



Techniques numériques pour le suivi, l'ajustement et la cartographie du compactage des revêtements en asphalte pendant l'exécution du chantier

1. Contexte : le programme Construction du Futur

L'ambition de [Construction du Futur](#), programme structurant faisant partie de la stratégie [Digital Wallonia](#), est d'aider le secteur de la construction à relever les défis liés à l'emploi, l'économie et l'environnement en agissant sur divers leviers :

- Relever le niveau de maturité numérique globale du secteur ;
- Favoriser la diffusion de technologies numériques avancées ;
- Développer un réseau « d'ambassadeurs » au travers de professionnels de la construction présentant de bonnes pratiques numériques ;
- Coordonner les actions des différents acteurs en matière de transformation numérique du secteur.

Partenaire de ce projet, le Centre de recherches routières (CRR) conduit plusieurs actions, parmi lesquelles : l'organisation de séminaires et la publication d'articles pertinents afin de sensibiliser et informer les acteurs du secteur de la construction routière, leur permettant de surmonter les freins et obstacles et tirer avantage de la numérisation.

Le présent article s'inscrit dans cet objectif de sensibilisation et d'information. Il fait le point sur les technologies actuellement disponibles (sur les rouleaux) pour le compactage de l'asphalte. Celles qui sont décrites dans ce texte sont toutes disponibles sur le marché et, dans de nombreux cas, déjà installées sur les rouleaux les plus récents. La principale difficulté réside dans la capacité à utiliser correctement la technologie disponible et à en tirer le meilleur avantage pendant l'exécution des travaux.

2. Introduction

L'utilisation des technologies numériques dans le domaine de la pose des revêtements routiers en asphalte peut améliorer la manière dont les activités sont développées. L'application de ces technologies à ce secteur est connue sous le nom d'*Asphalt 4.0* et comprend l'utilisation d'outils numériques pour automatiser, surveiller et améliorer la manière dont les organisations développent leurs activités conventionnelles, telles que la gestion de la production de mélanges dans les centrales d'enrobage, le transport/la livraison ou la mise en œuvre (European Asphalt Pavement Association, 2025).



Cette transformation numérique est le plus souvent appliquée dans le contexte du contrôle qualité. Quatre grands piliers sont généralement cités à cet égard :

- la conception du mélange ;
- le contrôle de la production ;
- la logistique et la planification ;
- le contrôle des travaux réalisés (après la pose du revêtement).

Cependant, une étape cruciale, à savoir les outils numériques disponibles pendant la construction, est souvent négligée. De ce fait, ces développements sont moins connus et, par conséquent, moins utilisés. L'utilisation de ces technologies permet de garantir, de suivre et, si nécessaire, d'ajuster la qualité de la pose pendant l'exécution.

Ce document donne donc un aperçu concis des technologies les plus courantes et disponibles, et explique comment elles peuvent être utilisées pour optimiser la qualité de l'exécution.

Le processus de compactage

Lorsque l'asphalte est posé, il doit être compacté. Le pré-compactage obtenu lors de la pose par le finisseur permet d'obtenir des taux de compactage compris entre 80 et 95 %. Le reste doit être obtenu par un compactage supplémentaire à l'aide de rouleaux, circulant derrière le finisseur.



Compacteurs modernes (©brcc)

Le compactage du mélange a pour objectif principal d'y réduire les vides, et ainsi conférer à l'asphalte ses caractéristiques définitives. Le compactage requis dépend de la compactabilité du mélange et de l'épaisseur de la couche à compacter. Certains mélanges sont faciles à compacter ; ils se densifient et se stabilisent rapidement. D'autres sont plus difficiles à compacter et nécessitent donc plus d'énergie (poids du rouleau et/ou puissance du système de vibration) et de passages de rouleau (CRR, 2018).

Afin de mieux surveiller et cartographier le processus de compactage, différentes technologies sont disponibles sur le marché. La plupart des fabricants proposent des rouleaux dotés d'une technologie de pointe, en option ou non, afin de permettre à l'utilisateur de suivre et d'enregistrer en direct différents paramètres, tels que la température, le nombre de passages, le degré de compactage relatif ou non.



Il est important que l'utilisateur du rouleau soit suffisamment formé pour interpréter correctement les paramètres disponibles et ainsi exécuter le processus de compactage de manière adéquate et l'ajuster si nécessaire.

