

COMPTE RENDU
MISSION TECHNIQUE EN FRANCE
DU 12 AU 25 MAI 1990

CANQ
TR
GE
SM
155

Ministère des Transports
Direction des sols et matériaux
Service des sols et chaussées

471679



Gouvernement du Québec
Ministère
des Transports

COMPTE RENDU
MISSION TECHNIQUE EN FRANCE
DU 12 AU 25 MAI 1990

AZIZ AMIRI, Dr. ing.

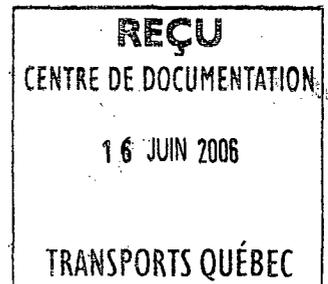
Division des structures de chaussées

Service des sols et chaussées

Direction des sols et matériaux

Préach.
CANQ
TK
GE
SM
155

MINISTÈRE DES TRANSPORTS
CENTRE DE DOCUMENTATION
700, boul. RENÉ-LÉVESQUE EST, 21^e étage
QUÉBEC (QUÉBEC) CANADA
G1R 5H1



Québec, le 12 décembre 1990

TABLE DES MATIÈRES

	<u>PAGE</u>
INTRODUCTION.....	1
1. <u>PRÉPARATION DU VOYAGE</u>	1
1.1 Buts généraux.....	1
1.2 Objectifs, buts spécifiques.....	1
1.3 Programme, plan de mission/voyage.....	2
1.4 Démarche précédant le voyage.....	2
2. <u>AU RETOUR DU VOYAGE</u>	2
2.1 Objectifs atteints, réalisés.....	2
2.2 Idées, solutions retenues.....	2
2.2.1 Couches de roulement.....	3
2.2.1.1 Les liants modifiés à adhésivité et cohésivité élevés.....	3
2.2.1.2. Les enrobés performants pour les routes à grande circulation (mince et très mince).....	3
2.2.2 Couches de base à haut module.....	3
2.2.3 Les couches de fondation stabilisées.....	3
2.2.4 Plate-forme stabilisée.....	4
2.2.5 Couche de forme stabilisée.....	4
2.2.6 Éliminer le battement des dalles.....	4
2.2.7 Équipements de laboratoire.....	4
2.2.8 Équipements d'auscultation des chaussées.....	5
2.2.9 Informatisation du calcul structural des chaussées.....	5
2.2.10 Équipements de recherche et expérimentation... 5	5
2.2.10.1 Le manège de fatigue.....	5
2.2.10.2 Piste expérimentale de mesure d'antidérapance. 6	6
2.2.11 Réglementation.....	6
2.2.12 Élément des structures des chaussées françaises.....	6

2.2.13	Cas du MTQ à titre comparatif.....	7
2.2.14	La stratégie de dimensionnement.....	7
2.2.14.1	Les poids lourds.....	7
2.2.14.2	Les sols de support et des couches de forme... 8	
2.2.14.3	Quelques spécifications pour la plate-forme... 9	
2.2.14.4	Les couches de fondation et couches de base...10	
2.2.14.5	Couche de roulement.....12	
2.2.14.6	Le manège de fatigue (premier résultat et commentaire).....13	
2.2.14.7	Essieu standard et déflexion caractéristique.14	
2.2.14.8	Stratégie de conception et d'entretien.....15	
2.2.14.9	Route et informatique (proposition).....16	
2.3	Plan d'actions "Post Mission".....17	
2.3.1	Actions à court terme.....18	
2.3.2	Actions à moyen terme.....18	
2.3.3	Actions à long terme.....19	
2.4	Commentaires généraux.....20	
LES ABRÉVIATIONS ET SYMBOLES.....		23
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....		25
ANNEXE "A"	PHOTOS, CATALOGUES, GRAPHIQUES, ÉQUIPEMENTS EN FRANCE	
ANNEXE "B"	PHOTOS, ÉTATS DES ROUTES AU QUÉBEC	

MISSION TECHNIQUE EN FRANCE

DU 12 AU 25 MAI 1990

INTRODUCTION

Ce rapport a été préparé à la demande du Service des Relations extra-ministérielles du MTQ suivant leur guide pour la rédaction de compte rendu de mission.

La réhabilitation étant l'objet principal de la mission, l'emphase est mise sur le savoir faire français dans ce domaine compte tenu des besoins propres du MTQ et des problèmes prioritaires du réseau routier québécois en terme de conception, exploitation, entretien, réhabilitation et remise en état des structures de chaussées.

1. PRÉPARATION DU VOYAGE

Les lieux, les dates et la liste des participants de cette mission a été préparée par l'Association des Constructeurs de Route et Grands Travaux du Québec (L'A.C.R.G.T.Q.). La mission s'est déroulée en général tel que prévu par le programme.

1.1 BUTS GÉNÉRAUX

Se familiariser avec les progrès français en technologie routière et procéder à des échanges techniques afin de faire face aux préoccupations communes dans ce domaine.

1.2 OBJECTIFS, BUTS SPÉCIFIQUES

Découvrir le savoir faire français dans le domaine de la réhabilitation et remise en état des chaussées en organisant des rencontres, en assistant à des conférences, en visitant des sites d'exploitation de matériaux de construction, d'usines de production d'enrobés, de chantiers de réfection et de reconstruction. Organiser des ateliers d'échanges techniques avec les experts et les intervenants de l'administration et des firmes privées françaises.

Débattre plus particulièrement les sujets tels que: le design structurel, l'envergure et l'impact environnemental du gel et dégel, les modes de mise hors gel des chaussées, les liants modifiés et les enrobés performants, l'approvisionnement et la bonification des matériaux de

construction, la stabilisation des fondations et les couches de bases à haut module, les essais en laboratoire, la gestion routière, les équipements d'auscultation des chaussées, le rôle de l'état et des entreprises privées, le trafic des poids lourds, le coût VS la qualité, la structure administrative, la disparité régionale, les recherches et l'expérimentation (piste expérimentale de la texture et de l'antidérapance et le manège de fatigue) etc... (photos 1, 2, 3).

1.3 PROGRAMME, PLAN DE MISSION/VOYAGE

En général, le voyage s'est déroulé tel que prévu par l'A.C.R.G.T.Q. (le programme en annexe). Cependant, en cours de route certaines visites de chantiers intéressants ont été ajoutées au programme individuel (dans le cas du soussigné) tel que l'observation du comportement des enrobés à haute performance posés sur les autoroutes périphériques de Paris de même que le chantier d'installation des connecteurs de dalle FREYSSINET sur ces mêmes routes (photos 16 et 17).

1.4 DÉMARCHE PRÉCÉDENT LE VOYAGE

Nous avons préparé quelques documents techniques et vidéos relativement à nos routes et dans le cadre du contrat de recherche avec S.I.R.

2. AU RETOUR DU VOYAGE

2.1 OBJECTIFS ATTEINTS, RÉALISÉS

Grâce à une bonne organisation, un accueil chaleureux, une excellente communication et de très bonnes conditions climatiques, en dépit d'un programme souvent chargé, en général, les objectifs visés ont été atteints.

Cependant, certains sujets forts importants mériteraient d'être discutés plus en détail que prévu: le bitume aux polymères, le design structurel des chaussées, les couches de base à haut module, les essais et équipements de laboratoire, l'informatique et le design des chaussées sont des sujets qui mériteraient cette attention.

2.2 IDÉES, SOLUTIONS RETENUES

Il serait long d'énumérer et assez ardu de décrire les résultats détaillés de leurs progrès. Voici donc une brève liste des principales innovations qui nous touchent.

2.2.1 COUCHES DE ROULEMENT

2.2.1.1 LES LIANTS MODIFIÉS À ADHÉSIVITÉ ET COHÉSIVITÉ ÉLEVÉS

- Bitumes polymères;
- Bitumes avec fibres naturelles;
- Bitumes avec fibres synthétiques.

2.2.1.2 LES ENROBÉS PERFORMANTS MINCES ET TRÈS MINCES POUR LES ROUTES À GRANDE CIRCULATION

- Enrobés aux liants modifiés à haute résistance à l'orniérage et à l'usure (enrobés durables);
- Enrobés flexibles résistants à la réflexion des fissures;
- Enrobés retardateurs de fissures et travaillant à haute et basse température (Mastic);
- Enrobés drainants à granulométrie discontinue, à forte macro-rugosité de surface, utilisés pour la sécurité routière et pour éliminer la projection d'eau (brume) à haute vitesse sur les chaussées mouillées;
- Enrobés cloutés avec des granulats performants pour accroître l'antidérapance, la texture de surface, la résistance au choc et au polissage.

2.2.2 COUCHES DE BASE À HAUT MODULE

- Grave-bitume (G.B.);
- Grave-ciment (G.C.);
- Grave-laitier (G.L.);
- Grave-pouzzolane (G.Pz);
- Sable-ciment (S.C.);
- Gravier recomposé et humidifié (GRH), pour intercaler entre une couche de base (G.C.) susceptible de se fissurer et une couche de base traitée;
- Grave aux cendres volantes (G.C.V.).

2.2.3 LES COUCHES DE FONDATION STABILISÉES

- Traitement au ciment;
- Traitement à la chaux;
- Traitement à la chaux-ciment.

2.2.4 PLATE-FORME STABILISÉE

Il s'agit de stabiliser l'infrastructure à la chaux, au ciment ou à la chaux-ciment afin d'accroître sa capacité portante, réduire sa susceptibilité à l'eau, au gel et aux déformations.

2.2.5 COUCHE DE FORME STABILISÉE

Appelée au Québec comme couche anticontaminante (sable ou sous-fondation), son rôle est de préparer une surface uniforme, résistante aux déformations ayant un bon uni afin de permettre une mise en oeuvre adéquate de la superstructure et du revêtement.

Elle peut être stabilisée à la chaux, au ciment ou à la chaux-ciment. Ce traitement peut aussi contribuer à la mise hors gel de l'infrastructure de la chaussée.

2.2.6 ÉLIMINER LE BATTEMENT DES DALLES

L'élimination du battement des dalles peut prévenir la fatigue et la fissuration des dalles. L'opération retardera aussi la réapparition des fissures sur l'enrobé recouvrant ces dalles comme couche de roulement.

La méthode Freyssinet - LCPC (photo 16-17) consiste à installer des connecteurs à des dalles dans les joints. En plus d'un battement limite maximum d'environ de 0.200mm et d'une déflexion de 1.3mm dans les conditions climatiques du Québec. Le procédé devra être expérimenté au point de vue du retrait à basse température. Ceci pour s'assurer du transfert de charge en toute saison. Compte tenu du coût du procédé (30\$/m² ou 240 000\$/Km), il faut s'assurer de sa viabilité sur notre réseau.

2.2.7 ÉQUIPEMENTS DE LABORATOIRE

- Appareil d'essais de fatigue en flexion alternée à la déformation imposée pour mesurer le module complexe des enrobés;
- Presse au cisaillement giratoire (PCG) pour déterminer le compactage optimum avant la pose des mélanges et des enrobés aux liants modifiés;
- Appareil de mesure de la contrainte-élongation des liants modifiés (traction directe);
- Cohésimètre des liants;
- Ornièromètre;

Il est à propos de souligner qu'en France afin de déterminer l'intervalle de plasticité et d'un liant, les deux essais TBA et FRAASS (l'essai-température bille et anneau et l'essai-température de fragilité respectivement sont utilisés parallèlement avec l'essai de pénétration. L'intervalle de température entre TBA et FRAASS est défini comme étant l'intervalle de plasticité d'un liant. En dépit de la simplicité des équipements nécessaires pour ces trois essais, leurs résultats permettent d'établir le diagramme de Meukelom lequel définit la variation de la consistance d'un liant bitumineux pur ou modifié en fonction de la température. Ce paramètre extrêmement important permet de trouver les produits appropriés selon nos conditions climatiques.

2.2.8 ÉQUIPEMENT D'AUSCULTATION DES CHAUSSÉES

- Défectomètre-Lacroix: mesure la déflexion sous un essieu de 130KN (13 tonnes);
- APL: mesure la profilométrie (qualité de roulement);
- Rugolaser pour relever en continu et à haute vitesse de la macro-rugosité de surface (photo 39 à 44).

2.2.9 INFORMATISATION DU CALCUL STRUCTUREL DES CHAUSSÉES

Il s'agit d'une série de logiciels et de programmes pour le design structurel des chaussées. Cet outil a permis d'établir plus de 400 planches structurelles pour les chaussées à fort et faible trafic en considérant la classe du sol, sa nature, sa capacité et l'épaisseur des couches, ses conditions de drainage et son indice de gel, etc...

La préparation du catalogue à l'intention du chargé de projets a nécessité des données indispensables fournies par les équipements de laboratoire et du terrain. Ces données sont les éléments des relations empiriques, semi-empiriques et théoriques des lois rhéologiques de mécanique des chaussées.

2.2.10 ÉQUIPEMENTS DE RECHERCHE ET EXPÉRIMENTATION

2.2.10.1 LE MANÈGE DE FATIGUE

Ce dernier est un grand équipement pour simuler l'impact du transport lourd sur différentes planches expérimentales composées des éléments structurels de nature, d'épaisseur et de configuration stratigraphique variée (photo 1-3).

2.2.10.2 PISTE EXPÉRIMENTALE DE MESURE D'ANTIDÉRAPANCE

Il s'agit d'une piste composée de différents types d'enrobés conçue pour la couche de roulement. Ces enrobés sont utilisés en même temps pour calibrer les appareils et les instruments de mesure de glissance des chaussées et les paramètres de l'antidérapance.

2.2.11 RÉGLEMENTATION

Une consultation avec les normes, les spécifications, le cahier des charges et devis, etc... nous permet de constater que les intervenants des problèmes routiers ont en mains des outils de travail précis, détaillés, rationnels, clairs et concrets.

Les balises fixées par ces documents de base déterminent dans une fourchette assez précise le devoir et le droit du maître d'oeuvre et maître d'ouvrage, etc.

Ceci permet de régler les litiges de toute nature de façon équitable et d'assurer la qualité du produit selon les règles de l'art.

2.2.12 ÉLÉMENTS DES STRUCTURES DES CHAUSSÉES FRANÇAISES

Les chaussées françaises ont eu plusieurs étapes d'évolution depuis ces dernières décennies. L'intensification du trafic, l'accroissement du prix de l'énergie, la compétitivité d'un transport routier, l'expansion du réseau et le progrès des connaissances en technique routière sont des paramètres qui ont accéléré l'évolution de la conception structurelle des chaussées.

Selon l'édition 1988 du catalogue des structures types du Ministère de l'équipement et de l'aménagement du territoire, les chaussées sont composées des éléments suivants:

- 1- chaussée - couche de roulement
- 2- chaussée - couche de base
- 3- chaussée - couche de fondation
- 4- sol de fondation de la chaussée et couche de forme (plateforme, support de chaussée)

En se basant sur la nature des éléments (1) et (2) le catalogue français propose 23 types de chaussées (voir p. 8 à 14 du catalogue). Chaque type est subdivisé en plusieurs sortes de structures, selon les épaisseurs des deux premiers éléments de même que les propriétés géotechniques, les conditions des sols et la tenue au gel-dégel d'une part et du trafic imposé avec son

% d'accroissement annuel anticipé d'autre part. De cette façon, le guide français propose plus de 309 sortes de structures variées, aux chargés de projet, applicables aux routes nationales et autoroutes.

À ces variétés de structures types à fort trafic, il faut ajouter les structures proposées par le manuel de conception des chaussées neuves à faibles et très faible trafic, novembre 1989 (plus de 120 planches de structures proposées selon les mêmes paramètres précités).

2.2.13 CAS DU MTQ À TITRE COMPARATIF

Les éléments principaux comportant les structures des chaussées flexibles sont:

- 1- revêtement;
- 2- fondation supérieure;
- 3- fondation inférieure;
- 4- sous-fondation;
- 5- couche de forme (sable anticontaminant)
- 6- sols en place (infrastructure)

Règle générale l'élément (1) est constitué de B.B. avec une épaisseur maximum initiale de 10 cm. L'élément (2) pour les routes de première classe peut être composé d'une couche de 15 cm de pierre ou de graviers naturels concassés (Voir C.C.D.G. - MTQ). Les éléments (2) à (6) sont non traités sauf dans des cas rares et exceptionnels. De cette façon les types et subdivisions des chaussées au MTQ sont très peu nombreux pour les classes; locales, régionales, provinciales et les autoroutes. Ainsi, les structures des chaussées sont en effet divisées selon les 4 classes précitées et non pas en terme de paramètres rationnels tel que le trafic des poids lourds ou les sols de plate-forme. En terme d'équivalence structural la norme du MTQ a fixé les 4 classes de routes avec une épaisseur totale équivalente de 70 à 100 cm de pierre concassée de façon plutôt descriptive et générale.

