



Centre de recherches routières
Ensemble pour des routes durables



Instruments pour les gestionnaires routiers

**9 | Indicateurs de performances structurelles pour la
gestion des chaussées**

Le Centre de recherches routières (CRR) est un institut de recherche impartial fondé en 1952. Il exerce son activité au bénéfice de tous les partenaires du secteur routier belge. Le développement durable par l'innovation est le fil conducteur de toutes les activités du CRR. Le CRR partage ses connaissances avec les professionnels du secteur routier entre autres par le biais de ses publications (codes de bonne pratique, synthèses, comptes rendus de recherche, méthodes de mesure, fiches d'information, Newsletter CRR, Dossiers, rapports d'activités). Nos publications sont largement diffusées en Belgique et à l'étranger auprès de centres de recherche scientifique, d'universités, d'institutions publiques et d'instituts internationaux. Plus d'informations sur nos publications et activités: www.crr.be

Avis au lecteur

Bien que cette publication ait été rédigée avec le plus grand soin possible, des imperfections ne sont pas exclues. Ni le CRR, ni ceux qui y ont collaboré ne peuvent être tenus pour responsables des informations fournies qui le sont à titre purement documentaire et non contractuel. Cette publication consiste en une série de fiches, fournissant aux gestionnaires routiers des informations détaillées sur différents outils et méthodes de diagnostic pouvant mener à des mesures d'entretien et/ou de renforcement rationnelles et objectives.

Instruments pour les gestionnaires routiers (pour une approche globale, objective et rationnelle de la gestion des voiries). Fiche 9 Indicateurs de performances structurelles pour la gestion des chaussées / Centre de recherches routières. Bruxelles : CRR, 2019, 14 p. (Synthèse ; SF 48-Fiche 9 – rév. 1).

Dépôt légal: D/2019/0690/3

© CRR – Tous droits réservés.

Editeur responsable: Annick De Swaef, Boulevard de la Woluwe 42, 1200 Bruxelles.

Fiche 9 – Indicateurs de performances structurelles pour la gestion des chaussées

