



TECHNOLOGIES DE CONTRÔLE DU COMPACTAGE CAT®

Pour sol et asphalte

BUILT FOR IT.™



QUALITÉ. HOMOGENÉITÉ. FIABILITÉ.

Les technologies de compactage Caterpillar améliorent le rendement et garantissent un travail de qualité sur chaque chantier.

Le contrôle du compactage **Cat® est une suite de technologies qui assistent le conducteur du compacteur en lui fournissant des données pour améliorer les performances tout en garantissant une meilleure qualité et un meilleur rendement.** Ces technologies, y compris les systèmes de mesure, de positionnement et d'analyse, sont basées les unes sur les autres et constituent les fondements de ce que Caterpillar définit comme un système de « compactage intelligent ».

Le compactage a toujours été une science inexacte. Pour réaliser leur travail de compactage, les conducteurs se fient principalement à leur intuition et à leurs sens, ou bien ils suivent une certaine procédure soumise à des spécifications. Les tests point par point révèlent les zones mal compactées dans une construction et les retouches sont alors inévitables pour atteindre la qualité souhaitée. Ce processus était toléré dans le passé, mais aujourd'hui les organismes gouvernementaux exigent davantage de qualité lors de la construction des routes, ainsi qu'une plus

grande durée de service des routes construites. Alors que les coûts de construction des routes augmentent et que le secteur de la construction devient de plus en plus concurrentiel, les entrepreneurs cherchent également des moyens d'augmenter le rendement et de réduire le nombre de retouches.

Le contrôle du compactage Cat permet aux conducteurs de compacteurs de mieux comprendre les facteurs du chantier afin d'obtenir un compactage homogène et de qualité. Au lieu de se fier à leur intuition et à leurs estimations, les conducteurs peuvent utiliser les données en temps réel des technologies de contrôle du compactage Cat pour analyser et déduire le moment où le compactage est conforme aux spécifications. Ainsi, ils obtiennent une couverture totale, efficace et homogène, et ils peuvent passer plus rapidement au chantier suivant une fois le travail terminé.



COMPACTAGE INTELLIGENT

MESURER.

La technologie de contrôle du compactage Cat permet au conducteur de surveiller les conditions du chantier ayant une incidence sur la qualité et l'efficacité du travail en temps réel.

DOCUMENTER.

Le système de navigation globale par satellite (GNSS, Global Navigation Satellite System) est une technologie de positionnement qui permet aux conducteurs, aux responsables de chantier et aux ingénieurs d'enregistrer et de visualiser la qualité et l'homogénéité du travail sur l'intégralité du chantier.

ANALYSER.

Les données collectées peuvent être analysées et utilisées à des fins de documentation ou tout simplement pour révéler des éléments insoupçonnés.

COMPRENDRE LA MESURE DU COMPACTAGE

La **densité** est la mesure traditionnelle utilisée par les différents organismes pour évaluer la capacité d'un matériau compacté à supporter la charge que l'on place sur lui. Toutefois, la technologie de mesure du compactage, dont sont équipés les compacteurs de sol et d'asphalte, mesure les **indications de rigidité**. La *rigidité* est la capacité d'un certain volume et d'une certaine forme de matériau à résister aux déformations. Contrairement à la densité, la rigidité reflète directement la résistance à la charge.

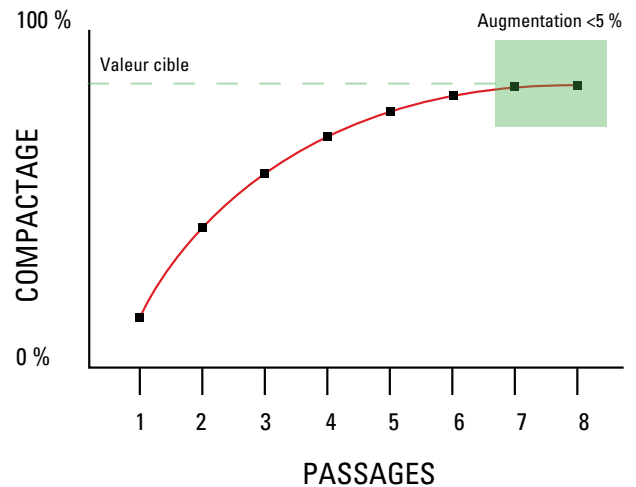
Il est important de savoir que la mesure effectuée par le système sur le compacteur ne correspond pas à la mesure utilisée par les différents organismes pour déterminer si le travail est conforme aux spécifications. Il peut d'ailleurs être difficile de mettre ces deux mesures en corrélation. Malgré cela, bien qu'utilisant différentes méthodologies, ces deux mesures visent à atteindre le même objectif : un compactage de qualité. Dans le cas du système intégré au compacteur, la mesure peut guider le conducteur afin d'obtenir un compactage conforme aux spécifications.

Lorsque le compacteur effectue une mesure, le résultat est le fruit d'un grand nombre de variables : composition du sol, effet de l'humidité, poids du compacteur, facteurs environnementaux, température. Ces variables changent constamment au fur et à mesure que le compacteur travaille, par conséquent les mesures peuvent également changer. Deux compacteurs identiques parviendraient probablement à des résultats différents sur la même zone d'un matériau. C'est pourquoi les mesures sont considérées comme des valeurs relatives plutôt que comme des valeurs absolues, compte tenu de tous les facteurs pris en compte au moment de la mesure. En d'autres termes, nous parlons d'indications.

Les systèmes mesurent un volume de matériau à des profondeurs qui varient en fonction de la machine utilisée, du type de matériau et d'autres facteurs. Ce volume englobe toutes les couches jusqu'à la mesure la plus profonde afin d'obtenir une valeur composite. Il est important de bien comprendre cela lorsque l'on effectue le compactage de plusieurs couches, de fines couches ou de couches d'asphalte. La mesure est essentiellement une moyenne de tous les matériaux jusqu'à la profondeur d'influence de la mesure.