2.2.14 LA STRATÉGIE DE DIMENSIONNEMENT

2.2.14.1 LES POIDS LOURDS

Le PL conditionne le dimensionnement des chaussées et non pas le JMA. Le catalogue français s'applique aux chaussées ayant un PL moyen journalier (sur un an) de 50 à 2 000 dans la voie la plus chargée. L'utilisation des

bascules dynamiques est conseillée afin de peser les véhicules de charge utile > 5 tonnes. Un taux de croissance de 7% est ajouté annuellement pour la vie anticipée de la chaussée.

2.2.14.2 LES SOLS DE SUPPORT ET LES COUCHES DE FORME

Les sols de plate-forme (infra.) sont étudiés selon leur minimum; de qualité, de déformabilité lors de la mise en oeuvre et de leur portance à long terme. Ils sont regroupés en quatre classes S_0 , S_1 , S_2 et S_3 par ordre croissant de qualité, en fonction de leur nature et de leur état prévisible; la gélivité (gonflement par le gel au laboratoire), la teneur en eau, la déformabilité, la portance (déflexion), la condition du drainage, l'uniformité et l'homogénéité, le nivellement du profil, la granulométrie détaillée et les autres propriétés géotechniques étudiées sur une profondeur de 1m sous la couche de forme.

La couche de forme régularise les couches de chaussée, améliore la portance, protège les sols contre les intempéries, homogénéise la portance de support et permet donc de concevoir des chaussées d'épaisseur constante et constitue l'élément essentiel de la protection thermique des sols.

La couche de forme permet aussi une bonne réalisation des couches de fondation. Pour assurer un dimensionnement mécanique et thermique suffisant, faciliter les travaux de construction et minimiser la présence et l'effet des eaux, les Français traitent normalement les sols de plate-forme et la couche de forme à la chaux, au ciment ou à la chaux-ciment.

La profondeur du traitement et le dosage est déterminé par des essais selon les propriétés des sols et la capacité portante exigée pour le trafic prévu. La déflexion mesurée par le deflectomètre Lacroix et sous une charge de 13 tonnes doit être inférieure à 0.80mm pour le traitement au ciment ou chaux-ciment et moins de 1.5mm pour un traitement à la chaux.

Même si l'indice de gel atmosphérique de référence en France est beaucoup plus bas qu'au Québec (IR=400 comparé à 1200 °C x jours), une attention particulière a été portée pour protéger les sols de fondation contre les effets de gel par traitement. Pour ce faire, un indice admissible de gel IA est fixé selon la structure de la chaussée, de la sensibilité au gel et de l'épaisseur non gélive de son support.

Si $IA > IR$, la structure est retenue. Dans le cas contraire: on refera l'ensemble du processus de vérification au gel-dégel après avoir:

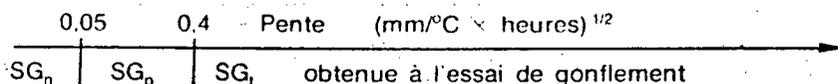
- soit augmenté l'épaisseur non gélive des matériaux de la plate-forme ou diminué leur sensibilité au gel (essais de laboratoire requis) par un traitement approprié;
- soit choisir la planche de structure d'une chaussée plus épaisse (cas de routes à fort trafic parmi les 309 planches du catalogue).

À notre connaissance, aucune procédure ou prévention de ce genre n'a été en vigueur à date sur le réseau routier québécois. Une négligence coûteuse et très difficile (techniquement) à réparer maintenant. Les conséquences de telles déficiences sont nombreuses: soulèvement, déformation plastique, dégradations des structures, perte saisonnière de portance (au printemps), qualité de roulement médiocre etc... Le catalogue français est accompagné d'abaques pour les 309 planches structurelles proposées afin de permettre aux chargés de projet de choisir la structure appropriée selon l'indice de gel admissible (IA).

2.2.14.3 QUELQUES SPÉCIFICATIONS POUR LA PLATE-FORME

Selon le cas et les résultats du calcul, l'épaisseur du traitement du sol de la plate-forme peut être de 20cm à plusieurs décimètres dans le cas de la couche de forme, le traitement peut atteindre une bonne épaisseur ou la totalité de cette couche.

L'échelle française de gélivité des sols basée sur les essais en laboratoire est graduée ainsi:



SGn: non gélif SGp: peu gélif SGt: tès gélif

Selon les expériences françaises les sols traités avec au moins 6% de ciment pourront être considéré en principe comme SGn (non gélif), sous réserve que sa nature et son état s'y prêtent.

Selon les normes françaises l'uni de la plate-forme et le degré de la déformabilité de cette dernière est très importante en tout temps lors de la mise en oeuvre des couches de la chaussée;

Un réglage de ± 3 cm est en général la limite de la tolérance pour l'uni de surface:

- un module à la plaque supérieure à 500 bars
- une déflexion inférieure à 2mm sous 13 tonnes par Benkelman ou deflectographe Lacroix

- un coefficient de restitution mesuré à la dynaplaque, supérieur à 50% sont requis pour l'acceptation de la plate-forme sur le chantier.

2.2.14.4 LES COUCHES DE FONDATION ET LES COUCHES DE BASE

Depuis l'adoption, en 1948, de l'essieu maximal légal de 13 tonnes et un développement considérable du trafic des poids lourds qui d'ailleurs se continue encore de nos jours, de même que d'autres facteurs, ont conduit les ingénieurs français à abandonner l'utilisation des assises non traitées pour leur substituer les assises traitées aux liants hydrauliques (graves-ciment, grave-laitier, ...), aux liants hydrocarbonés (grave-bitume, grave-émulsion...). Cet abandon des assises non traitées a commencé par les couches de base puis s'est étendue ensuite aux couches de fondation.

La même logique a conduit également au développement du traitement des sols à la chaux et au ciment que nous venons de présenter précédemment.

Le catalogue de 1977 énumère les avantages suivants pour ces couches traitées:

- homogénéité et qualité du matériau, en raison même du mode de fabrication en centrale;
- bonne répartition des efforts, qui rend la chaussée moins sensible aux pertes éventuelles de portance des supports; (phénomène printanier très important au Québec. Une croissance de déflexion de 50 à 300% n'est pas loin de la réalité);
- grande stabilité sous le trafic, garantissant la pérennité du profil.

Depuis 1977, un certain nombre d'éléments sont intervenus:

- la recommandation pour la mise en oeuvre de couches de forme de qualité permettant de meilleures plate-formes de supports de chaussées;
- l'amélioration de la fabrication et la mise en oeuvre de grave non traité, notamment en ce qui concerne l'homogénéité et la réduction de la ségrégation de ce type de matériau. En particulier, le développement des graves recomposées et humidifiées (GRH: semblable à notre 20-0a en terme de granularité mais plus fort en module).

- la nécessité de diversifier les techniques disponibles pour les adapter au mieux aux ressources locales de matériaux;

Dans ces conditions, une nouvelle fiche définissant une structure importante d'une couche de fondation en grave non traité et une couche de base en grave-bitume a été établie.

Dans une telle condition, les commentaires suivants ont été ajoutés au catalogue:

- les graves non traitées utilisées en couche de fondation doivent constituer une assise de qualité, notamment pour le trafic élevé, il sera fait appel à la GRH;
- la structure de grave-bitume (couche de base) avec une grave non traitée (GB-GNT) n'est préconisée que pour certain couple trafic-qualité des plates-formes. Cela est dû au fait que la grave non traitée constituant un matériau de module relativement faible, les besoins structurels ne peuvent être assurés que moyennant une épaisseur de couche suffisante. Or, une épaisseur trop forte entraîne des difficultés de mise en oeuvre et rend la structure peu compétitive;
- en ce qui concerne la tenue au gel, il est bon de rappeler que les structures comportant du grave non traitée sont particulièrement sensibles à la perte de portance de support et donc vulnérables en cas de dépassement de l'indice de gel de référence. L'existence et le bon fonctionnement du réseau d'assainissement et de drainage constituent également des éléments essentiels à la bonne tenue de cette structure;
- compte tenu de la souplesse de la couche de fondation en grave non traitée, il peut y avoir intérêt à rechercher des graves-bitume plus déformables que celles associées habituellement à des fondations de matériaux traités. Toutefois, le souci de limiter les risques d'orniérage restant un élément important dans une politique qui vise à offrir à l'utilisateur un bon niveau de sécurité et de confort, les adaptations de formulation devront rester très mesurées;

Ce problème de souplesse de la couche de fondation est particulièrement important dans le contexte québécois du gel pouvant provoquer des déformations plastiques irréversibles. Ce sujet a été discuté avec les ingénieurs de BEUGNET à Paris au mois de mai 1990 concernant le décohéssionnement et la stabilisation en place des chaussées existantes au ciment par ARC-700. En ce qui concerne le GB comme couche de base, il faut l'expérimenter avant son utilisation sur les chaussées gélives du Québec. (Il semble

que récemment Beugnet soit arrivé à des ententes avec la ville de Montréal. Un dossier à suivre.)

2.2.14.5 COUCHE DE ROULEMENT

Au niveau des couches de roulement, l'importance du trafic de poids lourds, conjugué à l'utilisation systématique du marquage routier, qui canalise le trafic, a conduit à l'apparition précoce du phénomène d'orniérage (dans le début des années 60). Globalement, on peut dire que le trafic de poids lourds, a poussé la technique routière française vers le haut, tant en ce qui concerne le dimensionnement des chaussées que la qualité des matériaux eux-mêmes.

En terme de qualité de granulats utilisés pour la couche de roulement les français sont très exigeants en matière de spécifications, notamment en ce qui concerne la dureté (Los Angeles et Deval), la propreté, la forme, l'angularité, etc... Il est à propos de souligner qu'en France on n'utilise pas des graviers naturels roulés dans le B.B.. Même si la France est considérée un pays riche en ressources de granulats de bonne qualité, il n'est pas surprenant pour eux de transporter sur une distance de plus de 500Km de bon granulats pour satisfaire les exigences, même si ceci peut majorer de 25% le coût des travaux. Le transport par train semble faciliter ce genre de décision.

C'est peut-être cette possibilité qui a permis le développement des enduits superficiels dans ce pays.

En terme de sécurité routière, une importance particulière a été attribuée à l'antidérapance des chaussées dans les régions les plus pluvieuses de la France.

Ceci, joint aux exigences de résistance à l'orniérage conduisant aux formulations des B.B. de type grenu (ou semi-grenu) qui ont été très largement utilisées dans les couches de roulement autoroutières et les renforcements coordonnés.

À l'heure actuelle, l'accroissement des exigences concernant les propriétés d'antidérapances (macro-texture) conduisent à penser qu'il n'est peut-être plus possible de résoudre l'ensemble des problèmes par une couche unique.

Ainsi, prend corps le concept de "séparation de fonction" visant à régler les problèmes de surface par des couches minces, spécialement conçues à cet effet, n'ayant plus de rôle structurel et échappant, du fait de leur minceur, aux risques d'orniérage.

Telle est l'origine du développement actuel, des B.B. en couche mince (y compris les enrobés drainants), des B.B. très minces et ultra minces. Tous cela grâce à des liants modifiés à haute viscosité (à base de polymère, fibres naturelles ou fibres synthétiques à cohésivité et adhésivité supérieure) permettant de fabriquer des enrobés à haute cohésion.

2.2.14.6 LE MANÈGE DE FATIGUE

Un des plus grands équipements de structures routières du LCPC est le manège de fatigue installé en février 1984 au centre de Nantes. Cet équipement très coûteux et complexe a demandé plusieurs années pour sa mise au point. Les objectifs préalablement fixés étaient:

- vérification des méthodes de dimensionnement;
- stratégies comparées d'entretien des chaussées;
- modèles de gestion;
- mécanismes de rupture;
- matériaux;
- techniques et structures innovantes.

Avec cet installation LCPC voulait compléter sa palette d'outils de recherche qui sont les chantiers expérimentaux et les suivis des sections d'essais, les études en laboratoire, des propriétés mécaniques et de la résistance à la fatigue des matériaux, les modèles mathématiques, de comportement à la fatigue et de dimensionnement des structures de chaussées, les études en fossé ou en enceinte climatisée pour le drainage et le gel.

Ce manège est du type circulaire d'un poids total de 1000KN capable d'expérimenter des chaussées de 6m de large avec le passage des essieux de 13 tonnes à la cadence d'un par seconde (100Km/h). Le rayon de giration varie de 15.50m à 19.50m par pas de 0,5m.

Il peut circuler sur les chaussées jusqu'aux limites extrêmes de dégradation.

L'installation est surveillée automatiquement.

Les deux anneaux de 20.5m de rayon extérieur de 6m de large peuvent comporter chacun de 1 à 4 secteurs composés de structures de chaussées différentes.

Pour une chaussée calculée pour supporter de 2 à 3 x 10⁶ cycles de 13 tonnes il faut 6 mois (la vie anticipée d'une telle structure est supposée être de 20 ans).

Pour conclure il faut dire qu'à date LCPC n'a pas terminé l'analyse et l'interprétation finale des résultats obtenu par le manège, les essais au laboratoire et les résultats sur les planches expérimentales. Cependant certains résultats semblent être concluants tels que: les facteurs d'équivalence, la schématisation des chaussées souples par des modèles mathématiques, les lois d'évolution de l'orniérage et de la fissuration et les périodes critiques d'intervention sur les chaussées.

Il est à propos de souligner qu'une installation d'une telle envergure nécessite du temps, de la planification d'installation, un investissement très onéreux, un centre d'informatique puissant, des ressources humaines de haute compétence, en laboratoires et des planches expérimentales développées. Compte tenu de la nature des problèmes et des priorités du MTQ, tel que: gel-dégel, drainage, fissures thermiques de type et d'envergures particulières nous pensons qu'il faut avancer étape par étape avant de s'aventurer dans de tel projet sophistiqué. Pour les unités intéressées au MTQ, nous suggérons même de louer cet équipement pour une courte période afin d'y essayer leurs conceptions s'ils en ont.

2.2.14.7 ESSIEU STANDARD ET DÉFLEXION CARACTÉRISTIQUE

L'utilisation de grave bitume (G.B.) comme couche de base ayant un module jusqu'à 93 000Kg/cm² assise sur des couches de fondation traitées aux liants hydrauliques ou aux hydrocarbures. Ces dernières couches posées sur une plate-forme (couche de forme et infrastructure) traitée à la chaux, au ciment ou à la chaux-ciment (module de plaque 500Kg/cm²) a permis de bâtir une structure à très haute portance en France.

Par exemple, pour une route à fort trafic et bonne plate-forme (T_o PF₂; 750 < T_o < 2000 PL moyenne journalière annuelle de la voie la plus chargée) la conception française prévoie:

8	cm de B.B.	couche de roulement
16	cm de G.B.	} couche de base
16	cm de G.B.	

Pour une telle structure sous une charge de 13 tonnes (130 KN) on n'accepte que 0.30mm de déflexion c'est-à-dire 0.014 pouce.

Le MTQ, pour une autoroute de même classe sous une charge égale à 8.2 tonnes (82KN) c'est-à-dire 63% de l'essieu français, accepte 0.75mm (0.030 pouce) ce qui veut dire 250% plus de déflexion. Autrement dit, si l'essieu

standard français empruntait nos autoroutes, la déflexion sur nos routes sera beaucoup plus que de 250% par rapport à la déflexion enregistré en France pour la même sollicitation.

De plus il est à propos de souligner que la majorité de nos routes en raison de l'absence de traitement ne sont pas mises hors gel comme les structures françaises et l'eau pouvant circuler facilement à travers ces couches susceptibles de perdre leur portance jusqu'à 50 à 300% au printemps après le dégel (comparé aux déflexions d'été).

Dans un tel contexte de contrainte-déformation, il n'est pas surprenant de voir nos chaussées se dégrader d'une manière prématurée en raison de la fatigue excessive. Et ce beaucoup plus tôt que la vie anticipée par le concepteur.

