appel qu'aux paramètres relevés pendant l'auscultation (dégradations, unis).

Le relevé de dégradations de surface, dans la mesure où il est restreint aux dégradations « graves », permet de pratiquer des cadences de relevé plus élevées que celles pratiquées par exemple sur le réseau national. De

même, les mesures d'uni, qui font appel à des appareils à grande vitesse (TUS, APL, fonctionnant à 50 ou 60 km/h), lorsqu'elles sont appliquées à l'échelle d'un réseau, permettent des coûts intéressants.

Enfin, la méthode permet une réelle modulation du coût en fonction des préoccupations du gestionnaire, puisque les notes « Patrimoine » et « Usager » sont calculées de façon totalement indépendante, et font appel à des auscultations séparées. Un gestionnaire qui n'est intéressé que par l'une des finalités peut ainsi restreindre son engagement financier aux opérations strictement nécessaires pour atteindre son objectif.

Application en sites pilotes

On pouvait anticiper que le passage de méthodes locales d'évaluation des chaussées, entièrement fondées sur la compétence et l'expérience d'hommes de terrain, avec leur sensibilité et leur appréciation du contexte, à une méthode rationnelle plus objective, induirait une évolution profonde à la fois des méthodes de travail des services et de la perception que le gestionnaire pouvait avoir, in fine, de son réseau. Pour mesurer l'importance et l'effet de ces changements, et donc mieux guider l'insertion de cet outil dans les pratiques, la méthode d'évaluation des réseaux secondaires a été testée en grandeur nature sur cinq itinéraires, d'environ 50 km de long chacun. Ces cinq itinéraires ont été choisis dans cinq régions différentes : Bretagne, Provence, Auvergne, Lorraine et Bourgogne. Il s'agissait dans les cinq cas d'une route, ou d'un ensemble de portions de route de rase campagne, répondant aux critères exposés dans le paragraphe « Particularité des routes secondaires ». Les indicateurs nécessaires pour calculer les notes « Patrimoine » et « Qualité d'Usage » ont été relevés ou mesurés, puis les notes ont été calculées, par tronçon de 200 mètres de longueur.

Pertinence technique de la méthode d'évaluation

Cette phase s'est fondée sur une analyse purement technique de l'un des itinéraires tests, celui situé en Bretagne. Cet itinéraire fut parcouru par le groupe de travail chargé de mettre au point la méthodologie. Zone après zone, les experts comparèrent l'état de la route tel qu'ils le percevaient et les notes « Patrimoine » et « Qualité d'usage » qui avaient été calculées à partir des relevés et mesures faits par les opérateurs du laboratoire, et reportés sur un schéma itinéraire (fig. 1).

Cette opération permit de conclure à la pertinence de la note « Qualité d'usage », qui reflétait correctement l'état de déformation, donc l'inconfort, de la chaussée. En revanche, des écarts furent constatés entre l'état de la structure de chaussée tel que des experts pouvaient l'apprécier lors d'une visite, et la note « Patrimoine ». Les pistes pour réduire ces écarts fut rapidement identifiées : d'une part, la méthode de relevé devait se limiter plus rigoureusement aux déformations, fissurations et arrachements graves, d'autre part le poids

