

Chaussées et trottoirs



Lignes directrices sur le calfeutrage et le colmatage des fissures dans les chaussées de béton bitumineux

Le présent document est le quatrième de la série des règles de l'art en matière de conception, d'entretien et de gestion des routes et trottoirs municipaux. Pour connaître les titres des autres règles de l'art de cette série ou d'autres séries, prière de visiter www.infraguide.ca.

Guide national pour
des infrastructures
municipales durables



NRC - CNRC



Fédération
canadienne des
municipalités

Canada

Lignes directrices sur le calfeutrage et le colmatage des fissures dans les chaussées de béton bitumineux

Version n° 1.0

Date de publication: Avril 2003

© 2003 Fédération canadienne des municipalités et le Conseil national de recherches du Canada

ISBN 1-897094-43-4

Le contenu de la présente publication est diffusé de bonne foi et constitue une ligne directrice générale portant uniquement sur les sujets abordés ici. L'éditeur, les auteur(e)s et les organisations dont ceux-ci relèvent ne font aucune représentation et n'avancent aucune garantie, explicite ou implicite, quant à l'exhaustivité ou à l'exactitude du contenu de cet ouvrage. Cette information est fournie à la condition que les personnes qui la consultent tirent leurs propres conclusions sur la mesure dans laquelle elle convient à leurs fins; de plus, il est entendu que l'information ci-présentée ne peut aucunement remplacer les conseils ou services techniques ou professionnels d'un(e) spécialiste dans le domaine. En aucune circonstance l'éditeur et les auteur(e)s, ainsi que les organisations dont ils relèvent, ne sauraient être tenus responsables de dommages de quelque sorte résultant de l'utilisation ou de l'application du contenu de la présente publication.

INTRODUCTION

InfraGuide – Innovations et règles de l'art

Pourquoi le Canada a besoin d'InfraGuide

Les municipalités canadiennes dépensent de 12 à 15 milliards de dollars chaque année dans le domaine des infrastructures, mais cela semble ne jamais suffire. Les infrastructures actuelles sont vieillissantes et la demande pour un plus grand nombre de routes de meilleure qualité, et pour de meilleurs réseaux d'eau et d'égout continue d'augmenter, en réaction à la fois aux normes plus rigoureuses en matière de sécurité, de santé et de protection de

l'environnement, et à la croissance de la population. La solution consiste à modifier la façon dont nous planifions, concevons et gérons les infrastructures. Ce n'est qu'en agissant ainsi que les municipalités pourront satisfaire les nouvelles demandes dans un cadre responsable sur le plan fiscal et durable sur le plan de l'environnement, tout en préservant la qualité de vie.

C'est ce que le Guide national pour des infrastructures municipales durables : Innovations et règles de l'art (InfraGuide) cherche à accomplir.

En 2001, par l'entremise du programme Infrastructures Canada (IC) et du Conseil national de recherches Canada (CNRC), le gouvernement fédéral a uni ses efforts à ceux de la Fédération canadienne des municipalités (FCM) pour créer le Guide national pour des infrastructures municipales durables (InfraGuide). InfraGuide est à la fois un nouveau réseau national de personnes et une collection de plus en plus importante de règles de l'art publiées à l'intention des décideurs et du personnel technique œuvrant dans les secteurs public et privé. En s'appuyant sur l'expérience et la recherche canadiennes, les rapports font état des règles de l'art qui contribuent à la prise de décisions et de mesures assurant la durabilité des infrastructures municipales dans six domaines clés : la voirie municipale, l'eau potable, les eaux pluviales, les eaux usées, la prise de décisions et

la planification des investissements, les protocoles environnementaux et le transport en commun.

On peut se procurer une version électronique en ligne ou un exemplaire sur papier des règles de l'art.

Un réseau d'excellence de connaissances

La création d'InfraGuide est rendue possible grâce à une somme de 12,5 millions de dollars

d'Infrastructures Canada, des contributions de produits et de services de diverses parties prenantes de l'industrie, de ressources techniques, de l'effort

commun des praticiens municipaux, de chercheurs et d'autres experts, et d'une foule de bénévoles du pays tout entier. En regroupant et en combinant les meilleures expériences et les meilleures connaissances des Canadiens, InfraGuide aide les municipalités à obtenir le rendement maximal de chaque dollar investi dans les infrastructures — tout en étant attentives aux répercussions sociales et environnementales de leurs décisions.

Des comités techniques et des groupes de travail formés de bénévoles — avec l'aide de sociétés d'experts-conseils et d'autres parties prenantes — sont chargés des travaux de recherche et de la publication des règles de l'art. Il s'agit d'un système de partage des connaissances, de la responsabilité et des avantages. Nous vous incitons à faire partie du réseau d'excellence d'InfraGuide. Que vous soyez un exploitant de station municipale, un planificateur ou un conseiller municipal, votre contribution est essentielle à la qualité de nos travaux.

Joignez-vous à nous

Communiquez avec InfraGuide sans frais, au numéro **1 866 330-3350**, ou visitez notre site Web, à l'adresse **www.infraguide.ca**, pour trouver de plus amples renseignements. Nous attendons avec impatience le plaisir de travailler avec vous.

Introduction

InfraGuide – Innovations
et règles de l'art

Les grands thèmes des règles de l'art d'InfraGuide



Chaussées et trottoirs

La gestion rentable des chaussées municipales passe par une judicieuse prise de décision et un entretien préventif. Un seul dollar engagé pour une réfection, en temps opportun, permettra d'économiser 5 \$ en coûts de reconstruction, et un dollar consacré à une judicieuse prévention permettra d'épargner 5 \$ en frais de réfection. La règle de l'art en matière de routes et trottoirs municipaux porte sur deux volets prioritaires : la planification préliminaire et la prise de décision visant à recenser et gérer les chaussées en tant que composantes du système d'infrastructures, et une approche de prévention pour retarder la détérioration des chaussées existantes. Les pratiques exemplaires qui y sont exposées assureront par exemple que le traitement choisi, au bon moment, convient à telle ou telle chaussée, et favoriseront l'application efficace des traitements tels que l'atténuation des frayées et le calfeutrage des fissures. Au nombre des sujets traités, mentionnons l'entretien préventif, en temps opportun, des voies municipales; la construction et la remise en état des boîtiers des installations, et l'amélioration progressive des techniques de réparation des chaussées en asphalte et en béton.



Prise de décisions et planification des investissements

Les représentants élus et les échelons supérieurs de l'administration municipale ont besoin d'un cadre qui leur permet de faire connaître la valeur de la planification et de l'entretien des infrastructures tout en trouvant un équilibre entre les facteurs sociaux, environnementaux et économiques. La règle de l'art en matière de prise de décision et de planification des investissements convertit des notions complexes et techniques en principes non techniques et recommandations pour la prise de décision, et facilite l'obtention d'un financement soutenu adéquat pendant le cycle de vie de l'infrastructure. Elle aborde, entre autres, les protocoles servant à cerner les coûts-avantages associés aux niveaux de service désirés, les analyses comparatives stratégiques et les indicateurs ou points de référence dans le domaine de la politique d'investissement et des décisions stratégiques.



Protocoles environnementaux

Les protocoles environnementaux se concentrent sur le rapport qu'exercent entre eux les systèmes naturels et leurs effets sur la qualité de vie humaine, en ce qui a trait à la livraison des infrastructures municipales. Les systèmes et éléments environnementaux comprennent la terre (y compris la flore), l'eau, l'air (dont le bruit et la lumière) et les sols. Parmi la gamme de questions abordées, mentionnons : la façon d'intégrer les considérations environnementales dans l'établissement des niveaux de service désirés pour les infrastructures municipales et la définition des conditions environnementales locales, des défis qui se posent et des perspectives offertes au niveau des infrastructures municipales.



Eau potable

La règle de l'art en matière d'eau potable propose divers moyens d'améliorer les capacités des municipalités ou des services publics de gérer la distribution d'eau potable de façon à assurer la santé et la sécurité publique de manière durable tout en offrant le meilleur rapport qualité-prix. Des questions telles que la reddition de compte dans le domaine de l'eau, la réduction des pertes en eau et la consommation d'eau, la détérioration et l'inspection des réseaux de distribution, la planification du renouveau, les technologies de remise en état des réseaux d'eau potable et la qualité de l'eau dans les réseaux de distribution y sont abordées.



Transport en commun

L'urbanisation impose des contraintes sur des infrastructures vieillissantes en voie de dégradation et suscite des préoccupations face à la détérioration de la qualité de l'air et de l'eau. Les réseaux de transport en commun contribuent à réduire les embouteillages et à améliorer la sécurité routière. La règle de l'art en matière de transport en commun fait ressortir la nécessité d'améliorer l'offre, d'influencer la demande et de procéder à des améliorations opérationnelles ayant des incidences minimales sur l'environnement, tout en répondant aux besoins sociaux et commerciaux.



Eaux pluviales et eaux usées

Le vieillissement des infrastructures souterraines, l'appauvrissement des ressources financières, les lois plus rigoureuses visant les effluents, la sensibilisation accrue de la population aux incidences environnementales associées aux eaux usées et aux eaux pluviales contaminées sont tous des défis auxquels les municipalités sont confrontées. La règle de l'art en matière des eaux pluviales et des eaux usées traite des infrastructures linéaires enfouies, du traitement en aval et des questions liées à la gestion. Elle aborde, entre autres, les moyens de : contrôler et réduire l'écoulement et l'infiltration; obtenir des ensembles de données pertinentes et uniformes; inspecter les systèmes de collecte et en évaluer l'état et la performance, en plus de traiter de l'optimisation de l'usine de traitement et de la gestion des biosolides.

TABLE DES MATIÈRES

Introduction	iii
Remerciements	vii
Résumé	ix
1. Généralités	1
1.1 Glossaire	1
2. Traitement des fissures et sa justification	5
2.1 Calfeutrage des fissures.....	6
2.2 Colmatage des fissures	6
2.3 Calfeutrage et colmatage combinés.....	6
2.4 Choix des chaussées	7
2.5 Choix du produit de traitement des fissures.....	8
2.5.1 Calfeutrage des fissures.....	8
2.5.2 Colmatage des fissures.....	9
2.6 Facteurs saisonniers.....	10
2.6.1 Calfeutrage des fissures.....	11
2.6.2 Colmatage des fissures.....	12
2.7 Rentabilité	12
3. Description des travaux	17
3.1 Gestion.....	17
3.1.1 Formation de la main-d'œuvre.....	17
3.1.2 Contrôle de la circulation et sécurité des travailleurs	18
3.2 Aspects techniques	18
3.2.1 Calfeutrage des fissures.....	18
3.2.2 Colmatage des fissures.....	25
3.3 Besoins	27
Annexe A : Liste de vérification aux fins d'assurance de la qualité	29
Bibliographie	33

TABLEAUX

Tableau 2-1 : Indices types de condition de chaussée.....	7
Tableau 2-2 : Étendue de la fissuration.....	8
Tableau 2-3 : Résumé de la norme ASTM D6690 utilisée au Canada pour la sélection des thermomastics.....	9
Tableau 2-4 : Performance des thermomastics dans trois villes canadiennes	9
Tableau 2-5 : Comparaison de la rentabilité de divers traitements et produits ...	15

FIGURES

Figure 2–1 : Diverses densités de fissures	5
Figure 2–2 : Tronçons de chaussée ne convenant pas au calfeutrage des fissures	6
Figure 2–3 : Effet de l'ouverture des fissures et de la période des travaux sur la déformation du thermomastic	11
Figure 3–1 : Questions liées à la gestion et aux aspects techniques	17
Figure 3–2 : Matrice de métal servant à contrôler la largeur et la profondeur des fraises.....	19
Figure 3–3: Effet de la chaleur sur le module d'un thermomastic	23
Figure 3–4: Géométrie des thermomastics	24

PHOTOGRAPHIES

Photographie 3–1: Une fraiseuse type (en haut) et ses couteaux à pointe de carbure (en bas).....	20
Photographie 3–2: Un balai mécanique sert à dégager la poussière et le fraiset	21
Photographie 3–3: Une lance thermopneumatique	22
Photographie 3–4: On se sert de copeaux de bois fins pour protéger la surface chaude des thermomastics	25
Photographie 3–5: Épandage d'une émulsion avec un cône.....	25

REMERCIEMENTS

Nous apprécions énormément le dévouement des personnes qui ont donné leur temps et partagé leur expertise dans l'intérêt du *Guide national pour des infrastructures municipales durables (InfraGuide)*, et nous les remercions.