Avant de terminer ce paragraphe, il faut souligner que le traitement des couches de base n'est pas un procédé utilisé uniquement en France, dans le guide d'AASHTO 1972 (4) les américains aussi conseil la pratique de "stabilized base courses".

2.2.14.8 STRATÉGIES DE CONCEPTION ET D'ENTRETIEN

En France comme partout ailleurs dans le monde deux types de stratégies peuvent être suivis lors de la conception et l'exécution d'une route.

Soit qu'on choisisse la stratégie de la conception d'une route à haute performance, éléments structurels suffisamment épais, à l'abri de l'eau et du gel, qualité de matériaux conforme, mise en place selon les règles de l'art et une exploitation conforme aux règlements etc...

Une telle chaussées peut afficher la viabilité espérée. Dans le cas contraire, la qualité de service aux usagers sera médiocre et le coût d'entretien élevé. La plupart des routes au Québec ont nécessité à long terme des renforcements de surface inattendus. Il n'est pas rare de trouver sur nos routes actuelles des revêtements de plus de 25cm de B.B.. Autrement dit, presque les mêmes épaisseurs que la couche de surface plus les couches de base utilisées ailleurs. Mais la différence c'est que nos routes actuellement sont recouvertes d'un revêtement fissuré, discontinu, l'élément de surface qui réagit comme des dalles rigides irréparables avec des couches d'usure conventionnelles. Ceci en raison de la réflexion immédiate de ces anciennes fissures sur un nouveau pavage.

Un exemple type est le cas de l'autoroute Québec-Beauce (A:73) construite dans les années 70-75 où il y a déjà de 20 à 25cm de B.B. en surface de la chaussée.

En dépit d'un revêtement épais la qualité de service est loin d'être satisfaisante. Les raisons sont que la couche de base granulaire est non traitée, riche en fines, que les fondations médiocres sont non traitées et l'infra argileuse est molle et mal drainée (7). (Photos 23, 33, 34, 35, 45, 46, 47).

Pour ce qui est des stratégies d'entretien, selon nos observations, les Français préfèrent un entretien préventif que de laisser les dégradations et la fatigue détériorer la route et ensuite intervenir. À souligner qu'à l'échelle régionale la politique peut être différente.

Comme toute construction, le comportement d'une chaussée est conditionné par ses points faibles. Les points faibles de la pluparts de nos chaussées sont l'absence de couches de base et de fondations à haut module depuis leur conception. Au fil des ans, les fissures provoquées par une faible capacité de support et les effets conjugués du gel-dégel, présentent un point de faiblesse majeur. Ceci malgré que ces mêmes chaussées affichent "en grande" une portance apparente forte, tandis qu'à l'endroit des fissures "en petit" elle est très faible.

2.2.14.9 ROUTE ET INFORMATIQUE

Rares sont les secteurs du domaine du génie routier pour lesquels l'informatique n'est pas considéré comme un outil de travail de premier plan. Un aperçu du catalogue des logiciels et programmes disponibles en France (SETRA) démontre que l'informatique a sa juste place dans l'étude d'un tracé ou la compilation des données d'auscultation sur le terrain et au laboratoire, l'analyse et l'interprétation statistique, la gestion du réseau, le contrôle de centrale de fabrication des enrobés, le contrôle du trafic et l'analyse des accidents etc...

Mais ce qui nous intéresse parmi ces outils de travail pour le moment au Québec c'est le domaine de la conception structurelle des chaussées neuves, la validation des structures existantes, le renforcement et la mise en état rationnelle. Que nous l'acceptons ou pas, la conception, le renforcement et l'entretien de notre réseau ont été jusqu'à date totalement empiriques et descriptifs. Ces étapes d'intervention sont plutôt appuyées par une vision descriptive et géologique que géotechnique et mécanique. Ceci est vrai dans le cas des études stratigraphiques des fondations sur le terrain autant qu'en terme d'analyse des échantillons au laboratoire et d'interprétation des résultats, dans le choix des matériaux, le calcul des épaisseurs et l'évaluation de la performance structurelle. Aucun paramètre relativement aux effets environnementaux, au gel-dégel, à la fluctuation de la nappe phréatique et à

la teneur en eau ne sont considérés d'une manière rationnelle dans nos interventions.

La considération du trafic des poids lourds et surtout la politique du transport lourd et extra lourd et leurs impacts ne sont pas fondées sur des spécificités québécoises.

Nous croyons qu'il est temps de s'équiper de moyens informatiques les plus simples, et de se servir des logiciels et des programmes existants.

Il est évident qu'il faut avoir des paramètres mécaniques et géotechniques des composantes structurelles de nos routes tels que CBR, M_R , module complexe, épaisseurs précises, teneur en eau et les variations saisonnières de ces paramètres de même que des données précises sur le trafic des poids lourds dans le temps et l'espace. Depuis quelques temps une variété de modes de renforcement par décohesionnement, stabilisation, recyclage, etc... sont en cours d'expérimentation à travers la province. Il faut introduire ces procédés dans les modèles analytiques, numériques, empiriques ou semi-empiriques via les outils informatiques. Ceci afin d'examiner la performance de chaque combinaison d'éléments nouveaux sur la viabilité nominale ou théorique des planches structurelles via les lois rhéologiques et des logiciels disponibles. C'est un des moyens par lequel les français ont établi leur catalogue de structures types. Il est vrai qu'il nous manque des équipements sophistiqués tels que le manège de fatigue, ou l'équipement pour les essais de fatigue en flexion alternée à déformation imposée ou pour les essais PCG etc... Mais il y a aussi des moyens simples comme les essais semi-destructifs (pénétrations, scissomètres), les essais non-destructifs (déflectométries, géophysiques).

Nous avons aussi d'innombrables dossiers de réfection avec les stratigraphies, analyse des sols, le niveau d'eau d'une part et le comportement dans des conditions réelles de milliers de Km de routes d'autre part. C'est une exploitation intégrale de ces données en passant par les lois Rhéologiques, empiriques, semi-empiriques et théoriques via l'informatique qu'il nous faut pour rationaliser nos conceptions d'exploitation et d'entretien de notre réseau routier.

2.3 PLAN D'ACTIONS "POST MISSION"

Quelles sont les actions pertinentes à entreprendre, au cours des prochains mois, pour que ce concrétisent les solutions retenues?

2.3.1 ACTIONS À COURT TERME

- Il faut bannir sans délai l'utilisation de sable et graviers roulés (naturels) pour les enrobés et les couches de roulement;
- Il faut arrêter de poser une couche de roulement directement sur une base granulaire, une pratique à éviter surtout dans le cas des routes à grande circulation de transport lourd (rechargement en gravier naturel non traité communément appelé "sandwich");
- Il faut se familiariser, légiférer et normaliser les techniques telles que:
 - . les enrobés aux liants modifiés;
 - . les couches de base à haut module;
 - . les techniques de traitement et stabilisation des fondations, de la couche de forme et de l'infrastructure.
- Il faut identifier les problèmes majeurs de notre réseau et les classer en ordre prioritaire (gel-dégel, type de fissuration, drainage, déficiences des éléments structurels).
- Former des comités d'étude avec les experts du MTQ, des municipalités et des firmes privées afin d'identifier et de classer les routes selon leurs problèmes, pour intervenir et expérimenter les solutions préalablement programmées.
- Il faut favoriser les contacts et la communication directe de ces comités avec les unités détenant les données de base (inventaire routier, circulation, SAQ, laboratoire, pédologie, etc...)

2.3.2 ACTIONS À MOYEN TERME

- Amorcer des études, des projets de recherches appliquées et des planches expérimentales des initiés par les comités d'experts;
- Introduire l'informatique (personnel et équipements) dans la conception, la réhabilitation et la reconstruction des routes;
- Acquérir de nouveaux équipements de laboratoire et recycler le personnel en place dans le but de fournir les paramètres nécessaires au calcul rationnel et informatisé tel que: module complexe, module de traction des liants modifiés, CRB, SPT, PCG, M_R , autres essais sur les liants, les enrobés et les sols (essais de plaque, perméabilité, géophysique, etc...);

- Améliorer la cueillette des données du trafic lourd et la reconnaissance stratigraphique (épaisseur, propriétés géotechniques et leurs variations dans le temps) des routes pour fin de calcul et validation des structures en place;
- Accélérer les projets de recherche déjà proposés sur l'évaluation structurelle du réseau, l'impact et l'agressivité du transport lourd de même que ses principes de tarification, etc...;
- Amorcer la correction et le complément de nos guides, normes, cahier des charges, catalogues des structures types selon des paramètres rationnels (trafic, gel, sols, matériaux disponibles dans les régions);
- Examiner la possibilité d'une structure différente pour la voie chargée sur une même route (poids lourds);
- Les guides devraient préciser et éclaircir les modes de mise hors gel des chaussées, l'uniformisation des sols, la transition, le traitement, l'isolation, le drainage et la portance selon les analyses de laboratoire des mêmes phénomènes dans le rayon d'action du gel;
- Les normes doivent prévoir suffisamment d'alternatives et de variantes à substituer aux méthodes courantes non applicables. Parmi ces variantes, on peut mentionner la stabilisation, le recyclage, la bonification des matériaux disponibles;
- En plus du suivi des expériences en cours, il faut réactiver les nombreuses expériences inachevées et conclure sur les échecs et les succès de ces recherches.

2.3.3 ACTIONS À LONG TERME

- Une fois les résultats des actions à court et moyen terme obtenus, le MTQ pourrait appliquer les modes d'interventions retenus, par l'entremise d'une unité administrative.
- Selon nous, une telle unité ne peut exister à l'extérieur de la direction des sols et matériaux puisqu'elle possède déjà l'expertise, les données et les dossiers techniques d'après sa vocation.
- Dans le cadre de la formation continue, le MTQ doit former une équipe afin de recycler son personnel dans les régions et prendre en charge la formation des futurs ingénieurs des institutions pédagogiques dans

le domaine du génie routier. Pratique courante non seulement en France mais presque partout au monde.

- L'application d'un tel plan nécessitera inévitablement un mécanisme dynamique et flexible de mouvement de personnel, puisqu'il faut mobiliser toute la force vive technique du MTQ pour nous sortir d'une impasse qui est la remise en état du réseau;
- Un programme de stage et de perfectionnement à court et moyen terme, dans les pays (nordiques) ayant des problèmes similaires au notre peut être mis en place pour les membres du comité selon leurs affectations. Des conférences et des cours de formation peuvent également être dispensés par des conférenciers invités;
- En attendant la publication des guides et des normes révisées, la présence des concepteurs lors de la mise en oeuvre est indispensable sur les expériences pilotes.

2.4 COMMENTAIRES GÉNÉRAUX

Notre réseau routier est exposé aux conditions climatiques et environnementales les plus sévères au monde. De plus, notre réseau est un des plus négligés, le plus oublié en terme de protection contre les impacts climatiques et d'exploitation (conception, mise en oeuvre, entretien et contrôle du transport lourd) etc...

Notre génie routier est une des disciplines la plus démunie en terme d'institution pédagogique et de formation des ressources humaines de même qu'en centres de recherches;

Nous devons exploiter le potentiel technique de nos entrepreneurs et notre personnel dans les régions à d'autres tâches que la simple exécution des travaux;

Notre laboratoire central et les régions ne disposent pas d'équipement et de personnel compétent pour faire suffisamment face à nos problèmes;

Nous ne possédons pas d'inventaires qualitatifs suffisamment détaillés de nos matériaux de construction;

Nos statistiques de trafic des poids lourds ne sont pas assez précises, son contrôle est inefficace et la tarification irrationnelle;

Nos normes sont incomplètes, peu précises, les manuels sont descriptifs et les guides peu nombreux ne sont pas assez clairs et concrets pour traiter nos problèmes actuels;

Nos ressources humaines ne sont pas réparties selon les besoins des unités compte tenu de leur charge de travail actuel;

La plupart de nos recherches effectuées sont souvent une imitation confuses des travaux déjà réalisés ailleurs et inadaptés à nos besoins;

Pendant des années, nos relevés techniques consistaient en des comptages et compilation de défauts et d'échecs sans intervention appropriée;

Nos projets de réhabilitation (couche d'usure, reconstruction) consistaient pendant plus d'un quart de siècle à récidiver nos erreurs et à camoufler les vices, au lieu de les corriger de façon rationnelle;

Les contraintes socio-économiques actuelles ne nous permettent pas cette pratique, il nous faut donc agir;

Certaines municipalités en raison de leur flexibilité administratives ont déjà procédé à des expériences innovatrices très intéressantes. Il faut privilégier les communications avec ces organismes suite à leurs expériences adaptés.

En résumé, voici notre vision des résultats des ces actions:

A) Une reconstruction complète: Pour le cas des routes affectées par le gel, la contamination, les dégradations de surface et une faible portance, c'est-à-dire avec des qualités fonctionnelles et structurelles médiocres pour l'ensemble de ses éléments. Dans un tel cas, le catalogue devrait proposer de refaire l'infra, poser une couche de forme, et des couches de fondation avec les stabilisations appropriées. Recouvrir de couches de base à haut module et ensuite d'une couche de roulement performante. Les travaux de transition et d'uniformisation seront de première importance. Ce mode d'intervention est applicable à toutes les routes neuves.

B) Une reconstruction partielle: Dans le cas des routes peu ou pas gélives en profondeur. Les couches supérieures médiocres et gélives avec un revêtement dégradé peuvent être remplacées par des couches de fondations traitées suivi de couches de base à haut module, recouverte d'une couche de roulement performante.

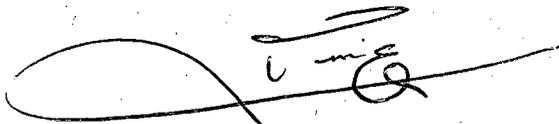
Toutefois, si la route est à faible transport lourd, on peut décohesionner et stabiliser en place puis recouvrir d'une couche de roulement performante.

C) Une réparation de chaussée rigide ou semi-rigide: Dans le cas des routes généralement forte en portance qui subissent des battements de dalles provoquant une fissuration qui affecte la qualité de roulement. La correction des dalles se ferait soit par les connecteurs de dalles suivi d'une couche de roulement, soit guillotiner les dalles aux points stratégiques suivi par un GRH, une couche de base et couche de roulement.

D) Une réparation de chaussée flexible: Il s'agit ici d'une chaussée de bonne portance en général mais qui a subit des réflexions de fissures à travers les couches successives. Ce passage réagit comme une dalle compte tenu de son épaisseur. La correction consisterait soit, en un planage de la surface suivi de la pose d'un mastic, recouvert d'une couche performante ou en la pose d'un GRH suivi d'une couche de base recouverte d'une couche de roulement.

Compte tenu des effets néfastes de l'eau, un drainage efficace et approprié est indispensable dans tous les cas.

Nous remercions de leur collaboration Monsieur Pierre Lefrançois, t.t.p. et Monsieur Denis Verret, t.t.p. (occasionnel cyclique) de même que Madame Danielle Lachance (secrétaire occasionnelle) pour la préparation de ce document.



Aziz Amiri, Dr. ing.
Division des structures de chaussées

c.c.: MM. Yvan Demers, ing., s.m.a.
Théodore Jiona, ing., s.m.a.

