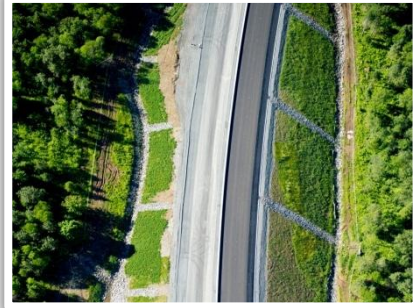


Compactage des enrobés bitumineux



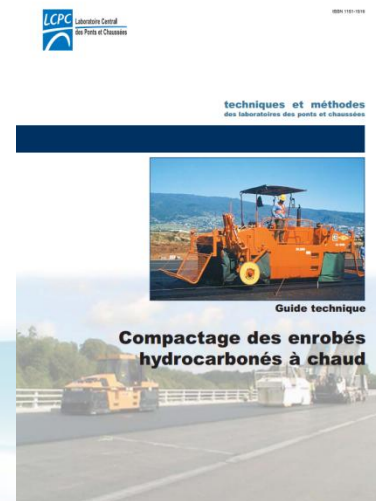
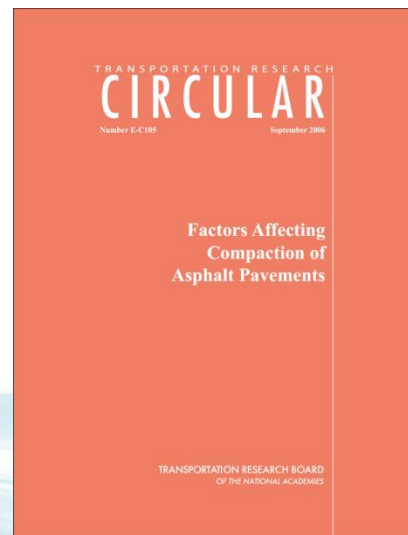
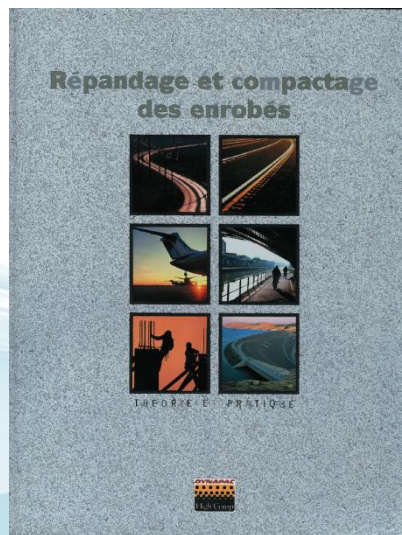
Frédéric Noël, ing.

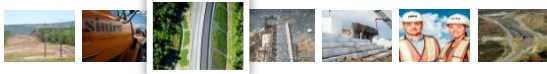
Directeur technique adjoint

Formation 2014



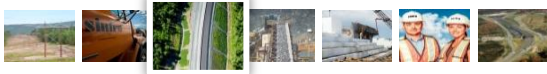
Documents de référence utilisés





Contenu de la présentation

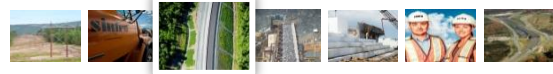
- 1) Principes de base
- 2) Phases de compactage
- 3) Les équipements
- 4) Plan de compactage
- 5) Séquence de compaction et types de mélange
- 6) Températures optimales de compaction
- 7) Largeur des cylindres
- 8) Vitesse d'avancement des rouleaux
- 9) Patron de compactage
- 10) Compaction des joints transversaux d'arrêt
- 11) Compaction des joints longitudinaux
- 12) Compaction de la couronne



Principes de base

Rôle du compactage

- Réduire la déformabilité des enrobés à court terme (orniérage)
- Réduire la déformabilité par fluage
- Éviter l'arrachement superficiel
- Uniformiser et étanchéifier la surface
- Offrir un confort de roulement



Principes de base

Rôle du compactage

- Améliorer la résistance à la fatigue
 - Une bonne compaction assure la longévité et la performance d'un revêtement.

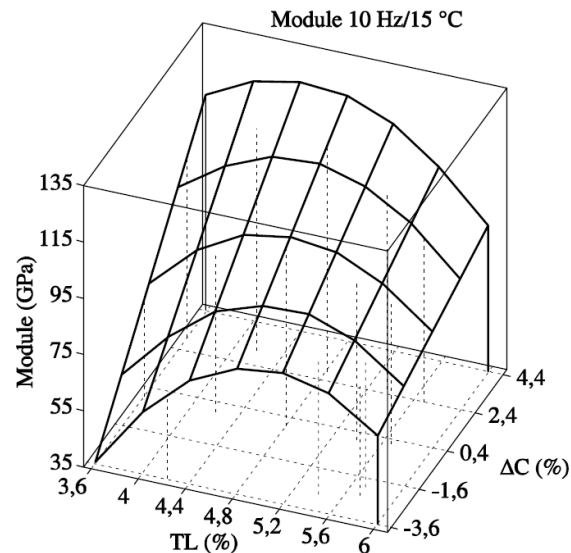
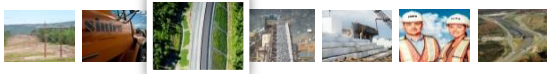


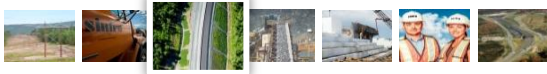
Figure 2.17. Variation du module de rigidité en fonction de la teneur en liant et de l'énergie de compactage [MOU 91]