La présente règle de l'art a été créée par des groupes intéressés des municipalités canadiennes et des spécialistes des chaussées du Canada tout entier. Elle est fondée sur de l'information tirée de la revue des pratiques municipales et d'une analyse documentaire approfondie. Elle a été rédigée par Jean-François Masson, Ph.D., Sylvain Boudreau, ing., M.Eng. et Claire Girard, Ph.D. Les membres du Comité technique des chaussées d'InfraGuide, dont on trouvera les noms ci-après, ont, par leur précieuse assistance, contribué au développement de cette règle de l'art.

Mike Sheflin, ing.	Ancien APA de la municipalité régionale d'Ottawa-Carleton (Ontario)
Brian Anderson	Ontario Good Roads Association, Chatham (Ontario)
Vince Aurilio, ing.	Ontario Hot Mix Producers Association, Mississauga (Ontario)
Don Brynildsen, ing.	Ville de Vancouver (Colombie-Britannique)
Al Cepas, ing.	Ville d'Edmonton (Alberta)
Brian E. Crist, ing.	Ville de Whitehorse (Yukon)
Michel Dion, ing., M.Sc.	Axor Experts-Conseils, Montréal (Québec)
Cluny Matchim, T.A.I.	Ville de Gander (Terre-Neuve-et-Labrador)
Abe Mouaket, ing.	IM Associates, Toronto (Ontario)
Tim J. Smith, ing., M.Eng.	Association canadienne du ciment, Ottawa (Ontario)
Sylvain Boudreau, ing., M.Eng.	Conseiller technique, Conseil national de recherches Canada

De plus, le Comité aimerait remercier les personnes qui suivent pour leur participation aux groupes de travail et aux révisions par les pairs.

David Cree	Lafrentz Road Services
Bill Mason	Toronto (Ontario)
Pat Mauro	Thunder Bay (Ontario)
Jim Thomson	Winnipeg (Manitoba)
John Marino	Vancouver (Colombie-Britannique)
Comité A3C13	Transportation Research Board des États-Unis

Cette règle de l'art n'aurait pu voir le jour sans le leadership et les conseils du comité directeur du projet et du comité directeur technique du *Guide national pour des infrastructures municipales durables* dont les membres sont comme suit :

Comité directeur du projet :

Mike Badham, Président	Conseiller, Régina (Saskatchewan)
Stuart Briese	Portage la Prairie (Manitoba)
Bill Crowther	Ville de Toronto (Ontario)
Jim D'Orazio	Greater Toronto Sewer and Watermain Contractors Association (Ontario)
Derm Flynn	Maire, Appleton (Terre-Neuve)
David General	Cambridge Bay (Nunavut)
Ralph Haas	Université de Waterloo (Ontario)
Barb Harris	Whitehorse (Yukon)
Robert Hilton	Bureau de l'infrastructure, Ottawa (Ontario)
Dwayne Kalynchuk	Ville de St. Albert (Alberta)
Joan Loughheed	Conseillère, Burlington (Ontario)
René Morency	Liaison avec les intervenants Régie des installations olympiques, Montréal (Québec)
Saeed Mirza	Université McGill, Montréal (Québec)
Lee Nauss	Conseiller, Lunenburg (Nouvelle-Écosse)
Ric Robertshaw	Région d'Halton (Ontario)
Dave Rudberg	Ville de Vancouver (Colombie-Britannique)
Van Simonson	Ville de Saskatoon (Saskatchewan)
Basile Stewart	Maire, Summerside, (Île-du-Prince-Édouard)
Serge Thériault	Environnement et Gouvernements locaux (Nouveau-Brunswick)
Alec Waters	Alberta Transportation, Edmonton (Alberta)
Wally Wells	Dillon Consulting Ltd., Toronto (Ontario)

Comité technique directeur :

Don Brynildsen	Ville de Vancouver (Colombie-Britannique)
Al Cepas	Ville d'Edmonton (Alberta)
Andrew Cowan	Ville de Winnipeg (Manitoba)
Tim Dennis	Ville de Toronto (Ontario)
Kulvinder Dhillon	Municipalité d'Halifax (Nouvelle-Écosse)
Wayne Green	Ville de Toronto (Ontario)
John Hodgson	Ville d'Edmonton (Alberta)
Bob Lorimer	Lorimer & Associates Whitehorse (Yukon)
Betty Matthews-Malone	Ville de Hamilton (Ontario)
Umendra Mital	Ville de Surrey (Colombie-Britannique)
Anne-Marie Parent	Conseillère, Ville de Montréal (Québec)
Piero Salvo	WSA Trenchless Consultants Inc., Ottawa (Ontario)
Mike Sheflin	Ancien APA de la municipalité régionale d'Ottawa-Carleton (Ontario)
Konrad Siu	Ville d'Edmonton (Alberta)
Carl Yates	Halifax Regional Water Commission (Nouvelle-Écosse)

Membre fondateur :

Association canadienne des travaux publics (ACTP)

RÉSUMÉ

La présente règle de l'art propose aux ingénieurs municipaux des lignes directrices à jour relativement au traitement des fissures dans les chaussées de béton bitumineux, lignes établies en fonction de l'expérience canadienne. On y examine les divers traitements des fissures, le choix des chaussées et du produit d'étanchéité, la mise en place du produit, les méthodes de travail et la rentabilité, de même que les besoins. On y trouve également une liste de contrôle de la qualité de la pose des matériaux.

Lorsqu'il est exécuté efficacement et à temps, le traitement des fissures peut prolonger de 2 à 5 ans la vie d'un revêtement en béton bitumineux. Il est peu probable que des revêtements sur lesquels on a posé un produit d'étanchéité défectueux aient une vie utile beaucoup plus longue que celle de revêtements n'ayant subi aucun traitement. Il faut donc que le traitement des fissures soit efficace et que le produit d'étanchéité soit durable.

Pour en maximiser l'efficacité, on répète le traitement des fissures plusieurs fois. Le premier calfeutrage des fissures, par exemple, a lieu lorsque la chaussée est âgée de 3 à 5 ans. On peut exécuter un deuxième calfeutrage au bout de 8 à 10 ans sur une chaussée dont l'état est acceptable, à condition que le traitement soit efficace pendant 5 ans. Lorsque l'efficacité du produit d'étanchéité est inférieure à 5 ans, il faut augmenter le nombre de traitements des fissures. Vu que la réfection d'une chaussée a lieu de 12 à 15 ans après la construction et vu la nécessité d'éviter le remplacement difficile des produits d'étanchéité, il faudrait prolonger jusqu'à 12 ans la durabilité des produits utilisés. À l'heure actuelle, elle est ordinairement de 2 à 7 ans.

Les traitements de fissures ne peuvent être efficaces et la durabilité des produits d'étanchéité ne peut être prolongée que si on choisit les chaussées et le produit d'étanchéité avec soin, et qu'on s'assure de bien poser ce dernier. Le plus souvent, le choix des chaussées et du produit d'étanchéité est la responsabilité d'un service des travaux publics municipal, tandis que la pose est celle d'un entrepreneur. Le choix des chaussées requiert qu'on repère celles en bon état qui doivent recevoir le traitement. L'indice de condition de chaussée doit être supérieure à environ 75, dans le cas d'un premier traitement des fissures, et supérieure à 50, dans le cas d'un second traitement. Le traitement des fissures dans un revêtement en mauvais état n'est pas efficace.

Parmi les traitements de fissures, on retrouve le calfeutrage (fraisage et obturation) et le colmatage (aucun fraisage). On utilise le calfeutrage pour traiter les fissures actives, qui sont ouvertes en hiver et fermées en été, tandis qu'on ne peut utiliser le colmatage que pour traiter les fissures qui ne bougent que peu ou pas avec le temps. Malgré des coûts de pose plus élevés, le calfeutrage est plus rentable que le colmatage.

Le choix du produit d'étanchéité peut reposer sur des planches d'essais et peut également être fondé sur une spécification de produit, p. ex. la norme ASTM D6690. Aucune des méthodes ne permet de choisir régulièrement un produit d'étanchéité à durée de vie prolongée dans les conditions qui prévalent en milieu urbain au Canada. Les planches d'essais ne permettent pas de prédire le comportement à long terme du produit, parce que celui-ci n'est pas linéaire dans le temps, tandis que les normes de produit d'étanchéité ne permettent de choisir que des produits à durabilité limitée. On utilise souvent des émulsions bitumineuses pour colmater des fissures. Le recours aux normes relatives à ces émulsions n'est valable que pour le choix d'un produit de colmatage qui ne dure qu'un seul hiver, deux hivers tout au plus.

La pose du produit d'étanchéité est le troisième élément majeur du traitement des fissures, après le choix des chaussées et celui du produit d'étanchéité. Un certain nombre de facteurs influent sur la pose, notamment la température et l'humidité de l'air et du béton bitumineux, les dimensions de la fraisure, le mode de nettoyage de la fraisure, la température et la durée de chauffage du produit d'étanchéité, ainsi que la finition et la protection de ce dernier. Ces éléments sont tous considérés dans cette règle de l'art. Le « meilleur moment » pour procéder au calfeutrage ou au colmatage de fissures dépend du climat et des conditions locales, et le moment en question est toujours le résultat d'un compromis entre ce que la dimension idéale des fissures devrait être durant la pose, situation qui prévaut le printemps et l'automne, et les autres conditions de mise en place, qui sont idéales en été.

Le traitement des fissures s'est beaucoup amélioré au cours de la dernière décennie et il continuera de le faire. Il existe deux éléments qui contribueraient à prolonger encore la durabilité des produits d'étanchéité et l'efficacité des traitements. Il s'agit, respectivement, de l'utilisation de devis de performance pour le choix du produit d'étanchéité et la certification des travailleurs, conjointement avec l'utilisation de contrats de performance.

1. GÉNÉRALITÉS

L'entretien préventif est la façon la plus élémentaire, mais aussi la plus efficace, de retarder la détérioration des chaussées, d'en prolonger la durée utile et, de ce fait, d'optimiser l'emploi de fonds publics qui se font de plus en plus rares. Si le traitement des chaussées par le colmatage ou le calfeutrage des fissures compte parmi les plus répandues des méthodes d'entretien préventif, la durabilité souvent limitée des produits de calfeutrage ou de colmatage (thermomastics, émulsions) est problématique. Dans le meilleur des cas, ces produits devraient durer de 6 à 12 ans pour éviter de devoir les remplacer durant la durée utile de la couche de roulement, c'est-à-dire jusqu'au resurfacement de la chaussée. Dans les municipalités canadiennes (Masson et coll., 1999; Marino, 1995; Corbett et Lauter, 2000) comme ailleurs (Lynch et Janssen, 1997), la défaillance prématurée des thermomastics et des émulsions est principalement due à des défauts d'installation et à une sélection des produits qui ignore les conditions locales.

Il existe d'excellents guides et rapports qui détaillent les méthodes de traitement des fissures aux États-Unis (Smith et Romine, 1993a; Eaton et Ashcraft, 1992), mais ils ont paru avant les travaux canadiens sur la détérioration des thermomastics durant l'installation (Masson et coll., 1998). Il existe aussi des ouvrages sur l'utilisation d'une lance thermopneumatique sur les fraises et son incidence sur l'adhérence entre le thermomastic et le béton bitumineux (Masson et Lacasse, 1999, 2000), sur les effets de la dimension de la fraise dans un milieu urbain (Masson et coll., 1999) et sur l'effet de la rosée et du brouillard (Marino, 1995; Marino, 1996). La présente règle de l'art fournit aux ingénieurs municipaux des directives à jour, basées sur l'expérience canadienne, sur le traitement des fissures par colmatage ou calfeutrage. Elle aborde les sujets suivants : le traitement des fissures, le choix des chaussées, la sélection des thermomastics et des émulsions, l'application des produits et les facteurs saisonniers, la rentabilité, les méthodes de travail et les besoins en matière de recherche sur le traitement des fissures. Elle est complétée par une liste de vérification aux fins d'assurance de la qualité de l'installation.

