471628

Ministère des Transports
Centre de documentation
930, Chemin Ste-Foy
6e étage
Québec (Québec)
G1S 4X9

LA REMISE EN ETAT DES CHAUSSEES RIGIDES A LA SUITE DU COLLOQUE DE ST-LOUIS

(Sept. 27-30, 1981)

Pierre De Montigny, ing., M.Sc.
Chef de la division Structures de Chaussées
Service des Sols et Chaussées
Ministère des Transports

Le 19 janvier 1982

CANQ
TR
GE
EN
598

TABLE DES MATIERES

		Page
1.	INTRODUCTION	1
2.	LA CUEILLETTE DE DONNEES	3
3.	DECALAGES AUX JOINTS TRANSVERSAUX ET MOYENS D'Y REMEDIER	4
	3.1 Importance du phénomène	4
	3.2 Transfert de charge	4
	3.3 Prévention des marches d'escaliers	6
	3.3.1 Scellement des joints	6
	3.3.2 Drains latéraux souterrains	7
	3.4 Caractéristiques de l'assise	10
	3.5 Correction des marches	
4.	RESTAURATION DE L'ANTIDERAPANCE	16
	4.1 Rainurage	16
	4.2 Enduits superficiels et mélanges ouverts	18
5.	LES RECOUVREMENTS	18
	5.1 Généralités	18
	5.2 Réparations avant recouvrements	19
	5.3 Recouvrements bitumineux	20
	5.4 Recouvrements rigides	21
	5.4.1 Partiellement liés	22
	5.4.2 Non liés	22
	5.4.3 Liés	23
6.	RECYCLAGE	24
	6.1 Quand recycler	24
	6.2 Emplois des produits du concassage	25
	6.3 Enlèvement des dalles et concassage	26
	6.4 Coûts	27
	6.5 Evaluation du procédé	27
7.	CONCLUSION	30

1. INTRODUCTION

Du 27 au 30 septembre dernier se tenait à St-Louis au Missouri un colloque portant sur la remise en état et le recyclage des routes de béton. Cette réunion visait à apporter au moins quelques éléments de solutions à des questions que se posent avec de plus en plus d'acuité, aux Etats-Unis comme au Canada, les responsables de l'entretien des chaussées, que ce soit au niveau de la gestion et de l'allocation de ressources, à celui du design et de la recherche et à celui des réalisations de chantier.

Face à la hausse des coûts, à l'accroissement de la longueur du réseau et à son vieillissement, face enfin à l'augmentation continuelle du trafic sur les routes, plusieurs constatent que les sommes consacrées à l'entretien sont de moins en moins proportionnées aux besoins. On estime par exemple que si l'on tient compte de la dévaluation du dollar, ces sommes se sont accrues de seulement 10% aux Etats-Unis entre 1967 et 1977 alors que le nombre de véhicules-kilomètres s'est accrû de 50%. Il paraît donc plus impérieux que jamais que les sommes dépensées soient utilisées avec une efficacité maximale.

C'est dans cette optique que le Transportation Research Board a organisé le colloque de la fin de septembre dernier. On savait que plusieurs départements de voirie, qui avaient fait un large emploi des chaussées rigides depuis quelques décennies avaient mené de nombreuses expériences pour faire face à leurs problèmes d'entretien. Parmi ces états, la Californie, la Georgie, l'Iowa, le Michigan, et l'Illinois, pour n'en nommer que quelques-uns, faisaient sans doute figures de proue. On voulait donc qu'ils viennent exposer le fruit de leurs expériences. Celles-ci étaient nombreuses et ne se limitaient pas exclusivement à l'entretien mais concernaient aussi les méthodes de reconstruction par voie de recyclage.

...2/

Sans doute, savait-on déjà très bien qu'il était possible et même souvent très avantageux de recycler des chaussées flexibles mais plusieurs étaient peu au courant du fait que depuis quelques années, les techniques de recyclage avaient aussi envahi le domaine des chaussées rigides. Ce sont surtout les entrepreneurs qui, décrivant les projets qu'ils avaient déjà réalisés, ont fait les frais de cette partie du colloque consacrée au recyclage. Quelques autres intervenants ont également fait valoir les points de vue du design et du contrôle de la qualité.

Le colloque dans son ensemble a constitué une source de renseignement assez extraordinaire. L'information fournie était à la fois récente, de toute première qualité et, selon toute apparence, exempte des préjugés ou des biaisages qui résultent parfois, soit d'un mauvais dosage des sujets traités, soit d'un mauvais choix des conférenciers eux-mêmes.

Afin de pouvoir tirer un profit maximum de cette réunion, nous avons cru bon à notre retour de rédiger un document qui se voudrait non seulement un compte rendu ou un résumé du colloque mais en même temps un guide qui pourrait servir à l'étude d'une chaussée rigide lorsqu'arrive le temps de lui apporter une amélioration plus ou moins importante. Dans la mesure où nous désirions nous en tenir aux sujets traités lors du colloque et éviter les points déjà assez bien connus qui ne font pas l'objet de trop de discussion à l'heure actuelle, nous n'envisagions pas un document complet qui expliquerait tous les aspects de la remise en état des chaussées.

Sans dévier de ces objectifs premiers, nous avons cependant dû à l'occasion ajouter quelques commentaires personnels pour, par exemple, expliquer certaines divergences de vue entre les intervenants, rapprocher certains sujets connexes qui avaient été développés par

...3/

différents conférenciers, situer un sujet dans son contexte (par. 3.1 et 3.2) et, en somme, donner un peu plus de cohérence à l'ensemble du document. Dans chaque cas, nous avons tenté d'indiquer la source de nos renseignements le plus clairement possible.

Notre exposé se regroupe autour de cinq sujets principaux à savoir: la cueillette de données (chap.2), les marches d'escaliers ou décalages aux joints transversaux (chap.3), la restauration de l'adhérence (chap.4), les recouvrements (chap.5) et le recyclage (chap.6).

2. LA CUEILLETTE DE DONNEES

2.1 Le colloque a débuté par les conférences de Darter et Barenberg, tous deux professeurs à l'université de l'Illinois. Leur message consistait en une revue des techniques utilisées jusqu'à maintenant et aussi en un exposé des perspectives d'avenir tant au niveau de la conception que des réalisations de chantier. Selon eux, les difficultés techniques et pratiques aussi bien que les coûts élevés qui sont souvent reliés à la remise en état des chaussées rigides justifient à eux seuls une bonne préparation des projets. Celle-ci doit commencer par une cueillette de données englobant les sujets suivants:

- Nature et propriétés des fondations, notamment en ce qui concerne la granulométrie, la drainabilité et la susceptibilité au gel;
- Etat du drainage;
- Nature, sévérité et cause des défaillances (fissuration, écaillage, décalages aux joints, etc.). A ce sujet, on a vanté les méthodes utilisées au Japon et en France, notamment en ce qui touche le recours à des relevés photographiques pour évaluer et enregistrer tout type de défaillance visible à la surface du revêtement;

...4/

- Nature et emplacement des dalles instables ou cassées qui nécessitent, selon le cas, une solidification (par. 3.5-b) ou un remplacement (par. 5.2).