LES ABRÉVIATIONS ET SYMBOLES

G.B.	Grave-Bitume
B.B.	Béton Bitumineux
S.C.	Sable-Ciment
S.L.	Sable-Laitier
G.L.	Grave-Laitier
G.C.	Grave-Ciment
G.C.V.	Grave-Cendre Volante
C.V.	Cendre-Volante
B.C.	Béton de ciment
B.m.	Béton maigre
G.PZ	Grave - Pouzzolane - Chaux
G.N.T.	Grave - Non traitée
G.R.H.	Grave Recomposée et Humidifiée
G.E.	Grave-Émulsion
I.A.	Indice de gel d'une chaussée
G.H.	Grave traitée aux liants hydrauliques
L.T.C.C.	Limon traité à la chaux et au ciment
I.P.I.	Indice de portance immédiate
L.C.P.C.	Laboratoire central des ponts et chaussées
SETRA	Le Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes
ENTPE	L'École Nationale des Ingénieurs des Travaux Publics
ENPC	L'École Nationale des ponts et chaussées
CERMES	Centre d'Enseignement et de Recherche de Mécanique des Sols

CERAM	Centre d'Enseignement et de Recherche d'Analyse des Matériaux
CERMA	Centre d'Enseignement et de Recherche de Mathématiques Appliquées
LATTS	Laboratoire Techniques, Territoires et Sociétés
ENTE	L'École Nationale des Techniques de l'Équipement
SIR	Société Internationale Routière
ACRGTO	Association des Constructeurs de Route et Grand Travaux du Québec
SGn	Sols non gélifs
SGp	Sols peu gélifs
SGt	Sols très gélifs
PL	Trafic des poids lourds
JMA	Trafic journalier moyen annuel
CBR	Coefficient californien de la capacité portante
SPT	Essai de pénétration standard
PCG	Presse à cisaillement giratoire
M_r	Module de résilience
ARC-700	Machine de décohesionnement en place des chaussées
TBA	Essai-température bille et anneau
FRAASS	Essai-température de fragilité
MEUKELOM	Diagramme-consistance de bitume VS température
SBS	Polystyrène-polybutadiène-polystyrène
EVA	Copolymères d'éthyle vinyle acétate

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1- L.C.P.C. - SETRA 1971, catalogue de structures types de chaussées, Ministère de l'équipement et du logement, France
- 2- D.R.C.A. - 1988, catalogue 1977 des structures types de chaussées neuves, Ministère de l'équipement et de l'aménagement du territoire, France
- 3- D.R.C.A. - 1981, Manuel de conception des chaussées neuves à faible trafic, Ministère des transports, direction générale des transports intérieurs, Paris, France
- 4- AASHTO - 1981, AASHTO interim guide for design of pavement structures 1972, Washington, D.C. 20001
- 5- E.N.P.C. - 1990, Route et informatique, presses de l'école nationale des ponts et chaussées Paris, France
- 6- L.C.P.C. - 1990, Logiciels des LPC pour le calcul des structures de chaussées, centre de Nantes, Ministère de l'équipement, du logement, des transports et de la mer, France
- 7- A. AMIRI - 1985, Étude des causes de dégradations prématurées de l'autoroute 73. Service des sols et chaussées, dossier: 0073-02-84 (22) 0001
- 8- MTQ - 1986, Cahier des charges et devis généraux, Gouvernement du Québec
- 9- AQTR - 1978, Guide de gestion routier, Association des routes et transports du Canada
- 10- A. AMIRI, D. VERRET, V. VILANDRÉ - 1990, Nouveaux mélanges bitumineux (MB-12.5, MB-16, scories d'acier, enrobés amianteux) bilan du comportement structurel
- 11- R. SAUTEREY, P.-C. GROG, J.-P. GRIMAU, J.-L. DELORME - 1990, Les enrobés à chaud - Session de formation continue
- 12- B. BRULE, 1986- Liants modifiés par des polymères pour enduits et enrobés spéciaux, L.C.P.C., Ministère de l'Urbanisme, du logement et des transports, France
- 13- B. BRULE, Y. BRION - 1986, Étude des mélanges bitumes, polymères, composition, structure, propriétés, L.C.P.C., Ministère de l'équipement, du logement, de l'aménagement du territoire et des transports, France

- 14- P. AUTRET, - 1987, Le manège de fatigue du laboratoire central des ponts et chaussées, premiers résultats, bull. liaison 155, mai-juin 1988, France
- 15- SETRA - 1990, Catalogue des logiciels et programmes, Service d'étude techniques des routes et autoroutes, France
- 16- J-M. KEYSER, G.-R. TESSIER - Méthode canadienne de calcul de structure des chaussées flexibles, Canadian Pétrofina Limited, service technique des asphaltes
- 17- P. ORSAT - 1989, Restauration du transfert de charge des chaussées de béton, le connecteur L.C.P.C. - FREYSSINET, France
- 18- MTQ - 1988, Norme des ouvrages routiers, Ministère des communications, diffusion des communications, Québec
- 19- P. DEMONTIGNY ET ALL - 1986, Guide pour la construction et la remise en état des routes à faible trafic. Service des sols et chaussées, MTQ.
- 20- A. AMIRI - 1978, Suivi de 5 ans du comportement d'un enrobé drainant au bitume additionné de polymère, Service des sols et chaussées MTQ (No. Réf.: 0020-05-060 (22) 85)
- 21- G. ROUX - 1985, Expérience de couche d'usure mince au bitume additionné de polymères, Service de la conservation des chaussées, MTQ
- 22- A. AMIRI - 1990, Projet d'auscultation pour l'évaluation des variations saisonnières de la performance des différentes classes de routes du réseau québécois. Projet de recherche proposé au Service des sols et chaussées du MTQ.
- 23- L. FRANCKEN - 1977, Module complexe des mélanges bitumineux Bull. liaison, LCPC - Spécial V, décembre 1977 - France.
- 24- T.H. DOAN - 1977, Les études de fatigue des enrobés bitumineux au LCPC - Bull. Liaison LCPC, Spécial V, décembre 1977
- 25- S. SOLIMAN, T.H. DOAN - 1977, Influence des paramètres de formulation sur le module et la résistance à la fatigue des graves-bitume.
- 26- R. LINDER, 1977 - Application de l'essai de traction directe aux enrobés bitumineux, LCPC Bull. Liaison - Spécial V, décembre 1977
- 27- P. UGE et ALL, 1977 - Nouvelle méthode de calcul du module complexe des mélanges bitumineux - Bull. Liaison LCPC - Spécial V, décembre 1977

- 28- F. MOUTIER, 1977 - Utilisation et possibilité de la presse à cisaillement giratoire P.C.G. - Bull. Liaison LCPC - Spécial V, décembre 1977
- 29- P. FLON, P. DEMONTIGNY, 1987 - Compte rendu de mission en France (21 septembre au 2 octobre 1987 - MTQ)
- 30- R. LAROUCHE, J.-L. LABALETTE, P. DEMONTIGNY, 1984 - Rapport de mission en France (du 4 au 15 juin 1984) et portant sur les chaussées rigides - MTQ)

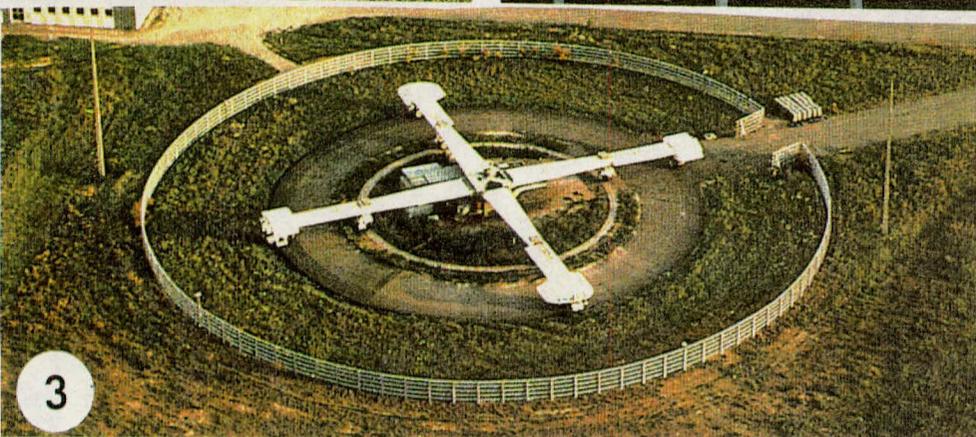
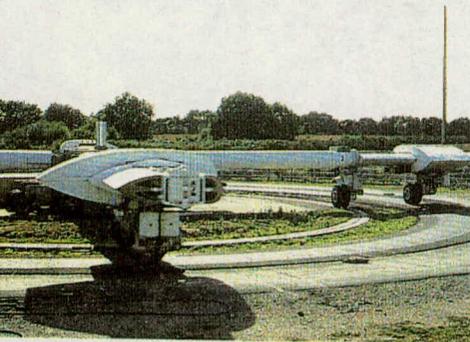
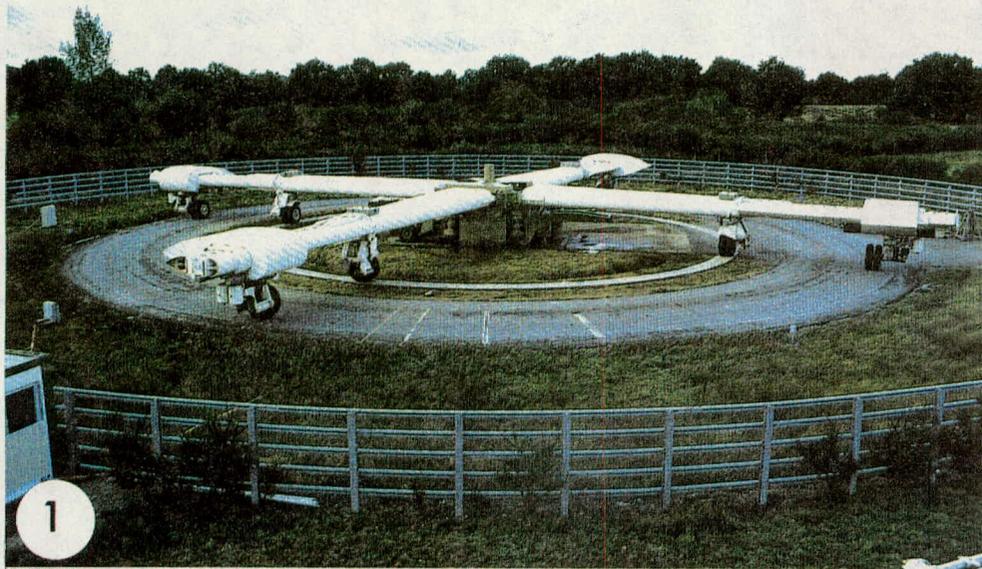
EN FRANCE

Équipement de recherche et d'auscultation

Problèmes structurels des chaussées;

Exemples des planches structurelles du catalogue;

Granulométrie comparative des couches de bases;



1	2
3	

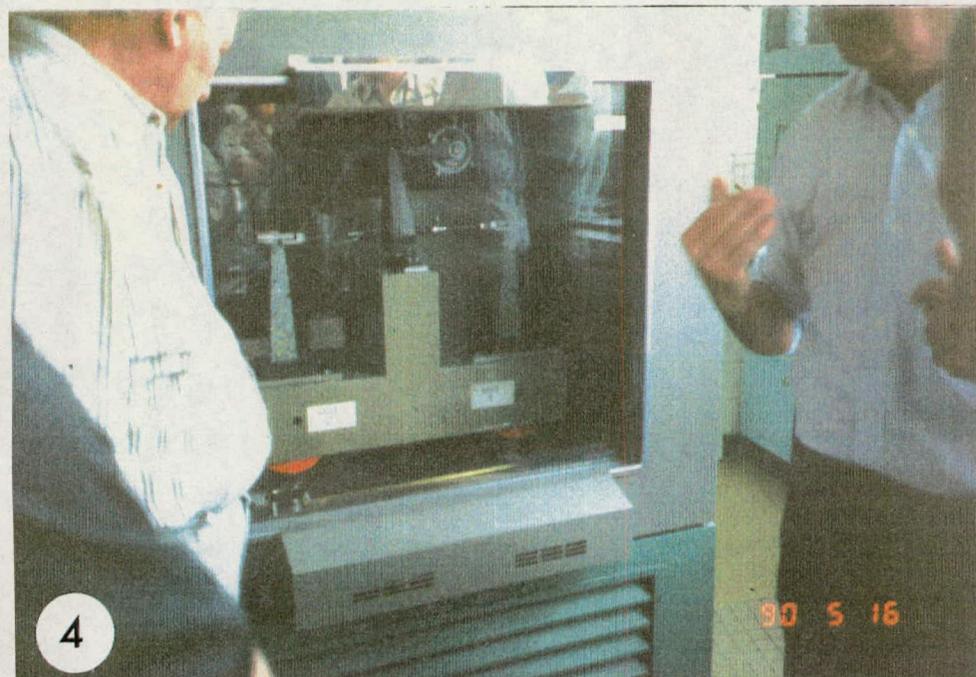
EQUIPEMENT DE RECHERCHE ET D'AUSCULTATION

NO.

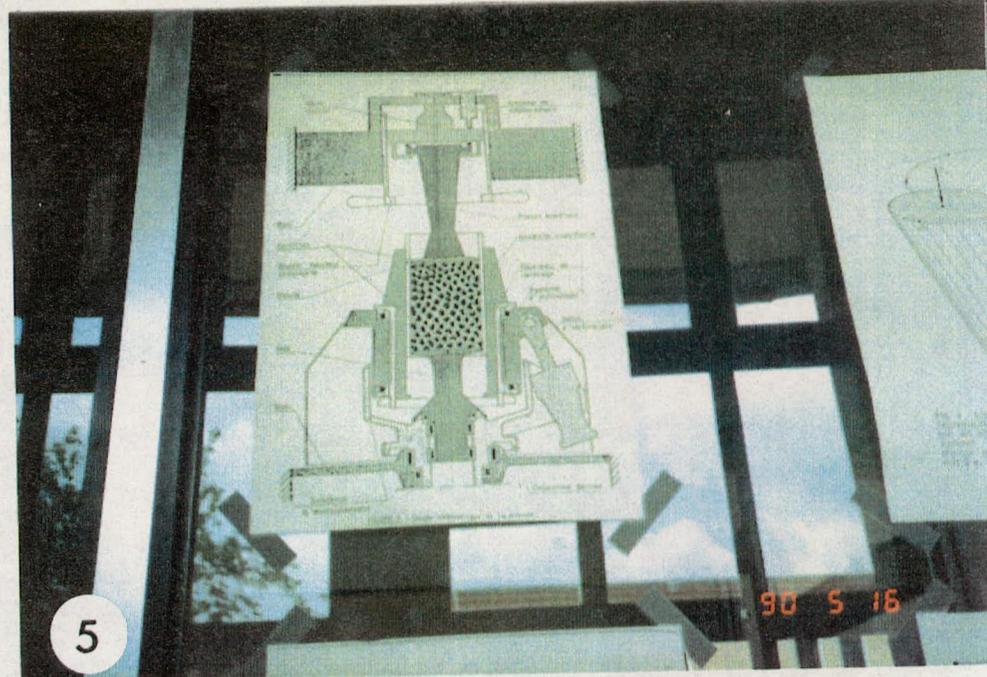
REMARQUES

- 1 Manège de fatigue simulant l'impact réel du trafic lourd sur la performance des différents éléments structuraux sur divers type de chaussées.
- 2 Piste d'essais à haute vitesse.
- 3 Idem no. 1

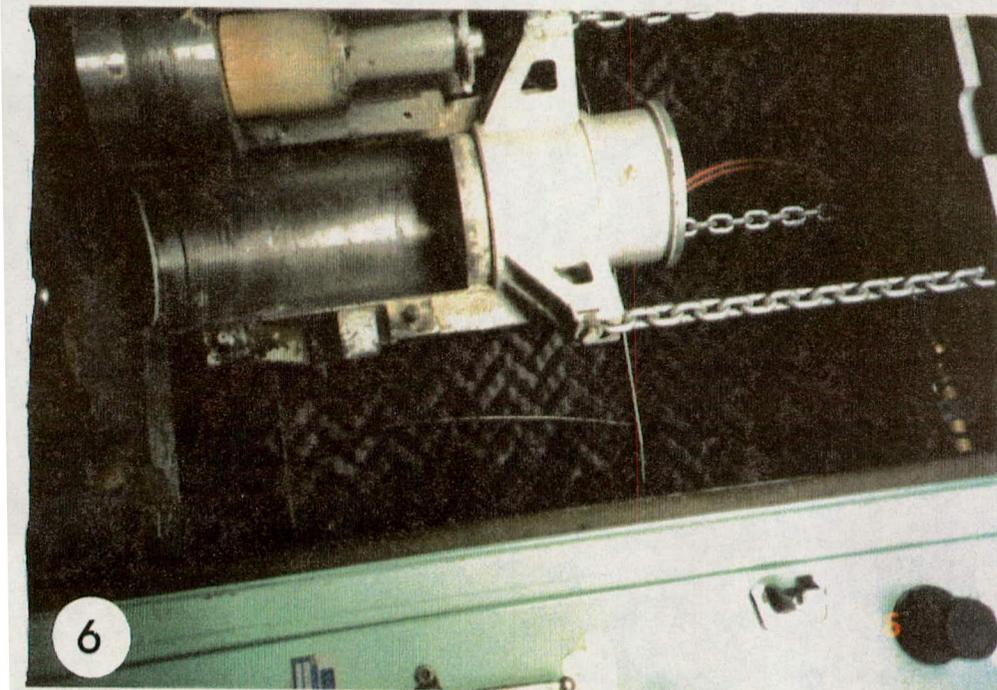
EN FRANCE



4



5



6

4	5
6	

EQUIPEMENT DE RECHERCHE ET D'AUSCULTATION

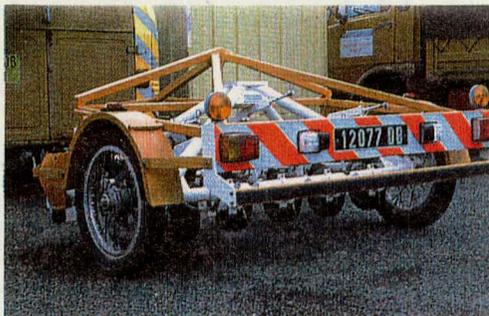
NO.