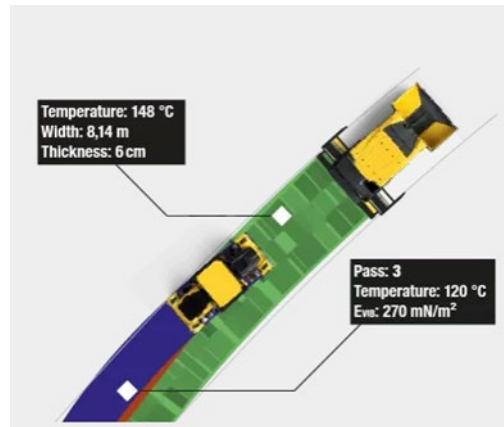
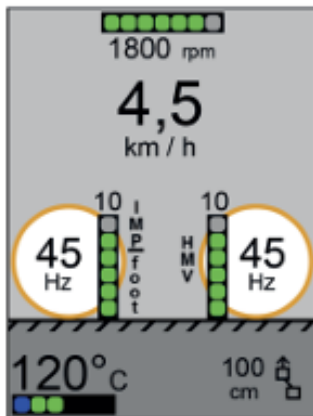
Enregistrement de la température

L'asphalte doit être compacté dans la plage de température appropriée (voir les recommandations R96 du CRR, 2018). La plage dépend du mélange utilisé. Afin de connaître la température du mélange pendant le compactage, les rouleaux sont équipés de capteurs de température, installés sous la machine ou à l'avant de celle-ci. Les mesures seront donc effectuées respectivement entre les cylindres ou à l'avant de la machine (HAMM S.d.).



Illustration du positionnement des capteurs de température (©Wirtgen)

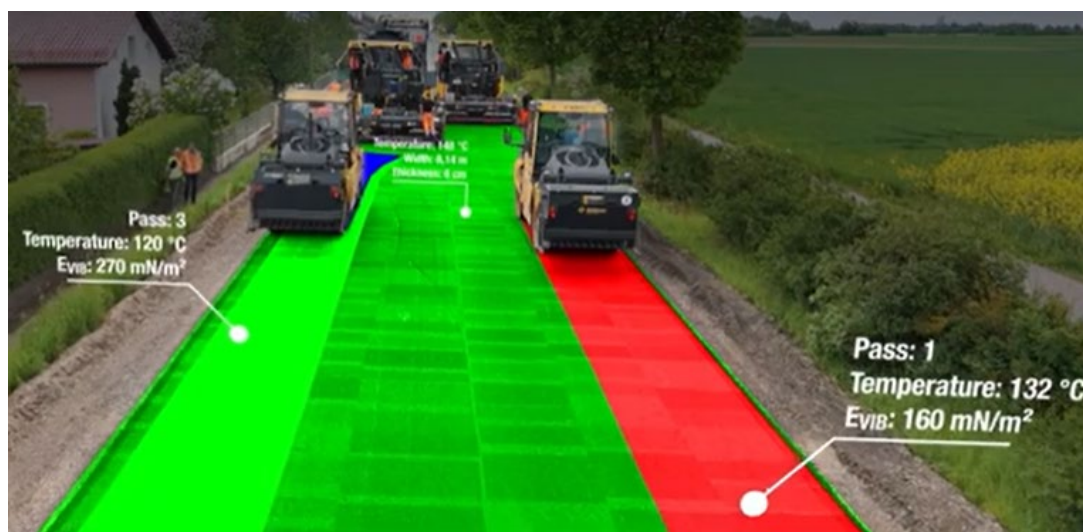
Les valeurs sont affichées sur un écran dans la cabine. Des systèmes plus avancés créent une carte thermique qui enregistre la température à chaque passage du rouleau. Ce type de système peut également intégrer la température de pose, enregistrée par un scanner IR sur la finisseuse (MOBA S.d.), dans l'image thermique affichée à l'écran¹.



A gauche : Affichage de la température à l'écran (©Wirtgen)

A droite : Intégration dans l'affichage de la température relevée par le finisseur (©Bomag)

¹ <https://www.bomag.com/ww-en/technologies/overview/bomap-pave/>



Enregistrement de la température lors des passages des rouleaux (©Bomag)

Il est très important d'interpréter correctement les températures affichées. Les températures mesurées sont des températures de surface et sont donc soumises à tous les facteurs environnementaux (soleil, vent, précipitations). Cette température de surface peut donc rapidement différer de la température réelle dans la couche (voir la publication du CRR CR42 « Evolution de la température d'une couche d'enrobé bitumineux nouvellement posée » (Pilate O., 2006)). Il convient d'en tenir compte lors du réglage de l'intervalle de température (code couleur) dans lequel le compactage doit être effectué.