3. DECALAGES AUX JOINTS TRANSVERSAUX ET MOYENS D'Y REMEDIER

3.1 Importance du phénomène - L'un des problèmes majeurs que doivent affronter les concepteurs de pavages rigides réside dans la façon d'assurer entre chaque dalle, sous le passage des véhicules lourds, un transfert de charge qui soit efficace sans être pour autant trop coûteux. Une déficience en ce domaine peut vite se traduire en effet par des décalages aux joints transversaux (marches d'escaliers) qui, en plus d'être source d'inconfort pour les automobilistes, amènent généralement d'autres types de dégradations tels notamment un taux de fissuration accéléré et un développement rapide de désordres prononcés sur une bande de quelque 50 cm de largeur, en bordure de la voie de circulation. Une telle zone latérale de dégradation a été notée fréquemment, surtout en Californie. Ce n'est donc pas par hasard si, lors de l'essai AASHTO, toutes les sections qui ont cédé avaient au préalable donné des signes de pompage (éjection d'eau par temps humide sous le passage des véhicules lourds; voir fig. 1) le long de cette bande latérale.

3.2 Transfert de charge - Pendant longtemps, la croyance générale était que la seule façon d'assurer un transfert de charge satisfaisant consistait à avoir recours à des barres d'armature continues ou encore à des goujons qui étaient placés au travers des joints transversaux. Par la suite, on a cru, du moins dans certaines régions où le climat était moins rigoureux qu'ici au Québec, que le recours à des dalles courtes pourrait suffire, surtout si l'on prenait soin de construire ces dernières sur une base stabilisée. La raison en était que les dalles courtes donnent forcément lieu

...5/

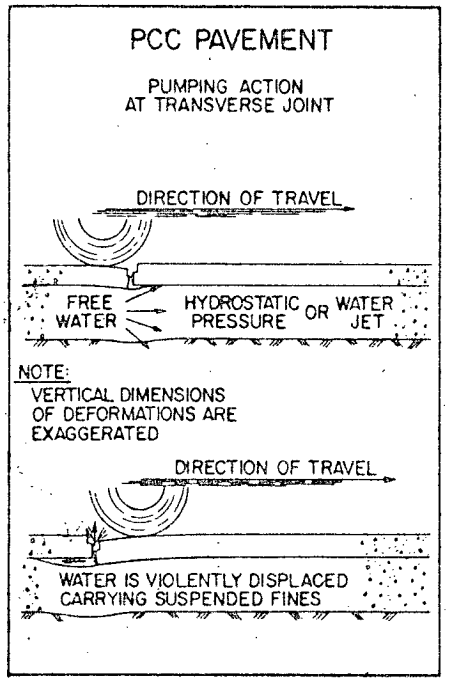


Fig. 1 - Pompage aux joints transversaux.

à des variations plus faibles de leurs longueurs sous l'effet des variations thermiques ou hygrométriques, ce qui contribue à assurer un meilleur transfert de charge au moment où les dalles sont en retrait.

Ces techniques n'ont cependant pas toujours eu le succès escompté et elles suscitent encore des craintes de nos jours, non seulement à cause de la rigueur de notre climat, mais aussi en raison de l'usage considérable des sels déglaçants qu'il est fait en hiver sur nos routes. Les solutions salines qui en résultent

...6/

risquent en effet de détériorer la fondation stabilisée au voisinage du joint, c'est-à-dire, là où cette même fondation s'avère justement le plus nécessaire.

3.3 Prévention des marches d'escaliers - Le processus de mise en marches d'escaliers paraît suffisamment bien connu de nos jours pour être prévenu de façon efficace dès l'étape de la conception. Même si, à l'occasion, il a pu se développer sans que l'eau n'y joue un rôle important, comme par exemple sur certaines routes du sud de la Californie où il ne pleut presque jamais, il semble que dans la presque totalité des cas, l'eau sous la dalle au voisinage du joint y soit un agent nécessaire (fig. 1). Il paraît donc normal d'assumer au départ que pour prévenir ou ralentir la mise en marches d'escaliers, il faille d'abord réduire au minimum l'infiltration d'eau dans la chaussée par un entretien soutenu des joints (par. 3.3.1) et ensuite prévoir des drains souterrains pour évacuer l'eau qui, malgré les efforts déployés pour imperméabiliser la surface, a quand même pu s'introduire jusqu'à la base des dalles (par. 3.3.2).

3.3.1 Scellement des joints - Souvenons-nous d'abord que pour être durable, une imperméabilisation des joints ne peut s'appliquer qu'à des dalles stables. Autrement, les mouvements différentiels induiraient des déformations auxquelles nul empli-joint ne saurait résister. Retenons aussi que si le matériau utilisé comme empli-joint est liquide, le facteur de forme (profondeur: largeur) a lui aussi une grande importance. C'est ainsi qu'afin d'accentuer l'adhésion du scellant aux parois de béton, on recommande en Georgie de couler le scellant sur un cordon ou une tige cylindrique placée au fond du trait de scie (fig. 2), ce qui a pour effet de réduire la hauteur du scellant et ainsi l'affaiblir au centre du trait sans pour autant réduire sa surface en contact avec le béton.

...7/

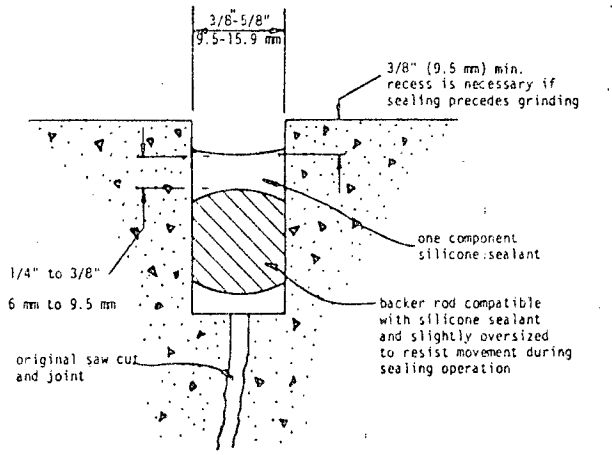


Fig. 2 - Vue en travers d'un joint utilisé en Georgie.

Pour ce qui est de la substance à utiliser comme empli-joint, il semble que le silicone ait une durée beaucoup supérieure aux autres matériaux en raison de sa ductilité supérieure même à basse température. Toutefois, lorsqu'il s'agit d'imperméabiliser un joint entre le béton de ciment et le béton bitumineux (joint d'accotement), c'est le bitume-caoutchouc qui semble afficher le meilleur comportement.

3.3.2 Drains latéraux - Il faut bien admettre que malgré un entretien très soigneux des joints, il sera souvent difficile de prévenir toute infiltration d'eau sous les dalles

...8/

en périodes très humides. Il paraît donc nécessaire de ne pas concentrer ses efforts uniquement sur l'obtention d'une structure imperméable mais de viser aussi à ce que l'eau qui a pu pénétrer dans la chaussée en soit évacuée rapidement. Pour ce faire, on aura recours à des drains souterrains, lesquels, principalement s'ils sont reliés à une fondation perméable, auront des effets très bénéfiques sur le comportement ultérieur de la route.

Dans le cas d'une route à rénover, l'effet des drains sur le comportement dépendra en premier lieu de la drainabilité de la couche de fondation déjà en place. Darter et Dempsey, deux chercheurs rattachés à l'université de l'Illinois la fixent à au moins 8 ou 10 m/jour et de préférence à 75 m/jour (fig. 3). En second lieu, l'efficacité des drains dépendra aussi du stade de développement des marches. Celles-ci ne devront donc être ni très nombreuses ni très prononcées pour que le drainage mis en place puisse freiner leur développement de façon sensible.