REMARQUES

- 4 Appareil pour l'essai de fatigue en flexion alternée à déformation imposées pour déterminer le module complexe des enrobés.
- 5 Schéma de l'appareil vue en 6.
- 6 Presse à cisaillement giratoire (PCG).
Mesure le degré de compactage des mélanges VS le nombre de cycles giratoires.

NOTE: Les photos 4 et 6 montrent des instruments indispensables pour la conception et calcul structural rationnel et informatique.

EN FRANCE

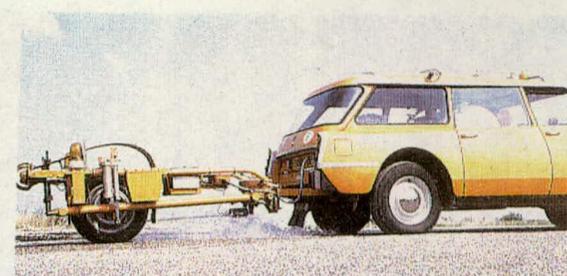


39

Orniéromètre.



40



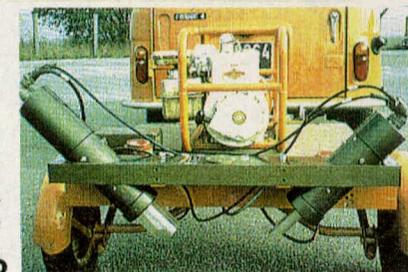
41

Remorque de glissance LPC.



Analyseur
de profil en long APL 25.

42



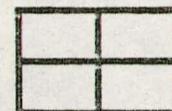
Rugolaser
(mesure en continu
de la rugosité de surface).

43



44

Déflectographe Lacroix.



EQUIPEMENT DE RECHERCHE ET D'AUSCULTATION

NO.	REMARQUES
39	Orniéromètre pour la mesure des ornières.
40	Scrim pour les mesures de glissance continue.
41	Autre appareil de mesures de glissance non continue (LPC)
42	APL 25 appareil de mesures de profilométrie.
43	Rugolaser mesure la texture des pavages en continue et à haute vitesse.
44	Déflectomètre Lacroix pour les relevés de portance pour essieux de 13 tonnes (130KN)

EN FRANCE



7	8
9	

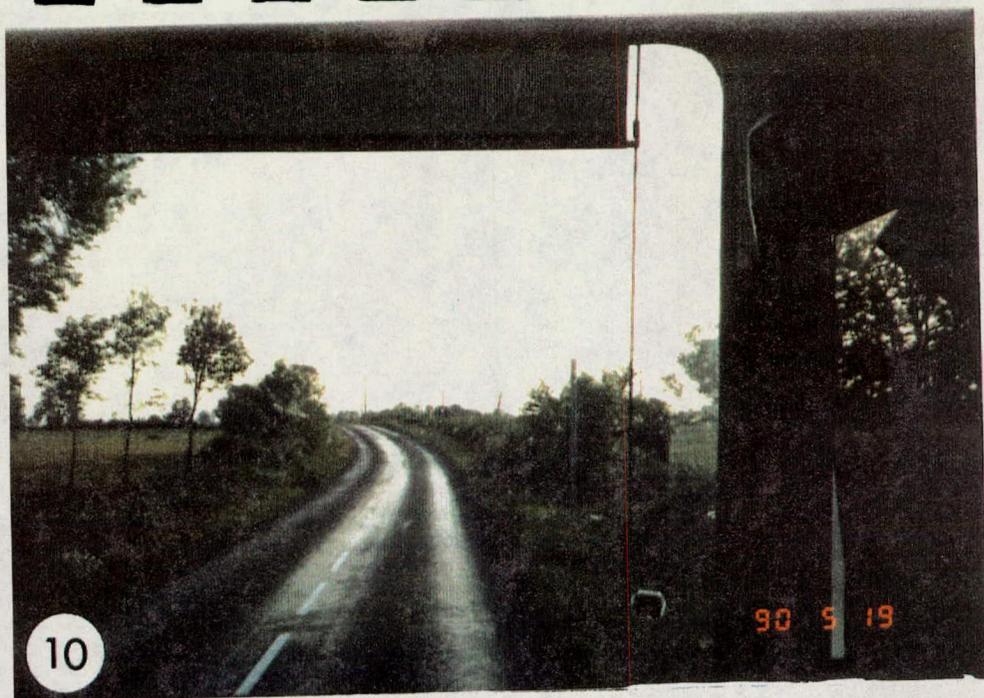
PROBLEMES STRUCTURELS DES CHAUSSEES

NO.

REMARQUES

- 7 Ornières multiples généralisés apparut dans la voie de roulement d'une route à grande circulation.
- 8 Idem photo no. 7.
- 9 Rapiéçage intense dû aux fréquents travaux municipaux.

EN FRANCE



10



12



11

10	12
11	

PROBLEMES STRUCTURELS DES CHAUSSEES

NO.

REMARQUES

- 10 Ressuage intense généralisé d'un enrobé instable provoqué par un compactage dû au trafic.
- 11 Idem au no. 10.
- 12 Ornières multiples accompagnées de ressuges dans les traces des roues, trafic lourd, enrobé instable.

EN FRANCE

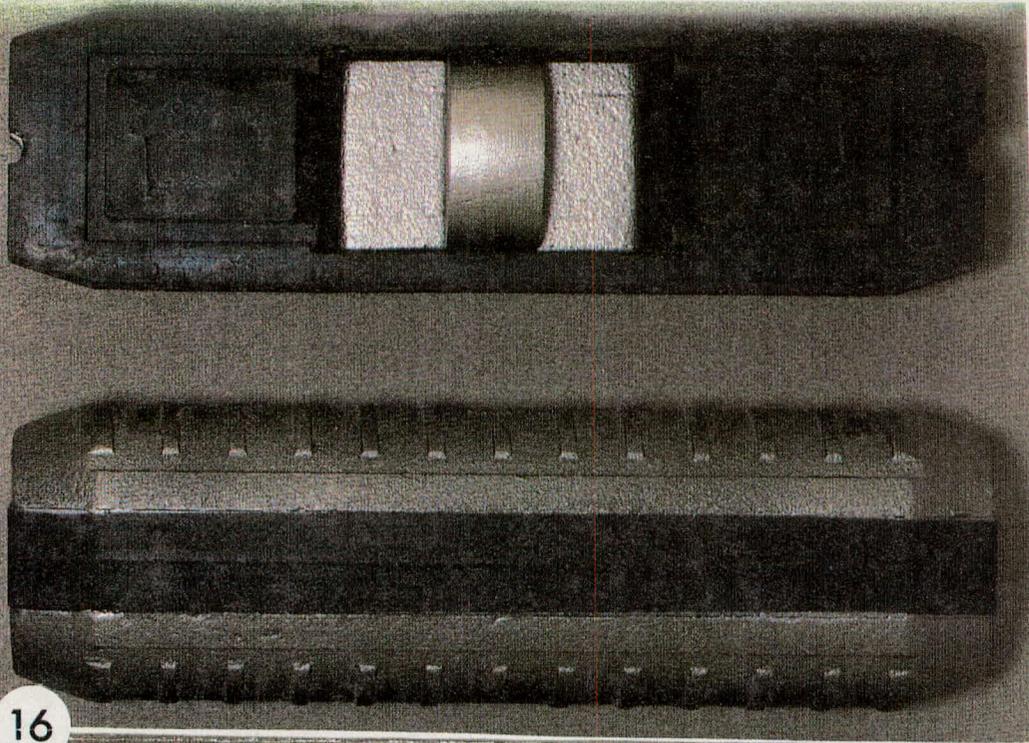


13	14
15	

PROBLEMES STRUCTURELS DES CHAUSSEES

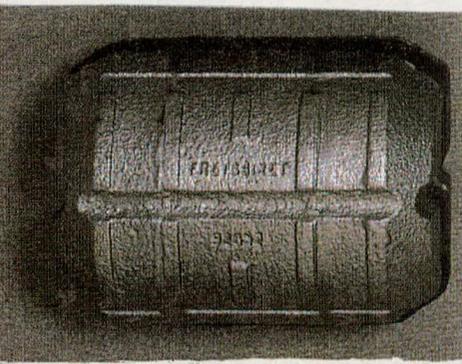
NO.	REMARQUES
13	Gravier recomposé humidifié (GRH) après compactage (voir figure 2).
14	Démontre le rapiéçage mécanisé fréquent. Technique à vérifier face aux équipements de déneigement (arrachement) au Québec.
15	Enduit superficiel sur le GRH (photo 13) pour une route à faible trafic.

EN FRANCE



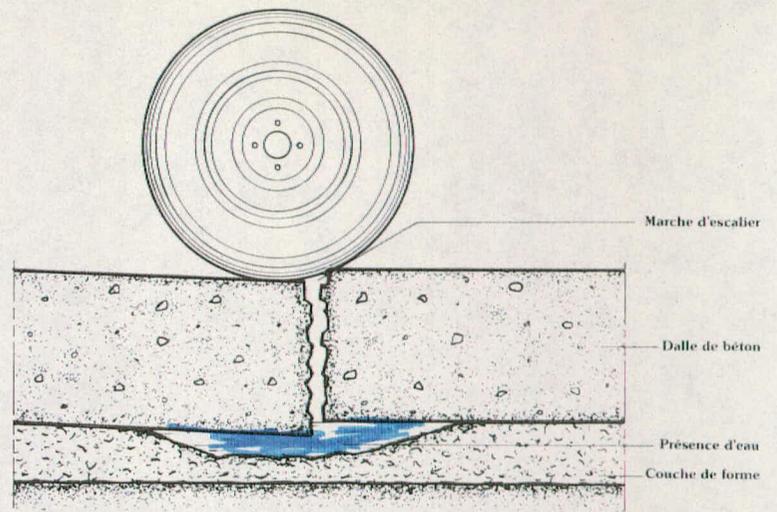
16

LE CONNECTEUR DE DALLES



Freyssinet

17



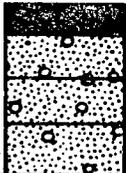
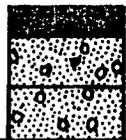
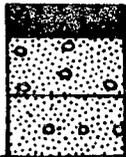
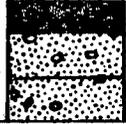
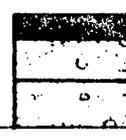
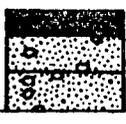
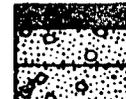
16	17

PROBLEMES STRUCTURELS DES CHAUSSEES

NO.	REMARQUES
16	Connecteur de dalles pour corriger les battements de dalles rigides afin d'éviter les cassures de dalles et d'empêcher la fissuration d'enrobé sur les dalles. A vérifier dans nos conditions de déflexion, battement, et retrait limite (procédé coûteux 30\$/m ²).
17	Schéma d'un battement de dalles.

Couche de base : grave-bitume (GB)

Couche de fondation : grave-bitume (GB)

	PF ₁	PF ₂	PF ₃
T ₀	 <p>8 cm BB 12 cm GB 12 cm GB 14 cm GB</p>	 <p>8 cm BB 16 cm GB 16 cm GB (a)</p>	 <p>8 cm BB 14 cm GB 14 cm GB</p>
T ₁	 <p>8 cm BB 16 cm GB 16 cm GB (a)</p>	 <p>8 cm BB 14 cm GB 14 cm GB</p>	 <p>8 cm BB 12 cm GB 12 cm GB (b)</p>
T ₂	 <p>6 cm BB 14 cm GB 16 cm GB</p>	 <p>6 cm BB 12 cm GB 12 cm GB (b)</p>	 <p>6 cm BB 10 cm GB 10 cm GB (b)</p>
T ₃	 <p>6 cm BB 12 cm GB 12 cm GB (b)</p>	 <p>6 cm BB 10 cm GB 10 cm GB (b)</p>	 <p>6 cm BB 14 cm GB</p>

a) des précautions sont à prendre pour obtenir un uni de qualité
b) suppose un très bon nivellement de la plate-forme

1. Matériaux

BB : Conforme au module BB semi-grenus du document *Matériaux enrobés à chaud* de Nov. 85.

GB : Conforme à la *Recommandation pour la réalisation des assises de chaussée en grave-bitume* (à paraître).

2. Le tableau présente les structures nominales en cm au bord droit de la voie la plus chargée de la chaussée. La coupe transversale est établie conformément aux indications du chapitre F de la notice et au *Guide des coupes transversales de chaussées* (Avril 1988).

En aucun point, l'épaisseur nominale d'une couche de grave-bitume ne doit être inférieure à 10 cm.

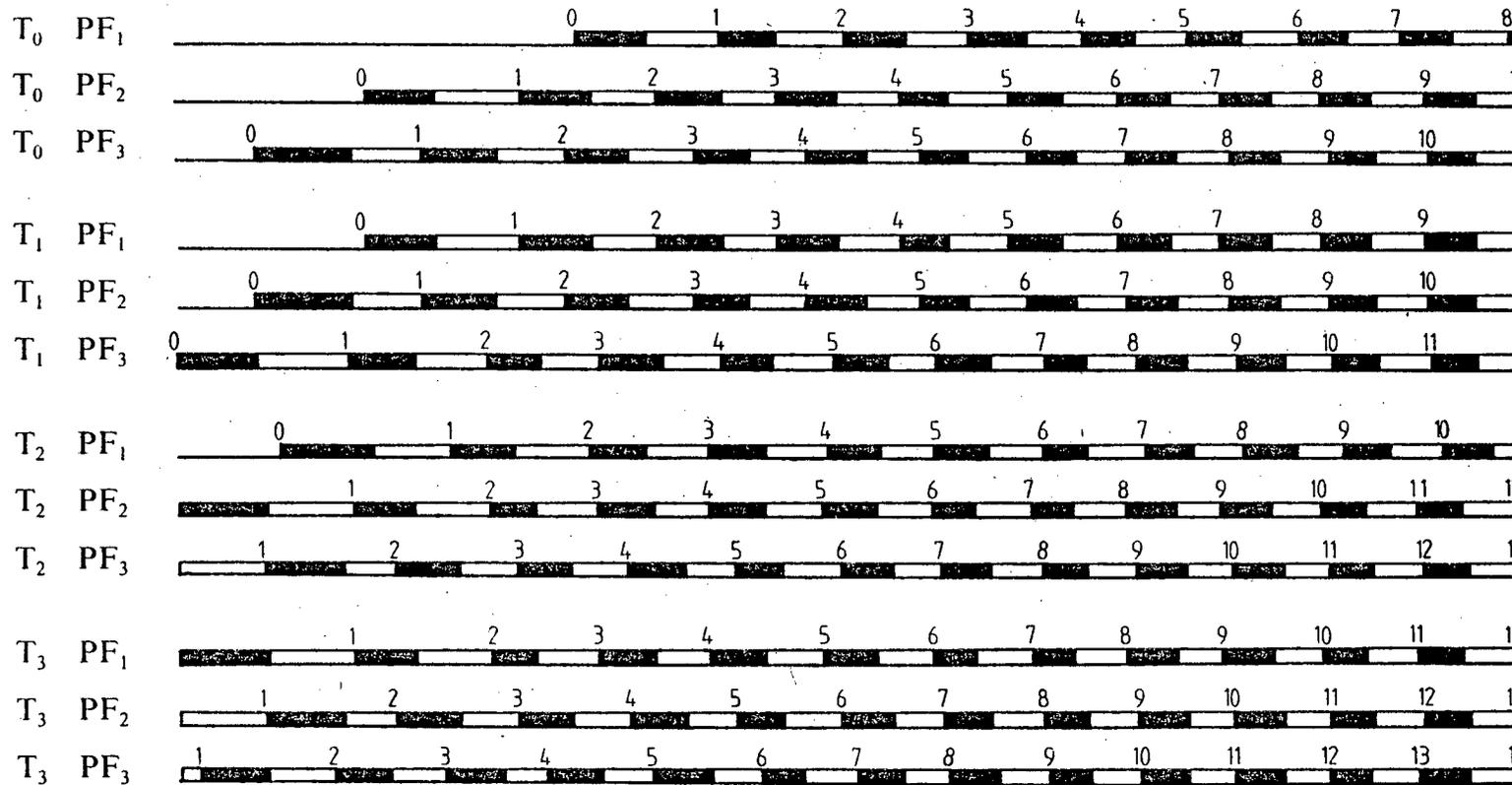
N.B. : L'abaque gel relatif à cette planche de structures se trouve au verso.