Enregistrement des passages du rouleau

Pour obtenir un bon degré de compactage, l'asphalte doit subir suffisamment de passages de rouleau dans la plage de température appropriée. La plage de température est directement liée aux facteurs environnementaux et, par conséquent, à une certaine fenêtre de temps dans laquelle les passages de rouleaux doivent avoir lieu.

Afin d'obtenir un résultat homogène, on utilise un modèle de compactage prédéfini. Ce modèle comprend le nombre de passages nécessaires et un schéma de compactage à suivre. Ces modèles et les facteurs qui les influencent sont décrits en détail au chapitre 3.4 du code de bonne pratique R96 du Centre de recherches routières (2018).

Afin de pouvoir enregistrer le nombre de passages, les rouleaux sont équipés d'une antenne GPS et d'un système d'enregistrement. Il existe différents systèmes sur le marché qui permettent d'enregistrer le nombre de passages de cette manière.

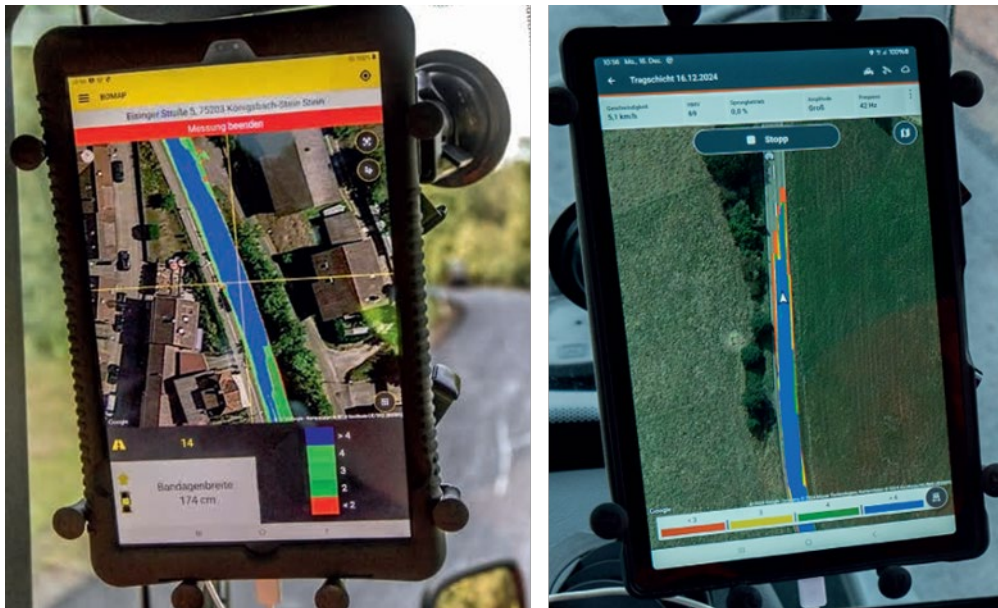


Antenne GPS sur un rouleau compacteur (©Bomag)

Ces systèmes fournissent à l'utilisateur un aperçu clair du nombre de passages effectués à un endroit donné et du nombre de passages encore nécessaires. Cela se fait généralement à l'aide de codes couleur prédéfinis (BOMAG, 2021). Souvent, plusieurs rouleaux sont utilisés. Le cas échéant, il existe un réseau local au sein duquel les rouleaux peuvent communiquer entre eux et



échanger des données. Ainsi, chaque rouleau peut voir où les autres rouleaux sont déjà passés. Cela est utile lorsque, par exemple, un rouleau part pour faire le plein d'eau et qu'un autre rouleau doit prendre sa place.



Affichage de l'enregistrement des passages (©Wirtgen et Bomag)

Il existe également des systèmes qui vont encore plus loin et qui, outre l'enregistrement du nombre de passages, assistent également l'utilisateur dans l'exécution du profil de compactage. Ceci est expliqué plus en détail dans la section « Contrôle automatique du processus de compactage ».