1.1 GLOSSAIRE

Il reste à circonscrire, au Canada, une terminologie officielle du traitement des fissures dans les chaussées. En effet, différentes expressions, certaines empruntées à l'anglais, sont employées pour désigner une même technique. L'expression *scellement des fissures*, par exemple, est un calque de l'anglais *crack sealing*, puisque *scellement* est un terme de maçonnerie qui signifie fixer l'extrémité d'une pièce de bois ou de métal dans un mur, un trou ou un dallage à l'aide d'un liant qui durcit¹. Le terme *scellant* utilisé pour désigner le produit de calfeutrage est un anglicisme, tandis que *bouche-fissures* reste du domaine populaire. Les termes *calfeutrage*, *obturation*, *colmatage* et *scellement* sont tous

¹ P. Larousse, *Petit Larousse en couleurs*, Paris, Librairie Larousse, 1991.

utilisés pour désigner le remplissage des fissures à l'aide d'un matériau thermoplastique à base de bitume-polymère, et ce sans tenir compte des variantes dans la technique, p. ex. avec ou sans fraisage préalable des fissures. À mesure que les techniques se précisent, une terminologie fixe permettra d'éviter la confusion, en plus d'alléger, de raccourcir et d'éclaircir les textes. Le glossaire qui suit définit les termes utilisés dans cet ouvrage. Les équivalents anglais sont entre crochets.

Calfeutrage des fissures [*crack sealing* (É.-U.), *rout and seal* (Canada)] — Action de remplir avec un mastic de bitume-polymère une fissure préalablement fraisée (voir fraiser). Calfeutrage vient de *calfeutrer*, qui signifie boucher hermétiquement une fente² et, par extension, les fissures dans les chaussées. Calfeutrer se distingue d'obturer, qui s'applique à un trou ou à une cavité².

Colmatage des fissures [*crack filling* (É.-U.)] — Action de remplir avec un mastic de bitume-polymère ou une émulsion de bitume (voir émulsion) une fissure sans d'abord la fraiser. Colmatage vient de *colmater*, action de combler ou de rehausser des terrains au moyen d'eaux limoneuses. Par extension, dans le présent contexte, le terme signifie boucher hermétiquement une fissure².

Épandre [*pouring*] — Action d'un liquide qui s'étale doucement en une couche uniforme². Par extension, l'épandage d'un produit de calfeutrage ou de colmatage des fissures de chaussées.

Émulsion³ [*emulsion*] — Dispersion stabilisée d'un bitume dans l'eau. L'émulsion peut contenir un polymère.

Fraisage [*routing*] — Action de fraiser.

Fraise [*routing bit*] — Pièce d'outillage rotatif pour le profilage de rainure⁴.

Fraiser [*to rout*] — Action d'usiner une pièce par fraisage⁴. Par extension, élargir mécaniquement une fissure dans la chaussée pour lui donner un profil régulier.

Fraiseuse [*router*] — Machine-outil servant au fraisage.

Fraisure [*rout*] — Évasement pratiqué à l'aide d'une fraise, et par extension, la rainure obtenue par le fraisage d'une fissure dans la chaussée.

² Henri Bénac, *Dictionnaire des synonymes*, Paris, Hachette, 1983.

³ Syndicat des fabricants d'émulsions routières de bitume, *Les émulsions de bitume : généralités, applications*, Paris, 1988.

⁴ Dicobat, *dictionnaire général du bâtiment*, sous la direction de Jean de Vigan, Éditions Arcature, Ris-Orangis, France, 1990.

Prise [*setting*] — Durcissement par lequel un produit de calfeutrage ou de colmatage passe de l'état liquide à l'état solide et élastique. La prise des thermomastics peut être réversible ou irréversible, mais celle des émulsions, qui commence par la rupture de l'émulsion, suivie du mûrissement³, est toujours irréversible.

Thermomastic [*hot-applied (crack) sealant, hot-pour (crack) sealant*] — Produit thermoplastique à base de bitume-polymère servant à calfeutrer ou à colmater les fissures dans les chaussées. Un produit thermoplastique ramollit lorsqu'il est exposé à la chaleur et durcit en refroidissant¹. Le thermomastic se distingue du *mastic de vitrier*, à base d'huile de lin et de carbonate de calcium; du *mastic élastomère* qui s'applique à froid sur le béton ou le ciment, p. ex. silicone, polysulfures; du *mastic plastique* à base de polymère acrylique ou butyle qui s'applique à froid; du *mastic d'asphalte* appliqué à chaud et composé d'asphalte naturel enrichi d'huile et de bitume raffiné; et du *mastic bitumineux*, une pâte qui s'applique à froid et composée de brai, de houille et de filler minéraux⁴.

2. TRAITEMENT DES FISSURES ET SA JUSTIFICATION

Les fissures dans le béton bitumineux peuvent être calfeutrées ou colmatées (voir glossaire). Le calfeutrage des fissures consiste à remplir une fissure préalablement fraisée, alors que le colmatage consiste à boucher une fissure sans d'abord la fraiser. Les deux traitements freinent l'infiltration de l'eau, de saumure résiduaire et de débris incompressibles par les fissures jusqu'à la fondation de la chaussée. Par conséquent, le traitement des fissures ralentit la détérioration de la chaussée et en prolonge la vie utile (Ponniah et Kennepohl, 1996). Tout traitement est plus efficace s'il est appliqué sur une chaussée en bon état (FHWA, 1998), dont la densité de fissures varie de faible à moyenne et lorsque les fissures présentent peu ou pas de ramifications (figure 2-1). Les fissures illustrées en haut et au milieu de la figure se prêtent à ce type de traitement, mais celles du bas présentent trop de ramifications.

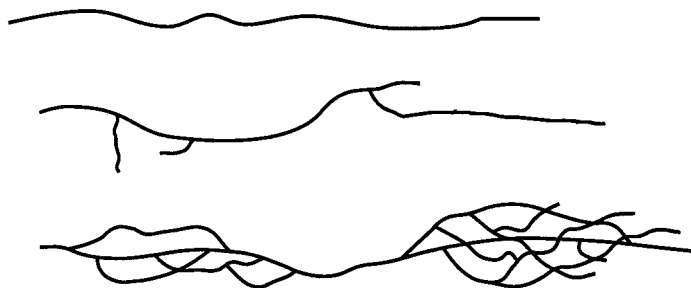


Figure 2-1 : Diverses densités de fissures.

Une chaussée dont la densité de fissures varie de moyenne à forte doit être traitée par le rapiéçage ou la réfection. Lorsque les fissures sont accompagnées de dommages importants, comme le soulèvement du revêtement de part et d'autre de la fissure, l'épaufrure ou l'effritement, ou qu'elles présentent des mouvements différentiels importants sous l'effet des charges de roulage, elles doivent aussi être traitées autrement que par calfeutrage ou colmatage. La photographie de droite à la figure 2-2 montre clairement que la fissuration a progressé malgré un calfeutrage. La section 2.4 fournit des détails sur le choix des chaussées.



Figure 2-2 : Tronçons de chaussée ne convenant pas au calfeutrage des fissures.

2.1 CALFEUTRAGE DES FISSURES

Le calfeutrage des fissures est la technique employée dans le cas de fissures actives, c'est-à-dire des fissures qui s'ouvrent l'hiver et se referment l'été. En général, la largeur d'une fissure active dépasse 3 mm l'été et elle croît de 15 à 100 p. 100 en hiver. Les fissures actives sont fraisées pour leur imprimer un profil défini au préalable, puis elles sont nettoyées avant d'être calfeutrées. Les fraises dont le rapport largeur-profondeur égale ou dépasse un ($l/p \geq 1$) présentent un profil favorisant une bonne performance du produit de calfeutrage (Wang et Weisgerber, 1993; Ketcham, 1996; Khuri et Tons, 1992; Chong et Phang, 1988).

2.2 COLMATAGE DES FISSURES

Les fissures statiques, par opposition aux fissures dont l'ouverture varie selon l'époque de l'année, se prêtent au colmatage. Typiquement, ces fissures mesurent moins de 3 mm de largeur, elles datent de moins d'un an et elles sont caractéristiques des régions où l'hiver est plus doux, comme le Sud de l'Ontario et la Colombie-Britannique. Dans le cas du colmatage, la fissure n'est pas fraisée, mais simplement nettoyée avec un jet d'air comprimé et colmatée avec un produit appliqué à chaud ou une émulsion de bitume posée à froid. Les produits appliqués à chaud sont susceptibles d'usure dans les zones de circulation dense (Marino, 1995). Par conséquent, il est préférable de réserver le colmatage de fissures aux régions au climat doux dans lesquelles la densité de circulation est faible, par exemple les zones résidentielles. Ainsi, Marino (1996) signale une durabilité de sept à neuf ans des produits de colmatage dans certains quartiers de Vancouver.

2.3 CALFEUTRAGE ET COLMATAGE COMBINÉS

Le calfeutrage et le colmatage des fissures sont parfois combinés en un seul traitement : les fissures transversales sont calfeutrées et les fissures longitudinales sont colmatées. Dans certains cas, ce traitement permet de ralentir la

détérioration de tronçons de route relativement courts, avec répétition du traitement tous les ans ou tous les deux ans (Saulnier et Lemieux, 2000). Dans les villes, cette technique doit cependant être employée avec circonspection parce qu'elle est sujette aux mêmes limites que le colmatage des fissures. Là où la circulation est lente et dense, la bande de mastic s'use rapidement ou elle se déplace dans la direction opposée au mouvement de la circulation, ce qui ouvre la fissure (Marino, 1995). Le colmatage de toutes les fissures longitudinales suppose aussi qu'elles sont essentiellement statiques, ce qui n'est pas toujours le cas. À Montréal, par exemple, les fissures longitudinales présentent de 70 à 90 p. 100 autant de mouvement que les fissures transversales (Masson et coll., 1999).

2.4 CHOIX DES CHAUSSÉES

Pour que le traitement donne les meilleurs résultats possibles, on doit apporter toute son attention au choix des chaussées, du produit d'étanchéité et à la mise en place de ce dernier.

Le calfeutrage des fissures est un mode d'entretien préventif qui ne s'applique qu'aux chaussées dont a) la résistance structurale est adéquate et leur permet de satisfaire les besoins actuels et ceux de l'avenir prévisible, et b) qui sont peu dégradées. On évalue l'état d'une chaussée à l'aide de l'indice de condition de chaussée (ICC) calculé à partir de la sévérité et de l'étendue de la dégradation (Anderson 1987; Chong et coll., 1989; Tessier, 1990). Le tableau 2-1 représente l'ICC et quelques caractéristiques d'une chaussée.

Tableau 2-1 : Indices types de condition de chaussée (MTO 1990).

ICC	Description
100-90	La chaussée est en excellent état et ne présente que peu de fissures. Le confort de roulement est excellent et il y a peu de zones légèrement déformées.
90-75	La chaussée est en bon état et souvent fissurée, la fissuration étant alors très légère ou légère. Le confort de roulement est bon, mais certains tronçons présentent une surface rugueuse ou inégale.
75-65	La chaussée est en assez bon état et présente de légers ou très légers soulèvements, de même que quelques zones de léger faïençage. Le confort de roulement est plutôt bon, mais certains tronçons présentent une surface rugueuse ou inégale.
65-50	La chaussée est dans un état acceptable et présente de temps en temps une fissuration modérée ou fréquemment légère, de même que du faïençage et des soulèvements légers ou modérés. Le confort de roulement est acceptable et la surface est légèrement rugueuse ou inégale.

Adapté de Chong et coll., 1989.

