

Règles de l'art relatives à la construction des trottoirs en béton

par Balvant Rajani

Les trottoirs en béton se détériorent souvent prématurément. Cet article présente certaines pratiques qui aident à assurer à long terme la tenue des trottoirs et du même coup le confort et la sécurité des piétons.

La durée de vie utile des trottoirs en béton est de 20 à 40 ans en moyenne, mais ceux-ci peuvent déjà présenter des signes de détérioration de un an à cinq ans après leur construction. Bon nombre des problèmes en cause découlent de détails qui ont été négligés aux étapes de la conception et de

la construction. Au cours de la dernière décennie, l'Institut de recherche en construction du CNRC a effectué un certain nombre d'études sur la tenue des trottoirs et sur les causes de leur détérioration^{1,2}. Sont décrites ici des pratiques qui prolongent la durée de

vie des trottoirs et, par conséquent, qui permettent de satisfaire les quatre principaux critères d'un bon trottoir : sécurité et confort des piétons, apparence et performance en matière de coût du cycle de vie.

Bon nombre des règles de l'art décrites ici s'appliquent aussi à d'autres types de trottoir.

L'épaisseur des dalles de trottoir en béton sur terre-plein varie d'ordinaire de 100 à 150 mm. Par ailleurs, la distance entre les joints de construction (longueur des dalles) est en général légèrement supérieure à la largeur du trottoir.

Sol de fondation

Le sol de fondation, c'est le sol que l'on a nivelé et compacté pour obtenir la surface plane sur laquelle repose le trottoir. La rigidité du sol de fondation doit être uniforme afin que l'effet du gel et la dilatation du sol soient les mêmes en tout point. Dans certains cas, le béton est mis en place directement sur le sol de fondation, mais il est fortement recommandé de

prévoir une couche d'un matériau granulaire entre le sol de fondation et la dalle de béton.

Des études de l'Institut de recherche en construction ont démontré que dans les conditions difficiles des Provinces des Prairies, la plupart des trottoirs se fissurent à la fois dans l'axe longitudinal et dans l'axe transversal. En général, les fissures longitudinales sont attribuables aux changements de saison et les fissures transversales, au compactage inégal du sol de fondation plutôt qu'au degré de compactage. Ces études ont révélé aussi que les trottoirs reposant sur des sols dont la plasticité est plus élevée présentaient un plus grand nombre de fissures longitudinales.

Les sols argileux dont la teneur en eau est plus grande que la teneur en eau optimale sont moins sujets au gonflement après le compactage du fait que leur structure devient davantage orientée. Ainsi, en augmentant la teneur en eau d'un sol de fondation argileux avant son compactage, on réduira sa tendance à gonfler après la construction du trottoir. Il est également admis qu'une teneur en eau supérieure à la teneur en eau optimale accentue le retrait en traction, une autre cause de détérioration des trottoirs. Pourtant, l'expérience a démontré que dans le cas des sols argileux, l'avantage que présente leur humectage l'emporte sur le risque de fissuration due au retrait du sol de fondation.