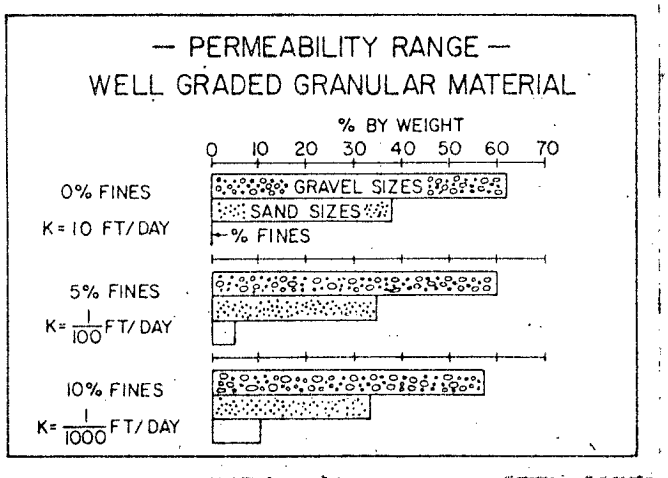


Fig. 3 - Perméabilités d'un gravier dans lequel on fait varier la teneur en fines.

...9/

La coutume veut, du moins dans une chaussée neuve, que les tuyaux soient placés un peu plus bas que la ligne d'infrastructure. Dempsey recommande cependant une profondeur de seulement 45 cm dans les régions froides afin qu'ils puissent fonctionner tôt pendant la période de dégel du printemps. Dans le cas de dalles non goujonnées (plus sujettes au pompage) et reposant sur une base stabilisée et imperméable, certains états ou pays, comme la Californie et la France, préconisent une pose au niveau de la partie inférieure de la dalle (fig. 4 et 5). L'expérience a cependant démontré que dans un tel cas, la pierre concassée de remblayage doit être stabilisée avec du bitume ou du ciment. Si cependant l'enfouissement est plus profond, la pierre concassée n'a pas à être stabilisée mais doit cependant être densifiée par épaisseurs de 15 cm à l'aide d'une plaque vibrante.

Des tuyaux PVC rigides et à fentes, de 5 à 8 cm de diamètre sont couramment utilisés en Californie et en Europe pour des installations inférieures à 45 cm de profondeur. Dans les autres cas, on utilise des tuyaux à fentes en polyéthylène, attendu que des essais en chantier ont démontré que les tuyaux en question étaient aptes

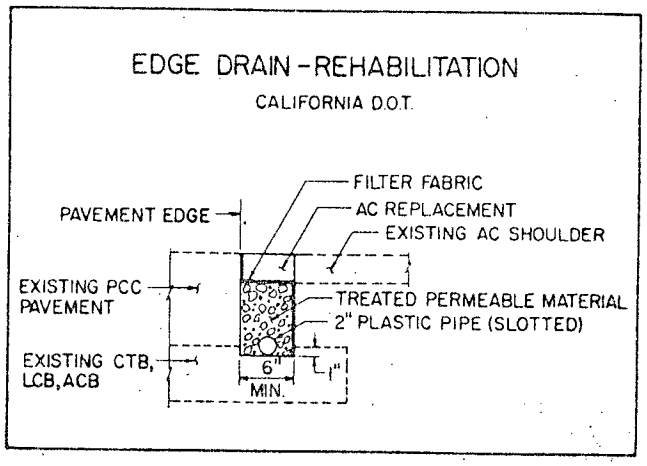
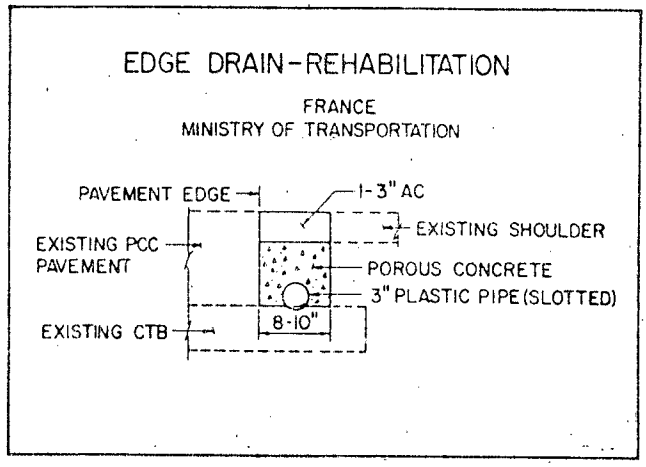


Fig. 4 - Drain souterrain utilisé en Californie dans les travaux de rénovation.

...10/

MINISTÈRE DES TRANSPORTS
CENTRE DE DOCUMENTATION
200, RUE DORCHESTER SUD, 7e
QUÉBEC, (QUÉBEC)
G1K 5Z1



Ministère des Transports
Centre de documentation
930, Chemin Ste-Foy
6e étage
Québec (Québec)
G1S 4X9

Fig. 5 - Drain souterrain utilisé en France dans les travaux de rénovation.

à supporter les charges induites par le trafic sous un couvert de 30 cm seulement, du moment que l'on ait soin de les déposer sur une base de pierre concassée ou de gravier.

Il paraît à propos de signaler ici qu'il existe maintenant des enginsqui peuvent creuser une tranchée, y déposer le tuyau, remblayer et compacter, le tout en une même opération.

3.4 Caractéristiques de l'assise - Des études menées en Californie ont indiqué que le gradient thermique vertical qui prévaut communément dans une dalle de béton à certaines heures du jour favorise grandement la formation des marches d'escaliers. La raison de cet état de chose réside sans doute dans le fait que le gradient en question génère, comme

../11/

on le sait, un certain arcage (cambrure) des dalles et rend celles-ci quelque peu instables sous l'effet des charges dynamiques. De ce fait, les dalles deviennent moins aptes à transmettre uniformément sur toute leur étendue les charges qu'elles supportent et mettent donc fortement à l'épreuve les caractéristiques structurales de leur couche d'assise.

Notons au passage qu'une situation analogue est susceptible de se reproduire chaque printemps, pendant la période de dégel, alors que l'assise est saturée d'eau et qu'elle se ressent encore des mouvements différentiels même petits qui ont pu se produire pendant l'hiver dans les couches sous-jacentes.

Malgré ces conditions favorables au développement des marches d'escaliers, certains états américains tels notamment la Californie et l'Utah, continuent à ne pas faire usage de goujons dans leurs chaussées même s'ils admettent que les décalages aux joints transversaux constituent un problème majeur. Ils prétendent que d'une part les goujons sont eux aussi source de difficultés et que d'autre part, certaines techniques moins encombrantes que les goujons sont de nature à atténuer grandement les inconvénients posés par l'absence de ceux-ci. Ces techniques, dont quelques-unes ont été introduites assez récemment, sont notamment les suivantes:

3.4.1 L'emploi de béton maigre en couche de fondation dans le cas de routes très fortement circulées;

3.4.2 Le recours à une fondation drainante (qu'il sera parfois nécessaire de stabiliser pour offrir un support adéquat au matériel de construction) reliée à des drains latéraux (par. 3.3.2) afin d'éliminer aussi rapidement que possible l'eau qui a pu s'infiltrer à ce niveau. On a noté en effet

...12/

en Ohio que les couches de fondation comportant 10 à 15% de fines - et donc relativement imperméables - étaient presque toujours associées à des comportements pauvres. Darter a remarqué pour sa part en Illinois que les éclatements de béton en surface des dalles (punch-outs failures) étaient communément reliés au même type d'assise.

3.4.3 Le recours a une assise non érodable, comme le béton bitumineux, les sables stabilisés, etc.

3.4.4 Une préparation de l'infrastructure telle que les mouvements différentiels verticaux résultant de tassements, de variation de la nappe phréatique ou du gel soient réduits à un minimum.