Principes de base

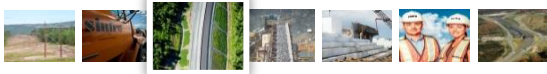
Facteurs influençant le degré de compactage

- Type d'enrobé
- Type de liant
- Matériaux granulaires
- Teneur en bitume
- Température de l'enrobé
- Couche de base ou fondation
- Additifs



Matériel





Matériel

Tandem
combiné



Tandem
combiné



Tandem à
pneumatiques



Tricycle

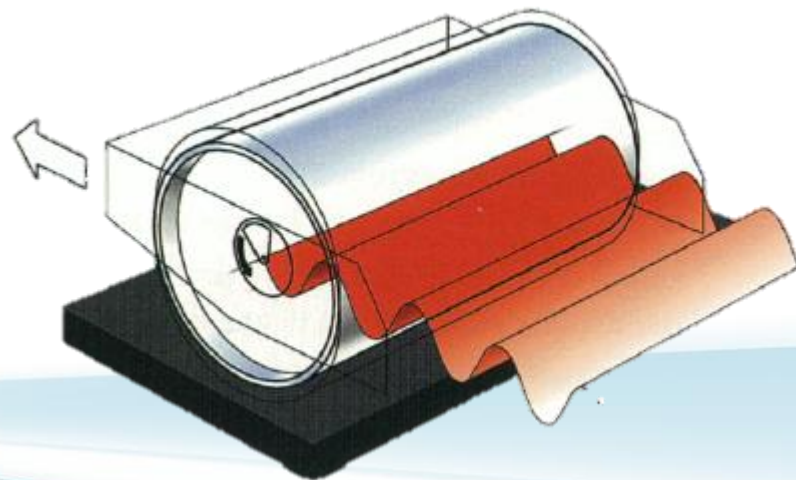




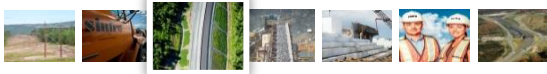
Cylindrage vibrant

Vibrant

- Les vibrations combattent le frottement interne
- L'amplitude : déplacement vertical de l'axe de rotation du cylindre (mm)
- La fréquence : nombre de montées et descentes du cylindre en fonction du temps



[1] Répandage et compactage des enrobés

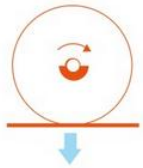


Types de vibration

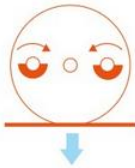
Verticale

Verticale

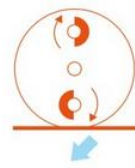
Horizontale



Circular exciter



Directed exciter



Oscillation

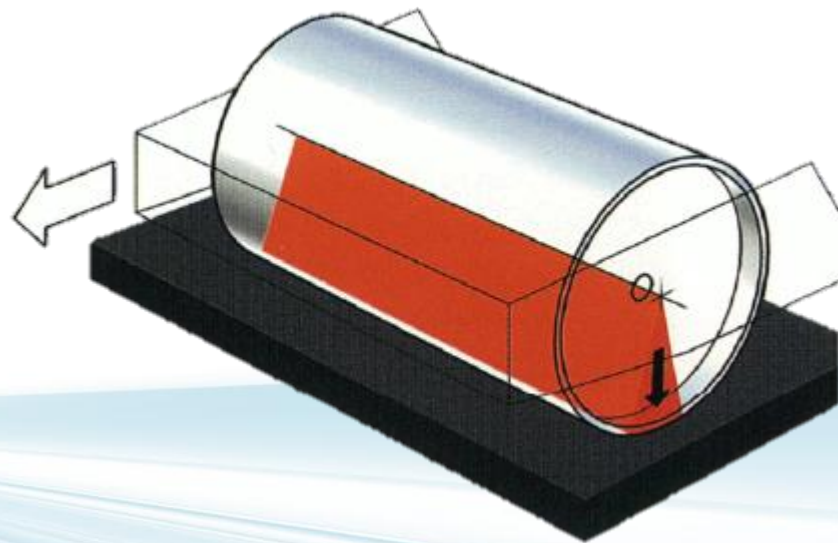




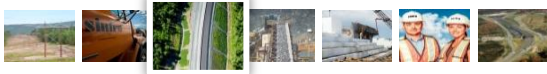
Cylindrage statique

Statique

- La charge statique est le poids du cylindre ajouté au poids des parties du châssis supportées par le cylindre
- Normalement utilisé pour la finition
- Surface avec une bonne macro texture



[1] Répandage et compactage des enrobés



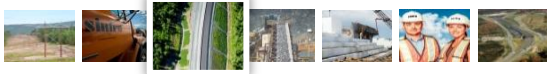
Compacteurs à pneumatiques

Mise en garde

- L'enrobé colle à la surface des pneus
 - température entre 50 et 65 degrés Celsius
- Température trop élevée
 - le compacteur pneumatique peut laisser des traces permanentes sur la surface
- Ne jamais être en arrêt
 - Les pneus vont refroidir