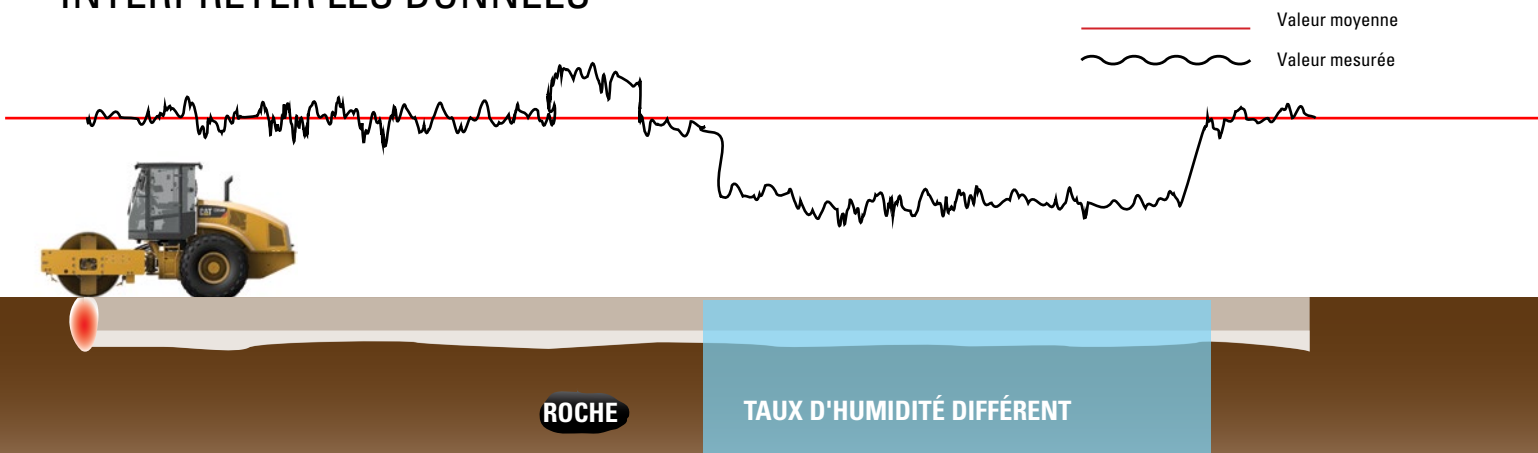


Au fur et à mesure que le compacteur travaille, le conducteur surveille les valeurs de la mesure. À chaque passage, les valeurs augmentent alors que le matériau devient de plus en plus compact. De la même façon, le taux de variation entre un passage et le suivant diminue. Lorsque ce taux atteint une plage prédéterminée, généralement inférieure à 5 % (ou l'équivalent de quelques points de valeur), le conducteur peut raisonnablement considérer que le matériau est très proche d'un compactage total. À ce moment-là, le conducteur peut appeler les équipes de test et passer à la zone suivante. Si le test est concluant, le conducteur pourra établir la **valeur cible**, une référence ou un objectif de valeur de compactage pour cette zone qui indiquera que le compactage est très probablement conforme aux spécifications.



À chaque passage, le degré de compactage augmente et le taux d'augmentation diminue. Lorsque le pourcentage d'augmentation devient inférieur à 5 %, la valeur cible peut être établie.

INTERPRÉTER LES DONNÉES



Les nombreuses variables enregistrées lors d'un travail de compactage ont une grande incidence sur les mesures. Si les conditions ne sont pas homogènes ou régulières, les valeurs de la mesure peuvent varier.

La **variabilité** est considérée comme une indication de la fiabilité d'une mesure. En résumé, plus les mesures d'une zone varient, moins elles sont fiables. Il est tout à fait normal que les mesures varient légèrement, mais plus le degré de variabilité est élevé, moins la mesure est fiable. Lorsque la variabilité est élevée, cela signifie qu'un certain élément empêche la réalisation de mesures précises. Il peut s'agir d'un changement de composition du sol, d'une modification du taux d'humidité du sol ou autre.

Par exemple, les systèmes de mesure basés sur un accéléromètre (comme la technologie CMV) utilisent un cylindre vibrant pour frapper le sol, puis mesurer sa réaction. Les sols argileux sont très élastiques et ont un effet d'atténuation sur les vibrations, c'est pourquoi leurs mesures varient énormément. Les sols granulaires transmettent très bien les vibrations, leurs mesures varient donc moins. Par conséquent, la technologie CMV est recommandée sur les sols granulaires mais pas sur les sols argileux.

Toutefois, les valeurs peuvent augmenter ou diminuer soudainement pendant une période de faible variabilité. Cela peut indiquer un problème dans les matériaux : présence d'un bloc de roche, d'un amas d'argile ou d'un tronc d'arbre enterré, par exemple. Si la plage de valeurs générale change, cela peut refléter une modification du taux d'humidité ou de la composition du matériau. Les données peuvent indiquer si des recherches plus approfondies sont nécessaires.