Le calfeutrage des fissures s'applique aux chaussées de béton bitumineux en bon état et qui présentent un bon uni (p. ex. ICC > 75). Par conséquent, le calfeutrage a lieu pour la première fois sur les chaussées âgées de 3 à 5 ans. Ordinairement, plus de 90 p. 100 des fissures sont transversales ou longitudinales, la largeur des

fissures va de faible à modérée et leur étendue varie d’intermittente à fréquente (tableau 2–2). Le calfeutrage n’est pas indiqué dans le cas des chaussées présentant des fissures de plus de 20 mm de large, largeur considérée comme importante dans le tableau 2–1, peu importe la densité. Les fissures sont alors en réalité des nids-de-poules allongés et conviennent mieux à un traitement de réhabilitation.

Tableau 2–2 : Étendue de la fissuration.

Fissures	Classe	Description
Largeur	Légère	Fissure unique, de 2 à 12 mm.
	Modérée	Fissure unique ou fissures multiples, de 13 à 20 mm. Fissures de moins de 20 mm qui présentent un certain soulèvement ou décalage.
	Importante	Fissure unique ou fissures multiples avec soulèvement et décalage ou fissure de plus de 20 mm. Fissures inférieures à 20 mm avec épaufrures.
Étendue	Intermittente	Aucun modèle déterminé. Moins de 20 p. 100 de la surface du revêtement sont touchés. Les fissures transversales sont espacées de 30 à 40 m.
	Fréquente	De 10 à 50 p. 100 de la surface sont touchés. La fissuration longitudinale peut être localisée ou répartie uniformément sur un tronçon de chaussée. Les fissures transversales sont espacées de 20 à 30 m.
	Forte	La fissuration est répartie uniformément sur plus de 50 p. 100 de la surface de la chaussée. Les fissures transversales sont espacées de 10 à 20 m.

En vertu d’un programme d’entretien bien établi, le calfeutrage des fissures se répète plusieurs fois. On peut exécuter un second calfeutrage au bout de 8 à 10 ans sur une chaussée en état acceptable, à condition que le traitement soit efficace pendant 5 ans. Le second traitement s’applique aux chaussées où ICC > 50 et dont la réhabilitation doit avoir lieu environ 5 ans plus tard (Chong et coll., 1989). Lorsque l’efficacité du produit d’étanchéité est inférieure à 5 ans, il faut augmenter le nombre de traitements de fissures. Vu que la remise en état d’une chaussée a lieu de 12 à 15 ans après sa construction et vu la nécessité d’éviter le remplacement difficile du produit d’étanchéité, la durabilité de ce dernier devrait être prolongée jusqu’à 12 ans. À l’heure actuelle, elle est ordinairement de 2 à 7 ans.

2.5 CHOIX DU PRODUIT DE TRAITEMENT DES FISSURES

2.5.1 CALFEUTRAGE DES FISSURES

Les thermomastics pour le calfeutrage de fissures sont des matériaux thermoplastiques à base de bitume-polymère. Ils sont liquides entre 175 et 200 °C, ce qui signifie qu’ils sont coulés à chaud. Les émulsions de bitume, appliquées à froid, ne servent pas pour le calfeutrage des fissures. Le choix d’un thermomastic peut se faire en fonction d’essais sur le terrain étalés sur un ou deux ans, dont les résultats permettent de compiler une liste de produits approuvés. Il faut cependant être prudent lorsqu’on se sert de la méthode pour évaluer le comportement à moyen ou à long terme d’un produit d’étanchéité, car celui-ci ne varie pas de façon linéaire en fonction du temps (Masson et coll., 1999).

La sélection des produits de calfeutrage peut aussi être basée sur des normes empiriques, comme la norme ASTM D6690, qui réfèrent à des mesures de pénétrabilité, de résilience, de fluidité et d'expansion cyclique lorsque la température varie de -18 à -29 °C (tableau 2-3). La norme ASTM D6690 présente un classement des produits de calfeutrage du type I au type IV, et remplace la norme ASTM D1190 (type I) ainsi que la norme ASTM D3405 (type II). Avant la formulation de la norme ASTM D6690, le produit de calfeutrage de type IV, au Canada, était qualifié de « type à module réduit ». Un aperçu de la performance des produits de calfeutrage utilisés dans les régions de Vancouver, Montréal et Ottawa, produits conformes aux normes ASTM au moment de l'étude, est résumé au tableau 2-4. La performance des produits de calfeutrage varie énormément et leur durabilité à long terme (durée utile de 6 à 12 ans avec un taux de défaillance inférieur à 50 p. 100) n'est pas constatée, même avec un produit de calfeutrage de type IV. Pour faire ressortir les produits de calfeutrage les plus durables, la norme devrait rendre compte du vieillissement des produits (Masson et Lacasse, 1998; Masson, 2000).

Tableau 2-3 : Résumé de la norme ASTM D6690 utilisée au Canada pour la sélection des thermomastics.

	Type I	Type II	Type IV
Pénétrabilité à 25 °C	< 90 dmm ^a	< 90 dmm	90-150 dmm
Fluidité à 60 °C	5 mm	3 mm	3 mm
Résilience	--	< 60 %	< 60 %
Expansion cyclique	50% à -18°C (5 cycles)	50% à -29°C (3 cycles)	200% à -29°C (3 cycles)

^a1dmm = 0,1 mm

Tableau 2-4 : Performance des thermomastics dans trois villes canadiennes.

	Vancouver	Montréal	Ottawa
Écart de température (°C)^a	-22 à 52	-28 à 58	-34 à 58
Type du produit	I	II	IV
Taux de défaillance^b 1 an	0-5 %	6-11%	7-55%
Taux de défaillance^b 4 ans	20-23 %	16-28%	non calculé

^aTempérature de surface de la chaussée, selon Superpave

^bSomme du décollement et de l'arrachement.

Sources : Vancouver (Marino, 1995); Montréal (Masson et coll., 1998);

Ottawa (Corbett et Lauter, 2000).

2.5.2 COLMATAGE DES FISSURES

Les thermomastics et les émulsions de bitume servent à colmater des fissures.

Les thermomastics destinés au colmatage des fissures sont choisis comme pour le calfeutrage, mais les émulsions sont sélectionnées en fonction de la norme ASTM D977 ou D2397, qui précise la composition du produit, sa stabilité et sa

consistance. Au mieux, la corrélation entre les résultats des essais normalisés (pénétration et résilience à 25 °C) et la performance sur le terrain des émulsions est faible car il n'existe pas d'essai de contrôle de l'élasticité du produit par temps froid ni de sa fluidité par temps chaud, comme le permet la norme ASTM D6690. Par conséquent, les émulsions servant à colmater les fissures cèdent souvent après un ou deux hivers (Evers, 1981; Neiss, 2001).

2.6 FACTEURS SAISONNIERS

La performance du traitement des fissures dépend de trois facteurs : l'état de la chaussée avant le traitement, le produit de calfeutrage utilisé et la technique d'installation. Cette dernière est affectée par la température de l'air et l'humidité ambiante, par celles de la surface de la chaussée et par la méthode d'application du produit. Celle-ci consiste à fraiser la fissure, puis à chauffer et à couler le thermomastic avant de passer aux étapes de la finition et de la protection. Traditionnellement, l'accent a été mis sur l'effet de la température ambiante sur la largeur de la fissure et sur le mouvement de la chaussée, et donc sur les effets connexes de contrainte et de déformation du produit de traitement de la fissure (figure 2–3). Presque partout au Canada, les variations climatiques saisonnières font en sorte que les fissures dans les chaussées de béton bitumineux sont actives, les fissures longitudinales étant moins actives que les fissures transversales (Masson et coll., 1999). L'ouverture maximale des fissures se produit sur une période de six à huit mois, avec une pointe en février (Masson et Légaré, 1991). Les produits de traitement des fissures sont donc le plus fortement sollicités en hiver, lorsque les températures sont basses et que la contrainte augmente en raison de l'ouverture des fissures, celles-ci présentant un mouvement de 5 à 25 mm au cours d'un cycle annuel. Ainsi, en se basant uniquement sur ces faits, le traitement des fissures devrait avoir lieu au printemps ou à l'automne, lorsque les températures sont moyennes et que les fissures sont à la moitié de leur cycle annuel. Or c'est l'été que les conditions d'installation sont les plus propices du point de vue des produits de calfeutrage car l'humidité en surface de la chaussée est alors basse et les températures matinales sont les plus élevées de l'année. Par conséquent, le choix du meilleur moment pour effectuer les travaux se trouve à être un compromis entre les effets du mouvement de la chaussée sur la performance du produit et les conditions d'installation exigées par les produits de calfeutrage.

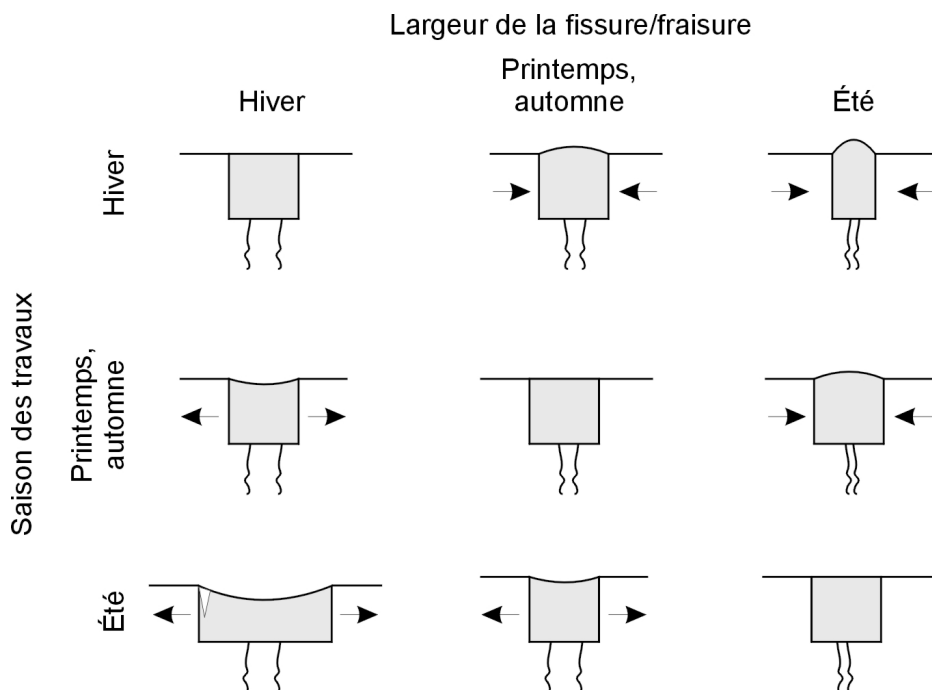


Figure 2-3 : Effet de l'ouverture des fissures et de la période des travaux sur la déformation du thermomastic.

2.6.1 CALFEUTRAGE DES FISSURES

Aux endroits où les fissures sont actives et lorsque la performance du produit de calfeutrage est affectée davantage par le mouvement de la chaussée que par les conditions d'installation, il est préférable de fraiser et de calfeutrer les fissures entre la fin de l'été et le milieu de l'automne. Le printemps amène le dégel, ce qui signifie que la chaussée est normalement très humide. Toutefois, si la chaussée ne semble pas trop humide, les travaux peuvent être effectués à la fin du printemps. Lorsque le sol est sec, le traitement des fissures au printemps peut être avantageux parce que le printemps est suivi d'une longue période de temps chaud, période pendant laquelle le thermomastic peut imprégner complètement le béton bitumineux et adhérer à toutes les surfaces de la fraisure (Masson et Lacasse, 2000). Il demeure néanmoins que la décision finale doit être régie par le climat et les conditions locales. Comme on l'a signalé plus haut, le calfeutrage des fissures peut se faire l'été, notamment dans le Nord du Canada où la saison estivale est courte alors que le printemps et l'automne sont des saisons particulièrement pluvieuses.