Utilisation

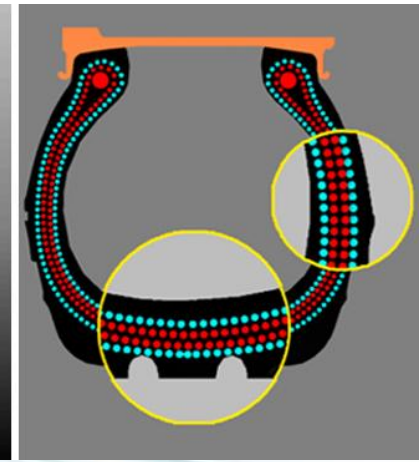
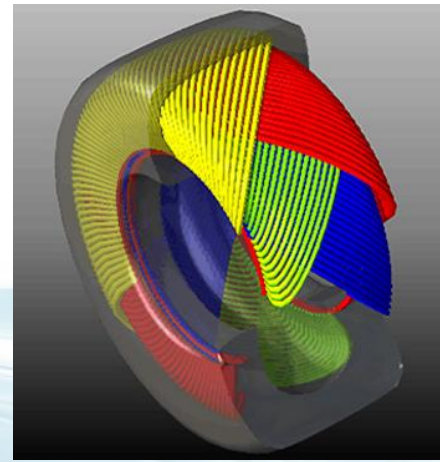
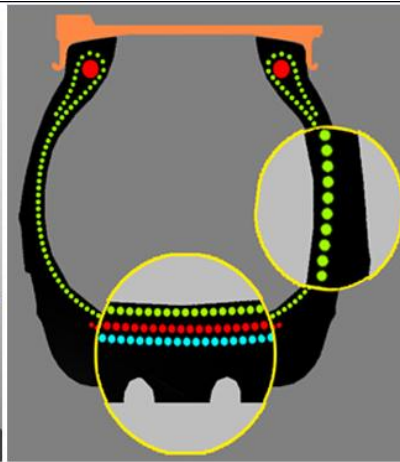
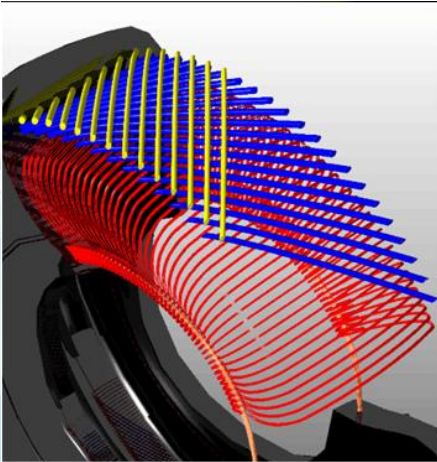
- Pneumatique proche du premier rouleau durant quelques minutes
- L'opérateur diminue la pression dans les pneus
- La jupe permettra de garder la chaleur
- Continuer à rouler sur la surface déjà compactée



Structure de pneus

Radial

Diagonal



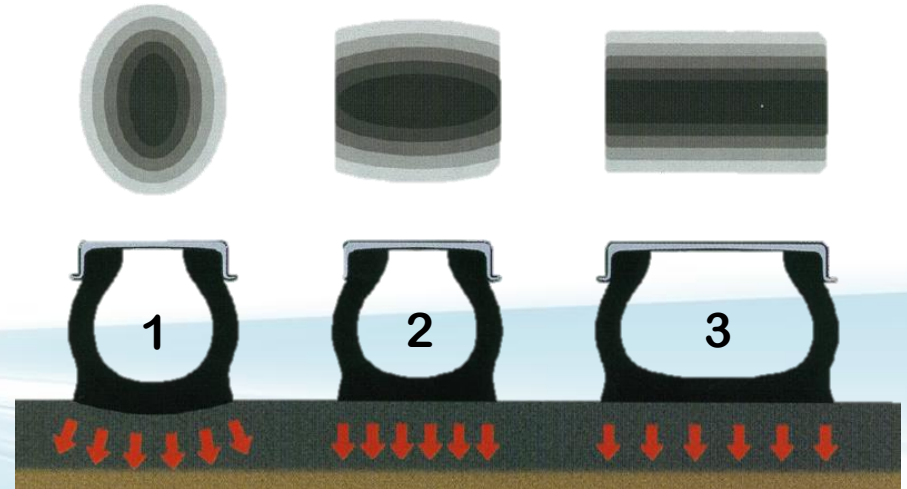
[7] Michelin



Compacteur à pneumatiques

Types de pneus et effet sur la pression de contact au sol

1. **Pneu à carcasse diagonale standard**
 - Déplacement latéral
 - 0,3 à 0,9 MPa
2. **Pneu à carcasse radiale**
 - Répartition plus homogène avec une pression variable
3. **Pneu à base large**
 - Moins de déplacement latéral des particules



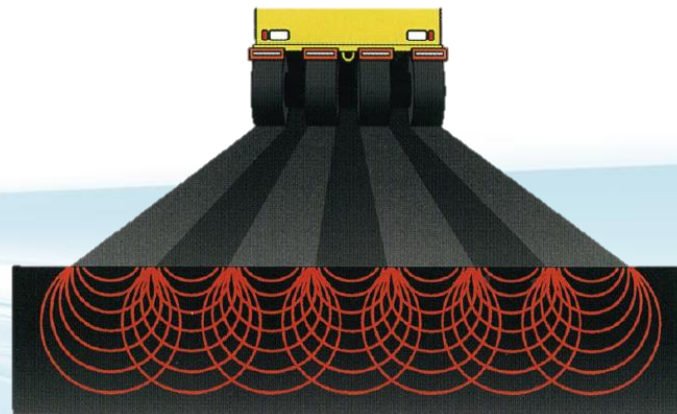
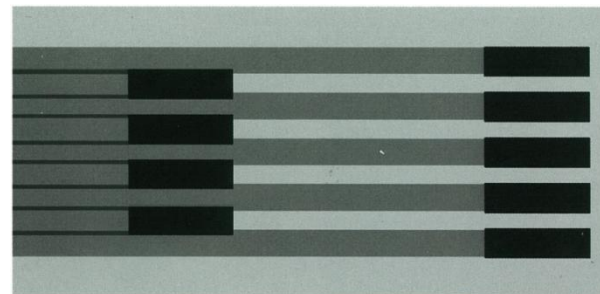
[1] Épandage et compactage des enrobés