Centre de recherches routières

Etablissement reconnu par application de l'arrêté-loi du 30 janvier 1947

Bruxelles

2019



METHODOLOGIE

AU NIVEAU DU PROJET



AU NIVEAU DU RÉSEAU



SURFACE DE LA CHAUSSÉE

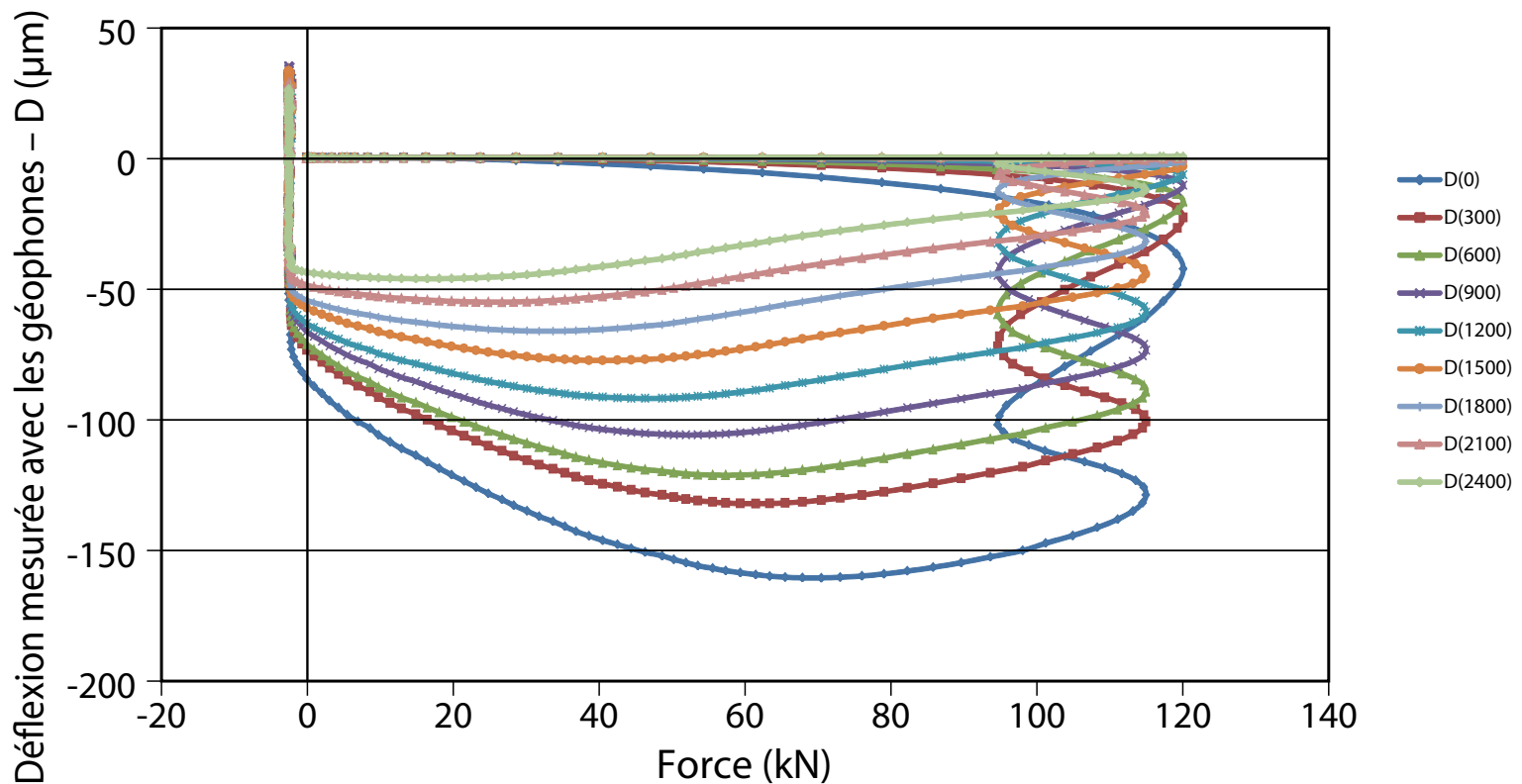


STRUCTURE DE LA CHAUSSÉE

DO-IT-YOURSELF

Contact

Carl Van Geem: +32 10 23 65 22;
c.vangeem@brrc.be



9 | Indicateurs de performances structurelles pour la gestion des chaussées

Objectif

Les *Key Performance Indicators* (KPI) sont des indicateurs de performances mesurables servant à exprimer les objectifs visés d'un système de gestion des chaussées (*Pavement Management System* – PMS). Un système de gestion des chaussées offre une approche systématique pour établir une stratégie et une planification objectives et économiques de l'entretien curatif et préventif à moyen terme (trois à dix ans).

Pour les réseaux d'autoroutes et de routes principales, il est indispensable d'évaluer à temps si la (sous-)fondation doit être réparée ou remplacée. Selon la littérature spécialisée et les experts universitaires, l'indicateur «durée de vie résiduelle» est pour ce faire un excellent outil. Pour concrétiser cela dans la pratique, la durée de vie résiduelle doit pouvoir être calculée rapidement et simplement, sans perte de temps et sans devoir connaître avec précision la structure de la chaussée. L'objectif des indicateurs structurels est d'obtenir une première image de l'état des routes au niveau du réseau afin de déterminer des priorités. Une fois que le réseau routier a été subdivisé en zones homogènes, on examine si l'entretien des couches supérieures est suffisant ou bien s'il faut intervenir plus en profondeur. Les valeurs des indicateurs peuvent être facilement calculées à partir des données brutes du FWD (*Falling Weight Deflectometer* – déflectomètre à masse tombante). En combinaison avec de simples indicateurs de trafic, on obtient un *indicateur global* (IG), qui permet de réaliser une estimation de la durée de vie résiduelle d'une route. Complémentairement, des analyses plus approfondies (avec le logiciel Qualidim, par exemple) peuvent être effectuées au niveau du projet.

Principe de fonctionnement – Méthodologie

Le réseau routier est tout d'abord subdivisé en zones homogènes (voir ci-après, Zones homogènes). Il s'agit de sections présentant des caractéristiques performantielles identiques, sur lesquelles la même technique d'entretien peut être appliquée.

Ensuite, il faut examiner si l'entretien des couches supérieures est suffisant ou s'il faut également intervenir sur la fondation et la sous-fondation. Pour ce faire, on se base sur des indicateurs qui peuvent être facilement calculés à partir des résultats de mesure bruts du FWD (voir ci-après, *Détermination des indicateurs*). Cet équipement de mesure permet de mesurer la déflexion d'une route sous l'effet du trafic lourd.