SOLUTIONS

| | Cylindre unique lisse vibrant pour sol | Cylindre unique à pieds dameurs vibrant pour sol | Double cylindre vibrant pour asphalte | Compacteur pneumatique |
|---------------------------------|--|--|---------------------------------------|------------------------|
| Machine Drive Power (MDP) | ✓ | ✓ | | |
| Compaction Meter Value (CMV) | ✓ | | ✓ | |
| MDP et CMV | ✓ | | | |
| Température | | | ✓ | ✓ |
| Cartographie GNSS | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Compactage auto-ajustable (AAC) | | | ✓ | |
| Machine à machine | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |

TECHNOLOGIES POUR SOL

COMPACTION METER VALUE (CMV)

- Système à accéléromètre
- Fournit une indication sur la rigidité du sol à des profondeurs situées entre 1 et 1,2 m en fonction de la taille de la machine et des conditions du sol
- Machines à cylindre lisse sur sols granulaires

MACHINE DRIVE POWER (MDP)

- Système basé sur l'énergie
- Fournit une indication sur la rigidité du sol à des profondeurs situées entre 30 et 60 cm en fonction de la taille de la machine et des conditions du sol
- Machines à cylindre lisse ou à pieds dameurs sur sols granulaires ou cohésifs
- Mesures avec ou sans vibrations

TECHNOLOGIES POUR ASPHALTE

COMPACTION METER VALUE (CMV)

- Système à accéléromètre
- Fournit une indication sur la rigidité de la route, représentée en tant que valeur composite des couches d'asphalte ainsi qu'une partie des conditions de base sous-jacentes
- Compacteurs à cylindres tandem vibrants

TEMPÉRATURE

- Capteurs infrarouges
- Fournit des mesures en temps réel de la température du revêtement
- Permet au conducteur de compacter efficacement le revêtement et de poursuivre avec le finisseur
- Compacteurs à cylindres tandem vibrants et compacteurs pneumatiques

COMPACTAGE AUTO-AJUSTABLE (AAC)

- Garantit que la machine applique une force de compactage optimale sur l'asphalte sans commande directe du conducteur

TECHNOLOGIES DE POSITIONNEMENT

CARTOGRAPHIE GNSS

- Utilise les constellations du système de navigation globale par satellite pour cartographier et enregistrer la position des mesures effectuées
- Permet au conducteur de visualiser l'avancement des travaux et de documenter la qualité du travail à des fins d'analyse
- Plusieurs options de correction sont disponibles en fonction du degré de précision souhaité, notamment autonome, SBAS et RTK

COMMUNICATION MACHINE-MACHINE

- Permet au conducteur de voir la progression de sa machine ainsi que la progression des machines travaillant dans la même zone, ce qui contribue à garantir un rendement optimal, une couverture totale et une qualité homogène

SOL GRANULAIRE OU COHÉSIF

Nota : les machines à cylindre lisse peuvent également utiliser la technologie MDP.



| cm | in |
|-----|----|
| 30 | 12 |
| 60 | 24 |
| 90 | 36 |
| 120 | 48 |



MDP

Profondeur d'influence de la mesure

SOL GRANULAIRE



| cm | in |
|-----|----|
| 30 | 12 |
| 60 | 24 |
| 90 | 36 |
| 120 | 48 |



CMV

Profondeur d'influence de la mesure

ASPHALTE ET COUCHES DE BASE



| cm | in |
|-----|----|
| 30 | 12 |
| 60 | 24 |
| 90 | 36 |
| 120 | 48 |



Les mesures sont une valeur composite de toutes les couches jusqu'à la profondeur totale d'influence du compactage. Cela peut inclure plusieurs couches d'asphalte ou couches de sol

CMV

Profondeur d'influence de la mesure

TECHNOLOGIES POUR SOL

DEUX TECHNOLOGIES DE MESURE DISPONIBLES

- Fournissent des indications sur la rigidité du sol
- Conviennent à une large gamme d'applications
- Se complètent entre elles, chacune possédant des fonctionnalités uniques
- Les compacteurs de sol à cylindre lisse (CS) peuvent posséder les deux technologies sur une seule machine afin d'augmenter le champ d'application et de permettre une plus grande polyvalence

CMV – VALEUR DU COMPACTAGE

- Mesure uniquement lorsque le système de vibration est actif
- Fournit des indications sur la rigidité du sol
- La technologie CMV (valeur du compactage) est basée sur un accéléromètre
- S'utilise uniquement sur des machines à cylindre lisse (CS)
- Convient parfaitement aux applications granulaires
- Mesure la profondeur de 1 à 1,2 m, selon les matériaux

MDP – PUISSANCE D'ENTRAÎNEMENT DE LA MACHINE

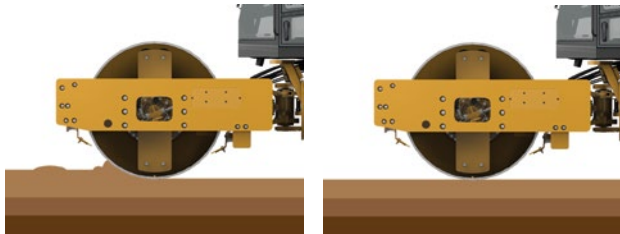
- Fournit des indications sur la rigidité du sol
- La mesure basée sur l'énergie met en corrélation le compactage avec la résistance au roulement ; ne requiert pas de vibrations
- S'utilise sur tous les compacteurs Cat de plus de 10 tonnes métriques : cylindre lisse (CS) ou à pieds dameurs (CP), ou modèles à cylindre lisse avec kits de bandage pour pieds dameurs
- Convient parfaitement aux applications sur sols granulaires et cohésifs
- Mesure jusqu'à la profondeur d'une couche moyenne : 30 à 60 cm
- Peut effectuer des mesures que le système de vibration soit actif ou inactif



MACHINE DRIVE POWER (MDP)

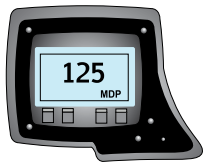
FONCTIONNEMENT

La technologie MDP mesure l'énergie nécessaire pour vaincre la résistance au roulement, une indication plus concrète et directe de la rigidité du sol, en la convertissant en une valeur estimée sans unité.