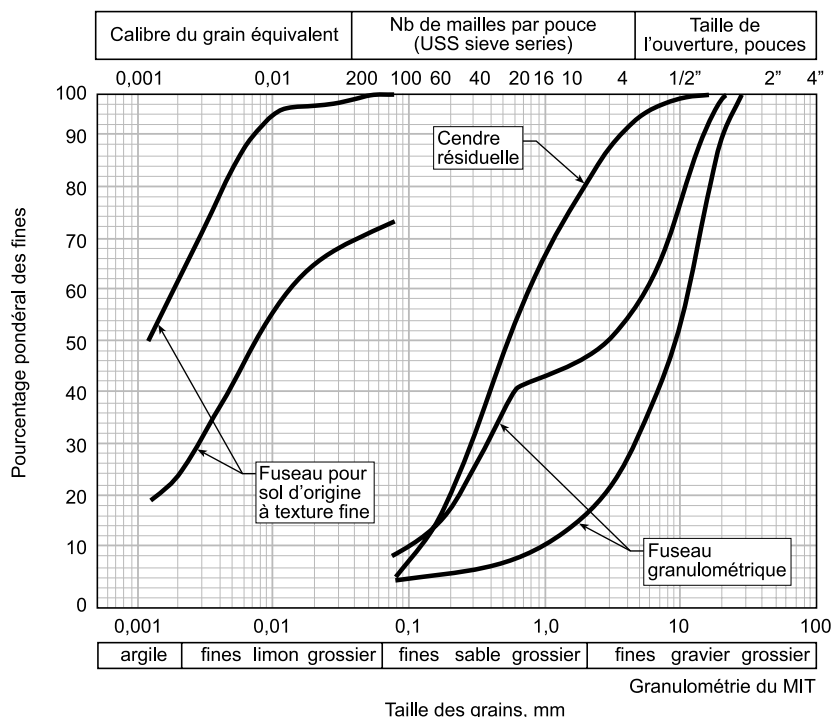


Figure 1. Granulométrie du sol de fondation et de la couche de fondation

Le soulèvement est la tendance pour une dalle de trottoir de se soulever uniformément ou de s'incliner sous l'effet du gonflement du sol ou du gel. Il est possible de réduire le mouvement en remplaçant tous les matériaux gélifs par un matériau de fondation granulaire.

Pour obtenir une tenue à long terme optimale, il est essentiel de préparer le sol de fondation de façon appropriée. Pour ce faire, éviter de niveler et de compacter le sol dans des conditions de gel. Par ailleurs, au moment de former le sol de fondation, retirer les gros objets enfouis et compacter le sol à une densité égale à 95 % de la densité obtenue lors de l'essai Proctor

normal. L'uniformité du compactage est tout aussi importante que le degré de compactage. Un compactage bien uniforme amenuise le retrait différentiel du trottoir en béton et atténue du même coup la formation de fissures longitudinales, transversales et en forme de D.

Couche de fondation

La couche de fondation (d'ordinaire d'une épaisseur de 150 mm) est faite d'un matériau granulaire et recouvre le sol de fondation pour en corriger les défauts mineurs et assurer un soutien uniforme. Par ailleurs, la couche de fondation granulaire diminue la succion à l'origine de la fissuration due au retrait en traction. Elle s'avère particulièrement importante là où le sol de fondation est sujet au retrait résultant de l'épuisement des

réserves en eau. La granulométrie de la couche de fondation doit se situer dans un fuseau granulométrique. En Ontario, on utilise le matériau désigné sous le nom « Granular A » (granulaire A) dont le fuseau granulométrique est illustré à la figure 1. La couche de fondation doit être uniforme en profondeur et compactée à 95 % de la densité obtenue lors de l'essai Proctor normal.

La construction des trottoirs ne comprend pas toujours la mise en place d'une couche de fondation, mais il devrait en être ainsi selon les règles de l'art. Soulignons que les frais additionnels que cela engendre sont compensés par l'augmentation de la durée de vie utile du trottoir.

Au Canada, le principal type de déformation que subissent les trottoirs est le gonflement², qui s'accroît dans la saison froide. Le gonflement peut être réduit en augmentant l'isolation sous le tiers central du trottoir. Pour ce faire, il est possible d'accroître l'épaisseur de la couche de fondation granulaire (figure 2) ou d'installer un isolant comme des panneaux en polystyrène extrudé ou expansé (figure 3). L'isolant favorise un mouvement vertical uniforme et minimise le mouvement différentiel. Il est à noter qu'aux endroits où le trottoir