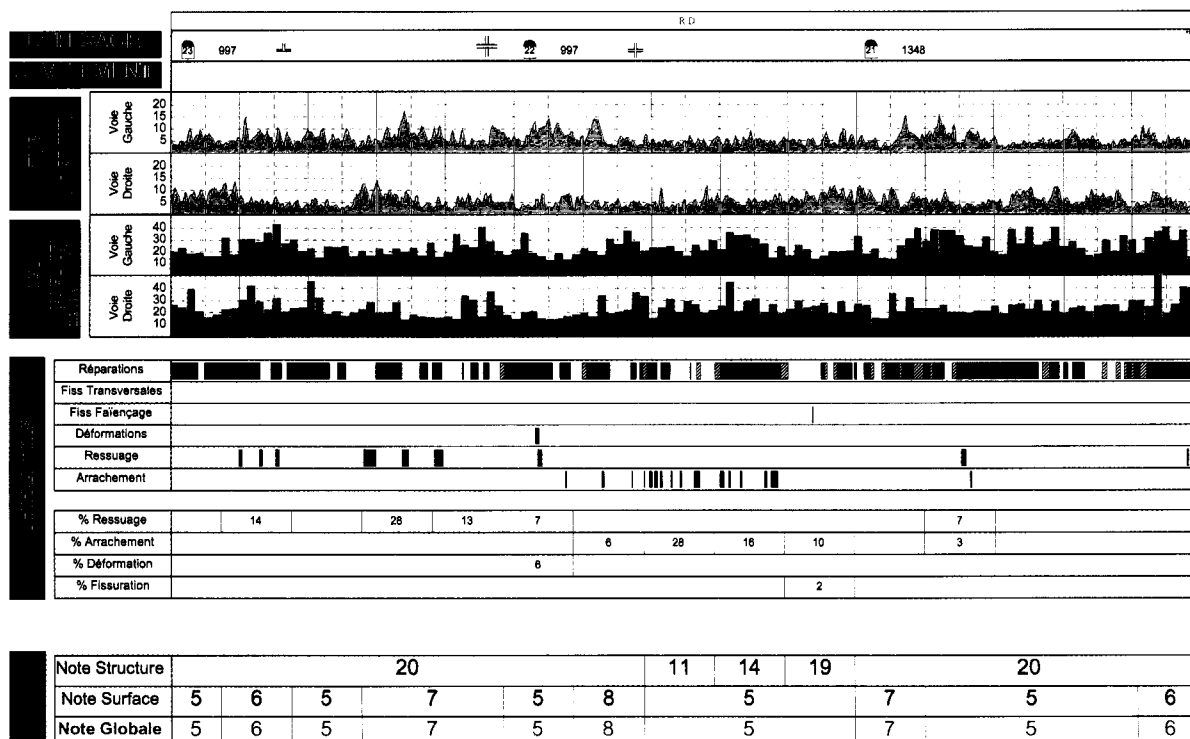


Fig. 1 - Schéma d'évaluation d'un itinéraire.

accordé aux ressuges (leur extension était initialement simplement ajoutée à celle des arrachements) devait être diminué.

Les méthodes de relevé et de calcul de la note « Patrimoine » ont donc été révisées pour prendre la forme définitive qui a été exposée dans cet article. Les relevés furent renouvelés en respectant les adaptations de la méthode, la note « Patrimoine » recalculée. Les résultats furent, cette fois, en bon accord avec l'avis des experts. La pertinence de la méthode était ainsi établie, d'un point de vue technique.

Confrontation à l'avis des gestionnaires

Les résultats obtenus sur les cinq itinéraires tests furent confrontés aux avis donnés par le(s) gestionnaire(s) usuel(s) de ces itinéraires, selon leur propre approche. Pour que cette confrontation soit un peu formalisée, et que ses résultats en soit exploitables, il fut demandé à ces gestionnaires de classer les sections de chaussée en quatre ou cinq catégories notées de A, excellent état, jusqu'à D, et éventuellement E, ruine de la chaussée – selon leurs habitudes ou leur perception intuitive, et en différenciant dans toute la mesure du possible les appréciations de l'état structurel de celles des qualités d'usage.

Pour chaque itinéraire, on a regroupé les sections selon les catégories dans lesquelles les avait classées leur gestionnaire. On a ensuite calculé la moyenne des notes des sections classées dans une même catégorie. Les résultats de ces calculs, pour ce qui concerne les notes « Patrimoine », sont présentés dans le tableau IV, où

on observe que les notes données par l'outil d'évaluation varient dans l'ensemble comme les appréciations données par les gestionnaires. Deux exceptions à ce constat : la faible moyenne des notes des sections de catégorie A sur l'itinéraire de Provence, et la moyenne un peu élevée des notes des sections de catégorie C sur l'itinéraire de Bourgogne. Ces exceptions ne sont pas représentatives de par le nombre très faible de sections dans ces catégories.

TABLEAU IV
Comparaison entre la classification « gestionnaire »
et les valeurs de notes « Patrimoine »

Itinéraire test	Classes Gestionnaires	Moyenne des notes Patrimoine
Provence	A	9,2
	B	11,6
	C	10,8
	D	9,9
Bourgogne	A	16,1
	B	11,4
	C	13,4
Auvergne	A	19,3
	B	17,2
	C	17,4
	D	12,6
Lorraine	A	15,3
	B	15,6
	C	12,4
	D	13
	E	8
Bretagne	A	15,6
	B	9,9
	C	8,5

L'analyse section par section de cette comparaison permet de relever plusieurs sources de différence entre les méthodes d'évaluation (locales et rationnelle) :

- dans le jugement qu'ils portent sur leurs chaussées, plusieurs gestionnaires ne différencient pas l'état structurel et les qualités d'usage ; cette distinction constitue un premier apport de la méthode rationnelle ;
- les gestionnaires, habitués à évaluer leurs chaussées en grandes masses faute d'outil leur permettant une approche plus fine, se trouvent en difficulté pour apprécier les résultats au pas de 200 mètres ; ce gain en finesse est sans conteste le second apport de la méthode ;
- enfin et surtout, chaque gestionnaire a ses propres références pour caractériser l'état de ses chaussées, fondées sur des indicateurs et des seuils qui lui sont personnels et qui peuvent varier en fonction de son expérience professionnelle ou de son environnement de travail.

Cette confrontation et ces constats permettent de bien faire émerger l'intérêt d'un système explicite et rationnel d'évaluation des chaussées.

Conclusion

La méthode d'évaluation développée par le Réseau technique et scientifique de l'Équipement pour les réseaux routiers secondaires ouvre la voie à une approche plus rationnelle, plus rigoureuse, de la gestion de l'entretien de ces réseaux. Elle vise à donner à ces Services un outil de travail plus performant.