Le déplacement sur sol meuble requiert plus d'énergie

Le déplacement sur sol rigide requiert moins d'énergie



Contrôle du compactage Cat® – Indicateur MDP sur écran LCD standard



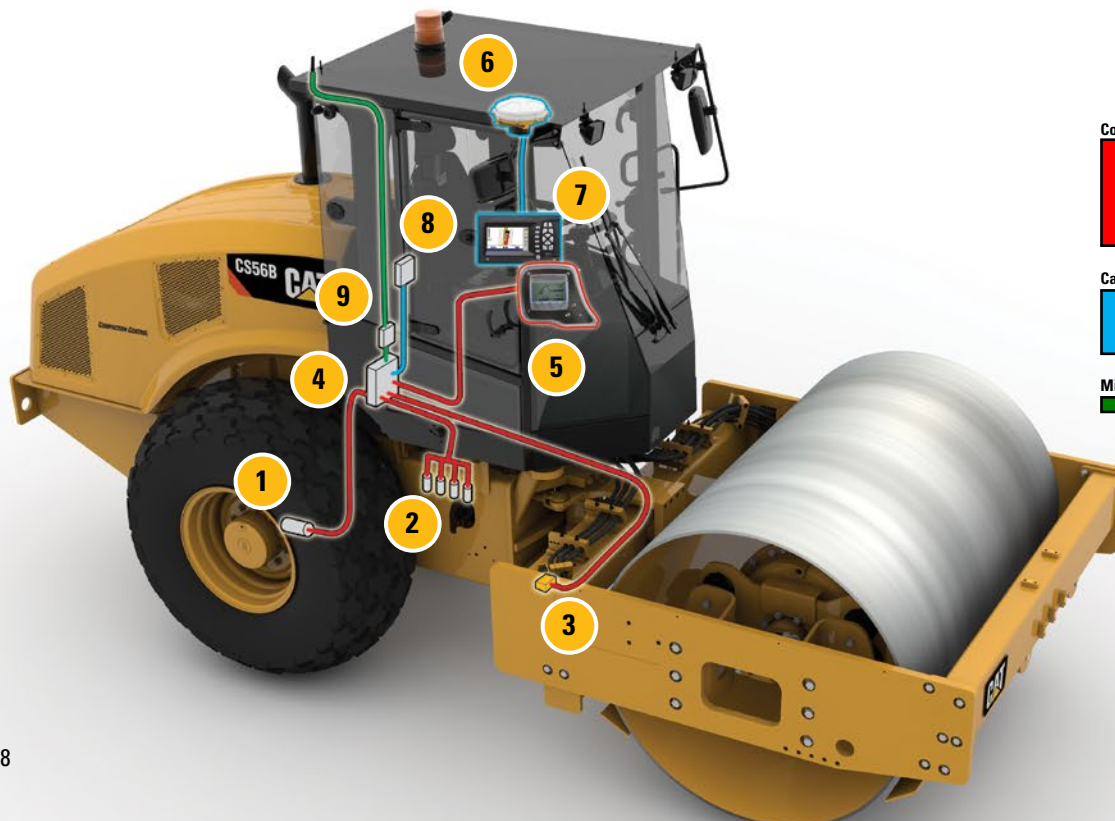
Écran couleur pour la cartographie

LARGE GAMME D'APPLICATIONS

- La technologie MDP est compatible avec tous les types de sols : fins, granulaires et cohésifs
- La technologie MDP est compatible avec les cylindres lisses, les cylindres à pieds dameurs ou les cylindres lisses équipés de kits de bandage pour pieds dameurs
- La technologie MDP peut effectuer des mesures avec un système de vibration actif ou inactif, ce qui permet aux conducteurs de prendre les mesures pendant les différents passages, puis d'éteindre le système de vibration pour les tests
- Le système est évolutif et s'adapte à un large éventail de cibles potentielles

MESURE PLUS FIABLE

- La technologie MDP permet de s'approcher au plus près de la profondeur que la machine est en mesure de compacter, au plus près de l'épaisseur de la couche
- Les mesures MDP permettent de corréler plus facilement les résultats aux équipements de mesure portatifs utilisés par les équipes de test (essais de plaque, par exemple)
- Système intuitif :
 - Les matériaux en vrac exigent davantage d'énergie pour le déplacement
 - Les matériaux rigides exigent moins d'énergie pour le déplacement
- Les mesures MDP sont moins affectées par l'effet d'amortissement des sols cohésifs ; la mesure est extrêmement fiable
- Cette moindre variabilité par rapport aux autres technologies de mesure du compactage disponibles sur le marché permet d'avoir davantage confiance en la mesure