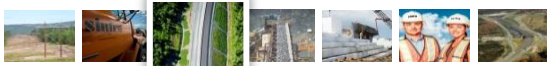
Compacteur à pneumatiques

Recouvrement des pneus

- Les surfaces de contact se recouvrent
- Les surfaces déjà compactées supportent la partie du sol en cours de compactage
- Ceci contribue à la qualité et à l'homogénéité du compactage

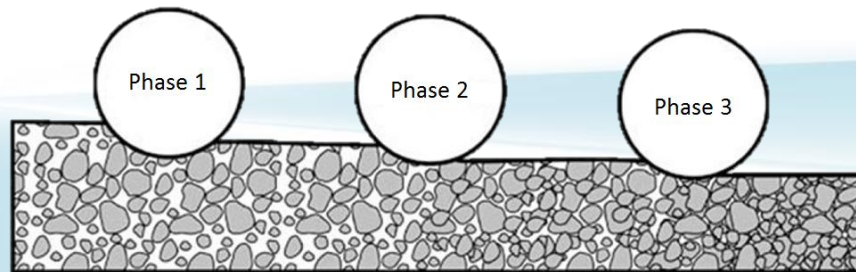


[1] Épandage et compactage des enrobés



Phases de compactage

- À la sortie de la paveuse, l'enrobé est entre 75 et 85 %
- Les rouleaux compresseurs doivent donc permettre d'atteindre une compaction entre 93 et 98 %
- La compaction faite par les compacteurs est divisée en trois phases





Phases de compactage

Phase 1

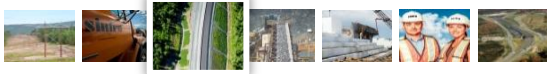
- Plus important gain en compacité
 - 95 % de la compaction
- Dès que la température de l'enrobé le permet

Phase 2

- Densification finale à l'enrobé
- La compacité voulue est atteinte
- La surface est de plus en plus uniforme

Phase 3

- Uniformiser et étanchéifier la surface



Phases de compactage et matériel

Phase 1

- Tandem vibrant
- Un compacteur à pneumatiques pourrait laisser des traces permanentes

Phase 2

- Un pneumatique ou un rouleau vibrant en mode vibrations
- Température optimale
- Pneumatiques ne fracturent pas les granulats
- Trop grande force de fracture des granulats

Phase 3

- Vibrant en mode statique ou en mode vibrant avec une faible amplitude est préconisé



Mélange tendre

Raison de la tendreté

- Enrobés tièdes moussés fabriqués à chaud
- Enrobés tièdes par additif fabriqués à chaud
- Pourcentage élevé de sable
- Granulats sont fragiles
- Granulats sont de forme arrondie
- Si la température ambiante est trop élevée

Phases pour mélange tendre

Phase 1	Phase 2	Phase 3
• Compacteur tandem en mode vibrations • Ou un compacteur à pneumatiques légers • (Si un compacteur à pneumatiques est utilisé, il faut être vigilant, car il peut laisser des marques de pneus permanentes)	• Compacteur à pneumatiques • Ou compacteur tandem en mode vibrations faible amplitude	• Compacteur tandem vibrant en mode statique



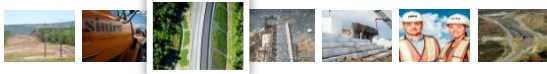
Mélange fragile

Raison de la fragilité

- Granulats calcaires ou dolomite
 - La relation entre l'épaisseur de la couche et la grosseur des granulats est de deux pour un
- Il est plutôt conseillé d'épaissir la couche avant de compacter

Phases pour mélange fragile

Phase 1	Phase 2	Phase 3
• Compacteur tandem en mode statique, ou faible amplitude • Ou compacteur à pneumatiques si les marques de pneus ne sont pas trop sévères	• Compacteur à pneumatiques	• Compacteur tandem en mode statique • Ou compacteur en mode vibrations sur un cylindre seulement



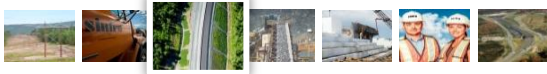
Mélanges durs

Raison de la dureté

- **Température de l'enrobé et/ou ambiante est faible**
- **Granulats 100% fracturés**
- **Additifs diminuent la maniabilité du mélange**
- **Quantité de bitume faible**
- **Base est instable**

Phases pour mélanges durs

Phase 1	Phase 2	Phase 3
Compacteur tandem vibrant en mode vibrations	Compacteur à pneumatiques	• Compacteur tandem vibrant en mode statique



Mélange régulier

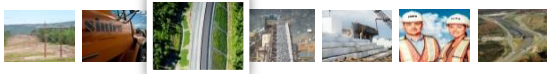
- Pour un mélange régulier, la séquence de compactage des mélanges tendres peut être utilisée