La température de l'air pendant l'application des thermomastics est particulièrement critique tôt en matinée. L'air frais matinal abaisse la température en surface du béton bitumineux et amène le thermomastic à se refroidir plus rapidement que lorsque la surface est tiède ou chaude. Un refroidissement rapide peut engendrer des défauts d'interface produisant une adhérence et une

performance inférieures à celles attendues (Masson et Lacasse, 2000). L'utilisation d'une lance thermopneumatique peut être la meilleure façon d'effectuer le traitement des fissures lorsque la température de l'air est entre 5 et 10 °C parce que l'outil peut réchauffer légèrement la surface de la fraisure. Par contre, cet effet peut être annulé par la rosée, le cas échéant (Marino, 1995). Ce problème est le plus fréquent en septembre et en octobre, lorsque la température de la chaussée tôt en matinée est parfois inférieure de 3 °C à celle de l'air. Pour prévenir le décollement du thermomastic dû à la rosée, la ville de Vancouver stipule qu'après le mois d'août, le traitement des fissures ne peut débuter avant 9 h. La température ambiante et le pourcentage d'humidité relative, qui régissent la température du point de rosée, sont les facteurs qui dictent le moment où les opérations de calfeutrage peuvent commencer. En règle générale, les opérations de traitement des fissures devraient commencer à peu près 2 heures après que l'air expulsé par les poumons (100 % HR) ne condense plus. Lorsque le traitement des fissures s'effectue l'été, l'incidence de la température ambiante sur l'installation du produit est minimisée.

2.6.2 COLMATAGE DES FISSURES

Le colmatage des fissures avec une émulsion de bitume, appliquée à froid, devrait avoir lieu à la fin du printemps lorsque les fissures qui se sont formées durant l'hiver sont les plus récentes et les moins actives. En intervenant à ce moment, l'émulsion dispose de plusieurs mois pour évacuer son eau résiduelle avant d'être exposée aux conditions hivernales. Néanmoins, l'installation des émulsions devrait se faire lorsque la température ambiante excède 15 °C, même si elles peuvent aussi être appliquées entre 10 et 15 °C. À 15 °C, la surface de l'émulsion sèche en 15 à 45 minutes (la prise), mais il faut de 8 à 12 heures pour que le produit durcisse complètement. Les températures basses et une humidité relative élevée prolongent le temps de mûrissement. De même, le mûrissement du produit est affecté pendant 24 heures après l'application lorsque la température est proche de 0 °C ou qu'il pleut. Vu ces constats et la possibilité de rosée matinale, il est préférable d'utiliser les émulsions tard en matinée ou en après-midi. Les fissures statiques peuvent être traitées en été. Pour le colmatage des fissures avec un thermomastic, la méthode est la même que celle utilisée pour le calfeutrage des fissures.

2.7 RENTABILITÉ

Le traitement des fissures est rentable seulement s'il ralentit la détérioration de la chaussée et prolonge sa durée utile. Une intervention adéquate en temps opportun peut prolonger de deux à cinq ans la durée utile des autoroutes en béton bitumineux (Ewart et Bennett, 1998; Chong, 1990). Il n'existe pas d'études semblables dans le cas des chaussées urbaines, mais on considère en général que le traitement des fissures est aussi efficace en ville que sur les autoroutes.

L'efficacité du traitement des fissures dépend des caractéristiques de la chaussée et du climat. Hand et coll. (2000) ont présenté une excellente synthèse du sujet.

Le traitement des fissures ralentit efficacement la détérioration des chaussées de béton bitumineux en bon état, mais non celle des chaussées en mauvais état (Hand et coll., 2000; Morian et coll., 1998). La figure 2-2 est un bon exemple d'un traitement inefficace en milieu urbain.

Le traitement des fissures est inefficace en climat sec, mais il est efficace en climat humide assorti de cycles gel-dégel (Morian et coll., 1998). Au Canada, il peut donc être très efficace.

Le non-traitement des fissures fait augmenter les coûts d'entretien parce que les fissures détériorées sont difficiles à réparer, les coûts liés à l'utilisation et à la réparation des véhicules et les coûts de réfection parce que les fissures détériorées exigent un traitement spécial au moment de la planification d'un projet de réhabilitation de chaussée. Il a aussi pour effet d'écourter la durée utile de la chaussée et donc de causer une perte de rendement en service.

Le traitement des fissures peut ralentir la détérioration des chaussées de béton bitumineux et en prolonger la durée utile, à condition que le produit de calfeutrage soit efficace. Un produit de calfeutrage est jugé inefficace s'il présente une efficacité inférieure à 50 p. 100 (Masson et coll., 1999; Belangie et Anderson, 1985; Smith et Romine, 1993a). Les produits de calfeutrage qui présentent moins de 10 p. 100 de décollement après trois hivers et moins de 50 p. 100 de décollement après 8 ans prolongent d'au moins deux ans la durée utile d'une chaussée (FHWA, 1998; Hand et coll., 2000). Il est peu probable que la durée utile d'une chaussée traitée avec un produit défectueux excède celle d'une chaussée non traitée. On recommande donc de choisir des produits de traitement durables puisque l'augmentation de la durée utile de la chaussée dépend de la durabilité du thermomastic ou de l'émulsion.

La durabilité des produits, ou durée utile, est évaluée en contrôlant périodiquement l'efficacité à assurer l'étanchéité de la surface de béton bitumineux. L'ouverture des fissures au cours de leur cycle annuel indique à quel moment l'efficacité du thermomastic ou de l'émulsion doit être vérifiée. Ces produits montrent vraiment leur efficacité (ou, dans certains cas, leur inefficacité) en février, lorsque les fissures sont les plus ouvertes. Dans ces conditions difficiles, un produit efficace continue d'adhérer au profil de la fissure sans fendiller. À d'autres moments, particulièrement en été, les produits peuvent paraître en bon état et sembler efficaces.

Une fois l'efficacité du produit quantifiée, il est possible de comparer la rentabilité des divers traitements. Le tableau 2-5 rend compte du coût estimé de l'installation et de la rentabilité des produits ayant une durée utile hypothétique de 1 à 10 ans. Aux fins de cette analyse, les hypothèses suivantes sont posées : le colmatage est fait avec une émulsion de bitume et le calfeutrage, avec un thermomastic, le premier traitement est moins coûteux que le second parce qu'il exige un effectif et un équipement moindres (ligne J); 30 p. 100 plus de fissures

peuvent être traitées par unité de temps avec le colmatage qu'avec le calfeutrage (ligne K). On considère aussi que les produits plus durables sont plus coûteux (ligne A). Par conséquent, une durée utile de 10 ans a été accordée à un produit de durabilité supérieure, non encore créé; les thermomastics, trois fois plus onéreux que les émulsions, méritent une durée utile de quatre ans. Enfin, une durée utile moyenne d'un an a été accordée aux émulsions.

Compte tenu des hypothèses d'analyse, le coût du traitement de fissures est proportionnel au coût du produit et de son installation (lignes A et L). Lorsque que l'on tient compte du retard occasionné à l'automobiliste, selon une courbe de distribution normale présentant une moyenne de 100 \$/h, l'augmentation du coût du traitement des fissures se chiffre à quelques 5 p. 100 (ligne N). Selon le rapport présenté par Marino (1995), le colmatage des fissures coûte environ moitié moins que le calfeutrage. Cette constatation peut expliquer la tendance de certaines municipalités dotées d'un budget limité pour l'entretien des chaussées à préférer le colmatage au calfeutrage. Toutefois, il est plus judicieux de comparer le coût des traitements des fissures selon la rentabilité plutôt que selon le coût d'installation. Le coût annuel de chaque installation est informatif à cet égard (lignes R et S) car il révèle que la rentabilité augmente avec la durabilité du produit utilisé tel que prévu, et que des coûts de matériaux plus élevés initialement sont contrebalancés par les avantages d'une vie utile plus longue. L'analyse révèle aussi que le colmatage serait plus rentable que le calfeutrage si l'efficacité des produits était équivalente.

Tableau 2-5 : Comparaison de la rentabilité de divers traitements et produits.

Produit	Unités	Calfeutrage de fissures			Colmatage de fissures		
		Mastic caoutchouté	Mastic caoutchouté #2	Mastic à faible module	Mastic HP	Émulsion	Émulsion HP
A. Coût du produit	\$/kg	0,7	0,825	1,125	2,25	0,5	1,5
B. Densité du produit	kg/m ³	1 300	1 300	1 200	1 200	1 100	1 100
C. Configuration géométrique du produit	mm ²	30 x 15	30 x 15	30 x 15	30 x 15	5 x 10	5 x 10
D. Volume d'un mètre linéaire, C/10E6 x 1 m	m ³ /m	0,00045	0,00045	0,00045	0,00045	0,00005	0,00005
E. Produit utilisé incluant la perte (BxDx1,4 ou 1,15)	kg/m	0,67	0,67	0,62	0,62	0,08	0,08
F. Coût du produit par volume (Ax E)	\$/m linéaire	0,47	0,56	0,70	1,40	0,04	0,12
Main-d'œuvre et équipement							
G. Nombre de travailleurs à 100 \$/jour		10	10	10	10	8	8
H. Contremaître à 200 \$/jour		1	1	1	1	1	1
I. Coût de l'équipement	\$/jour	500	500	500	500	200	200
J. Main-d'œuvre et Coût de l'équipement (G+H+I)	\$/jour	1 700	1 700	1 700	1 700	1 200	1 200
Installation							
K. Taux de rendement	m linéaire/jour	3 000	3 000	3 000	3 000	6 000	6 000
L. Coût d'installation du produit (F+J/K)	\$/m linéaire	1,04	1,12	1,27	1,96	0,24	0,32
M. Coût du retard pour l'automobiliste	\$/jour	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000
N. Coût total de l'installation (L+ M/K)	\$/m linéaire	1,70	1,79	1,93	2,63	0,57	0,65
Rentabilité							
O. Taux d'intérêt		0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
P. Durée de vie (moment de la défaillance)	Année	1	4	6	10	1	10
Q. Coût annuel du produit ^a	\$/m linéaire	1,09	0,32	0,25	0,25	0,25	0,04
R. Coût annuel total ^b	\$/m linéaire	1,79	0,50	0,38	0,34	0,60	0,08
S. Coût annuel normalisé		5,25	1,48	1,12	1,00		

^a : Coût annuel du produit : $L [O(1 + O)^P] / [(1 + O)^P - 1]$

^b : Coût annuel total : $N [O(1 + O)^P] / [(1 + O)^P - 1]$

HP : haute performance

3. DESCRIPTION DES TRAVAUX

Le traitement des fissures suppose plusieurs étapes connexes, dont la gestion et les aspects techniques (figure 3-1).