Actualisation 88 du Catalogue des structures types de chaussées neuves.

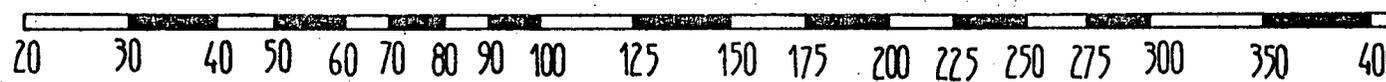
Exemple de 12 planches structurales de chaussées flexibles type 7 avec couche de base et de fondation de grave traité au bitume pour un trafic T₀ (fort) et plate-forme (pF₁) le catalogue français propose 8cm d'enrobé pour la couche de roulement, et 38cm de grave-bitume. C'est-à-dire un total de 46cm de couche traité avec un module de 93 000 bars (kg/cm²).



IA (°C X jours)



Quantité de gel admissible QB à la base du corps de chaussée



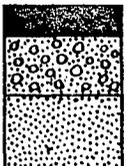
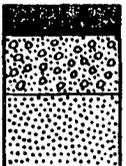
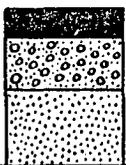
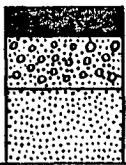
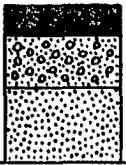
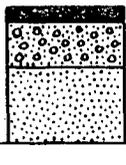
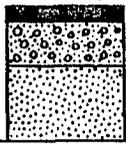
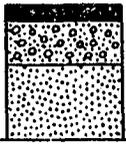
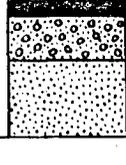
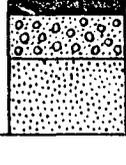
IA (°C X jours)

Exemple d'abaque proposé pour tenir compte de l'indice de gel et choisir le couple trafic et plate-forme appropriés parmi les planches proposées.

Chaussée du type 14 (14 A et 14 B)

Couche de base : *grave - bitume*

Couche de fondation : *sable - laitier de classes A et B*

	PF ₁	PF ₂	PF ₃
T ₀		 <p>8 cm BB 18 cm GB 40 cm SL (B)</p>	 <p>8 cm BB 18 cm GB 35 cm SL (B)</p>
T ₁	 <p>8 cm BB 15 cm GB 42 cm SL (B)</p>	 <p>8 cm BB 15 cm GB 35 cm SL (B) ou 45 cm SL (A)</p>	 <p>8 cm BB 15 cm GB 32 cm SL (B) ou 42 cm SL (A)</p>
T ₂	 <p>6 cm BB 12 cm GB 38 cm SL (B)</p>	 <p>6 cm BB 12 cm GB 32 cm SL (B) ou 42 cm SL (A)</p>	 <p>6 cm BB 12 cm GB 28 cm SL (B) ou 38 cm SL (A)</p>
T ₃	 <p>6 cm BB 12 cm GB 32 cm SL (B) ou 42 cm SL (A)</p>	 <p>6 cm BB 12 cm GB 28 cm SL (B) ou 38 cm SL (A)</p>	voir planche 7

1. Matériaux

BB : conforme à la *Directive pour la réalisation des couches de surface de chaussées en béton bitumineux* (sept. 1969).

GB : conforme à la *Directive pour la réalisation des assises de chaussées en graves-bitume et sables-bitume* (sept. 1972).

SL (A) et SL (B) : se reporter au chapitre D, § 2 de la notice d'utilisation du catalogue.

2. Le tableau présente les structures nominales (en cm) au bord droit (côté rive) de la voie la plus chargée de la chaussée. Le profil en travers de la chaussée est établi conformément aux indications du chapitre F de la notice d'utilisation du catalogue. En aucun point, l'épaisseur nominale d'une couche ne doit être inférieure à :

- 12 cm GB
- 20 cm SL (A) et SL (B) (sous réserve d'une stabilité immédiate suffisante du sable traité).

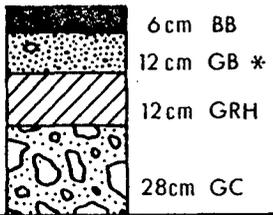
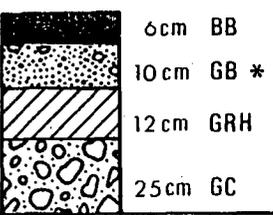
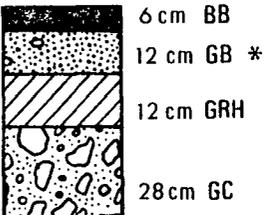
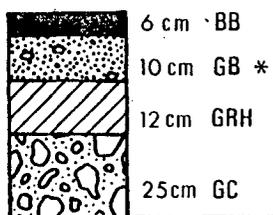
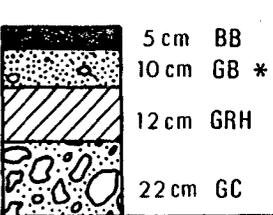
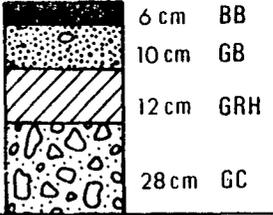
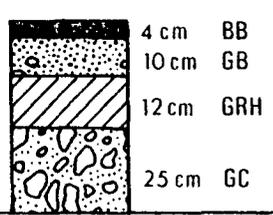
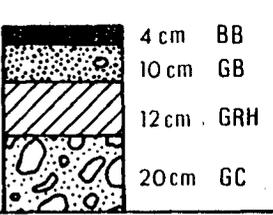
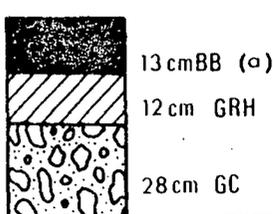
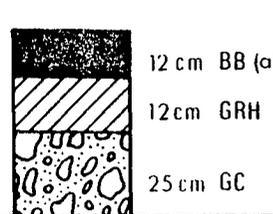
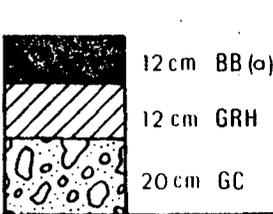
3. Dans le cas d'un trafic T₃, il est possible de substituer un *enduit superficiel** à la couche de béton bitumineux, à condition de porter à 18 cm l'épaisseur de la couche de base en grave-bitume.

N.B. : L'abaque gel relatif à cette planche de structures se trouve au verso.

* *Directive pour la réalisation des enduits superficiels* (févr. 1972).

Chaussée du type 19-1

Couche de base : grave-bitume* + grave recomposée humidifiée (ou GRH)
Couche de fondation : grave-ciment ou grave laitier

	PF ₁	PF ₂	PF ₃
T ₀		 <p>6 cm BB 12 cm GB * 12 cm GRH 28 cm GC</p>	 <p>6 cm BB 10 cm GB * 12 cm GRH 25 cm GC</p>
T ₁	 <p>6 cm BB 12 cm GB * 12 cm GRH 28 cm GC</p>	 <p>6 cm BB 10 cm GB * 12 cm GRH 25 cm GC</p>	 <p>5 cm BB 10 cm GB * 12 cm GRH 22 cm GC</p>
T ₂	 <p>6 cm BB 10 cm GB 12 cm GRH 28 cm GC</p>	 <p>4 cm BB 10 cm GB 12 cm GRH 25 cm GC</p>	 <p>4 cm BB 10 cm GB 12 cm GRH 20 cm GC</p>
T ₃	 <p>13 cm BB (a) 12 cm GRH 28 cm GC</p>	 <p>12 cm BB (a) 12 cm GRH 25 cm GC</p>	 <p>12 cm BB (a) 12 cm GRH 20 cm GC</p>

1. Matériaux

BB : Conforme au module BB semi-grenus du document *Matériaux enrobés à chaud* de Nov. 85.

GB, GB* : Conformes à la *Recommandation pour la réalisation des assises de chaussée en grave-bitume* (à paraître) et améliorée en fatigue (GB* à 4,5% de bitume) pour les trafics T₀ et T₁.

GRH : Conforme à la *Recommandation pour la réalisation des assises de chaussées en graves non traitées* (mai 74 et déc. 80) et de granularité 0/14 compte tenu de son épaisseur.

GC, GL : Conforme à la *Directive pour la réalisation des assises de chaussées en graves traitées aux liants hydrauliques* de Juin 1983.

2. Le tableau présente les structures nominales en cm au bord droit de la voie la plus chargée de la chaussée. La coupe transversale est établie conformément aux indications du chapitre F de la notice et au *Guide des coupes transversales de chaussées* (Avril 1988) pour la couche de fondation ; on ne prévoira pas de variation d'épaisseur sur la grave-bitume, ni sur la GRH compte tenu de son épaisseur.

En aucun point, l'épaisseur nominale d'une couche ne doit être inférieure à :

– 10 cm pour GB – 15 cm pour GBH – 12 cm pour GRH

3. En T₃, on peut remplacer 12 BB par 10 GB et un enduit (et 13 BB par 11 GB sur PF₁)

N.B. : L'abaque gel relatif à cette planche de structures se trouve au verso

a) en deux couches

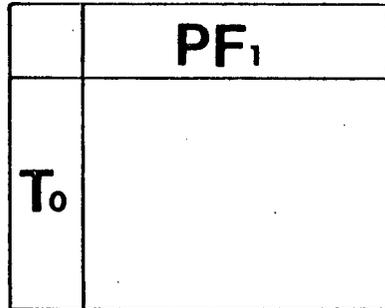
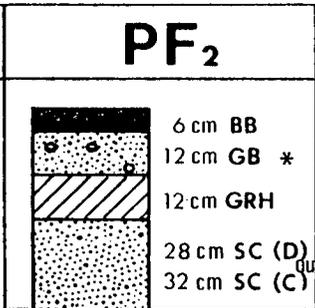
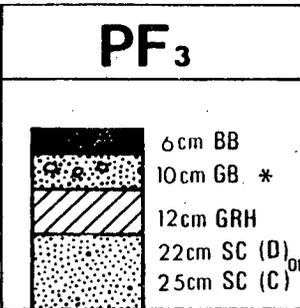
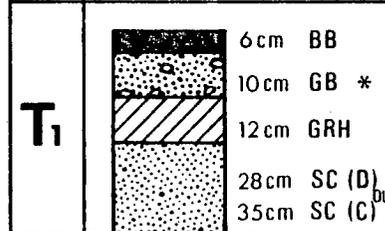
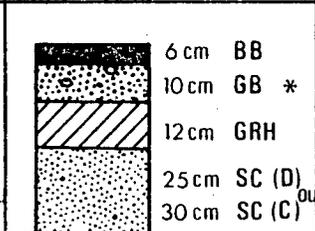
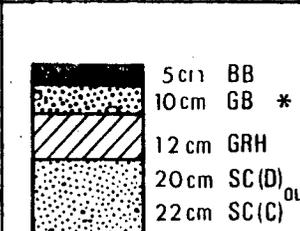
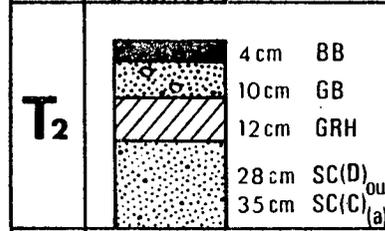
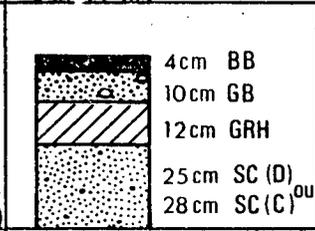
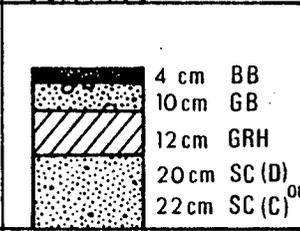
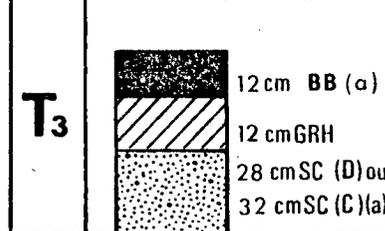
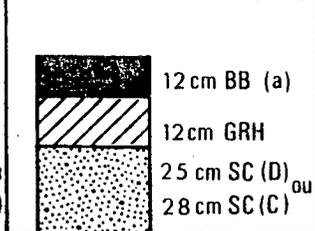
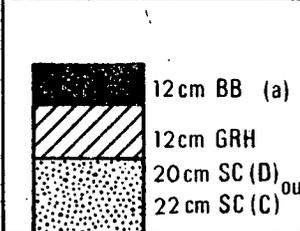
nota : fondation notée GC mais les mêmes épaisseurs sont valables pour GL

Actualisation 88 du Catalogue des structures types de chaussées neuves.

Exemple d'une structure inverse du catalogue français T₁ et PF₁ on a 6cm de B.B. 12cm grave-bitume, et 28cm de grave-ciment, pour prévenir la réapparition de fissure de GC dans la couche de base on intercale 12cm GRH.

Chaussée du type 19-2

Couche de base : grave-bitume* + grave recomposée humidifiée (ou GRH)
Couche de fondation : sable-ciment ou sable laitier C et D

	PF ₁	PF ₂	PF ₃
T ₀			
T ₁			
T ₂			
T ₃			

a) en deux couches
 nota : fondation notée SC mais les mêmes épaisseurs sont valables pour SL

1. Matériaux

BB : Conforme au module BB semi-grenus du document *Matériaux enrobés à chaud* de Nov. 85.

GB, GB* : Conforme à la *Recommandation pour la réalisation des assises de chaussée en grave-bitume* (à paraître) et améliorée en fatigue (GB* à 4,5% de bitume) pour les trafics T₀ et T₁.

GRH : Conforme à la *Recommandation pour la réalisation des assises de chaussées en graves non traitées* (mai 74 et déc. 80) et de granularité 0/14 compte tenu de son épaisseur.

SC, SL de classe C ou D conforme à la *Directive pour la réalisation des assises de chaussées en sable traité aux liants hydrauliques* de Fév. 85.

2. Le tableau présente les structures nominales en cm au bord droit de la voie la plus chargée de la chaussée. La coupe transversale est établie conformément aux indications du chapitre F de la notice et au *Guide des coupes transversales de chaussées* (Avril 1988) pour la fondation ; on ne prévoira pas de variations d'épaisseur sur la grave-bitume ni sur la GRH.