Contrôle du compactage Cat – MDP

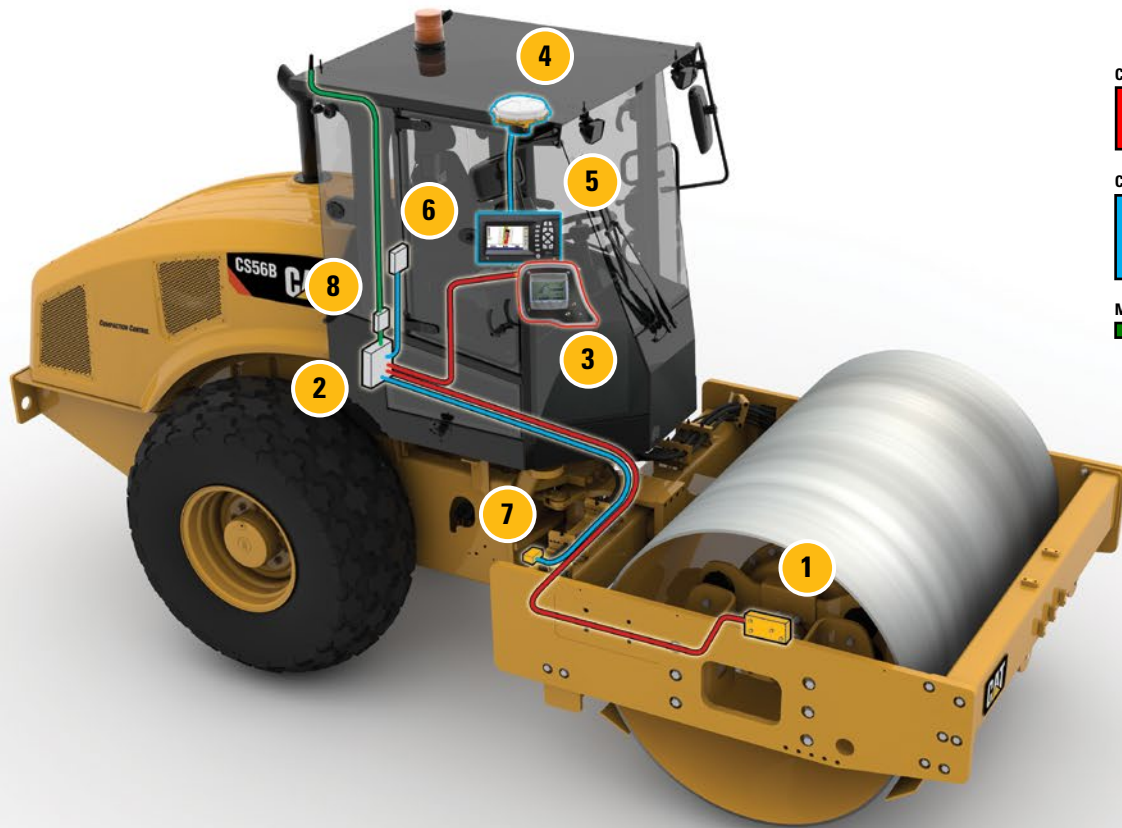
- 1. Capteur de régime
- 2. Capteurs de pression
- 3. Capteur d'angle
- 4. Contrôleur
- 5. Écran LCD

Cartographie, SBAS

- 6. Antenne GNSS
- 7. Écran couleur
- 8. Récepteur GNSS

Mise à niveau pour RTK

- 9. Équipement radio



Contrôle du compactage Cat – CMV

- 1. Accéléromètre
- 2. Contrôleur
- 3. Affichage LCD

Cartographie, SBAS

- 4. Antenne GNSS
- 5. Écran couleur
- 6. Récepteur GNSS
- 7. Capteur d'angle (en option)

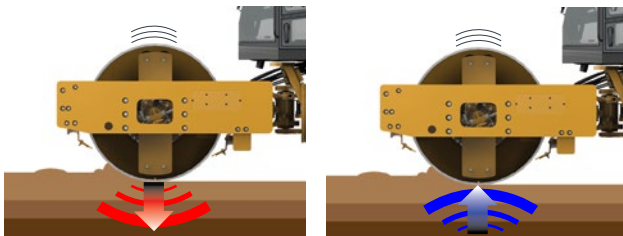
Mise à niveau pour RTK

- 8. Équipement radio

COMPACTION METER VALUE (CMV)

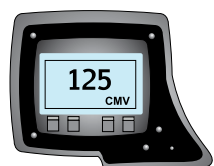
CMV – FONCTIONNEMENT

La technologie CMV calcule une **indication** de la **rigidité du sol**, en la convertissant en une valeur estimée sans unité.



L'énergie vibratoire est transmise au sol par le cylindre vibrant

Le matériau vibre en réponse, ce qui est détecté et mesuré par l'accéléromètre



Contrôle du compactage Cat – Indicateur CMV sur écran LCD standard



Écran couleur pour la cartographie

TECHNOLOGIE STANDARD

- Les solutions de compactage les plus intelligentes du marché sont basées sur les technologies à accéléromètre

MESURE EN PROFONDEUR

- La technologie CMV mesure jusqu'à 1 à 1,2 m de profondeur, en fonction du type de sol, de l'humidité et d'autres facteurs
- La technologie CMV peut indiquer la présence d'objets enterrés (blocs de roche, troncs d'arbres, amas d'argile) qui pourraient avoir une incidence sur la qualité de la base
- La technologie CMV peut fournir des indications sur la rigidité du sol ainsi que sur les besoins d'humidification supplémentaire pour faciliter le compactage
- La technologie CMV aide les entrepreneurs à détecter et à résoudre les éventuels problèmes lorsque le sol est ouvert et que les coûts sont moindres
- Solution fiable pour les matériaux granulaires
- Moins fiable pour les matériaux cohésifs

TECHNOLOGIES POUR ASPHALTE

VALEUR DU COMPACTAGE (CMV)