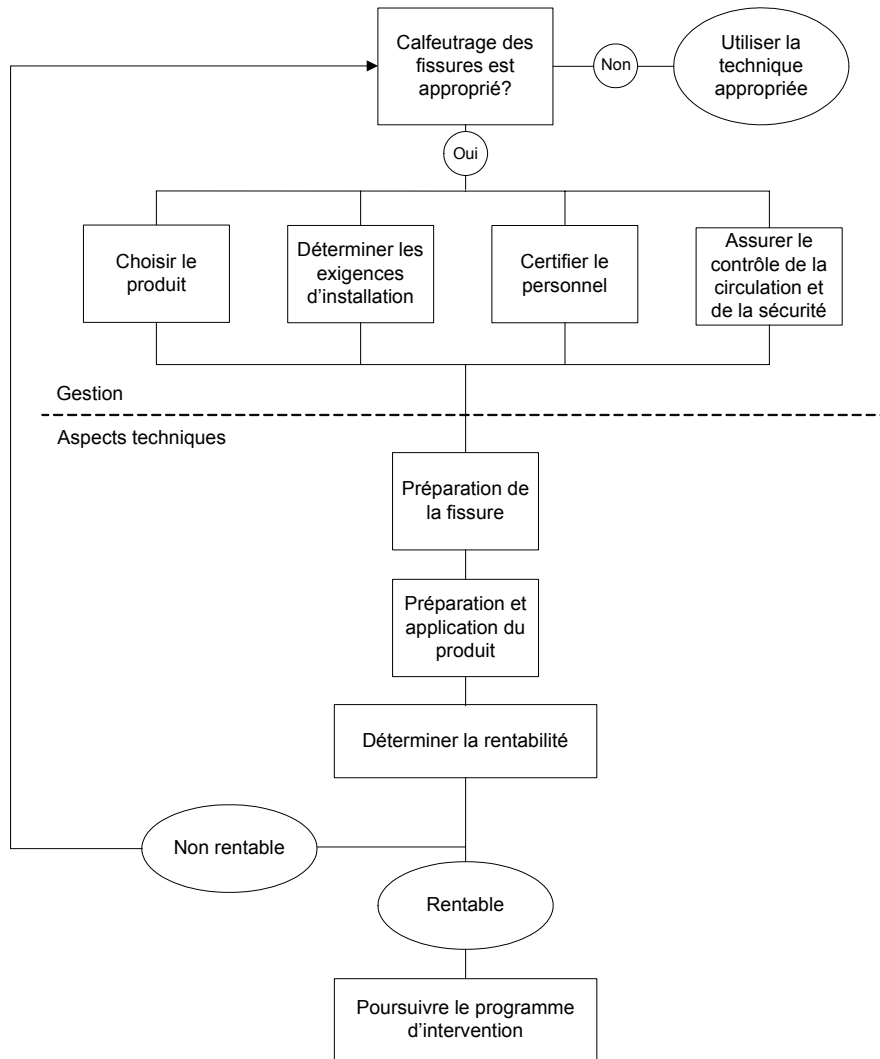


Figure 3-1 : Questions liées à la gestion et aux aspects techniques.

3.1 GESTION

3.1.1 FORMATION DE LA MAIN-D'ŒUVRE

Les produits de calfeutrage et de colmatage peuvent être efficaces s'ils sont installés correctement, aspect qui est lié en partie à la compétence des travailleurs. Les équipes de travail sont parfois sujettes à un roulement élevé de leur personnel d'une année à l'autre. Il est donc possible de rencontrer des travailleurs qui ne sont pas familiers avec tous les aspects des travaux de

traitement des fissures et qui ignorent l'importance du traitement des fissures comme méthode d'entretien préventif des chaussées. La qualité des travaux peut donc varier beaucoup. Bien entendu, les contremaîtres et les inspecteurs doivent connaître à fond chaque étape du traitement des fissures. Par conséquent, tant les entrepreneurs que les municipalités sont responsables d'enseigner aux travailleurs les méthodes correctes de traitement des fissures. S'il est question de la mise en place d'une certification annuelle du personnel, un système pan-provincial tarde à s'imposer.

3.1.2 CONTRÔLE DE LA CIRCULATION ET SÉCURITÉ DES TRAVAILLEURS

La sécurité influe sur la performance des produits de calfeutrage. Il est difficile pour un travailleur incommodé par la circulation ou l'équipement d'accorder à son travail l'attention nécessaire pour obtenir un résultat de qualité. Le contrôle de la circulation doit donc créer un environnement de travail sécuritaire tout en permettant une circulation adéquate des véhicules. Les exigences en matière de contrôle de la circulation sont généralement imparties par les administrations qui régissent localement les transports et prévoient souvent l'utilisation de déviateurs, de dispositifs lumineux intermittents, de barrières de sécurité et de panneaux de signalisation. Une attention particulière est nécessaire aux carrefours, sur les voies à circulation dense, aux endroits où les travaux empiètent sur des voies adjacentes et sur les tronçons de route à géométrie inhabituelle.

Les travailleurs doivent être protégés des éclats de béton bitumineux, de la poussière et des risques liés au produit chaud et à l'équipement. Le casque de sécurité, la veste réfléchissante, le pantalon et les chemises à manches longues, les gants, les bottes de sécurité avec embout d'acier, les lunettes de sécurité et les protecteurs auditifs devraient être obligatoires pour tout le personnel de chantier, y compris les contremaîtres. Les fiches signalétiques des thermomastics ou des émulsions devraient aussi être consultées car elles contiennent des renseignements sur les risques pour la santé et les procédures de sécurité.

3.2 ASPECTS TECHNIQUES

3.2.1 CALFEUTRAGE DES FISSURES

Fraisage et géométrie de la fraisure

Les fraises avec un rapport largeur/profondeur supérieur ou égal à un ($l/p \geq 1$) améliorent la performance des produits de calfeutrage. Toutefois, plus la largeur augmente, plus le produit est exposé aux pneus des véhicules lents, ce qui exacerbe le taux de décollement (Marino, 1995; Masson et coll., 1999). Par conséquent, la largeur de la fraisure ne devrait pas excéder 30 mm. Les fraises de 30 sur 15, 25 sur 12 et 12 sur 12 [l (mm) sur p (mm)] donnent généralement une bonne performance. Le profil le plus large permet de centrer plus facilement la fraisure sur la fissure. Le profil à fond arrondi ou en V, lié à l'usure des fraises, favorise le décollement (Wand and Weisgerber, 1993), contrairement à celles taillées en carré ou en rectangle, qui sont préférables. L'utilisation d'une matrice de métal conforme au profil de la fraisure (figure 3-2) permet de vérifier

rapidement la largeur et la profondeur de la fraisure. La matrice permet de racler la fraisure sur n'importe quelle distance, quoiqu'un mètre soit typique. Le diamètre du cylindre correspond à la largeur de la fraisure et la hauteur du cylindre correspond à sa profondeur. Quatre cylindres de dimensions variées peuvent être fixés sur la matrice.

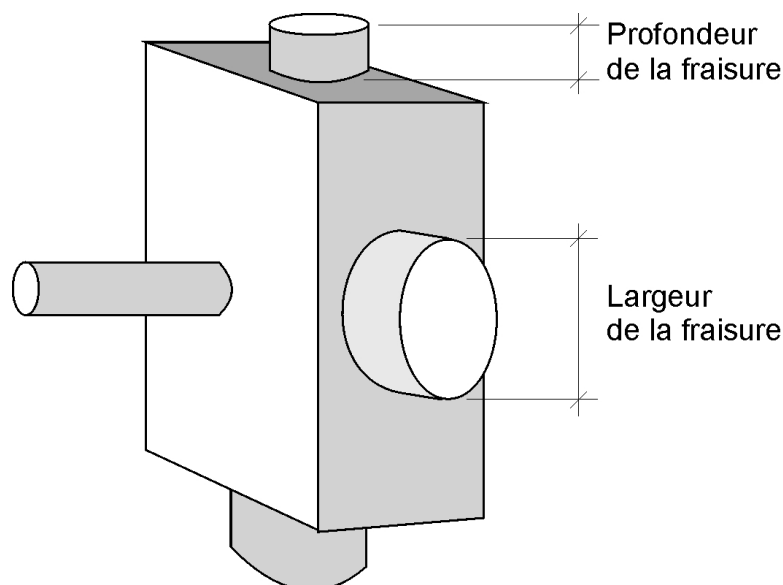
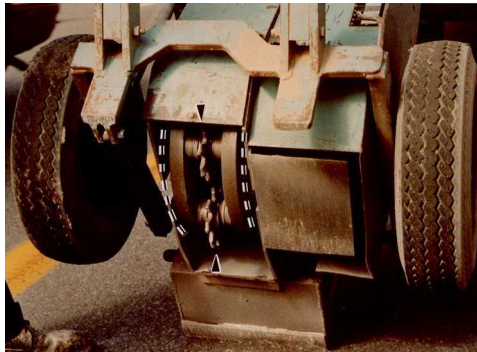


Figure 3-2 : Matrice de métal servant à contrôler la largeur et la profondeur des fraises.

La fraiseuse doit pouvoir suivre des fissures sinueuses sans épaufrer, ébrécher ou écailler le bord des fraises. La fraiseuse doit créer une ouverture précise et régulière en un seul passage, bien centrée sur la fissure (photographie 3-1). Le fraissage peut causer des microfissures à la surface de la fraisure (Masson et Lacasse, 1999). Ainsi, le fraissage de chaussées de béton bitumineux âgées ou oxydées devrait être évité. Pour les fissures très étroites d'une chaussée en très bon état, on peut envisager le colmatage des fissures, tout en tenant compte des limites de cette technique.



Photographie 3–1 : Une fraiseuse type (en haut) et ses couteaux à pointe de carbure (en bas).

Nettoyage

Les fraises doivent être nettoyées avant le calfeutrage. La préparation des fissures est l'étape la plus importante du traitement. Dans bien des cas, le décollement est attribuable à un défaut d'adhérence dû à un nettoyage inadéquat (Masson et Lacasse, 1999). Pour vérifier si les fraises sont réellement propres, on peut se servir de ruban adhésif pour conduit (duct tape). Lorsque le nettoyage a été bien fait, peu ou pas de débris adhèrent à la surface gommée d'environ un mètre de ruban adhésif appliqué et enfoncé dans la fraise.

Le nettoyage des fissures est un travail en deux ou trois étapes.

1. La poussière et le fraisat produits par le fraisage doivent être dégagés de la fraise. Il faut aussi balayer la surface de la chaussée pour éviter que de la poussière ne pollue la fraise juste avant le calfeutrage. La sensibilisation à l'environnement voudrait qu'on utilise un balai mécanique pour réduire la poussière et ses répercussions sur l'environnement avoisinant. Un balai

mécanique ou un aspirateur devrait être utilisé pour effectuer ce premier nettoyage (photographie 3-2).

Les débris et les fragments de béton bitumineux doivent être dégagés de la fraisure avant le calfeutrage, préférablement au moyen d'un jet d'air sec à haute pression. On prescrit un compresseur fournissant une pression d'au moins 700 kPa et muni de filtres contre l'huile et l'humidité. Pour vérifier si le jet d'air est bien sec et exempt d'huile, on peut diriger le jet sur la face d'un pneu. L'air sec et pur ne laisse aucune trace. Il est à noter qu'à lui seul, le jet d'air sec à haute pression assèche la fraisure.

2. En dernière étape, on peut utiliser une lance thermopneumatique avant de calfeutrer les fissures (photographie 3-3). Cette opération permet, au besoin, de réchauffer les parois de la fraisure (Masson et Lacasse, 2000) et d'éliminer une partie de l'humidité (Smith et Romine, 1993b). Il est à noter que la lance thermopneumatique complète l'étape 2, mais ne la remplace pas. La lance thermopneumatique n'est pas un outil de nettoyage et elle ne doit être utilisée qu'à des températures inférieures à 500 °C en outre, la pointe se trouve entre 5 et 10 cm de la fissure ou de la fraisure. La couleur de la pointe chaude de la lance en indique la température : d'orange vif à rouge vif, la température oscille entre 600 et 1 100 °C; à rouge foncé, de 500 à 600 °C; et à noir, de 400 à 500 °C. Le réchauffement excessive de la fraisure, généralement attribuable à l'utilisation d'une lance à une température élevée, réduit l'adhérence du produit de calfeutrage (Masson et Lacasse, 2000). La lance est probablement le plus utile pour le calfeutrage des fissures lorsque la température ambiante est relativement basse (5 à 10 °C), sans toutefois négliger l'effet éventuel de la rosée à cette température.



Photographie 3-2 : Un balai mécanique sert à dégager la poussière et le fraisat.



Photographie 3–3 : Une lance thermopneumatique.

Préparation et installation des thermomastics

Avant de couler le thermomastic, on le chauffe dans un fondoir à double fond dans lequel circule une huile chaude. Le produit n'est donc pas chauffé directement, ce qui atténue la détérioration thermique du thermomastic. Le fondoir est également équipé d'un agitateur central qui doit permettre à la chaleur de traverser efficacement le produit d'étanchéité, en plus de prévenir toute surchauffe localisée. Des jauges mesurent la température de l'huile et du produit d'étanchéité et doivent être calibrées à chaque printemps. Il est fortement recommandé de se munir d'un thermomètre à main afin de vérifier que les jauges soient effectivement calibrées. Un thermoscope à infrarouge permet aussi de vérifier la température, mais il devient imprécis quand les produits de calfeutrage émettent de la fumée.