Il paraît opportun de signaler enfin que si, comme nous venons de le signaler, quelques états américains ne sont pas en faveur des goujons, d'autres probablement plus nombreux encore, ne sont pas prêts à s'en départir. Ce sont notamment la Georgie, qui va parfois jusqu'à l'emploi d'accotements en béton, et New York, qui recouvre ses goujons avec de l'époxy afin d'éviter leur corrosion. On pourrait aussi mentionner l'Illinois qui, en 1979, décidait de reconstruire l'une des artères les plus achalandées de Chicago (par. 6.1 et 6.3) en ayant recours à une armature continue.

3.5 Correction des marches - On considère en Californie que le meulage aux diamants (diamond grinding) constitue la meilleure façon de corriger les marches d'escaliers. Pour être efficace et durable, le travail doit cependant, tout comme la pose de drains souterrains (par. 3.3.2) qui souvent doit l'accompagner, être effectué assez tôt dans le processus de dégradation d'une chaussée. Les Californiens soutiennent de plus qu'il doit être effectué dans une direction contraire à

...13/

celui de la circulation. Ils se servent d'une machine comportant plusieurs scies à diamants rapprochées les unes des autres. Cette technique est utilisée depuis 1958, et selon eux, elle est supérieure à celle qui fait appel à des rabotteuses munies de couteaux au tungsten et qui conduit généralement à des épaufrures des joints transversaux.

Le meulage doit en outre s'accompagner fréquemment de mesures destinées, sinon à arrêter, du moins à ralentir le processus de formation des marches. Ces mesures sont notamment les suivantes:

a) Mise en place de drains souterrains latéraux (par. 3.3.2),

b) Solidification par injection des dalles instables. Il ne s'agit pas ici du soulèvement (également par injection) des dalles affaissées, une opération qui a été maintes fois recommandée dans le passé pour restaurer la qualité de roulement mais qui, de l'avis de plusieurs, s'avère maintenant sinon impraticable, du moins peu recommandable. En effet, elle conduit presque invariablement à des conditions de support hétérogènes et donc aussi à une fissuration accélérée des dalles. Selon les experts de la Georgie, il faudra donc surveiller attentivement le soulèvement d'une dalle lorsque l'on tente de la solidifier par injection et arrêter cette injection avant que le soulèvement ne dépasse 3,2 mm (fig. 6). Quant aux dalles qui ont besoin d'être solidifiées, ce sont celles dont l'un des coins extérieurs au moins affiche une déflexion supérieure à 0,50 mm lorsque mesurée sous un essieu de 8,000 kg au moment du jour où le béton est le plus en retrait et où le transport de charge entre deux dalles consécutives est donc maximal. Cette mesure doit être effectuée avant 10 heures le matin (fig. 7).

...14/

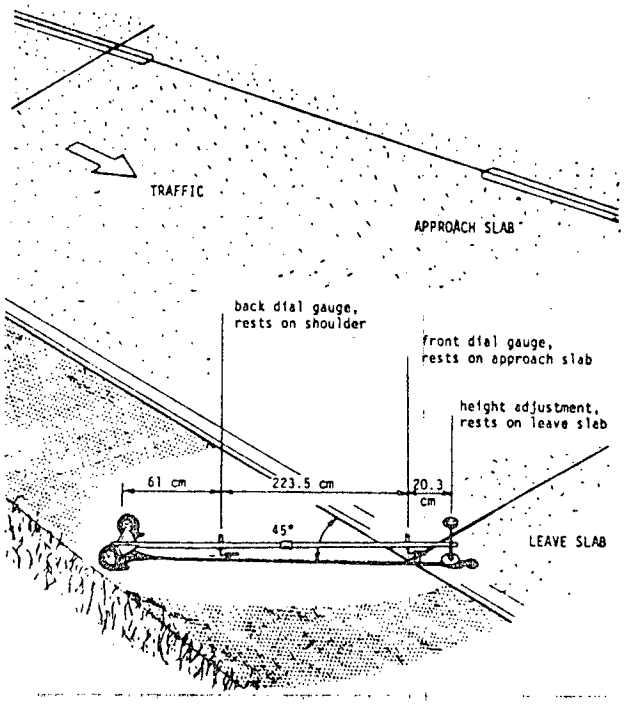


Fig. 6 - *Appareil servant à mesurer le soulèvement d'une dalle pendant qu'on la solidifie par injection.*

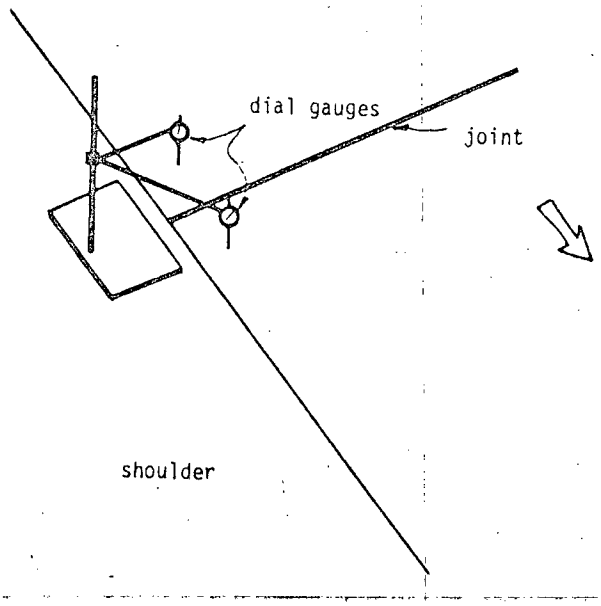


Fig. 7 - *Instrument utilisé en Georgie pour vérifier la solidité des dalles sous charge.*

...15/

c) Le recours à des mécanismes de transfert de charge, qui sont d'un usage assez récent et qui peuvent être posés sans trop de frais dans les joints transversaux (fig. 8). Il suffit d'y faire des trous verticaux d'environ 75 mm de diamètre au travers du pavage, d'y introduire le mécanisme métallique de forme cylindrique et d'y injecter ensuite un coulis de haute résistance. Les essais effectués jusqu'à maintenant paraissent très prometteurs.