En aucun point, l'épaisseur nominale d'une couche ne doit être inférieure à :

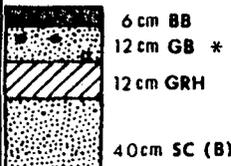
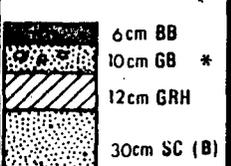
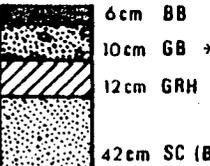
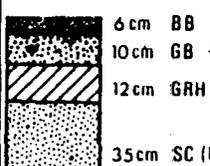
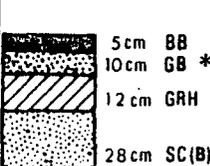
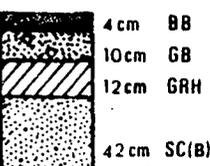
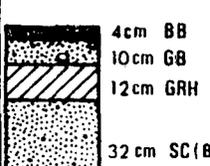
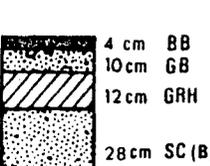
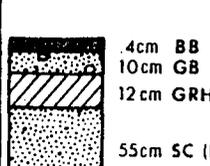
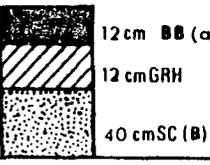
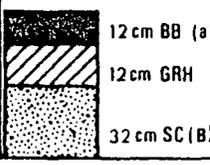
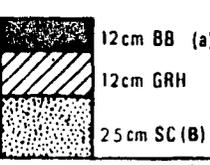
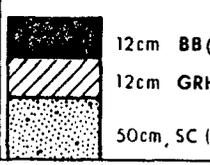
- 10 cm pour GB
- 20 cm pour SH
- 12 cm pour GRH

3. En T₃, on peut remplacer 12 BB par 10 GB et un enduit.

N.B. : L'abaque gel relatif à cette planche de structures se trouve au verso, sauf liants hydrauliques classe D utiliser l'abaque de la fiche 19-1

Chaussée du type 19-3

Couche de base : grave-bitume* + grave recomposée humidifiée (ou GRH)
Couche de fondation : sable-ciment B ou sable-laitier B

	PF ₁	PF ₂	PF ₃	PF ₁ ⁽¹⁾
T ₀		 <p>6 cm BB 12 cm GB * 12 cm GRH 40 cm SC (B)</p>	 <p>6 cm BB 10 cm GB * 12 cm GRH 30 cm SC (B)</p>	
T ₁	 <p>6 cm BB 10 cm GB * 12 cm GRH 42 cm SC (B)</p>	 <p>6 cm BB 10 cm GB * 12 cm GRH 35 cm SC (B)</p>	 <p>5 cm BB 10 cm GB * 12 cm GRH 28 cm SC (B)</p>	 <p>6 cm BB 10 cm GB * 12 cm GRH 55 cm SC (B)(a)</p>
T ₂	 <p>4 cm BB 10 cm GB 12 cm GRH 42 cm SC (B)</p>	 <p>4 cm BB 10 cm GB 12 cm GRH 32 cm SC (B)</p>	 <p>4 cm BB 10 cm GB 12 cm GRH 28 cm SC (B)</p>	 <p>4 cm BB 10 cm GB 12 cm GRH 55 cm SC (B)(a)</p>
T ₃	 <p>12 cm BB (a) 12 cm GRH 40 cm SC (B)</p>	 <p>12 cm BB (a) 12 cm GRH 32 cm SC (B)</p>	 <p>12 cm BB (a) 12 cm GRH 25 cm SC (B)</p>	 <p>12 cm BB (a) 12 cm GRH 50 cm SC (B)(a)</p>

a) en deux couches
 nota : fondation notée SC mais les mêmes épaisseurs sont valables pour SL
 (1) Couche de forme intégrée à la chaussée

1. Matériaux

BB : Conforme au module BB semi-grenus du document *Matériaux enrobés à chaud* de Nov. 85.

GB, GB* : Conforme à la *Recommandation pour la réalisation des assises de chaussée en grave-bitume* (à paraître) et améliorée en fatigue (GB* à 4,5% de bitume) pour les trafics T₀ et T₁.

GRH : Conforme à la *Recommandation pour la réalisation des assises de chaussées en graves non traitées* (mai 74 et déc. 80) et de granularité 0/14 compte tenu de son épaisseur.

SC ou SL de classe B conformes à la *Directive pour la réalisation des assises de chaussées en sable traité aux liants hydrauliques* de Fév. 85 et donc traité en centrale ou, en couche de forme sable B traité en place, grave traitée ou LTCC.

2. Le tableau présente les structures nominales en cm au bord droit de la voie la plus chargée de la chaussée. La coupe transversale est établie conformément aux indications du chapitre F de la notice et au *Guide des coupes transversales de chaussées* (Avril 1988) pour la fondation ; on ne prévoira pas de variations d'épaisseur sur la grave-bitume ni sur la GRH.

En aucun point, l'épaisseur nominale d'une couche ne doit être inférieure à :
 - 10 cm pour GB - 20 cm pour SH - 12 cm pour GRH

3. En T₃, on peut remplacer 12 BB par 10 GB et un enduit.

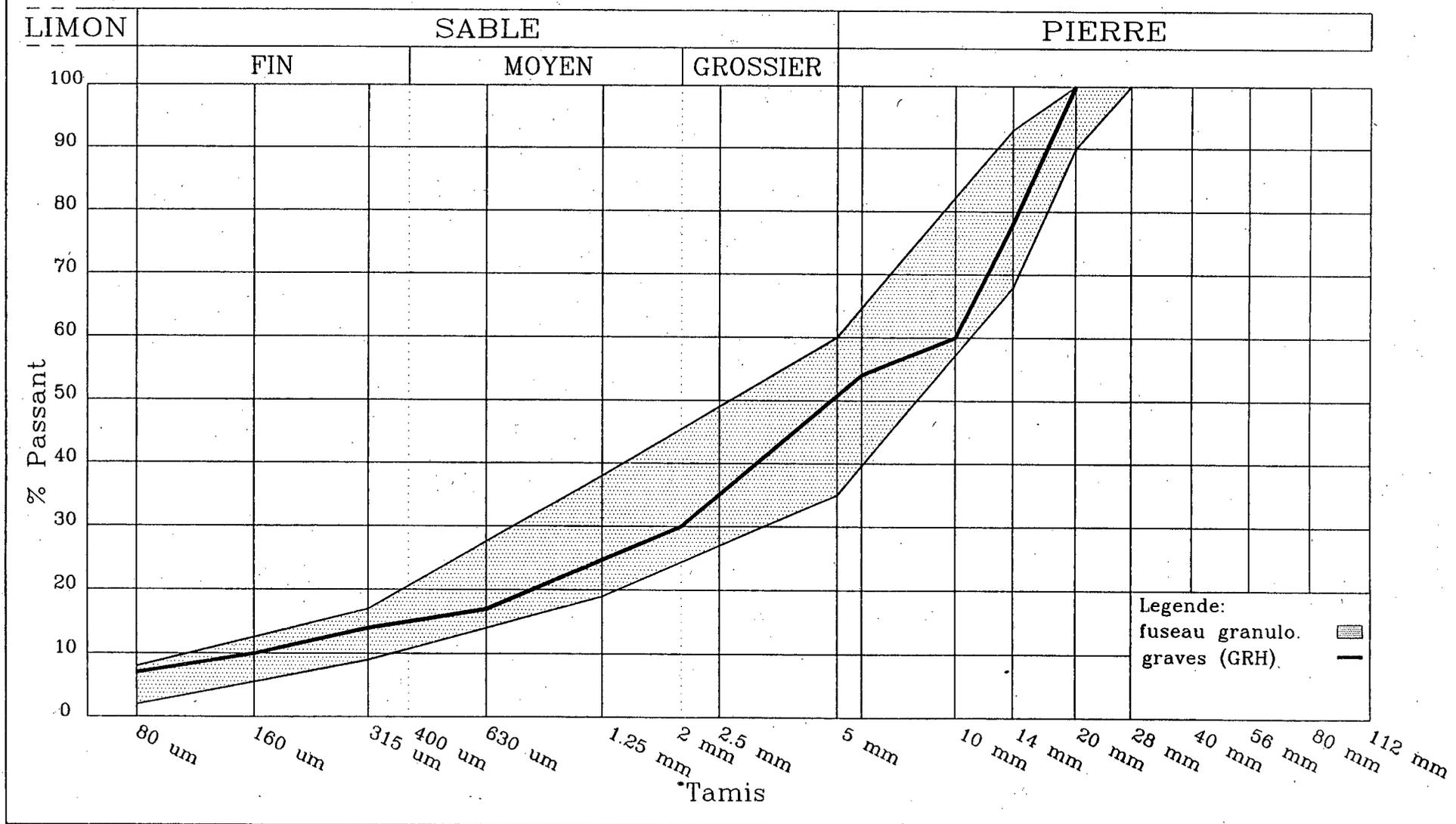
4. Cette fiche propose aussi une solution pour des chantiers d'une certaine taille, avec une couche de forme traitée en deux couches, en sable de classe B, en grave traitée ou en limon traité chaux ciment (LTCC). Elle permet ainsi de tirer partie de matériaux locaux non conformes aux directives. Une étude particulière de traitement est indispensable.

N.B. : L'abaque gel relatif à cette planche de structures se trouve au verso

Figure 2

COURBE GRANULOMÉTRIQUE

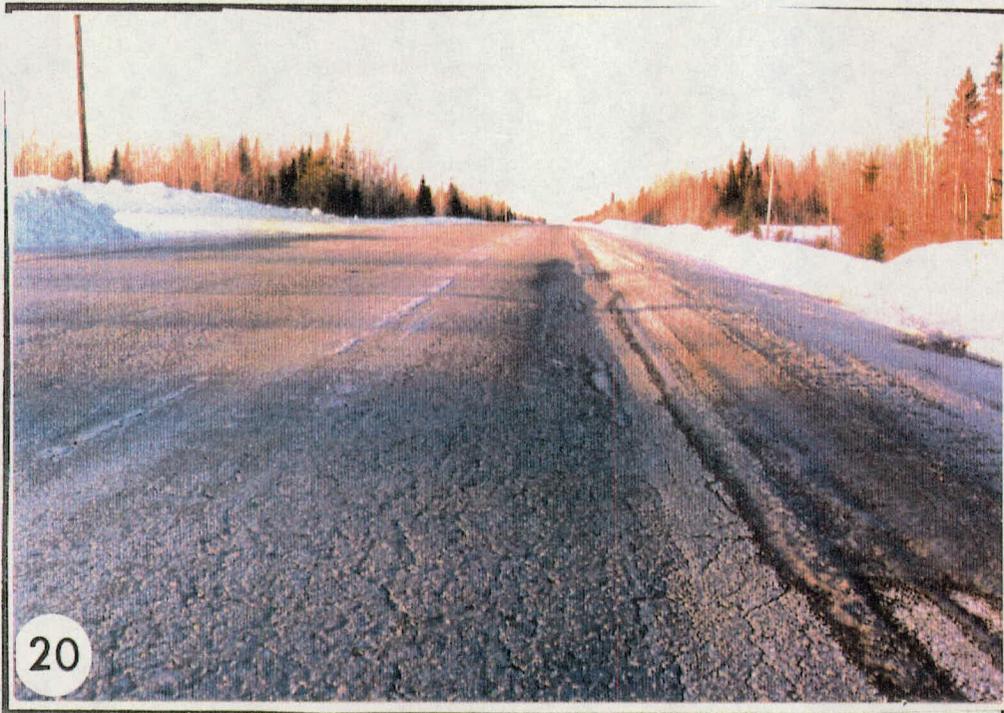
GRAVES RECOMPOSÉES HUMIDIFIÉES (GRH) VS FUSEAU 20-0a
(procédé français) (MTQ)



AU QUÉBEC

Problèmes structurels des chaussées:

- Ornièrage
- Fissuration
- Déficiences structurelles
- Problèmes de gel
- Ressuage et antidérapance



18	19
20	

ORNIERAGE

- | NO. | REMARQUES |
|-------------|---|
| 18 Auto. 40 | Orniérage multiples de fluage dû à l'instabilité de l'enrobé provoqué par le trafic des poids lourds. |
| 19 Rte 111 | Val d'Or - La Sarre
Ornières profondes de structures accompagnées d'une rupture de fondation causé par une structure non conforme par la présence de terre noire à environ 2 pieds de profondeur, avec des poids lourds non contrôlés. |
| 20 Rte 109 | Ornières de structures causées par la faiblesse de fondations et le transport lourd non contrôlé (drainage déficient) |

AU QUEBEC



21



23



22

21	23
22	

FISSURATION

NO.

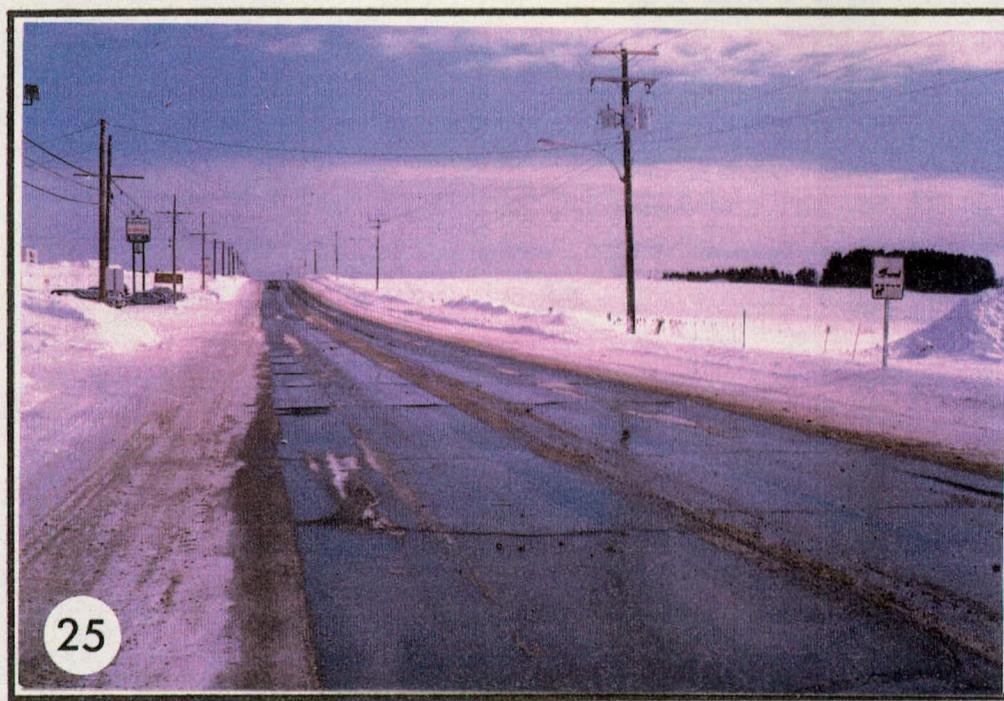
REMARQUES

- 21 Auto. 20 Fissures ouvertes provoquées par le gel et le battement de dalles dû à une infra organique non traité, une couche de base granulaire non traité, des assises instables. Et ceci, malgré un revêtement constitué de 16cm de B.C. + 20cm de B.B.
- 22 (Idem photo 21) Ft dégradé dans la trace des roues.
- 23 Auto. 73 Sud FT ramifiées, couche de base granulaire non traitée et non conforme, infra argileuse mal drainée et non stabilisée donc faible capacité.

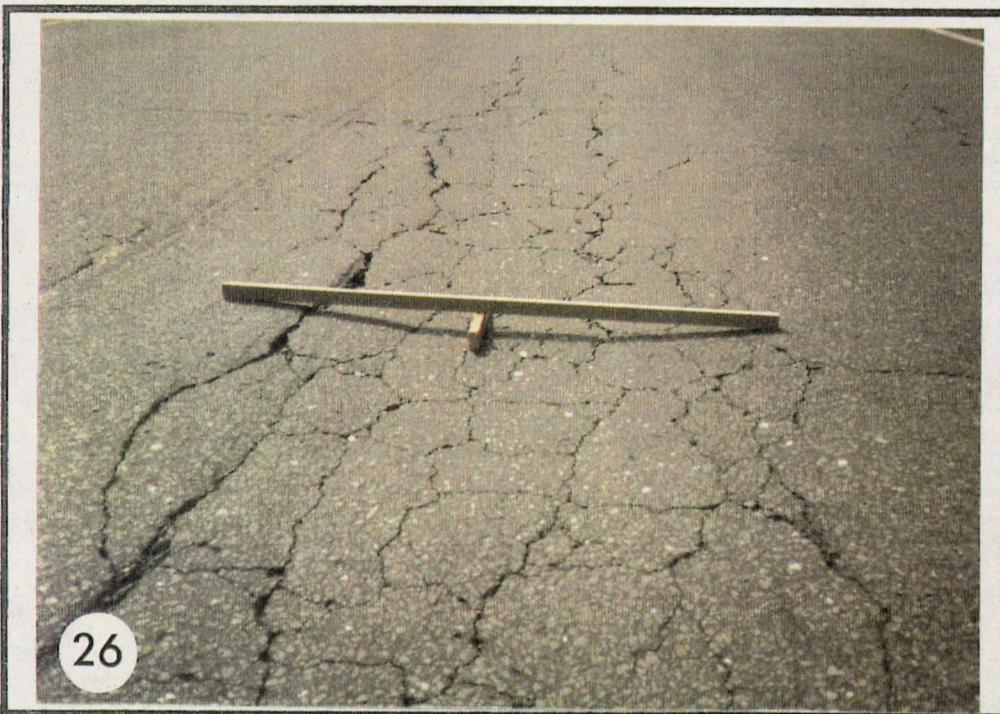
AU QUEBEC



24



25



26

24	25
26	

DEFICIENCES STRUCTURELLES

NO.