La méthode permet de caractériser la chaussée par une ou plusieurs notes d'état, adaptées aux objectifs du gestionnaire et établies à partir d'indicateurs relevés ou

mesurés sur la chaussée selon des méthodes explicites et par des agents formés. Il en résulte un gain d'objectivité et d'homogénéité entre les différents avis exprimés par les centres d'exploitation d'un réseau, qui donne davantage de crédibilité à leurs propositions d'entretien, et permet de mieux les traiter. Il devient notamment possible de dissocier les critères techniques et les critères administratifs voire politiques, dans les décisions d'affectation ou de répartition des budgets.

Généralement, ces notes sont calculées sur chaque tronçon de 200 mètres. Même si, aujourd'hui, une telle finesse dans l'analyse peut paraître très en avance sur les pratiques actuelles (analyse par grandes sections paraissant « homogènes »), voire déstabilisante, elle autorise une observation plus fine, donc plus juste, du réseau. Les besoins d'entretien sont cernés au plus près, l'emploi des budgets devrait s'en trouver optimisé.

La méthode permet de caractériser la chaussée au travers de trois notes, l'une pour le « Patrimoine », la seconde pour les « Qualités d'usage » et la dernière, « Globale », offrant une perception générale de l'état de la chaussée au travers d'une synthèse des deux précédentes. Si on considère les pratiques actuelles des gestionnaires, qui ne différencient que rarement les finalités « Patrimoine » et « Qualité d'usage », on peut penser que, dans un premier temps, la note globale sera la plus fréquemment utilisée. A terme, pourtant, l'introduction des notes par finalité permettra d'affiner l'analyse des besoins d'entretien.

Enfin, le mode de calcul de ces notes – elles sont inversement proportionnelles aux coûts des opérations nécessaires à la remise en état de la chaussée – les rend directement utilisables pour établir ou estimer un budget d'entretien, voire pour répartir ce budget entre différents centres d'entretien.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] *Mémento de la route 98*, Direction des routes, ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement, La Défense, 3^e trimestre 1998.
- [2] GOUX M.-T., LEPERT PH. et al., *Aide à la Gestion de l'entretien des Réseaux Routiers*, Méthode, LCPC, octobre 2000.
- [3] LEPERT PH., GOUX M.-T., ROBERT B., LAVAUD J.P., *Vers une approche rationnelle de l'entretien routier*, XIII^e Congrès de la Fédération Mondiale de la Route, Toronto, juin 1997.
- [4] LEPERT PH., GOUX M.-T., *Évaluation du Réseau français de routes nationales basée sur le relevé de dégradations de surface*, 4^e Congrès International de la route, Rabat, 2 juin 1994.
- [5] LEPERT PH., JOUBERT P. (1998), *Recent developments in the PMS in France*, 4th International Conference on Managing Pavement, Durban, vol. 1.
- [6] LEPERT PH., GUILLEMIN R., BERTRAND L., RENAULT D. (1994), *An evaluation of the French national highway network based on surface damage surveys*, 3rd International Conference on Managing Pavements, may 21-26, San Antonio, USA.
- [7] *Conception et dimensionnement des structures de chaussées – Guide technique*, SETRA / LCPC, décembre 1994.
- [8] *Catalogue des dégradations de surface des chaussées*, méthode LPC n° 52, LCPC, mars 1998.
- [9] *Relevé des dégradations de surface des chaussées*, méthode LPC n° 38-2, LCPC, mai 1997.
- [10] *Mesure du profil en travers*, norme NF P 98-219-1.

ABSTRACT

Assessing the condition of secondary roads : Why and how ?

Ph. LEPERT, A. RIOUALL, N. FREITAS

Maintaining road networks, in particular county roads, is important in financial, economic and political terms. So-called « secondary » roads are an important component of these networks. It is right for the Public Works Engineering Network to pay particular attention to these, and this concern has resulted in the development of a specific pavement condition assessment method.

The road network to be assessed is broken down into sections of a predefined length, for which an « Asset » rating, a « Service » rating and a combined « Overall » rating are calculated. Each of these ratings is obtained by identifying, from indicators measured on the pavement (severe surface defects and deformations), the works that would be necessary to return the pavement to « new » condition with reference to its structure, service qualities or a combination of the two. The rating is inversely proportional to the cost of these works. Its value is 20 for a new pavement and 0 when a pavement has been virtually destroyed.

This approach takes account of the specific features of secondary roads, in particular their structural behaviour mode and the maintenance works that are frequently conducted. Furthermore, the indicators used to calculate the ratings, which must be collected for the entire studied network, can be obtained with simple methods and apparatus whose cost is reasonable in comparison with the amount of funding available for maintaining these roads.

The method has been assessed from the technical standpoint by pilot operations on five routes in different regions. The final stage of this assessment was a comparison with the opinions of the managers of these routes which validated the proposed method.