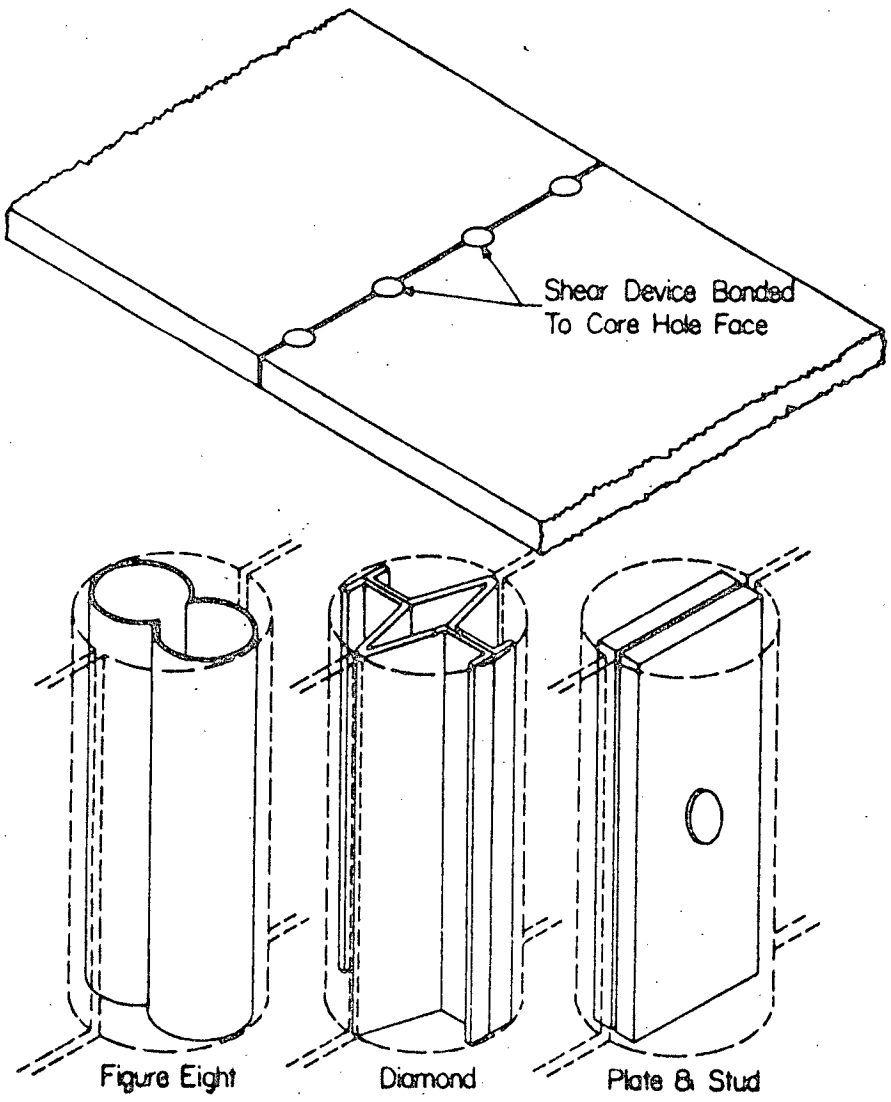


Fig. 8 - Trois types de mécanisme servant à assurer un bon transfert de charge et pouvant être mis en place dans une chaussée existante.

...16/

Le coût moyen du moulage a été de $6.10/m^2$ en 1980, soit environ 75% du coût d'un revêtement bitumineux de 10 cm d'épaisseur en Californie. Une telle épaisseur est considérée comme minimale lorsqu'il faut suppléer à certaines déficiences structurelles de l'ancienne chaussée et notamment corriger les décalages aux joints transversaux. Par rapport au recouvrement bitumineux, le moulage présente en outre l'avantage de pouvoir être exécuté sur une seule voie de circulation.

4. RESTAURATION DE L'ANTIDERAPANCE

4.1 La méthode considérée la meilleure en Californie pour restaurer les propriétés antidérapantes d'un pavage en béton de ciment et réduire la fréquence des accidents par temps pluvieux consiste à le rainurer longitudinalement avec des scies à diamant (fig. 9-a, 9-b). La profondeur, la largeur et l'espace-

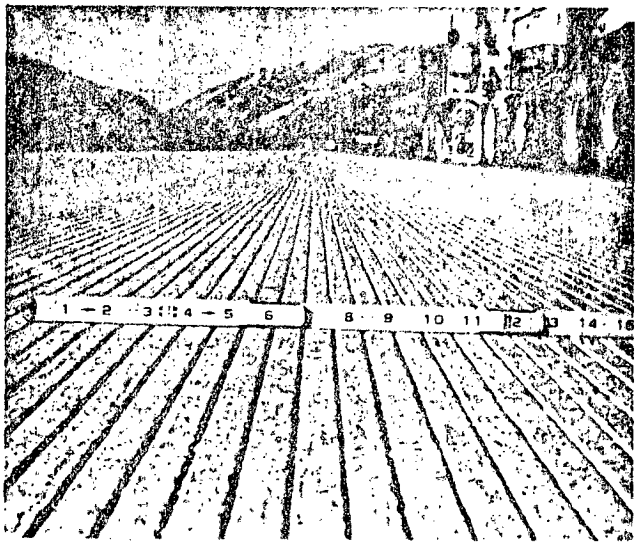


Fig. 9-a - Aspect d'un pavage rainuré avec des scies à diamants.

ment des rainures (fig. 9-c) ont cependant toutes trois une grande importance sur l'efficacité aussi bien que sur la durée des rainures. Le coût d'un tel traitement en Californie a été, pour l'année 1980, d'environ $6,840/km/voie de circulation, soit quelque $2.25/m^2. Remarquons que ce coût unitaire avait toujours été inférieur à un dollar jusqu'à 1977 inclusivement.

Les Californiens ont aussi fait l'essai du rainurage transversal mais ils ont dû l'abandonner en raison surtout de son coût élevé. Ils prétendent en outre qu'il comporte plus de danger pour les automobilistes, qu'il génère plus de bruit, qu'il occasionne une usure plus rapide des pneus et qu'il se dégrade plus rapidement sous l'effet de la circulation.

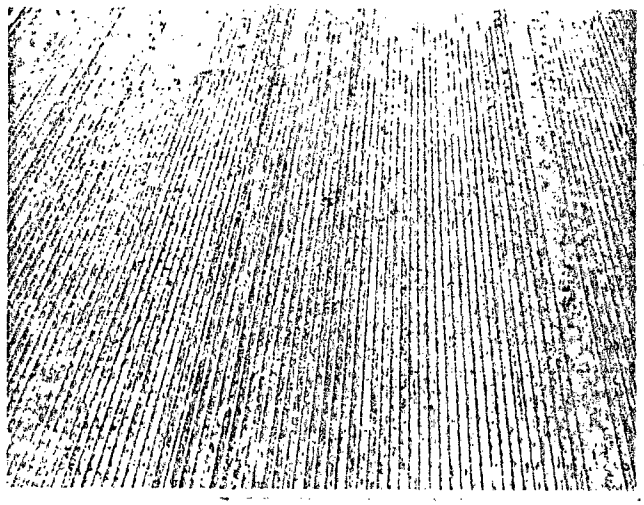


Fig. 9-b - Vue à distance d'un pavage rainuré.

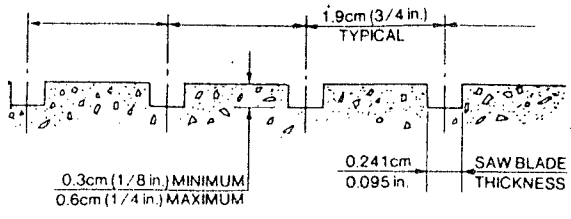


Fig. 9-c - Dimensions des rainures (Californie).

...18/

Ministère des Transports
Centre de documentation
930, Chemin Ste-Foy
6e étage
Québec (Québec)
G1S 4X9

MINISTÈRE DES TRANSPORTS
CENTRE DE DOCUMENTATION
200, RUE DORCHESTER SUD, 7e
QUÉBEC, (QUÉBEC)
G1K 5Z1

4.2 D'autres méthodes qui ont, elles aussi, donné de bons résultats, consistent dans la pose d'enduits d'usure (traitements de surface) ou de mélanges ouverts. Les premiers ne conviennent cependant qu'aux routes à faible taux de circulation. De plus, les uns et les autres ont une tenue assez médiocre sous l'action des pneus à crampons.

La durée des rainures elle aussi est affectée par l'action abrasive des pneus à crampons, et ce, préviennent les Californiens, même dans certaines parties de la Californie...