REMARQUES

24 Lézardes multiples provoquées par une fondation faible, et matière organique non stabilisée.

25 Rte 111 Val d'Or - La Sarre

Comportement hivernal, fondation faible et non traités et présence de sol organique (tourbière).

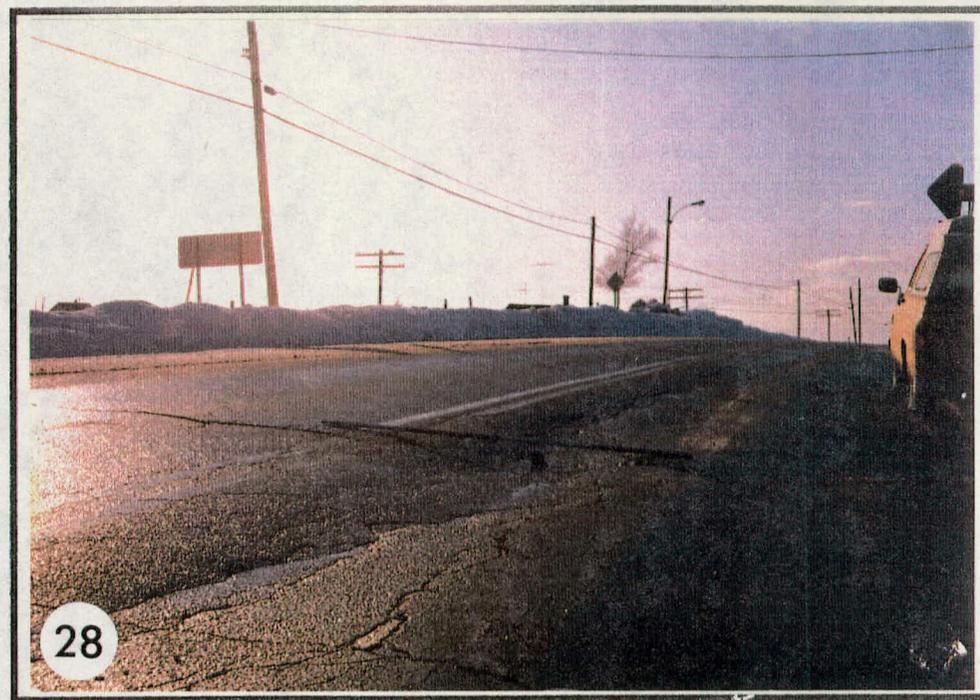
26 Auto. 73 Sud

Flash dû à des fondations faibles, instables et non drainées (argile silteuse, molle).

AU QUEBEC



27



28



29

27	28
29	

DEFICIENCES STRUCTURELLES

NO.

REMARQUES

27 Auto. 31 Joliette

Ornières accompagnées de carrelage d'un maillage particulier dû au transport lourd 12 mois par an. Structure composée d'une pierre concassé grossière posée directement sur plus de 2m de sable fin naturel humide.

28 Rte 111 Val d'Or - La Sarre

Déformation spectaculaires provoquées par le gel, fondations faibles, gélives, sans traitement.

29 Rte 169

Effondrement de pavage dû à l'utilisation d'un gravier bitumineux concassé (GBC recyclé) comme couche de base à froid, sans aucun liant ni traitement. Présence d'eau drainage manquant.

AU QUEBEC



30	31
32	

PROBLEMES DE GEL

NO.

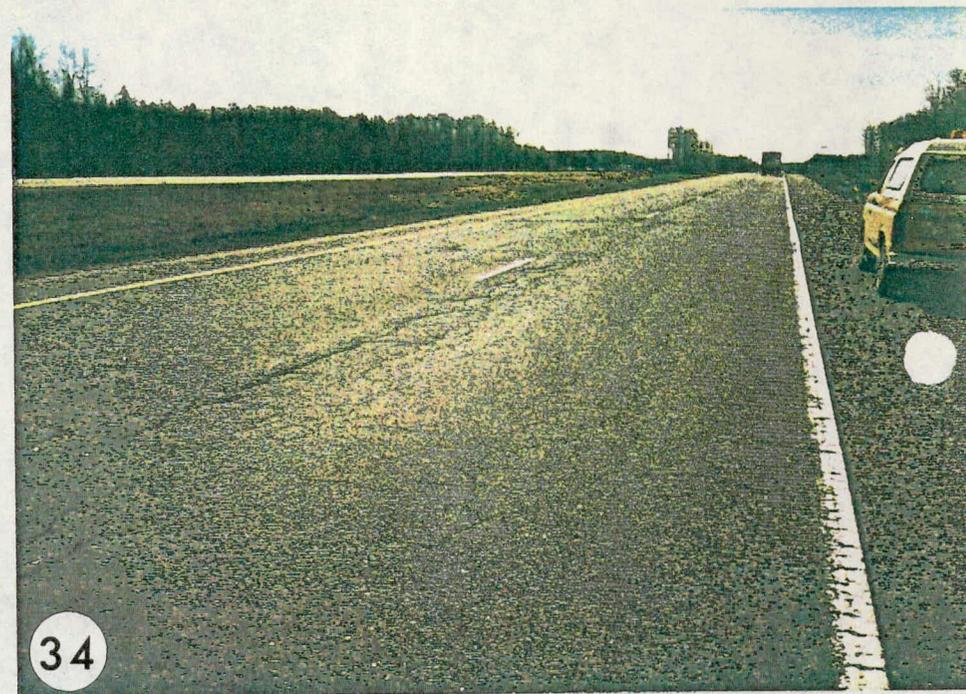
REMARQUES

- 30 Lézardes provoquées par une structure gélique (sans transition).
- 31 Soulèvement général du corps de la chaussée
NOTE: Le décalage de cette dernière par le rapport à la partie isolée par la neige des sols en place
- 32 Affaissement provoqué par le dégel différentiel de la partie non cohésive (granulaire) d'une fondation hétérogène au printemps.

AU QUEBEC



33



34



35

33	34
35	

DEFICIENCES STRUCTURELLES ET GEL

NO.

REMARQUES

33-34-35

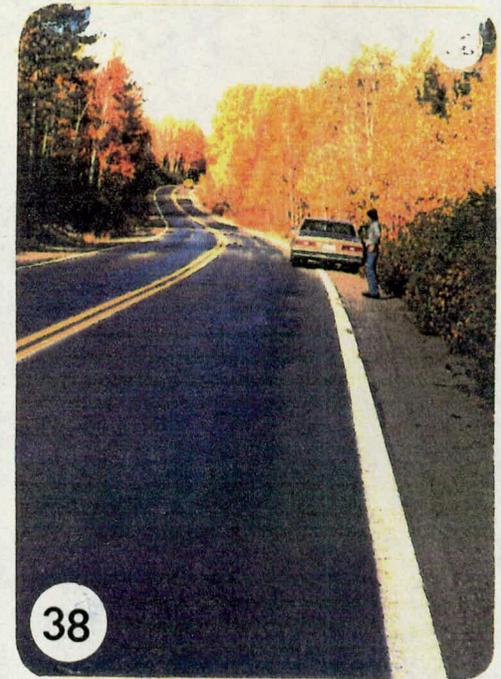
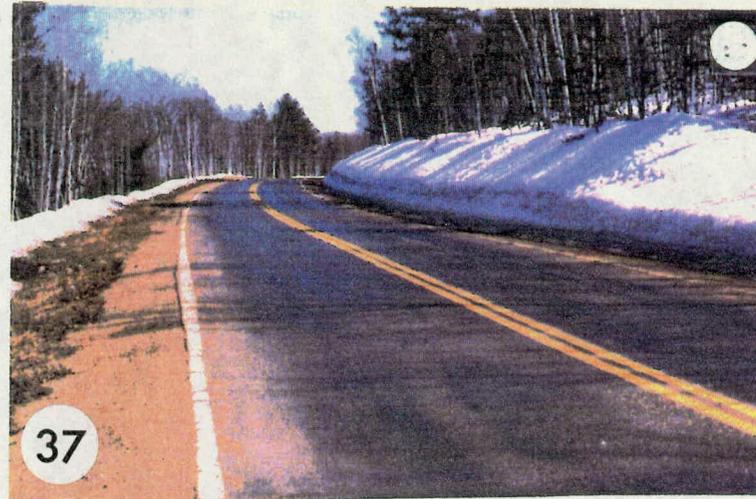
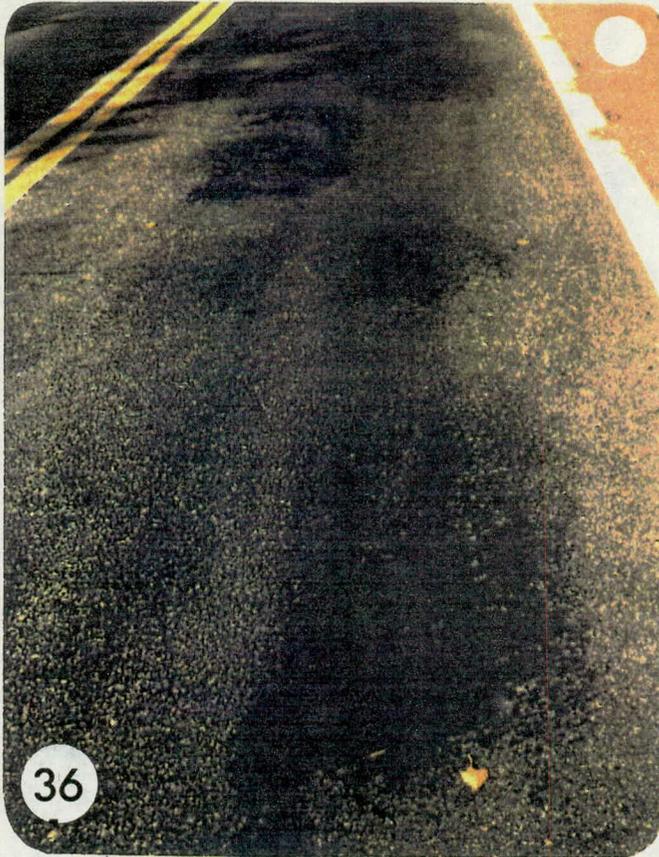
Bris prématurés de l'autoroute 73 construite en 1970. Couche de base (Fs) argileuse avec des graviers roulés, fondations à faible capacité, infrastructure argileuse, gélive et mal drainée. Il y a plus de 25cm de B.B. sur cette route.

AU QUEBEC

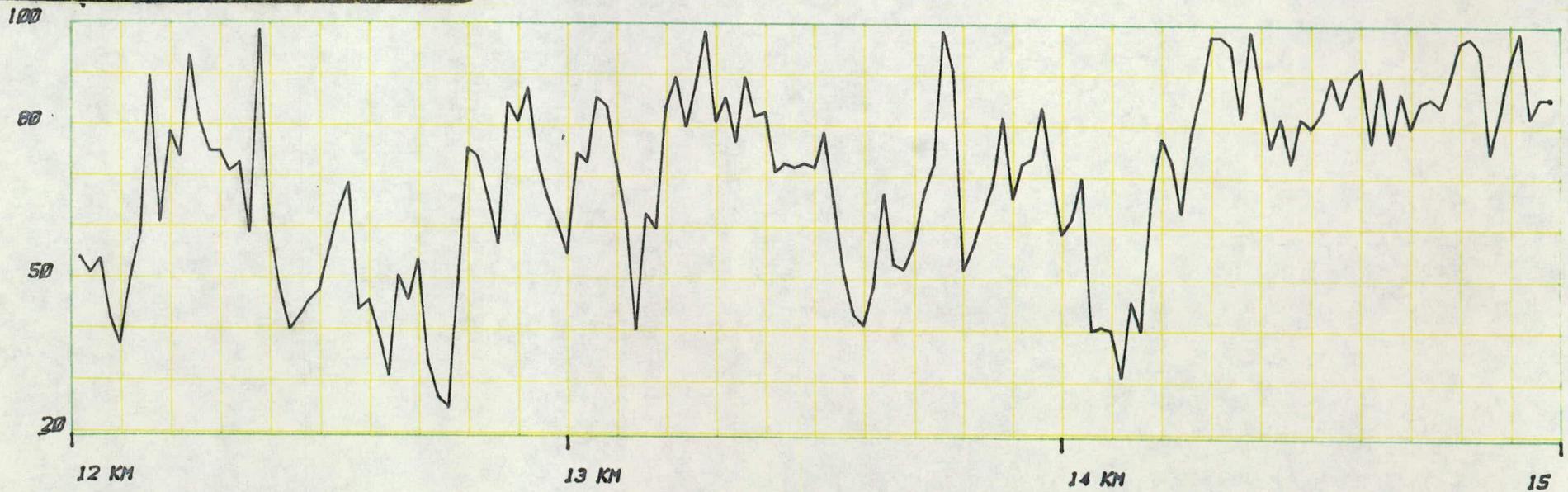
FIGURE 11

VARIATION EXCESSIVE DU C. F. T. PROVOQUEE PAR RESSUAGE INTENSE DU PAVAGE

(route 381 St-Urbain)



Enrobé instable ressué par le compactage à long terme par le trafic. Chaussée très glissante.

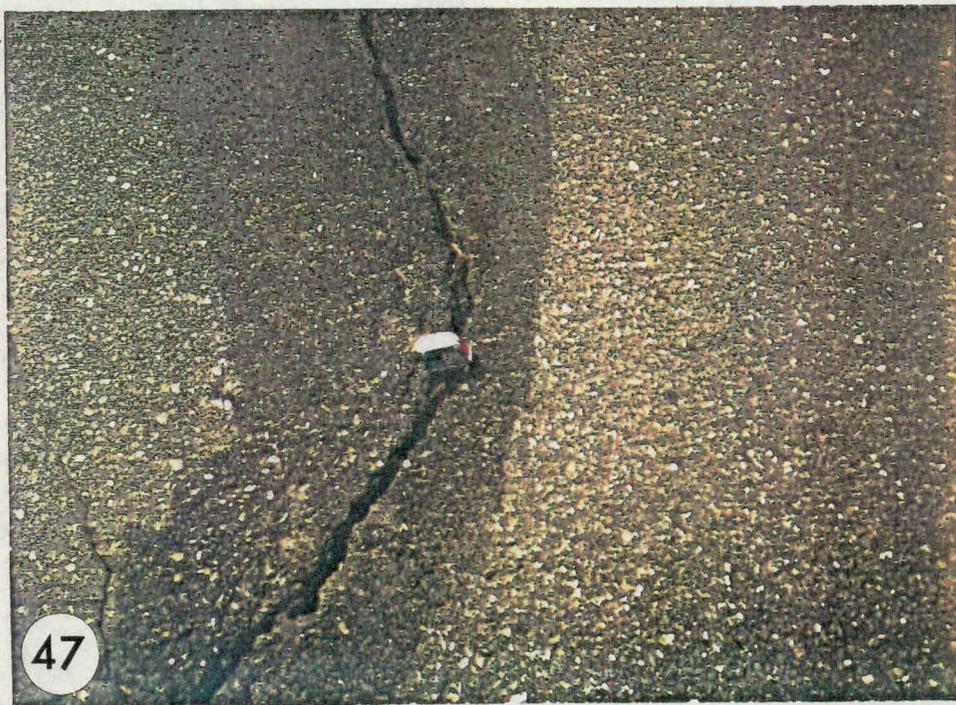




45



46



47

45	46
47	

AUTOROUTE DE LA BEAUCE

Juin 85

ETUDE DE COMPORTEMENT

NO.	Km	Description
45	28+900	Lézarde à grande envergure.
46	28+900	Idem photo no. 1.
47	28+900	Lézarde en réflexion après application de bouche fissure .

NOTE: Cette détérioration peut être due à un déplacement des matériaux de la fondation (instabilité) accompagné avec impact du gel.

MINISTÈRE DES TRANSPORTS



QTR A 230 449