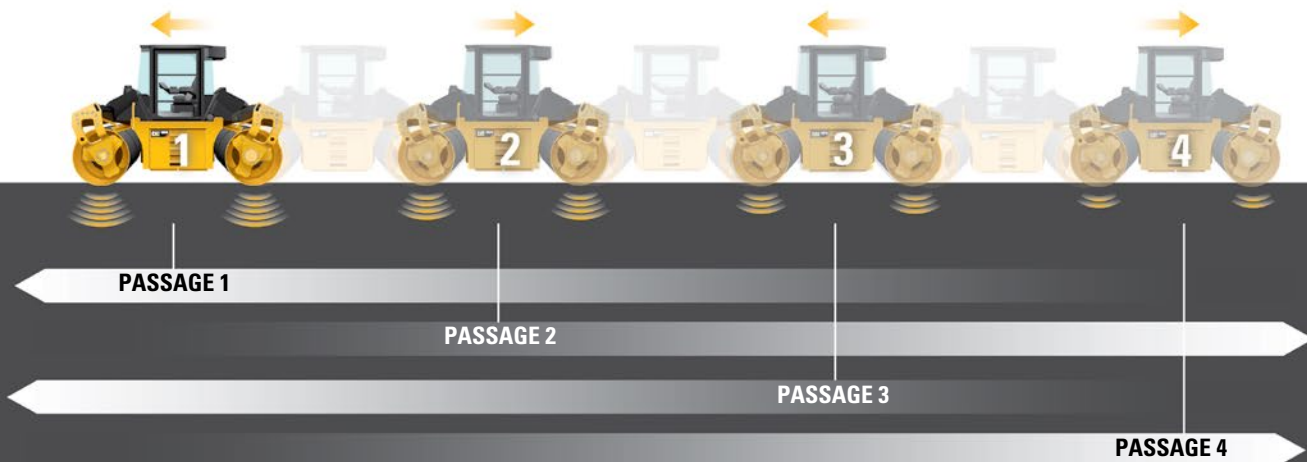
CARACTÉRISTIQUES CLÉS

- La technologie CMV utilise un accéléromètre monté sur le cylindre pour mesurer et enregistrer la rigidité composite du matériau sous le cylindre
- Un calcul de valeur sans unité provenant des données enregistrées fournit une indication sur la rigidité composite
- Ce calcul de valeur sans unité, appelé « valeur composite de rigidité », indique la rigidité des couches existantes et de soutien sous le cylindre
- La précision évolue pour fournir le meilleur positionnement GNSS (Global Navigation Satellite System, système de navigation globale par satellite) possible
- Le système de cartographie peut enregistrer le compactage, la fréquence et le nombre de passages au niveau de l'emplacement précis où la mesure a été prise

La technologie CMV est une combinaison de la rigidité de la couche d'asphalte, des couches de base et des matériaux de sous-base.

Elle peut vous aider à indiquer l'état de la structure routière sur les applications « broyage et remplissage ».





COMPACTAGE AUTO-AJUSTABLE

DISPONIBLE UNIQUEMENT SUR CB54B ET CD54B

PERFORMANCES DE COMPACTAGE EXCLUSIVES

- Les cylindres avant et arrière sont équipés d'une technologie d'auto-réglage
- Chaque cylindre est commandé indépendamment
- Il fournit le plus haut niveau d'amplitude sans surcompacter
- L'accéléromètre spécifique et le processeur contrôlent chaque cylindre

FACILITÉ D'UTILISATION

- La fonction automatique simplifie le fonctionnement et optimise les performances de compactage
- Les commandes restent avec le conducteur lorsqu'il fait pivoter le siège

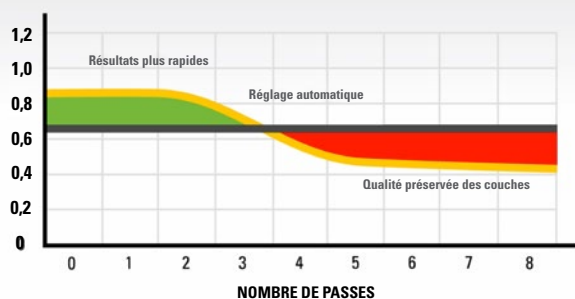
PRODUCTIVITÉ ACCRUE

- Optimise les performances, utile à proximité de structures sensibles
- La gamme complète de réglage d'amplitude se produit en moins de 4 secondes
- Élimine le débrayage et les dommages à l'asphalte
- Réglages de la sensibilité pour divers types d'enrobés
- Conforme aux normes de classification VT2 pour l'Europe

RÉDUIT LE COÛT DU COMPACTAGE

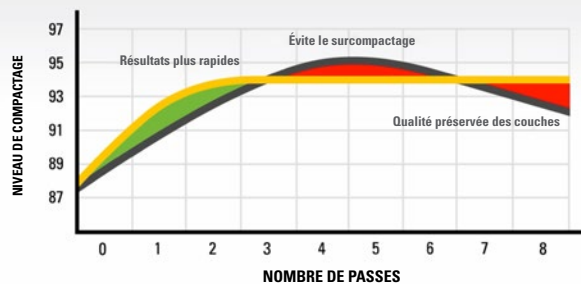
- L'homogénéité du compactage contribue à répondre aux normes de qualité
- Formation minimale requise pour les conducteurs inexpérimentés

RÉGLAGE AUTOMATIQUE. RÉACTIVITÉ ADAPTÉE.



■ Système de compactage auto-ajustable (ACC)
■ Systèmes traditionnels

QUALITÉ DE TAPIS OPTIMALE AVEC L'ACC



■ Système de compactage auto-ajustable (ACC)
■ Systèmes traditionnels



CARTOGRAPHIE DES TEMPÉRATURES ET DU COMPTEUR DE PASSES

CARTOGRAPHIE DU NOMBRE DE PASSAGES

- Permet d'atteindre la masse volumique souhaitée et d'augmenter l'efficacité du rouleau
- Enregistre et surveille le plan des passages en vue de garantir une couverture homogène
- Optimise le chevauchement de cylindre pour suivre le rythme du finisseur
- Simplifie les opérations nocturnes
- Évite les passages incomplets
- Empêche le surcompactage dû à un trop grand nombre de passages sur une zone

CARTOGRAPHIE DES TEMPÉRATURES

- Fournit un relevé visuel de la température du revêtement de manière à maintenir la machine dans la plage de températures adéquate
- Mesure et enregistre la température afin de permettre au conducteur de déterminer ultérieurement la plage de températures qui convient le mieux