On ne peut s'empêcher d'ouvrir ici une parenthèse pour noter qu'en occasionnant une usure accélérée des pavages, les pneus à crampons sont d'abord cause de coûts d'entretien accrus. Ils donnent également lieu à la formation d'ornières, favorisent, sinon l'apparition de flaques d'eau par temps humide, du moins la formation d'un film d'eau plus épais dans les traces de roues, ce qui accroît les dangers d'aquaplanage, de perte de contrôle et finalement d'accidents. L'usure causée par les pneus à crampons est enfin source de beaucoup de malpropreté au voisinage de certaines artères surtout en milieu urbain pendant la fonte des neiges. Si l'on pouvait évaluer en dollars tous ces inconvénients et employer en mesures préventives les sommes ainsi accumulées, on découvrirait peut-être que le bilan des pneus à crampons n'a rien de bien impressionnant. Il nous semble qu'une étude exhaustive du sujet s'imposerait à l'heure actuelle.

5. LES RECOUVREMENTS

5.1 Généralités - Lorsque les correctifs mentionnés plus haut au paragraphe 3 s'avèrent insuffisants, suite à des déficiences

...19/

structurelles de la chaussée, la solution recherchée peut consister en un recouvrement. Sans doute pour des raisons reliées à la crise de l'énergie, les expériences faites ces dernières années dans cette direction tendent cependant davantage vers l'emploi de béton de ciment même s'il faut bien reconnaître que bien peu de départements de voirie, en dehors de l'Iowa, ne peuvent se vanter d'expériences vraiment concluantes en ce domaine.

5.2 Réparation avant recouvrement - Quel que soit le type de recouvrement, il faut, avant de l'appliquer, procéder à une réparation de la chaussée existante. Cette réparation doit être plus élaborée et plus soignée lorsqu'un recouvrement rigide est prévu, étant donné que ses conséquences sur le comportement ultérieur du recouvrement sont alors plus importantes et plus critiques. C'est pourquoi, une réparation des bris de surface, de même que la pose de drains souterrains (par. 3.3.2), peuvent dans ce cas s'avérer sinon nécessaires, du moins très recommandables. Dans le cas des recouvrements bitumineux, ces mesures, notamment celles ayant trait à la pose de drains souterrains, s'appliquent sans doute avec moins de rigueur et doivent être évaluées dans chaque cas à leur mérite.

D'autres types de réparation paraissent cependant nécessaires en tout temps. Ce sont notamment: l'imperméabilisation des joints (par. 3.3.1), la solidification des dalles instables (par. 3.5-b) et le remplacement de celles qui sont recoupées de fissures ouvertes plus ou moins perpendiculaires les unes aux autres.

En général, lorsqu'une dalle ou une partie de dalle doit être remplacée, la longueur minimale qui puisse être coulée ou qui

...20/

puisse être laissée en place est de 1,25 m à la condition que la dalle en question soit goujonnée et qu'elle fasse toute la largeur de la voie de circulation. Si elle n'est pas goujonnée, cette longueur minimale doit être portée à 2,0 m ou même 2,5 m.

Le remplacement de dalles individuelles constitue cependant une opération coûteuse de sorte qu'en général, on n'y a recours que s'il affecte moins de 10% de la surface d'une voie donnée. Certains parlent même d'un maximum de 20 à 25 dalles isolées/km/voie.

Il faut noter aussi que le remplacement de dalles plus ou moins nombreuses n'est pas nécessairement suivi d'un recouvrement. Ce sera notamment le cas si, malgré un âge assez avancé de la chaussée, les dalles cassées sont clairsemées, de sorte qu'il y a lieu de s'attendre à un faible taux de fissuration dans le temps et donc aussi à une capacité de support généralement acceptable.

5.3 Recouvrements bitumineux

5.3.1 On considère en Georgie que le recouvrement en béton bitumineux constitue une technique efficace surtout si l'on a pris soin au préalable de réparer la chaussée selon les recommandations du paragraphe 5.2. Une étude menée dans cet état depuis 1976 avec plusieurs types de recouvrements comportent diverses épaisseurs de béton bitumineux (5 à 15 cm), aidées ou non de géotextile (trois types essayés), indiquait encore à l'été 1981 qu'une membrane robuste et imperméable (bituthene) recouvrant tous les joints sur une largeur de 45 cm constituait le traitement le plus efficace pour réduire la remontée des fissures dans un nouveau recouvrement bitumineux. Pour cette raison, le procédé

...21/

en question est maintenant utilisé en Georgie chaque fois qu'une chaussée rigide est recouverte de béton bitumineux sur le réseau inter-état.

5.3.2 D'autres organismes font mention de méthodes plus connues comme:

a) Le recours à une couche de mélange ouvert à la base du recouvrement;

b) L'emploi d'une couche granulaire entre l'ancienne chaussée et le nouveau revêtement bitumineux (sandwitch);

c) Le cassage des dalles en morceaux de 0 à 60 cm suivi d'un compactage visant à asseoir solidement les plus gros fragments sur leur base à l'aide d'un rouleau très lourd (45 t+), etc...

5.3.3 Les techniques précitées paraissent en accord avec l'opinion qui prévaut en Californie et selon laquelle les recouvrements minces en béton bitumineux ne peuvent à eux seuls remédier aux déficiences structurelles que révèlent les marches d'escaliers, les ondulations du profil ou un stade avancé de fissuration. Des recouvrements épais (7,5 à 12,5 cm) avec ou sans géotextile de renfort, paraissent mieux indiqués dans ce cas bien que leur coût croissant forcent les Californiens à s'intéresser de plus en plus - mais sans trop de succès jusqu'à maintenant - aux recouvrements liés (voir paragraphe 5.4 ci-après) en béton hydraulique.

5.4 Recouvrements rigides - Il existe trois types de recouvrements rigides: les liés (bonded), les partiellement liés (partially bonded) et les non liés (unbonded). Pour les besoins de la discussion, nous traiterons d'abord des seconds, soit les partiellement liés.

...22/

5.4.1 Sans doute parce qu'ils comportent certains risques, les recouvrements partiellement liés ne semblent jamais avoir joui d'une très grande popularité. Ils ont en effet tendance à se décoller par endroit à plus ou moins brève échéance, laissant ainsi à l'eau et à diverses saletés la possibilité de pénétrer entre la vieille dalle et son recouvrement, d'y générer des contraintes hétérogènes surtout en hiver et de provoquer une fissuration hâtive et irrégulière du recouvrement.

Les ingénieurs de la Georgie rapportent pourtant quelques bons résultats obtenus sur des sections expérimentales et même dans des cas où ils ne s'étaient aucunement préoccupés de réparer l'ancienne chaussée. Le recouvrement contenait cependant dans ce cas une armature continue et avait des épaisseurs de 17,5 et 20 cm.

La conclusion provisoire de cette expérience est donc à l'effet que même si la chaussée, sept ans après sa remise en état, affiche encore un bon comportement, les coûts encourus paraissent trop élevés pour justifier un recours fréquent à ce genre de recouvrement.

5.4.2 Les recouvrements non liés ont certes été plus largement utilisés dans le passé que les partiellement liés et peuvent constituer, temporairement au moins, une solution valable en attendant que les liés, qui sont moins coûteux et dont il sera fait mention au paragraphe suivant, ne soient appuyés par une technique mieux connue et ne fassent l'objet d'un consensus plus large.