Plan de compactage

Éléments importants

- Choix du nombre et type de rouleaux
- Séquence de compaction
- Patron de compactage
- Intervalle de température qui optimise la compaction



Plan de compactage

Choix du nombre et type de rouleaux

- **Fonction de la production horaire de la centrale d'enrobage**
- **Un rouleau peut compacter entre 70 et 90 tonnes métriques d'enrobés par heure**
- **En règle générale, trois rouleaux sont utilisés et ils effectuent une phase chacun**



Patron de compactage

Règles de bonnes pratiques

- Terminer à angle
- Le compactage commence du côté le plus bas de la travée
- Effectuer le passage d'une bande à l'autre sur une zone déjà compactée pour éviter de laisser des traces
- Réduire la vitesse avant l'arrêt
- Pas de vibrations à l'arrêt
- Ne pas tourner à l'arrêt
- Ne pas rester stationnaire à l'arrêt
- La deuxième passe doit effacer les traces de la première



Patron de compactage

Règles de bonnes pratiques

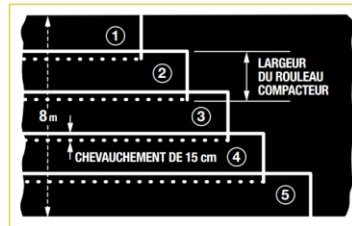
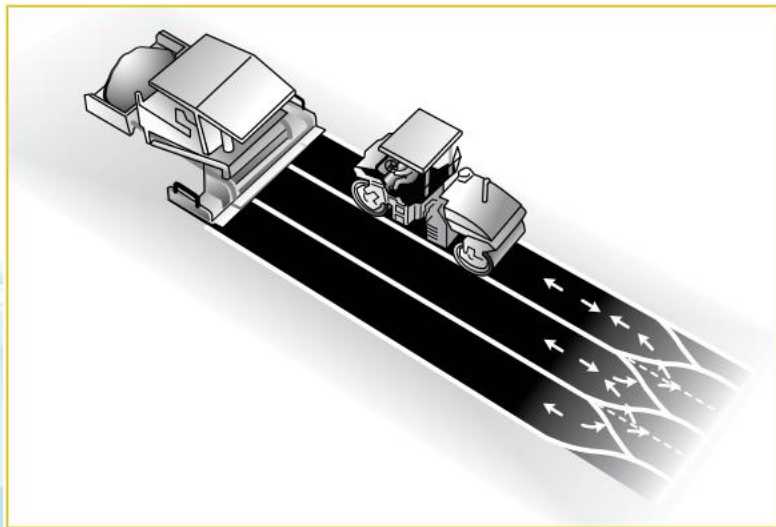


FIGURE 6.33
Un plan typique d'épandage avec des chevauchements de 15 cm entre les passes

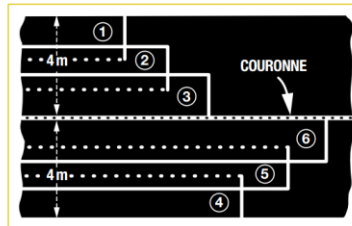


FIGURE 6.34
Le plan de compactage modifié en présence d'une couronne

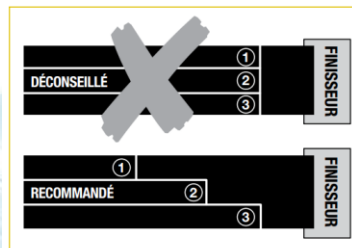


FIGURE 6.35
Les zones d'arrêt en échelon du rouleau compacteur

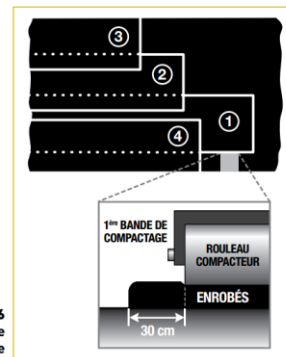
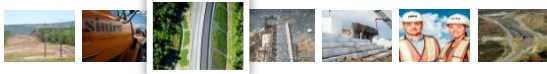


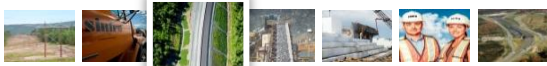
FIGURE 6.36
Le compactage d'une rive non supportée



Températures optimales de compaction

Enrobés conventionnels

Classe de bitume	Température initiale de compaction (°C)	Température finale de compaction (°C)
PG 52-34	120	80
PG 52-40	120	80
PG 58-28	120	80
PG 58-34	125	85
PG 58-40	130	85
PG 64-28	130	85
PG 64-34	140	90
PG 70-28	140	90
PG 70-34	140	90



- <http://www.eng.auburn.edu/users/timmdav/MultiCool/FinalRelease/Mobile.html#Disclaim>



Compactage sur ouvrages d'art

- Mode de vibration classique verticale à éviter
- En mode statique
- En mode vibration horizontale
- Ou fortement inclinée, plus de 60 degrés

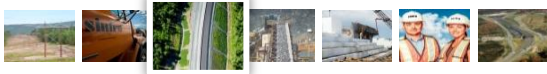


Compactage des bords non soutenus

- Bonne liaison entre les deux couches
- Créer le moins possible de matériel lâche le long du joint
 - Mauvaise densification des matériaux



[3] Transport Research Board

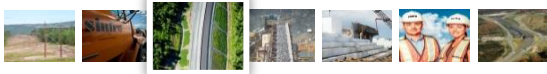


Compactage des bords non soutenus

- Utilisation d'une roulette latérale
- Sinon, laisser une bande de 30 à 40 cm non compactée
- Première passe seulement après que le reste ait subi un aller-retour



Figure 6 – Roulette latérale pour compacter le bord de la couche et éviter le fluage de l'enrobé. Une bonne visibilité est nécessaire pour la conduite du compacteur.