Les produits de calfeutrage se dégradent sous l'effet de la chaleur (figure 3–3). Pour minimiser cette réaction, il est préférable de les chauffer à moins de 180 °C pendant des périodes courtes. Par conséquent, les thermomastics devraient être chauffés à la moindre température recommandée par le fabricant (c'est-à-dire à 175 °C si l'intervalle de température recommandé pour l'installation est de 175 à 195 °C). Les températures élevées risquent d'accélérer le taux de détérioration du produit tout comme les périodes de réchauffement prolongées, même à la température recommandée pour l'installation (Masson et Lacasse, 1999). La refonte du thermomastic est à éviter :

autrement dit, chaque journée de travail doit commencer avec un fondoir vide. Finalement, le chauffage du produit pendant toute la nuit entre 75 et 125 °C, technique permettant un démarrage rapide des travaux le matin, est à proscrire.

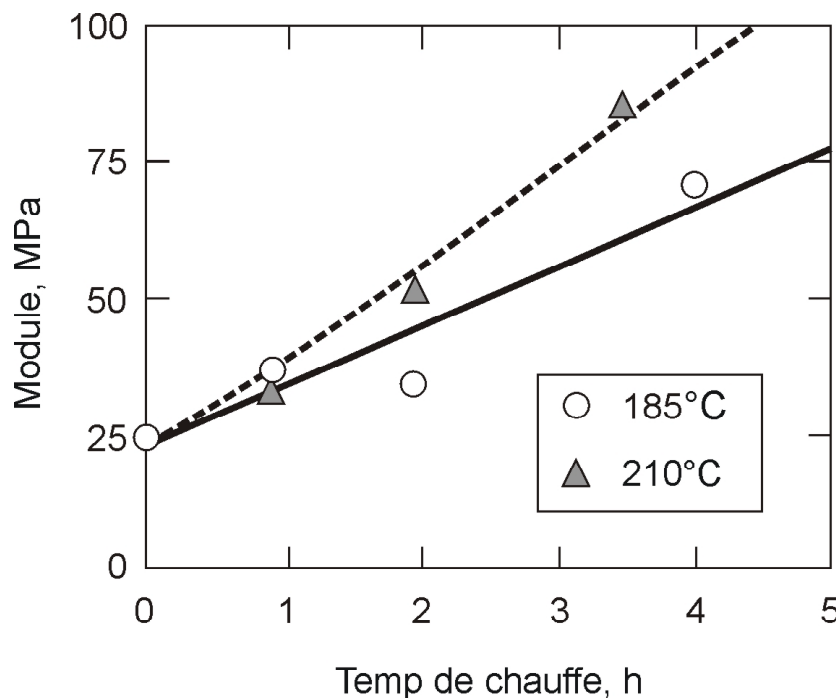
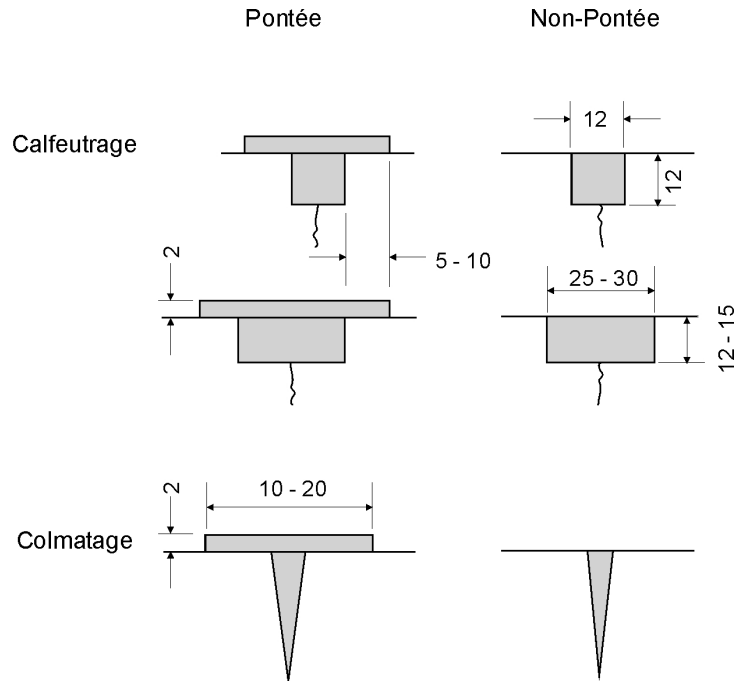


Figure 3-3 : Effet de la chaleur sur le module d'un thermomastic.

Façonnage du thermomastic et protection

Les fraises devraient être remplies à ras bord ou préférablement pontés avec le thermomastic (figure 3-4). Le pontage de la fraisure empêche l'accumulation d'eau sur le produit, lequel peut se contracter une fois refroidi. En milieu urbain, on considère optimal un chevauchement sur la chaussée de 5 à 10 mm de chaque côté de la fraisure. Un pontage plus large peut exacerber les défaillances dues au contact avec les pneus des véhicules qui roulent lentement (Marino, 1995). Le pont aura une épaisseur d'environ 2 mm après l'application et d'environ 1,5 mm après refroidissement du produit. Les ponts de 3 mm ou plus à l'application sont endommagés par les chasse-neige. On remplira les fraises à ras bord, sans pontage, seulement quand il y a un risque prononcé d'arrachement par les chasse-neige.



Remarque : les dimensions sont exprimées en millimètres (mm).

Figure 3-4 : Géométrie des thermomastics.

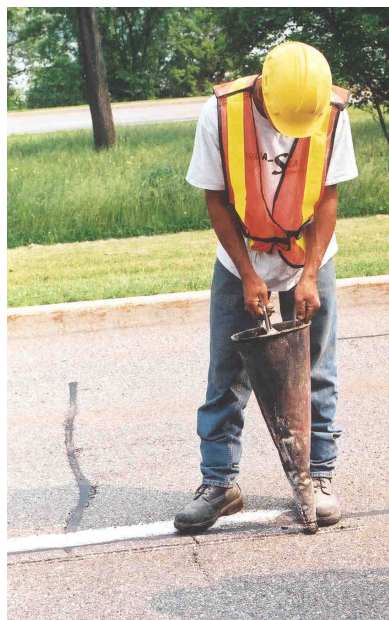
Une fois le thermomastic coulé, il devrait être protégé des véhicules jusqu'à ce qu'il soit complètement pris et il devrait être recouvert de fins copeaux de bois (photographie 3-4). Ce matériau est peu coûteux, biodégradable et facile d'emploi. La poudre de ciment et le papier hygiénique sont à éviter. Le premier durcit le thermomastic, pollue l'environnement et finit par brûler la peau des travailleurs tandis que le second peut être confondu par les automobilistes avec le marquage blanc de la chaussée et causer des accidents de la route.



Photographie 3-4 : On se sert de copeaux de bois fins pour protéger la surface chaude des thermomastics.

3.2.2. COLMATAGE DES FISSURES

Le colmatage des fissures consiste à remplir les fissures sans d'abord les fraiser. Par conséquent, cette technique est plus rapide que le calfeutrage des fissures et le rendement quotidien est supérieur. Pour le colmatage, on utilise autant les thermomastics que les émulsions de bitume-polymère. L'emploi des thermomastics exige le fondeur évoqué plus haut ainsi qu'un cône, une lance et un verseur tandis que les émulsions nécessitent uniquement un verseur ou un cône à épandage (photographie 3-5).



Photographie 3-5 : Épandage d'une émulsion avec un cône.

Nettoyage

Avant de colmater des fissures relativement profondes et non fraisées, il faut les nettoyer avec un jet d'air sec sous pression. Les exigences pour le compresseur d'air sont les mêmes que dans le cas du calfeutrage des fissures. Si le colmatage se fait au thermomastic, il est bon d'utiliser une lance thermopneumatique (Smith et Romine, 1993b). Comme il est difficile d'assécher efficacement les petites fissures sans abîmer la surface adjacente du béton bitumineux, on doit surveiller étroitement la température de la lance selon les indications fournies précédemment, à la section sur le calfeutrage des fissures. La lance est inutile avec une émulsion de bitume parce que ces émulsions contiennent de l'eau.

Préparation et application des thermomastics

Pour le colmatage des fissures, la préparation et l'application des thermomastics se font de la même façon que pour le calfeutrage des fissures. Cependant, il faut contrôler étroitement la température et la viscosité du produit. La tendance, avec les produits de type II (tableau 2-3), est de les chauffer à près de 200 °C pour abaisser la viscosité et faciliter la pénétration du produit dans les fissures étroites, mais cette technique peut accélérer la détérioration du produit (Masson et coll., 1998). Pour augmenter l'infiltration, il est préférable de choisir un produit de type IV, qui présente une pénétrabilité élevée à 25 °C et une basse viscosité à 185 °C (Masson et coll., 1998; Masson et coll., 1999).

Préparation et application des émulsions de bitume

Les produits de calfeutrage appliqués à froid sont des émulsions de bitume, c'est-à-dire des gouttelettes de bitume en suspension dans l'eau. Ces émulsions peuvent également contenir en suspension des gouttelettes de polymère (latex), des fibres et des particules fines. Prêtes à utiliser, les émulsions peuvent être stockées plusieurs mois sans altération, mais celles qui présentent des dépôts solides qui persistent malgré un brassage ont été stockées trop longtemps et ne devraient pas être utilisées. Au moment de l'application, il y a rupture de l'émulsion, ce qui signifie que les gouttelettes et particules en suspension se déposent et que l'eau s'évapore et laisse une pellicule solide. Le temps de prise dépend de la température et de l'humidité. Les émulsions sont sèches au toucher en l'espace de 15 à 45 minutes. Le mûrissement complet prend 8 à 12 heures. Par conséquent, les émulsions doivent être protégées de la circulation automobile pendant plusieurs heures après leur application.

Façonnage du produit de colmatage et protection

Les fissures peuvent être pontées ou remplies à ras bord avec le produit de colmatage (figure 3-4). Aux endroits où la circulation automobile est dense ou lorsqu'il y a risque prononcé d'arrachement par les chasse-neige, le remplissage à ras bord est préférable.

Une fois l'application terminée, le produit de colmatage doit être protégé des véhicules jusqu'à ce qu'il durcisse complètement (plus longtemps pour les

émulsions). L'émulsion est laissée à découvert, mais le thermomastic doit être recouvert des copeaux de bois fins.

3.3 BESOINS

Certains paramètres d'installation restent à préciser. La performance relative des produits de traitement des fissures installés l'été, ou soit à l'automne et au printemps, demeure incertaine. Autrement dit, l'effet du compromis entre les conditions idéales d'installation (l'été) et la dimension idéale de la fissure à traiter (automne/printemps) demeure flou. La température de la chaussée la plus basse possible à laquelle il est possible d'installer un produit de traitements des fissures qui offrira une bonne adhérence est d'intérêt particulier.

Jusqu'à présent, la recherche sur le traitement des fissures a privilégié l'application des thermomastics au détriment de la sélection des produits.

Les normes prescriptives courantes ne sont pas basées sur la performance et n'abordent pas la sélection de thermomastics ou d'émulsions à durabilité accrue, produits particulièrement appropriés pour le climat canadien. L'élaboration de telles normes serait dans l'intérêt de l'industrie et des utilisateurs et augmenterait la rentabilité du traitement des fissures. Une norme basée sur la performance a déjà été proposée pour les thermomastics (Masson, 2000; Masson et Lacasse, 1998).

Le domaine en général gagnerait avec l'instauration d'un système de certification des personnes affectées au traitement des fissures, incluant les surveillants de chantiers, les superviseurs et les travailleurs. Cette certification pourrait prendre la forme d'un cours d'un ou de deux jours dispensé par une association reconnue, par exemple l'Association des constructeurs de routes et grands travaux du Québec. En ce sens, ce sont les contrats de performance qui inciteraient à une plus grande certification au sein des équipes affectées au traitement des fissures.