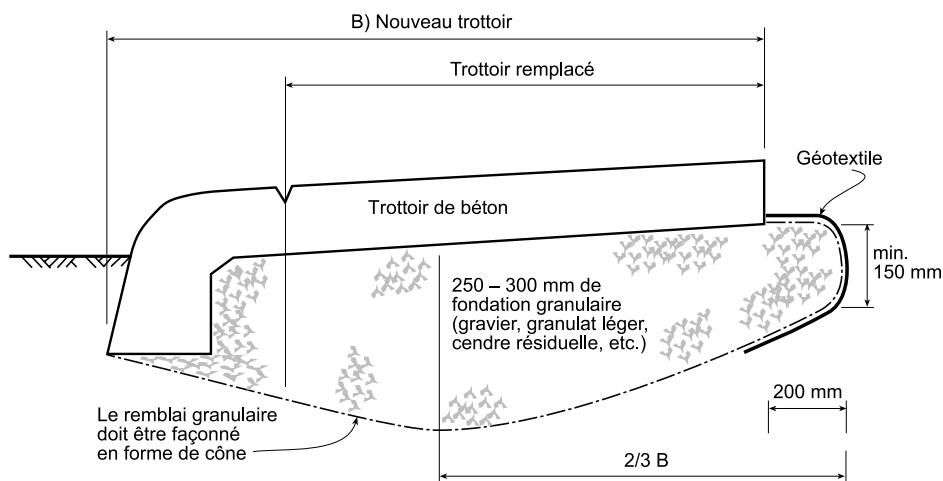


Figure 2. Coupe transversale type d'un trottoir reposant sur une couche de fondation granulaire

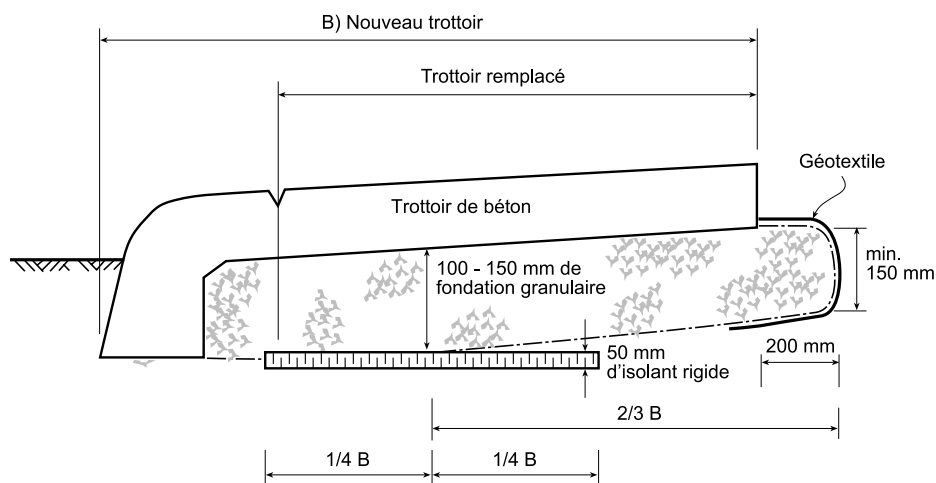


Figure 3. Coupe transversale type d'un trottoir reposant sur une couche de fondation à isolant rigide

est presque trop étroit pour installer l'isolant uniquement le long du tiers central, celui-ci peut s'étendre jusqu'aux bords.

Béton

La qualité du béton a des répercussions principalement sur la couche d'usure (6 mm) du trottoir. Le béton utilisé pour les trottoirs ne doit pas présenter de caractéristiques particulières, mais doit satisfaire aux exigences suivantes : résistance de 25 à 35 MPa; teneur minimum en ciment de 333 kg/m³; granulats grossiers d'un maximum de 19 mm; affaissement de 50 à 100 mm; et entraînement d'air de 5,5 à 8 %.

Au Canada, la plupart des trottoirs sont construits sans armature en acier. En réalité, la déformation, principale cause de la détérioration du béton, ne peut être contrée efficacement au moyen d'une armature². C'est pourquoi les règles de l'art n'imposent pas l'utilisation d'une armature. Cependant, les sections de trottoir qui traversent une entrée subiront la charge de véhicules normaux et, à l'occasion, celle de camions. Il est donc préférable de prévoir un treillis à ces endroits.