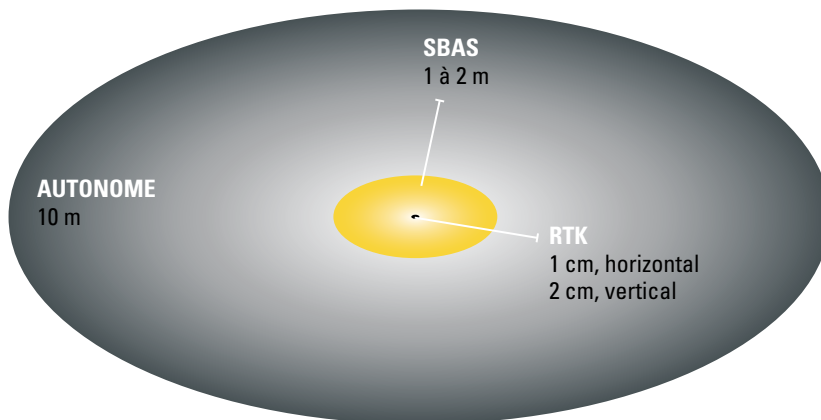
CAPTEURS DE TEMPÉRATURE

- Les deux capteurs infrarouges (IR) respectivement installés à l'avant et à l'arrière de la machine affichent des relevés de température en temps réel
- Le capteur IR purgé à l'air réduit les risques de relevés erronés dus à la présence de débris sur le capteur
- Signalent au conducteur lorsqu'il doit amorcer et interrompre le roulage
- Permettent d'éviter les zones fragiles qui se caractérisent généralement par une plage de températures comprise entre 104 et 110 °C
- Températures optimales du revêtement pour le compactage
 - La limite supérieure se situe aux alentours de 149 °C
 - La limite inférieure se situe aux alentours de 85 °C
- Élimine l'utilisation d'appareils de mesure portatifs ; les relevés du capteur sont intégrés au module d'affichage standard de la machine



TECHNOLOGIES DE POSITIONNEMENT

POUR APPLICATIONS SUR SOL OU ASPHALTE



PRÉCISION DE LA CARTOGRAPHIE
(marge quotidienne)

Autonome

Signal de positionnement par satellite non corrigé.
Généralement non utilisé dans le domaine de la construction.

SBAS : Satellite Based Augmentation System

Ce système d'augmentation par satellite triangule plusieurs points « d'ancrage » au sol pour fournir une mesure corrigée du signal satellite.

RTK : Real Time Kinematic

La cinématique en temps réel utilise les stations radio de base locales (UTS, Universal Total Station) ou les technologies basées sur cellule/modem (VRS, Virtual Reference Stations) pour fournir le meilleur degré de correction possible du signal satellite. Peut transmettre des données d'élévation en plus du positionnement au sol.

TECHNOLOGIE DE CARTOGRAPHIE GNSS

- Lie les mesures de compactage ou de température à l'emplacement où elles ont été prises
- Suit le nombre de passages et l'état de la couverture pour garantir un travail homogène
- Fournit des cartes en temps réel du travail de compactage
- Permet aux conducteurs, aux responsables et aux organismes de visualiser et de surveiller le travail en conditions réelles
- Fournit une documentation pour un suivi de la qualité
- Dispose d'options polyvalentes selon que la précision ou la valeur est l'élément le plus important : SBAS, RTK
- L'investissement initial peut évoluer pour répondre aux besoins spécifiques d'une tâche