A partir des résultats obtenus sur une section expérimentale, on a conclu en Georgie que pour une route soumise à un trafic

...23/

lourd, l'épaisseur d'un recouvrement non lié (était en l'occurence goujonné mais non armé) doit être d'au moins 15 cm une fois que l'ancienne chaussée a été réparée selon les recommandations du paragraphe 5.2. On ajoute toutefois qu'il est préférable au moment de la réalisation sur le chantier de toujours faire coïncider un joint du recouvrement avec un joint de la chaussée sous-jacente. Il paraît à propos de signaler ici que si une telle précaution devait être fondée, elle devrait s'appliquer avec encore plus de rigueur dans les régions froides où les mouvements verticaux de l'assise dus au gel se traduisent presque nécessairement par de fortes contraintes de flexion au niveau des dalles. Ces contraintes ne sont atténuées que grâce à la présence de joints qui agissent alors comme charnières. On comprendra que si les joints de l'ancienne chaussée ne se prolongeaient pas dans le recouvrement, on risquerait d'y retrouver à brève échéance un certain nombre de fissures et de défaillances diverses.

5.4.3 La technique des recouvrements liés remonte à au-delà de dix ans en Iowa. Elle y jouit d'ailleurs d'une popularité sans cesse grandissante par suite des succès qu'elle remporte et de la forte impulsion qu'elle a reçue ces dernières années de la venue des rabotteuses sur le marché. Ces pièces d'équipement ont en effet grandement simplifié le travail de préparation requis dans ce cas sur l'ancienne chaussée, lequel doit être exécuté de façon très méticuleuse. Même après le passage de la rabotteuse cependant, un nettoyage final au jet de sable est requis avant la pose du recouvrement.

Pour les gens de l'Iowa, le succès d'un recouvrement lié paraît presque assuré du moment que la méthode qu'ils préconisent soit suivie à la lettre. Certains affirment même que l'enlèvement des dalles cassées peut se limiter normalement à quelques-unes parmi les plus endommagées.

...24/

D'autres états, qui font eux aussi un large emploi du béton dans leurs travaux routiers, ne partagent pourtant pas un tel optimisme. La Californie, par exemple, n'aurait pas eu de succès éclatants à ses premiers essais même si elle demeure intéressée au procédé et continue de l'explorer. La Georgie n'en fait aucune mention en relatant ses expériences pourtant nombreuses. Un expert du Texas enfin, H.J. Treybiz, a, quant à lui, affirmé que le procédé ne peut être utilisé qu'au-dessus d'une chaussée en très bon état, ce qui veut dire, très bien réparée. En cela, il ne faisait que reprendre la position adoptée depuis quelques années par l'Association du Ciment Portland.

Retenons enfin que les recouvrements liés peuvent être posés en couche aussi mince que 7 ou 8 cm et que leur coût en Iowa dans ces conditions varie de $\$6.00/m^2$ (conditions avantageuses) à \$12.00 (milieu urbain).

6. RECYCLAGE

6.1 Quand recycler - Lorsque les types de recouvrements mentionnés au chapitre 5 s'avèrent trop coûteux, notamment en ce qui concerne la préparation avant recouvrement (par. 5.2), ou encore lorsque les précautions particulières mentionnées en 5.3.2 s'avèrent insuffisantes ou inappropriées, il faut alors recourir à une reconstruction. L'option recyclage doit alors être étudiée avec soin et laisser au besoin un choix à l'entrepreneur dans le document d'appel d'offres.

Plusieurs entrepreneurs ont soutenu avec emphase que le recyclage s'avère souvent la solution la moins chère et qu'en raison de sa souplesse, on lui découvre presque toujours, pendant la réalisation du projet, des avantages qui n'avaient pas été perçus

...25/

MINISTÈRE DES TRANSPORTS
CENTRE DE DOCUMENTATION
200, RUE DORCHESTER SUD, 7e
QUÉBEC, (QUÉBEC)
G1K 5Z1

au départ. On peut prendre à titre d'exemple le cas d'une artère à six voies, le boulevard Edens à Chicago, qui a été reconstruit en 1979 et 1980 au coût de $113,500,000 sur une longueur d'environ 15 milles. On avait constaté au cours de la préparation du projet que:

- La source d'agrégat la plus près se trouvait à 29 km et qu'un camion prenait environ trois heures pour y faire un voyage aller et retour;
- Il était irréaliste, par suite des contraintes posées au transport par camions, de prévoir des opérations 24 heures par jour, notamment pendant les fins de semaines;
- Par suite d'autres travaux de construction en cours, notamment dans les débuts du projet, il ne semblait pas y avoir suffisamment de camions dans la région de Chicago pour pouvoir respecter les délais prescrits au calendrier d'exécution.

La solution recyclage posait certes, elle aussi, quelques problèmes, notamment au plan de l'environnement. Elle constituait néanmoins une réponse intéressante aux difficultés précitées.

6.2 Emplois des produits du concassage - Lorsqu'une chaussée rigide à recycler a été recouverte de béton bitumineux et qu'on prévoit réutiliser le produit du concassage comme couche granulaire dans la future chaussée, il n'y a pas d'inconvénient à ce que le concassage des dalles et celui du recouvrement se fassent en même temps. De façon générale, on préférera toutefois enlever la couche bitumineuse séparément et la recycler à chaud en vue d'un emploi comme revêtement des accotements ou comme assise de la future chaussée. S'il arrive dans ce cas que le recouvrement bitumineux n'ait pu être complètement enlevé de sorte qu'une partie risque de se retrouver après concassage avec l'agrégat de béton, les conséquences ne seraient pas, dit-on, très graves sur

...26/

la qualité du nouveau béton du moment que l'incorporation du concassé bitumineux ait été sous forme de fragments. Si toutefois le matériau bitumineux apparaît sous forme de fines, son effet sur la résistance en compression pourrait être plus prononcé même si, de façon générale, il semble qu'ici et là, une épaisseur de 2 ou 3 cm de béton bitumineux au-dessus des dalles à recycler ne suscite pas de problèmes majeurs... - Cela demeure tout de même à vérifier!..

6.3 Enlèvement des dalles et concassage - Malgré les progrès réalisés récemment dans les techniques du cassage des dalles sur la route et de leur chargement dans les camions, il semble que ce soit encore à ce stade que se situent les principales difficultés des travaux de recyclage, surtout s'il s'agit de béton armé et à plus forte raison si l'armature est un treillis métallique.

Pour la reconstruction du boulevard Edens à Chicago, l'entrepreneur s'était fabriqué deux marteaux-pilons qui pouvaient casser chacun, à une grosseur maximum de 60 cm, quelque 5,000 m^2 d'un pavage de 25 cm d'épaisseur pendant une journée de 12 heures. Une bonne partie du treillis était aussi cassée par le marteau tandis qu'une plus grande partie encore était brisée lorsque le béton pulvérisé était ultérieurement poussé en tas par des béliers mécaniques.

Par contre, à l'aéroport de Jacksonville, l'armature, sans doute parce qu'elle se présentait sous formes de barres, était dégagée majoritairement à l'étape du cassage avec le marteau-pilon. Le pavage dans ce cas avait une épaisseur de 30,5 cm.

Il semblerait que l'on travaille actuellement au Michigan à la mise au point d'un engin qui pourrait, non seulement casser

...27/

mais également charger le béton dans les camions. Quoi qu'il en soit, ces difficultés reliées à l'enlèvement des dalles ne sont pas particulières aux opérations de recyclage puisque lorsqu'une route doit être reconstruite, il faut généralement, de toute façon, casser les dalles et les charger dans des camions. Il reste ensuite à choisir entre les deux options suivantes:

a) Déposer le béton dans un endroit approuvé et acheter l'agrégat requis pour la nouvelle construction;

b) Concasser le béton et l'utiliser ensuite soit comme matériau de fondation, soit comme agrégat pour béton de ciment ou pour béton bitumineux.