Les pratiques générales qui caractérisent la construction de bonnes dalles de plancher³ s'appliquent également à la construction des trottoirs. Figure ci-après un résumé de ces pratiques.

1. Coffrage : le coffrage doit être droit, non gauchi et assez fort pour résister à la pression latérale qu'exerce le béton. Un démoulant doit être appliqué pour faciliter le décoffrage. (L'utilisation d'un coffrage n'est pas nécessaire dans le cas des trottoirs construits par extrusion.)
2. Mise en place du béton : le béton doit être mis en place en continu le plus près possible de sa position finale puis tassé.

3. Finition : une fois le béton nivelé, on procède à la finition de sa surface que l'on protège ensuite contre les dommages pour la durée de la cure.
4. Cure : la cure a une incidence considérable sur la résistance à l'usure de la surface. Le type de cure est déterminé par les conditions climatiques comme il est indiqué ci-après.

- a) Par temps froid, le béton mis en place doit être protégé du gel pendant au moins cinq jours. À des températures de 0 à -3°C, il faut recouvrir le béton d'une feuille de polyéthylène. Dans le cas de températures plus basses, recouvrir le béton de deux feuilles de polyéthylène séparées par une couche de paille de 300 mm ou par un isolant similaire offrant le même degré d'isolation.
- b) Par temps chaud, il y a lieu de procéder à une cure ou à l'application d'un agent de mûrissement afin d'assurer une humidification appropriée du béton pendant sa prise. La cure doit être entreprise immédiatement après la finition car il ne faut que de 20 à 30 minutes à la surface du béton pour sécher par temps ensoleillé, venteux et chaud.

Joints

Des joints de dilatation constitués d'un matériau compressible d'une épaisseur de 12 mm doivent être placés à intervalles de 15 m le long du trottoir et à tout autre endroit où ce dernier aboute à une structure rigide. Ces joints permettent à chacune des sections de trottoir de se déplacer légèrement sans dommages.

Des joints de retrait (traits de coupe) doivent être distribués transversalement à intervalles de 1,2 à 2 m le long du trottoir. Ces joints sont des traits de scie ou de truelle, d'une hauteur correspondant à un quart de l'épaisseur de la dalle, qui permettent de canaliser les fissures à un niveau inférieur de la dalle afin qu'elles ne dégradent pas la surface du trottoir.

Le changement de la géométrie de la dalle est un moyen facile et économique de réduire les dommages que subissent les trottoirs si on le compare à d'autres solutions comme l'ajout d'une armature en acier qui n'est pas

Ville : _____

Date : _____

Zone _____

Rue / Avenue _____

Autres points de repère _____

Longueur de l'îlot _____

Largeur du trottoir _____

Matériau de construction du trottoir _____

Type de construction du trottoir _____

Apparence du trottoir _____

Type de sol _____

Teneur en eau et propriétés caractéristiques _____

Couverture de chaque côté du trottoir _____

Mode de défaillance principal _____

Commentaires _____

1 _____

2 Rouleau n° / Photo n° _____

3 Voisinage / Communauté _____ NE / NO / SO / SE

4 Première maison n° _____ Dernière maison n° _____

Contrainte latérale _____ & _____

5 _____ m

6 % endommagé _____ %

7 _____ m

Écartement entre les joints plats affaiblis _____ m

8 Béton / Asphalte

Autre _____

9 Bordure-caniveau et trottoir distincts / monolithique / dalle sur terre-plein

10 Nouveau / Ancien / Sections rinnovées (réparées)

Construit en (année) _____ Construit par _____

11 Argile / Limon / Sable / Autre _____

12 Id échantillon _____

13 Teneur en eau _____ LL & LP _____ Couleur _____

14 Caniveau & herbe / Herbe & herbe / Herbe & construction / Caniveau et construction

15

Soulèvement (B)	Cratères (P)	Éclatement (S)
Fissure en coin (CB)	Écaillage, faïençage (C)	Fissure de retrait (SH)
Fissure longitudinale (L)	Dénivellation (F)	Fissure en D (D)
Fissure transversale (T)	Épaufrure au joint (JS)	Épaufrure en coin (CS)