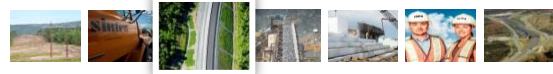
Compactage des bords non soutenus

Rupture du bordures non supportées

- Trop de passes près du bord
- Pas de première passe à l'intérieur du joint de 15 à 20 cm



Image prise lors de visite de chantier 2012



Compaction de la couronne

Séquence de compaction

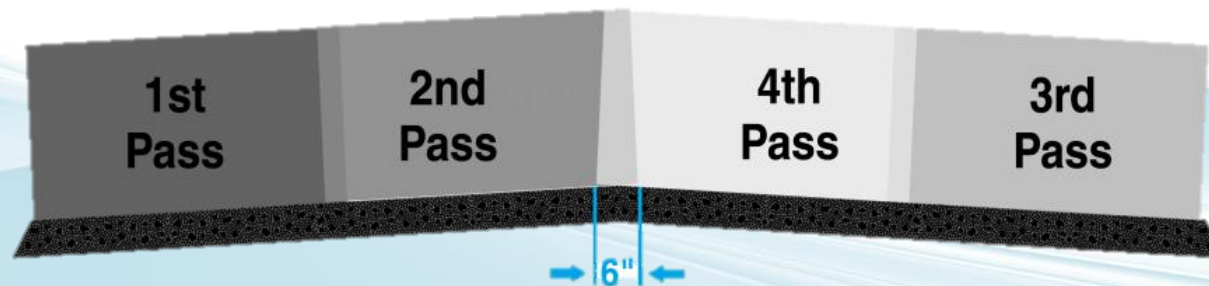
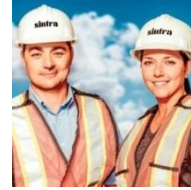
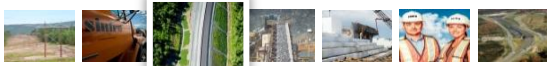


Image tirée de Cat Paving Product 2005

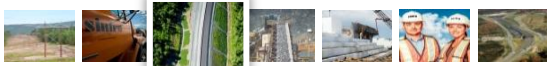
Compaction des joints





Compaction des joints

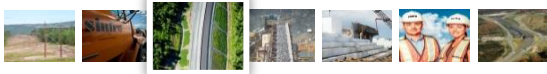
- Joints longitudinaux froids
- Joints longitudinaux chaud
- Joints transversaux



Compaction des joints

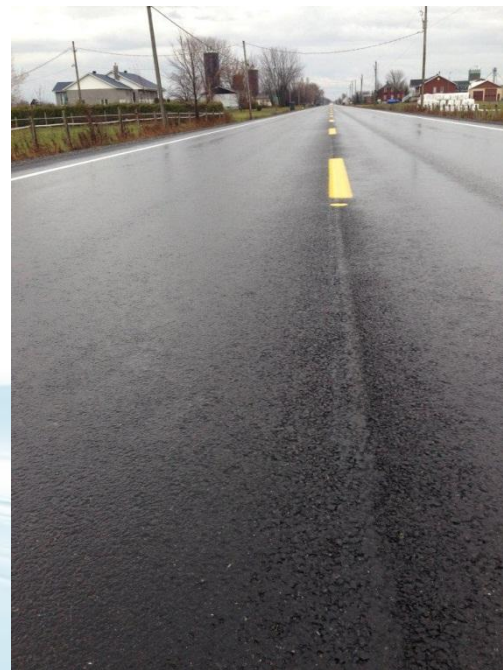
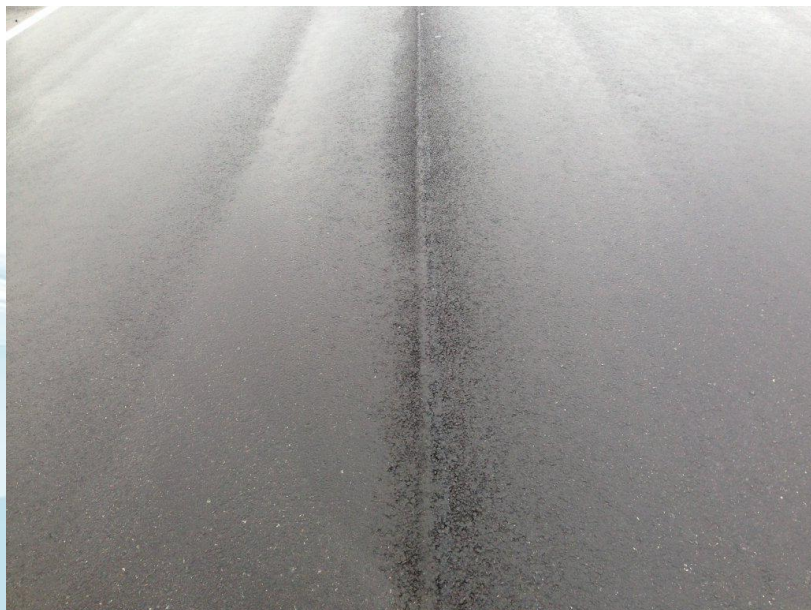
Joint mal compacté





Compaction des joints

Joint bien compacté



Compactage des joints froids

Chauffage du joint froid

- **Chauffage infrarouge**
 - Difficile à contrôler
 - Souvent surchauffé



FIGURE 3 Use of joint heaters at longitudinal joints.