Enregistrement des paramètres de densité

La réalisation d'un nombre de passages suffisants, dans les intervalles de température et de temps prévus forme la base pour obtenir un bon compactage. Cependant, le comportement d'un enrobé bitumineux peut varier en fonction de la rigidité du sol, ce qui fait que le processus de compactage se déroule toujours de manière légèrement différente. Dans ce cas, il peut être utile de collecter des informations sur le degré de compactage réel du mélange pendant le compactage.

Cela peut se faire de deux manières aujourd'hui. D'une part, une estimation est faite sur la base de l'évolution de la rigidité de la couche posée (BOMAG S.d.). Celle-ci est mesurée à l'aide de l'énergie réfléchie pendant la vibration. D'autre part, une technique basée sur la technologie GPR (*ground penetrating radar*) a été lancée très récemment, qui mesure le degré de compactage réel en temps réel (HAMM 2025a).

Densité sur base de l'énergie réfléchie

Au cours du processus de compactage, les vibrations du rouleau sont utilisées pour estimer la rigidité de la couche. Lorsque le rouleau roule en vibrant sur la surface, une partie de l'énergie est absorbée par la couche pour la compacter et une autre partie est réfléchie. Plus la couche est compacte, plus l'énergie réfléchie est importante. L'énergie réfléchie est donc une mesure relative de la rigidité et donc aussi de la densité de la couche (BOMAG 2023).



Lors de l'utilisation de ce paramètre, il faut tenir compte du fait que l'énergie réfléchie dépend également de la rigidité du sol. Cela conduit à deux points importants à prendre en considération:

- L'homogénéité de la rigidité du sol : le sol sur lequel la couche d'asphalte est appliquée (fondation, sous-couche) doit présenter une rigidité homogène. Les zones souples et moins rigides de la fondation absorberont davantage d'énergie et en réfléchiront moins, ce qui donnera la fausse impression que la densité de la couche d'asphalte est insuffisante.
- L'absence d'une valeur cible fixe pour un mélange spécifique : Étant donné que l'énergie de réflexion dépend de la rigidité du sol, il n'est pas possible de définir une valeur fixe pour un mélange. Celle-ci doit être redéfinie à chaque réalisation en fonction du sol.



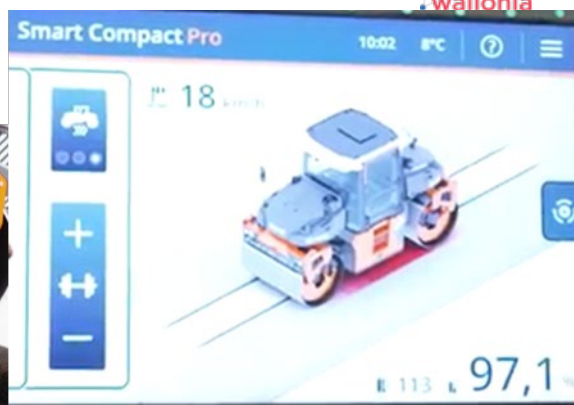
Affichage de l'énergie de compactage via EVIB sur l'écran du compacteur (©Bomag)

L'énergie réfléchie par le compactage peut être utilisée pour estimer la densité d'une couche d'asphalte pendant le compactage. Pour cela, elle doit être mise en relation avec la densité réelle mesurée sur place, par exemple à l'aide d'un densimètre nucléaire.

Taux de compactage en temps réel avec à la technologie radar GPR

La technologie radar GPR n'est pas nouvelle en soi. Elle est utilisée depuis longtemps pour détecter les armatures dans les constructions en béton, les cavités, les conduites et les câbles dans le sol ou pour déterminer l'épaisseur des couches. Aujourd'hui, cette technologie peut également être utilisée pour déterminer le degré de compactage de l'asphalte.

Un radar GPR mesure la vitesse à laquelle les ondes radio peuvent se déplacer à travers un matériau. La vitesse de ces ondes radio est en partie déterminée par la constante diélectrique du matériau. Des matériaux différents ont des constantes diélectriques différentes. Le GPR est sensible aux changements dans les propriétés diélectriques du sous-sol, ce qui permet de détecter les variations dans la composition des matériaux, la teneur en humidité et d'autres facteurs. Comme la constante diélectrique de l'asphalte change à mesure qu'il est compacté, ce changement peut être mesuré.