16 _____

CW - fissure
FH - dénivellation
WPJ - affaiblissement
NF - pas de dénivellation

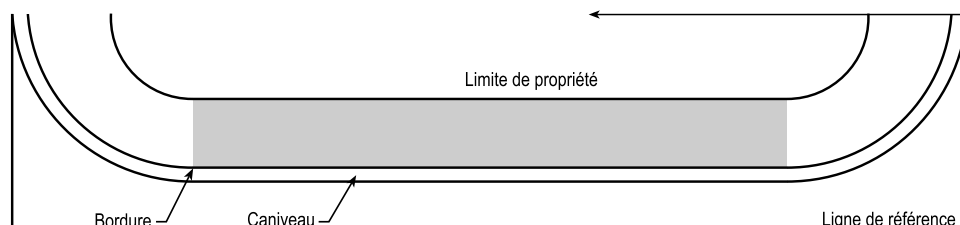


Figure 4. Exemple de registre de notation d'état

nécessairement efficace. Étant donné que la plupart des fissures apparaissent dans l'axe longitudinal le long de la ligne médiane, un joint de retrait le long de la ligne médiane permet aux fissures de se produire sous la surface de la dalle sans l'abîmer.

En réalité, un joint de retrait le long de la ligne médiane divise la dalle en segments plus petits, ce qui permet au trottoir en béton sur terre-plein de se comporter davantage comme un trottoir en pavés. Il y a une certaine résistance à l'égard de cette recommandation parce que le joint de retrait vient changer l'aspect classique du trottoir. Dans les régions où les fissures longitudinales ne posent pas problème, le joint de retrait peut être omis. Cependant, lorsqu'il y a de fortes chances que des fissures longitudinales apparaissent, la vue d'un joint de retrait le long de la ligne médiane est de loin plus acceptable que celle de fissures en dents de scie.

Aménagement paysager

Les arbres peuvent endommager les trottoirs en causant leur soulèvement. En général, il s'écoule bien des années avant que cette situation ne survienne : le temps que l'arbre et ses racines grossissent. Lorsqu'on constate les dommages, il est difficile de réparer le trottoir sans éliminer les racines en cause, mesure qui peut compromettre la santé de l'arbre et sa résistance au vent.

C'est pourquoi on recommande de faire preuve de prévoyance au moment de planter des arbres. Les arbres doivent être choisis en fonction de l'humidité, du sol et de la qualité de l'air de l'emplacement. En général, il faut prévoir une distance équivalant à environ deux fois la largeur du trottoir entre le bord du trottoir et l'arbre. Lorsqu'on prévoit planter des arbres plus près d'un trottoir, s'assurer qu'une fois arrivés à maturité ils seront de taille moyenne. Les arbres à racines profondes comme les chênes et les érables sont préférables aux arbres à racines superficielles comme les épinettes et les peupliers.



Figures 5a et 5b. Aspect d'un trottoir avant et après une injection de boue

Suivi

Seule la qualité de la construction détermine la capacité d'un trottoir à résister à la déformation. L'entretien préventif n'améliore pas la qualité du trottoir.

Aux fins de la protection du public, il est important pour les municipalités de connaître l'état des trottoirs. Il est recommandé à cet égard de procéder à l'inspection et à la notation de l'état des trottoirs tous les quatre ou cinq ans. Dans le cas des trottoirs à forte circulation de piétons ou desservant un grand nombre de personnes âgées, une inspection annuelle ou bisannuelle serait justifiée. La notation de l'état des trottoirs permet de prendre la bonne décision lorsqu'il s'agit de choisir entre réparer ou remplacer un trottoir. Un exemple de registre de notation d'état est illustré à la figure 4. Soulignons que certaines municipalités utilisent des manuels de service⁴ pour établir l'état des trottoirs.