Compactage des joints froids

Couper le joint

- Joint coupé à l'aide d'une roulette
- retiré avant la mise en œuvre de la prochaine travée



FIGURE 5 Cutting back of free edge.



Compactage des joints froids

Chevauchement et raclage du joint

- Un chevauchement optimal est nécessaire



FIGURE 6 Luting of longitudinal joint.



Compactage des joints froids

Points importants à respecter

- Amené de l'enrobé aux extrémités
- Utilisation des « extensions de vis »



Compactage des joints froids

Points importants à respecter

- Amener de l'enrobé aux extrémités
- Ségrégation causée par trop d'enrobé accumulé aux extrémités
- Le matériau « déboule » jusqu'au joint froid
- Densité donnée par les extension Vs la table

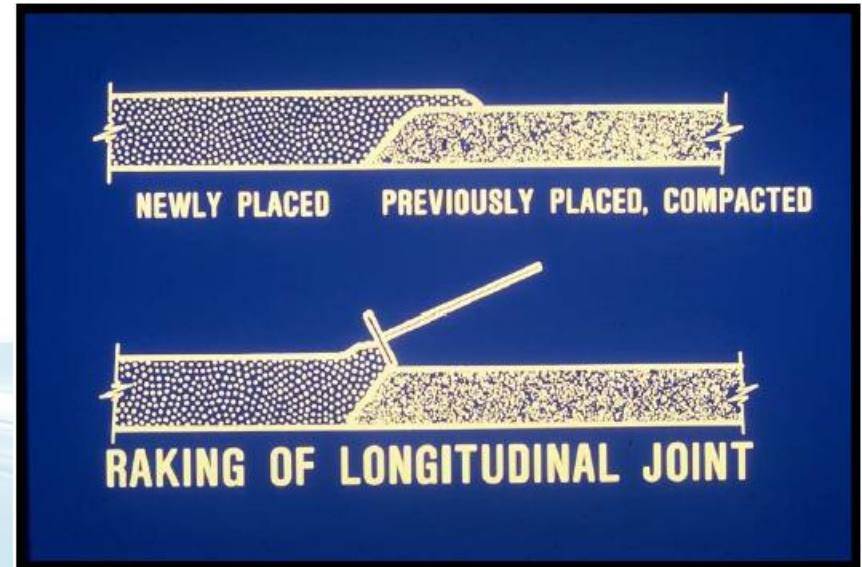




Compactage des joints froids

Points importants à respecter

- Chevauchement adéquat
- Raclage adéquat





Compactage des joints froids

Chevauchement et raclage du joint

- Raclage excessif
-





Compactage des joints froids

Chevauchement et raclage du joint

- Trop de chevauchement



FIGURE 12 Excessive amount of overlap mix from Lane 2 over Lane 1, which creates the need for improper raking of the joint.



Compactage des joints froids

Compactage du joint

- Pousser le matériel contre la voie déjà pavée
- Première passe 15 à 20 cm à l'intérieur du joint

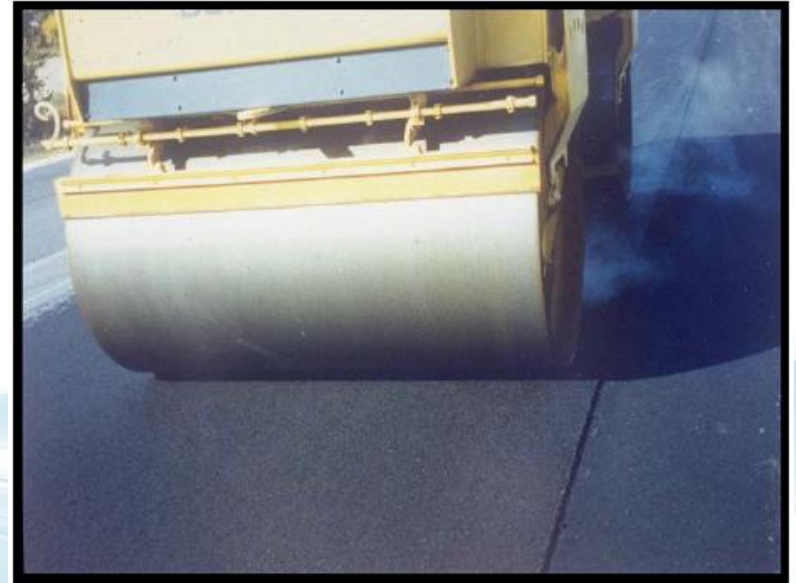


FIGURE 7 Rolling of longitudinal joint.