ANNEXE A : LISTE DE VÉRIFICATION AUX FINS D'ASSURANCE DE LA QUALITÉ

Pour prolonger la durée utile des chaussées, il est indispensable que les produits de calfeutrage et de colmatage soient appliqués correctement et que chaque étape du traitement des fissures soit exécutée dans les règles de l'art. Le traitement des fissures a évolué sur plusieurs décennies et les techniques les plus efficaces sont souvent l'aboutissement de l'expérience pratique, mais celle-ci n'est malheureusement pas toujours bien documentée. La liste de vérification qui suit, basée sur l'expérience canadienne actuelle, est une mise à jour d'une liste publiée antérieurement (Smith et Romine, 1993a). Au terme de la vérification, plus il y a de crochets (✓), plus le traitement des fissures a des chances de réussir.

1. Conditions climatiques

- 1.1 La température ambiante est d'au moins 5 à 7 °C et elle augmente.
- 1.2 Il n'y a ni brume ni rosée.
- 1.3 Les opérations matinales sont effectuées en plein soleil.

2. Fraisage

- 2.1 Les fraises sont suffisamment effilées pour minimiser l'épaufrure et la fissuration des fraisures.
- 2.2 Les fraiseurs portent l'équipement de sécurité approprié : casque de sécurité, veste réfléchissante, chemise à manches longues, pantalon, bottes de sécurité avec embout d'acier, lunettes de sécurité et protecteurs auditifs.
- 2.3 Les mécanismes de sécurité sur la machinerie fonctionnent correctement.
- 2.4 La fraiseuse suit le tracé des fissures sans difficulté.
- 2.5 Les fraisures sont sans épaufrures.
- 2.6 La dimension des fraisures est vérifiée avec une matrice en métal toutes les 30 minutes.

3. Préparation de l'équipement

- 3.1 L'opérateur du fondoir porte l'équipement de sécurité approprié : casque de sécurité, veste réfléchissante, chemise à manches longues, pantalon, gants, bottes de sécurité avec embout d'acier et lunettes de sécurité.
- 3.2 Le fondoir était vide au début de la journée de travail et le thermomastic n'a pas été refondu.
- 3.3 L'huile servant à chauffer le produit de calfeutrage dans le fondoir n'émet pas de fumée et son niveau est adéquat.
- 3.4 La jauge de température du fondoir a été calibrée depuis moins de 6 mois.

- ❑ 3.5 Si la jauge de température n'a pas été calibrée:
 - a) la température du produit de traitement est contrôlée avec un thermomètre à main toutes les 30 minutes.
 - b) la lecture sur la jauge de température du fondoir est identique à la lecture faite avec un thermomètre à main.
- ❑ 3.6 De toute la journée, la température de réchauffement du produit de traitement de fissures n'a jamais dépassé la température recommandée par le fabricant.
- ❑ 3.7 La fiche signalétique du produit est disponible à l'endroit où se déroulent les travaux.

Nettoyage du béton bitumineux et des fraises

- ❑ 4.1 Les opérateurs de la machinerie utilisée pour le nettoyage portent l'équipement de sécurité approprié : casque de sécurité, veste réfléchissante, chemise à manches longues, pantalon, gants, bottes de sécurité avec embout d'acier, lunettes de sécurité et protecteurs auditifs.
- ❑ 4.2 La poussière et les débris sont éliminés de la chaussée avec un balai mécanique ou un aspirateur.
- ❑ 4.3 Le compresseur fournit une pression d'air d'au moins 700 kPa.
- ❑ 4.4 Les filtres du compresseur éliminent complètement l'huile et l'humidité de l'air pressurisé (se vérifie en dirigeant un jet d'air sur la face d'un pneu).
- ❑ 4.5 La température de l'extrémité chaude de la lance thermopneumatique, le cas échéant, est inférieure à 500 °C (l'extrémité n'est pas colorée) et le bout de la lance reste entre 5 et 10 cm de la fissure ou de la fraisure. La fraisure et la surface de la chaussée ne sont pas décolorées suite à un surchauffage et le calfeutrage de la fissure s'exécute immédiatement après le passage de la lance (dans les deux mètres).
- ❑ 4.6 La propreté de la fissure ou de la fraisure est vérifiée toutes les 30 minutes avec un mètre de ruban adhésif en toile pour conduits.
- ❑ 4.7 La fraisure ou la fissure est sèche. Il ne devrait pas y avoir d'humidité ni de condensation visible le long des fraises, autant avant comme pendant les opérations de chauffage et de nettoyage.

5. Application du produit de calfeutrage ou de colmatage

- ❑ 5.1 Le thermomastic est épandu à la température recommandée par le fabricant, et préférentiellement à la température inférieure de l'intervalle recommandé.
- ❑ 5.2 Lorsque le train d'installation s'arrête, le produit présent dans le boyau d'application retourne au fondoir.
- ❑ 5.3 Le produit de calfeutrage (colmatage) pontage la fraisure (fissure).
- ❑ 5.4 Le produit de calfeutrage est épandu en quantité suffisante pour obtenir un pont de chaque côté de la fissure (le cas échéant).
- ❑ 5.5 Après application, le produit de calfeutrage ou de colmatage ne présente pas de bulles causées par l'humidité.

6. Façonnage du produit de calfeutrage (passer à la section 7 si la présente est sans objet)

- 6.1 La fissure ou la fraisure est pontée sur 5 à 10 mm de chaque côté.
- 6.2 Le pont est façonné pendant l'application du produit ou immédiatement après.
- 6.3 Le surplus de produit de calfeutrage est enlevé avant qu'il ne durcisse.

7. Protection du produit de calfeutrage

- 7.1 Aux intersections, la surface du thermomastic est recouverte de fins copeaux de bois. Les émulsions ne sont pas recouvertes.
- 7.2 La circulation est détournée jusqu'à la prise du produit, et systématiquement dans le cas des émulsions.

BIBLIOGRAPHIE

Belangie, M.C., et D.I. Anderson. « Crack Sealing Methods and Materials for Flexible Pavements », Report FHWA/UT-85/, Utah Department of Transportation, 1985.

Chong, G. J. « Rout and Seal Cracks in Flexible Pavements—A Cost Effective Preventive Maintenance Procedure », Transportation Research Record 1268, TRB, Washington D.C., 1990, pp. 8-16.

Chong, G.J., et W.A. Phang. « Improved Preventive Maintenance: Sealing Cracks in Flexible Pavements in Cold Regions », Transportation Research Record 1205, TRB, Washington D.C., 1988, pp. 12-19.

Corbett, M. A., et K. Lauter. « Field Evaluation of Crack Sealing in Cold Climate », Proceedings of the Canadian Technical Asphalt Association, vol. 45, 2000, pp. 192-202.

Eaton, R.A., et J. Ashcraft. *State-of-the-art survey of flexible pavement crack sealing procedures in the United States*, Report 92-18, Cold Regions Research & Engineering Laboratory, U.S. Army Corps of Engineers, Hanover, NH, 1992.

Ewart, M.J., et A.R. Bennett. *Bituminous Crack Filling Test Section on US-10 Near Ewart*, Report R-1356, Michigan Department of Transportation, Lansing, Michigan, 1998.

Evers, R.C. *Evaluation of Crack-Sealing Compounds for Asphaltic Pavements*, ministère des Transports et des communications de l'Ontario, projet no 33, rapport provisoire no 1, 1981.

FHWA (Federal Highway Administration). *Techniques for pavement rehabilitation—Reference manual*, 6th Ed., FHWA/HI-98-033, Federal Highway Administration, Washington D.C., 1998.

Hand, A.J., Galal, K.A., Ward, D.R., et C. Fang. « Cost-Effectiveness of Joint and Crack Sealing: Synthesis of Practice », *Journal of Transportation Engineering*, vol. 126, no 6, 2000, pp. 521-529.

Ketcham, S., 1996. *Structural Mechanics Solutions for Butt Joint Seals in Cold Climates*, *Cold Regions Research & Engineering Laboratory*, US Army Corps of Engineers, Hanover, NH.

Khuri, F.M., et E. Tons. « Comparing Rectangular and Trapezoidal Seals Using the Finite Element Method », Transportation Research Record 1334, Transportation Research Board, Washington, D.C., 1992, pp.25-37.

Lynch, L.N., et D.J. Janssen. « Sealant Specifications: Past, Present and Future », Proceedings of the Pavement Crack and Joint Sealants for Rigid and Flexible Pavements Conference, Vicksburg, May 21-22, 1997 (US Army Corps of Engineers, Waterways Experiment Station, Airfields and Pavements Division), pp. 5-23.

Marino, J. *Hot-Pour Crackseal Annual Report*, City of Vancouver Engineering Services, Streets Division, Materials Engineering Branch, juin 1995.

Marino, J. *Hot-Pour Crack Sealing Application Procedures and Guidelines Current to September 1996*, City of Vancouver Engineering Services, Streets Division, Materials Engineering Branch, 1996.

Masson, J-F. « Bituminous Sealants for Pavement Joints and Cracks: Building the Basis for a Performance-Based Specification », Durability of Building and Construction Sealants, RILEM PRO 10, sous la direction de A.T. Wolf, RILEM Publications S.A.R.L., Cachan, France, 2000, pp. 315-328.

Masson, J.-F., et M.A. Lacasse. « Considerations for a Performance-Based Specification for Bituminous Crack Sealants », Flexible Pavement Rehabilitation and Maintenance. ASTM STP 1348, sous la direction de P.S. Kandhal et M. Stroup-Gardiner, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA, 1998, pp. 168-181.

Masson, J.-F., et M.A. Lacasse. « Effect of Hot-Air Lance on Crack Sealant Adhesion », Journal of Transportation Engineering, vol. 125, no 4, 1999, pp. 357-363.

Masson, J.-F., et M.A. Lacasse. « A review of Adhesion Mechanisms at the Crack Sealant/Asphalt Concrete Interface », Durability of Building and Construction Sealants, RILEM PRO 10, sous la direction de A.T. Wolf, RILEM Publications S.A.R.L., Cachan, France, 2000, pp. 259-274.

Masson, J.-F., et P.-P. Légaré. 1991. Résultats non publiés.

Masson, J-F., P. Collins, et P.-P. Légaré. « Performance of Pavement Crack Sealants in Cold Urban Conditions », Revue canadienne de génie civil, vol. 26, no 4, 1999, pp. 395-401.

Masson, J.-F., C. Lauzier, P. Collins, et M.A. Lacasse. « Sealant Degradation During Crack Sealing of Pavements », Journal of Materials in Civil Engineering, vol. 10, no 4, 1998, pp. 250-255.

Morian, D.A., Gibson, S.D., and Epps, J.A. 1998. *Maintaining Flexible Pavements—The Long Term Pavement Performance Experiment, SPS-3, 5-year*

Data Analysis. Report FHWA-RD-97-102, Federal Highway Administration, McLean, Virginia.

Neiss, D. Saskatchewan Highways and Transportation, communication privée, 2001.

Ponniah, J.E., et G.E. Kennepohl. « Crack Sealing in Flexible Pavements : A Life-Cycle Cost Analysis », Transportation Research Record 1529, Transportation Research Board, Washington D.C., 1996 pp. 86-94.

Saulnier, J.-F., et G. Lemieux. Une approche novatrice en scellement de fissures, Colloque de l'Association Québécoise des Travaux Routiers, Shawinigan, 25 octobre 2000.

Smith, K.L., et A.R. Romine. Materials and Procedure for Sealing and Filling Cracks in Asphalt-Surfaced Pavements, Strategic Highway Research Program, National Research Council, Washington D.C., Report SHRP-H-348, 1993a.

Smith, K.L., et A.R. Romine. *Innovative Materials Development and Testing, Volume 3 : Treatment of Cracks in Asphalt Concrete-Surfaced Pavements*, Strategic Highway Research Program, National Research Council, Washington D.C., Report SHRP-H-354, 1993b.

Wang, C.P., et F.E. Weisgerber. « Effects of Seal Geometry on Adhesive Stresses in Pavement Joint Seals », Transportation Research Record 999, TRB, Washington D.C., 1993, pp. 64-70.