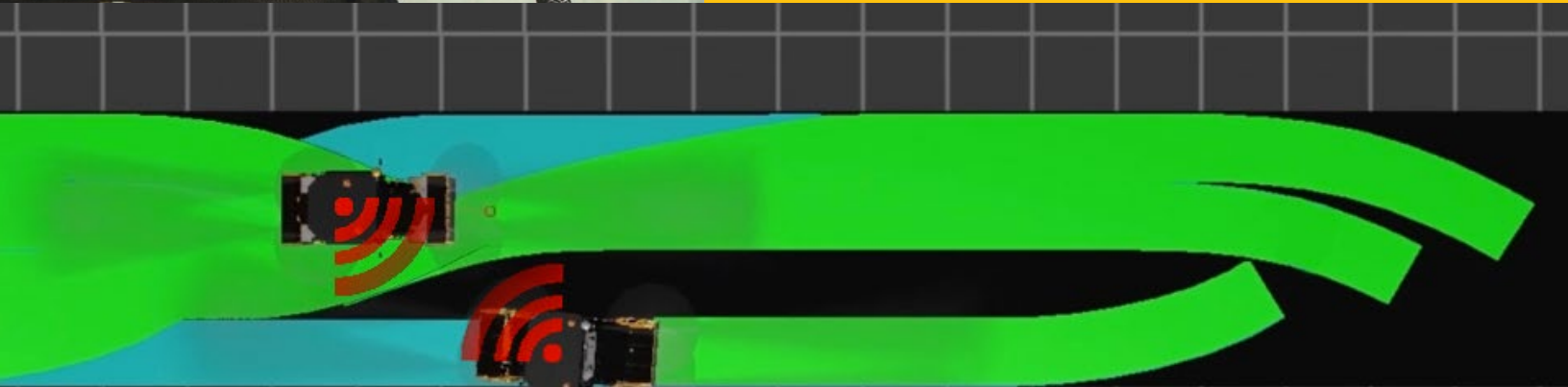




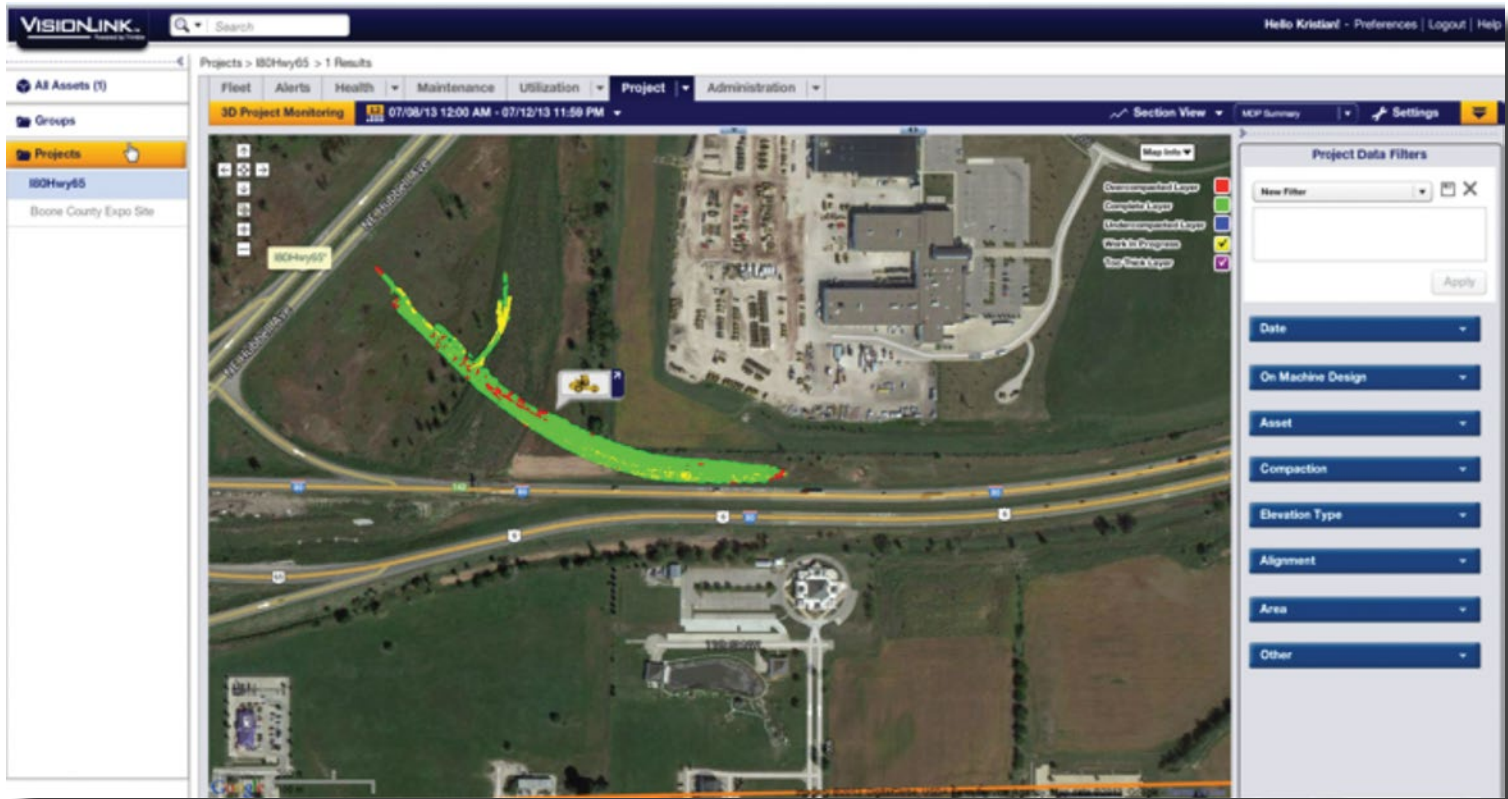
COMMUNICATION DE MACHINE À MACHINE

AMÉLIORE LES RÉSULTATS DE COMPACTAGE

- Affiche la progression composite en temps réel de plusieurs machines
- Améliore le rendement sur les chantiers
- Surveillance facile de la manière dont le parc de machines est utilisé
- Reprend les plans des passes là où les autres les ont arrêtées
- Simplifie les opérations nocturnes



DOCUMENTATION ET ANALYSE



DOCUMENTER LE TRAVAIL AVEC VISIONLINK™

- Permet aux responsables et aux organismes de surveiller l'avancement des travaux en temps réel
- Fournit des données détaillées sur un projet à des fins de documentation
- Les données peuvent être exploitées afin de révéler des éléments insoupçonnés susceptibles de réduire les coûts d'exploitation
- Appuie les décisions de retouches précoces, lorsque les coûts sont encore moindres

Caterpillar a toujours su mettre en œuvre des innovations qui ont révolutionné les techniques de construction de routes à travers le monde. La technologie permet de faciliter le travail, d'anticiper au mieux les résultats et de réduire les coûts. Nous collaborons avec nos clients pour nous assurer que l'équipement que nous leur proposons est adapté à leurs attentes et leur permet de développer leur activité. En outre, chaque lancement d'une nouvelle génération de machines s'accompagne d'une nouvelle vague de clients, issus des quatre coins du monde, qui délaissent la concurrence pour déferler toujours plus nombreux vers Cat.

Pour tout renseignement complémentaire sur les produits Cat, les services proposés par nos concessionnaires et nos solutions par secteur d'activité, rendez-vous sur le site www.cat.com.

BUILT FOR IT.™



QFD02045 (08/16)
(Traduction: 11/18)
© 2016 Caterpillar
Tous droits réservés

Documents et spécifications susceptibles de modifications sans préavis.

VisionLink est une marque déposée de Trimble Navigation Limited, enregistrée aux États-Unis et dans d'autres pays.

Les machines présentées sur les photos peuvent inclure des équipements supplémentaires destinés à des applications particulières.

CAT, CATERPILLAR, BUILT FOR IT, leurs logos respectifs, la couleur « Caterpillar Yellow » et l'habillage commercial « Power Edge », ainsi que l'identité visuelle de l'entreprise et des produits qui figurent dans le présent document, sont des marques déposées de Caterpillar qui ne peuvent pas être utilisées sans autorisation.