[3] Transport Research Board



Compactage des joints froids

Compactage du joint

- Seconde passe avec un chevauchement du cylindre de 15 à 20 cm sur l'enrobé froid

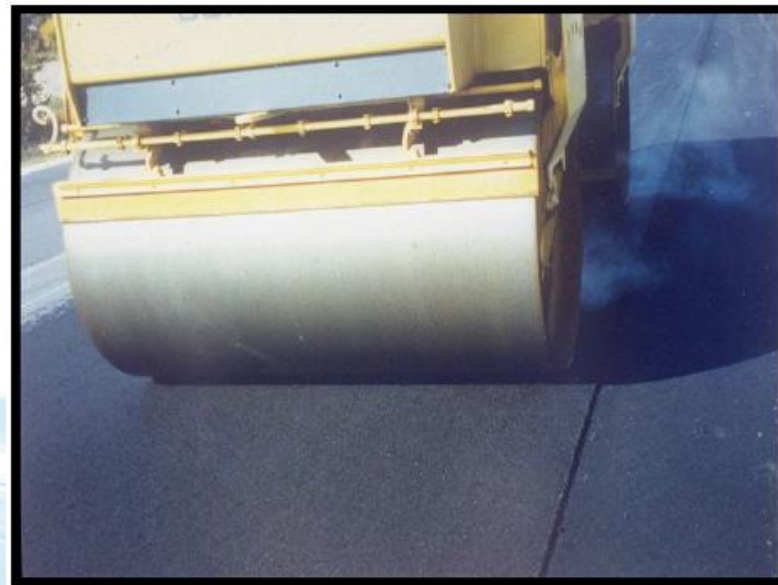


FIGURE 7 Rolling of longitudinal joint.

[3] Transport Research Board

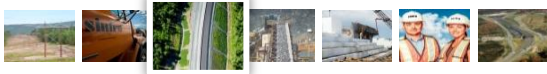


Compactage des joints froids

Selon LCPC, 2 méthodes possibles

- **Première**
 - Première passe sur l'enrobé froid déjà compacté
 - La suite des passes de l'extrémité non supportée vers le joint
- **Seconde**
 - Première passe sur l'enrobé chaud avec débord de 10 à 20 cm sur l'enrobé froid
- **Ne jamais compacté avec pneumatiques**





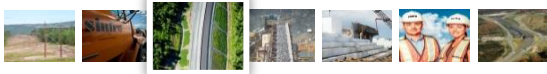
Joint de construction

Ce qu'il ne faut pas faire



Ce qu'il faut faire

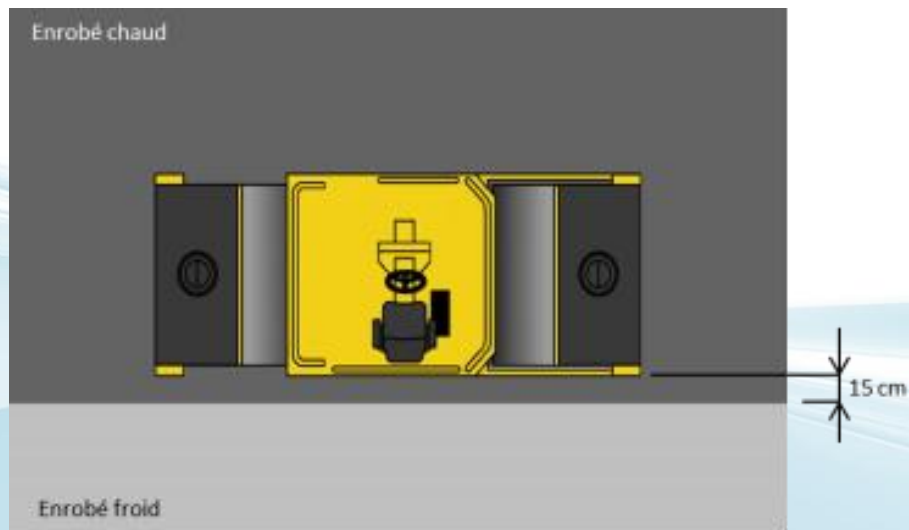




Compaction des joints transversaux

Première passe

Deuxième passe

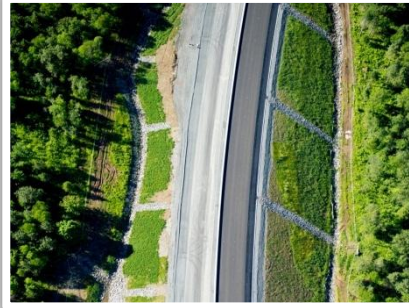




Bibliographie

1. **Épandage et compactage des enrobés. Théorie et pratique.** Suède, Kasernttryckeriet, «nom de la collection», 2001, 89 pages.
2. **Guide de bonnes pratiques. La mise en œuvre des enrobés.** Sainte-Julie, Bitume Québec, 2008, 105 pages.
3. **Transportation Research Board Circular. Factors Affecting Compaction of Asphalt Pavements.** Washington DC, «Transportation Research Board General Issues in Asphalt Technology Committee», September 2006, number E-C105, 182 pages.
4. **Techniques et méthodes des laboratoires des ponts et chaussées. Compactage des enrobés hydrocarbonés à chaud.** France, Juin 2003, 77 pages.
5. **Di Benedetto, Hervé Jean-François Corté. Matériaux routier bitumineux 2. Constitution et propriétés thermomécaniques des mélanges.** Paris, Germe Science Lavoisier, 2005, 283 pages.
6. **Groupe Wirtgen. Virtuelle.** [en ligne]. <http://www.wirtgen-group.com/en/wirtgen-group/brand-headquarters/> [page consultée le 26/11/2014].
7. **Michelin.** [en ligne]. **Groupe Wirtgen. Virtuelle.** [en ligne]. <http://www.wirtgen-group.com/en/wirtgen-group/brand-headquarters/> [page consultée le 26/11/2014].

Merci! Thank you!



Frédéric Noël, P. Eng.
Marc-Antoine Bucci

Co-Technical Director
Special Project Manager

2014-11-18

sintra
INC.