Bon nombre de municipalités ont recours à des systèmes d'information géographique (SIG) pour cataloguer de l'information sur les infrastructures. Il est recommandé d'inclure un répertoire des trottoirs, lequel sera particulièrement utile au moment d'effectuer des travaux routiers ou des travaux liés à des canalisations enfouies à proximité de trottoirs.

Réparations

À mesure qu'une fissure s'élargit ou qu'une dénivellation (différence de niveau entre les deux bords d'une fissure) s'accroît, les risques de trébuchement augmentent. Les roues d'une poussette ou de patins à roues

alignées, le talon pointu d'un soulier ou une canne restent coincés dans une fissure de 10 à 12 mm. Une dénivellation de 20 à 25 mm peut causer des blessures graves aux piétons. Les trottoirs qui présentent des fissures ou des dénivellations de cette importance doivent être réparés dans les plus brefs délais. La notation régulière de l'état des trottoirs permet de planifier des réparations avant que des défauts n'entraînent des risques d'accident.

Les trottoirs présentant des fissures d'une largeur supérieure à 10 mm doivent être réparés ou remplacés. Certains produits de colmatage à base de ciment sont offerts sur le marché mais leur efficacité à long terme n'a pas encore été démontrée. Il se pourrait bien que la qualité des travaux de préparation de la surface détermine la longévité de la réparation.

Une dénivellation de moins de 20 mm peut être éliminée par meulage au moyen de l'équipement spécialisé servant à adapter pour les fauteuils roulants les sections de trottoir existantes qui aboutissent sur une rue.

Les trottoirs qui ont été soumis à un mouvement (inclinaison ou mouvement uniforme) peuvent être remis au niveau par injection de boue (figures 5a et 5b) s'ils ne comportent pas de fissures et qu'ils n'ont pas fait l'objet d'effritement ou de poudrage.

Un coulis ou une laitance injecté dans des trous (d'un diamètre de 63 à 75 mm) percés dans le trottoir remplit d'abord les vides présents sous la dalle pour ensuite exercer des forces de pression hydrostatique qui soulèvent la dalle. Il importe de distribuer les trous de façon stratégique et de soulever

la dalle un peu à la fois afin de ne pas l'endommager et de ne pas abîmer les dalles avoisinantes. Par ailleurs, il peut être nécessaire d'effectuer un trait de scie aux joints de retrait afin d'éliminer les risques de soulèvement des dalles avoisinantes.

Le coût de cette opération délicate : 10 à 50 % environ du coût d'une nouvelle construction. Soulignons que ce coût peut varier énormément d'une municipalité à l'autre selon que le service est offert localement ou non.

Résumé

Les trottoirs sont importants du fait qu'ils permettent aux piétons de circuler en sécurité. Leur tenue à long terme est fonction de la qualité des matériaux et de la construction. L'inspection et la notation de l'état des trottoirs tous les quatre ou cinq ans contribueront à la protection du public et permettront de prendre les décisions les meilleures lorsqu'il s'agira de choisir entre réparer et remplacer des trottoirs.

Documents de référence

1. Rajani, B. et C. Zhan. *Performance of Concrete Sidewalks : field studies*, Revue canadienne de génie civil, 24: 303–312, 1997.
2. Rajani, B. *Comportement et tenue des trottoirs en béton*, Institut de recherche en construction, Conseil national de recherches du Canada, Solution constructive n° 53, 2002, 6 p.
3. Portland Cement Association. *Concrete Floors on Ground*, Engineering Bulletin, 40 p., 2001.
4. American Public Works Association. *APWA Paver : Pavement Condition Index Field Manual – Concrete*, 1997.

M. Balvant Rajani, Ph.D., est agent de recherche principal du programme de Réhabilitation des infrastructures urbaines de l'Institut de recherche en construction du Conseil national de recherches du Canada.

© 2002
Conseil national de recherches du Canada
Juin 2002
ISSN 1206-1239