6.4 Coûts - Les coûts calculés à partir de divers projets de recyclage exécutés aux Etats-Unis depuis quelques années sont indiqués au tableau I. Leur grande variation serait, dit-on, attribuable notamment à la présence ou non d'armature, au type d'armature (treillis ou barres), à l'ampleur du projet et aussi au degré de familiarité de l'entrepreneur avec les diverses phases des travaux.

On notera que lorsque les options "a" et "b" du paragraphe 6.3 s'appliquent, le prix de revient réel de l'agrégat correspond à celui du concassage (colonnes c et e du tableau I). De plus, les prix qui apparaissent au tableau I ne tiennent aucun compte des frais de transports, qui sont généralement plus élevés lorsque l'entrepreneur a recours à une méthode traditionnelle de reconstruction.

6.5 Evaluation du procédé - En faisant le bilan des avantages et des inconvénients du recyclage d'une chaussée rigide, il paraît important de prêter une attention particulière aux points suivants:

...28/

TABLEAU I - Coût de fabrication des agrégats dans trois états américains à partir d'anciennes chaussées en béton.

Endroit	Année	Béton			Coût/m^2 (dollars U.S.)			Coût/tonne métr.*	
		Type d'armature	Epaiss.	Cassage (a)	Chargement (b)	Concassage (c)	Total (d)	Concassage (e)	Total (f)
Minn.	1980	Nil	23 cm	2.10	2.10	1.02	3.12	1.88	5.75
Iowa	1977	Tirants et barres de bordure	25 cm	----	----	----	3.95	----	6.70
Mich.	1980	Treillis et goujons	23 cm	2.10	0.90	2.30	5.30	4.24	9.75

(*): On doit s'attendre à ce que cet agrégat contienne environ 25% de particules plus fines que 4,75 mm.

a) La partie fine (passant 4,75 mm) de l'agrégat obtenu par concassage du béton peut, elle aussi, être utilisée dans la fabrication des nouvelles dalles à la condition qu'elle donne lieu à une granulométrie acceptable après mélange avec un sable naturel. En général, il semble que ce sable naturel doive constituer au moins 50% de tout l'agrégat fin si l'on désire obtenir un mélange de plasticité satisfaisante. L'addition de cendres volantes peut, elle aussi, contribuer à une amélioration sensible de cette plasticité de même qu'à une durabilité accrue du béton.

L'agrégat fin concassé peut en outre être employé dans la construction des chemins de halage, dans le remblayage de certaines excavations, etc.

b) Le concassage d'un pavage en béton de ciment produit environ 150% de tout le gros agrégat qui est requis pour la confection d'un pavage rigide de même volume que le premier. L'excédent peut donc servir, le cas échéant, à un élargissement de la chaussée, à la confection de la couche de fondation, etc.

c) L'American Concrete Paving Association (ACPA) est d'avis, comme plusieurs laboratoires routiers américains, que le béton fabriqué à partir de vieux revêtements recyclés affiche une meilleure résistance aux cycles de gel et dégel qu'un béton ordinaire. Cette opinion paraît s'appliquer davantage aux cas où les sources d'agrégats locales sont de qualité assez médiocre.

d) Le béton fabriqué à partir d'un agrégat recyclé possède, de façon générale, un rapport plus élevé entre la résistance en compression et la résistance en flexion (R_c/R_f). Il y a là un avantage en faveur du recyclage étant donné que les

...30/

contraintes dans un pavage sont surtout en flexion.

e) Les économies les plus importantes que peut apporter le recyclage d'un pavage rigide se situent souvent au niveau de la rubrique transport. Comme c'est là aussi que figure souvent une partie importante des dépenses en énergie, il est permis d'affirmer que le recyclage conduit souvent à d'importantes économies d'énergie.

7. CONCLUSION

En terminant, on ne peut s'empêcher de noter que malgré les brillants exposés faits au colloque de St-Louis, la détermination du procédé le plus efficace pour remettre un tronçon donné en bon état demeure très difficile et ne peut se résumer en quelques énoncés. On peut certes avancer quelques principes généraux ou proposer une certaine marche à suivre dans l'étude d'une chaussée mais à une certaine étape de l'étude, on constate, ainsi que l'affirmait le professeur Darter, que chaque tronçon constitue un cas unique. Ceci peut résulter notamment d'un environnement, d'une assise, d'un sol de support ou de conditions de drainage particulières. Nous avons noté par exemple que les américains parlent beaucoup de marches d'escaliers, de pompage et de dalles instables, trois types de désordre qui paraissent peu communs au Québec par suite du fait que nous avons presque toujours eu recours à des dalles goujonnées, à des couches granulaires plus épaisses qu'eux et à des matériaux de fondation souvent de meilleure qualité aussi. Ce sont là des aspects qu'il ne faut perdre de vue lorsque l'on veut appliquer à nos conditions certaines de leurs techniques et tirer plein profit de leur expérience qui est à la fois plus longue et plus variée que la nôtre en plus d'avoir fait l'objet de nombreuses recherches, tant en laboratoire que sur la route.

Nous retenons quant à nous comme sujets particulièrement intéressants:

...31/

- L'emphase mise encore une fois sur le drainage souterrain et l'incidence de ce dernier sur la fissuration et les décalages aux joints transversaux;

- La place importante du rainurage aux diamants dans la restauration des propriétés antidérapantes d'une chaussée;

- L'importance des diverses précautions qui peuvent être prises avant d'appliquer un recouvrement;

- Les difficultés pertinentes à certains types de recouvrements, notamment ceux dits "liés" et "partiellement liés" en béton de ciment;

- Les avenues intéressantes qu'ouvre le recyclage des chaussées rigides, surtout dans les régions pauvres en matériaux de bonne qualité.

Il y aurait certes là matière à réflexion et à discussion car si le dimensionnement structural des chaussées constitue déjà en soi une technique difficile et même quelque peu imprécise il devient encore plus complexe du fait qu'il touche les budgets et les préoccupations de plusieurs unités administratives du ministère. On peut même affirmer que dans les périodes de changements technologiques que nous traversons, le dimensionnement peut affecter aussi les entrepreneurs par le biais des techniques qu'il introduit, lesquelles rendent parfois nécessaire l'achat d'un matériel coûteux. Ces technologies récentes ou à venir peuvent découler tantôt de l'introduction des techniques de recyclage, tantôt de diverses contraintes imposées par la pénurie en matériaux de bonne qualité, par les normes environnementales, par les restrictions budgétaires, par l'obligation grandissante d'assurer des surfaces de roulement antidérapantes, etc.. Dans ces conditions, il devient assez évident que les décisions importantes, notamment celles qui sont susceptibles d'affecter nos méthodes de travail pendant de longues périodes, doivent être le fruit,

...32/

non seulement d'une étude sérieuse, mais aussi d'un consensus entre les intervenants concernés.

Si en outre, nous voulons faire face de façon cohérente et efficace aux contraintes que nous venons d'énumérer, il faudra s'entendre de part et d'autre sur un certain nombre de sujets et prendre garde qu'en adoptant une ligne de conduite vis-à-vis une contrainte donnée, l'on ne contrevienne aux objectifs visés dans un autre domaine.

Pierre De Montigny, ing. M.Sc.
Chef de la division Structures de chaussées,
Service des sols et chaussées

Date d'emprunt	Date d'emprunt
1989 -08- 22	

V-1024 (81-11)

Gouvernement du Québec
Ministère des Transports
Centre de documentation

Ce document est à votre disposition pour 1 mois à partir de la date d'emprunt. Le prêt est renouvelable.