Mesures de densité en temps réel avec GPR (©Wirtgen)

Via une calibration, on peut déterminer la constante diélectrique d'un mélange spécifique à différentes densités connues. Le système peut ainsi mesurer une densité réelle pendant l'exécution². Une calibration est nécessaire pour chaque type de mélange utilisé. La grande différence avec la technique précédente est que, lors de l'utilisation du radar GPR, le rouleau n'a pas besoin de vibrer pour pouvoir mesurer une valeur et la mesure ne dépend pas de l'état du sol.

Commande automatique du processus de compactage

Les rouleaux peuvent également être équipés d'une technologie logicielle qui, sur la base des paramètres mesurés, aide activement les conducteurs à sélectionner les bons réglages pour le compactage. Le conducteur indique le type d'asphalte à compacter. Le logiciel calcule automatiquement le type de compactage requis et l'énergie de compactage nécessaire.

Le comportement complexe de refroidissement de l'asphalte, qui est influencé par des variables imprévisibles telles que la température ambiante ou le vent, revêt également une importance particulière. Ces informations peuvent être enregistrées en plus par une station météorologique installée sur le rouleau ou le finisseur et ainsi être prises en compte dans les réglages.



Contrôle de l'énergie de compactage et transition de la vibration à l'oscillation (©Wirtgen)

Ces systèmes déterminent automatiquement si le rouleau fonctionnera de manière statique ou dynamique pendant la transition. En mode dynamique, il est encore possible de faire la distinction entre vibration et oscillation (si l'oscillation est prévue sur le rouleau). Le choix sera

² <https://www.wirtgen-group.com/en-ps/products/hamm/technologies/smart-compact-pro/>



fait sur la base des paramètres de rigidité décrits ci-dessus, qui sont mesurés pendant le compactage.

Outre le contrôle de l'énergie et de la méthode de compactage, ces systèmes automatiques peuvent guider le conducteur dans l'exécution du schéma de compactage en fonction de la température mesurée et de la vitesse du finisseur (HAMM 2025b).



Guidage du modèle de compactage (©Wirtgen)

Bibliographie

- BOMAG (S.d.): See compaction progress: The BOMAG economizer for vibrating paltes and tandem rollers. Available online at https://www.bomag.com/dam/BOMAG/Other/Brochure/Brochure_E/Brochure_ECONOMIZE_R_PRE102352_1503.pdf
- BOMAG (2021): Digital, mobile, transparent. BOMAG: Your smart helper on construction sites. Available online at https://www.bomag.com/dam/BOMAG/Other/Brochure/Brochure_E/Brochure_BOMAP_PRE112347_2101.pdf
- BOMAG (2023): Superior technology, optimal compaction: Articulated tandem rollers, 5t and over. Available online at https://www.bomag.com/dam/BOMAG/Other/Brochure/Brochure_E/Brochure_BW141-206-5_PRE103017_1703.pdf
- European Asphalt Pavement Association (2025): Asphalt 4.0: Digital transformation (EAPA Technical Briefing). Available online at <https://eapa.org/asphalt-40/>



- HAMM (S.d.): HAMM temperature meter (HTM). Available online at https://www.wirtgen-group.com/binary/full/o240235v83_HAMM_Temperature_Meter_Technology_enGB.pdf
- HAMM (2025a): Smart Compact Basic / Pro. Available online at https://www.wirtgen-group.com/binary/full/o336139v83_Smart_Compact_Basic_Pro_Asphalt_Brochure_enGB.pdf
- HAMM (2025b): Track assist and WPT compacting. Available online at <https://www.wirtgen-group.com/en-us/news/hamm/track-assist-and-wpt-compacting/>
- MOBA (S.d.): PAVE-IR: Real-time thermal profiling: The innovative system for process optimisation and documentaton in road construction. Available online at https://moba-automation.com/wp-content/uploads/sites/15/Pave-IR_Brochure-0125.pdf
- Centre de recherches routières (2018). Code de bonne pratique pour la mise en œuvre des revêtements bitumineux (R96).
- Pilate, Olivier (2006). Evolution de la température d'une couche d'enrobé bitumineux nouvellement posée. Centre de recherches routières (CRR) (Rapport de recherche, CR 42/06).

Cet article a été rédigé par M. Ben Duerinckx, coordinateur des sections pilotes au Centre de recherches routières (CRR).