Zones homogènes

FWD

Le FWD convient pour mesurer la déflexion sur les chaussées souples, semi-rigides et rigides.

La subdivision en zones homogènes repose sur la déflexion maximale dans la zone d'impact de la masse tombante. La déflexion maximale est ramenée de manière linéaire au choc nominal, à l'aide du choc réel mesuré. Ensuite, la déflexion normalisée cumulée est présentée sous la forme d'un graphique. Les limites des zones homogènes sont déterminées visuellement sur base des endroits où la direction du graphique change de manière significative (figure 1).

GPR

Le GPR (*Ground-Penetrating Radar* – géoradar) (avec une antenne de 900 MHz à 2 GHz) peut également être employé pour délimiter les zones homogènes. Les images GPR permettent en effet d'observer les changements de structure (changements d'épaisseur ou de matériaux).

Cette subdivision peut être combinée avec la subdivision faite sur base des mesures réalisées au FWD.

Si des mesures GPR sont d'abord réalisées puis interprétées, on peut alors introduire plus de points de mesure pour le FWD dans des zones courtes déterminées avec le GPR et moins de points dans les zones plus longues. Une telle utilisation du GPR sur un réseau routier demande bien entendu beaucoup d'efforts.

Détermination des indicateurs

Par le passé, la déflexion caractéristique et la déflexion maximale moyenne (figure 2) issues de mesures avec le FWD étaient déjà utilisées comme indicateurs pour évaluer simplement la durée de vie résiduelle d'une zone homogène (ZH).

A la demande de SOFICO/SPW, le CRR a développé cinq nouveaux indicateurs pour le réseau routier primaire (autoroutes et routes nationales) en Wallonie, avec une échelle allant de 0 («bon») à 5 («mauvais»).

- Le premier indicateur exprime la **portance d'une structure**. Il repose sur le *Tragfähigkeitszahl* (Tz) allemand pour l'évaluation des chaussées bitumineuses sur base de mesures FWD.
- Le deuxième indicateur exprime le **risque de défaut d'adhésion** entre les couches supérieures d'une chaussée. Il repose sur le rayon de courbure de la courbe de déflexion au niveau de la déflexion maximale, qui est mesurée avec le curviamètre et peut être calculée à partir de mesures FWD (figure 3). De grandes variations du rayon de courbure dans une zone homogène peuvent être le signe d'un défaut d'adhésion entre des couches.

Lorsque cet indicateur est établi sur base de mesures FWD, la différence entre la déflexion mesurée avec les géophones au niveau de l'impact et à 300 mm de celui-ci est aussi prise en compte.

- Le troisième indicateur exprime la **cohésion de l'ensemble de la structure**. Il repose sur les variations entre les bassins de déflexion mesurés par les différents géophones en un même point de mesure. On essaie ainsi d'analyser comment une onde de force est reçue par la chaussée et si toutes les parties de la chaussée remplissent leur rôle comme il se doit.
- Le quatrième indicateur transpose le **nombre de véhicules sur une route** en un score allant de 0 à 5.
- Le cinquième indicateur exprime **l'agressivité du trafic (lourd)**.

Les cinq indicateurs sont combinés en un indicateur global (IG), qui indique la «santé structurelle» d'une zone homogène. L'indicateur global présente une assez bonne corrélation avec la durée de vie résiduelle qui peut être estimée, au niveau du projet, par calcul inverse des modules d'élasticité avec un logiciel comme Qualidim.

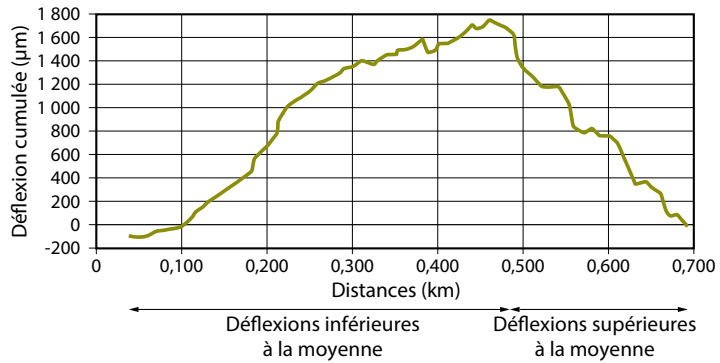


Figure 1 – Déflexion cumulée sur base de mesures FWD

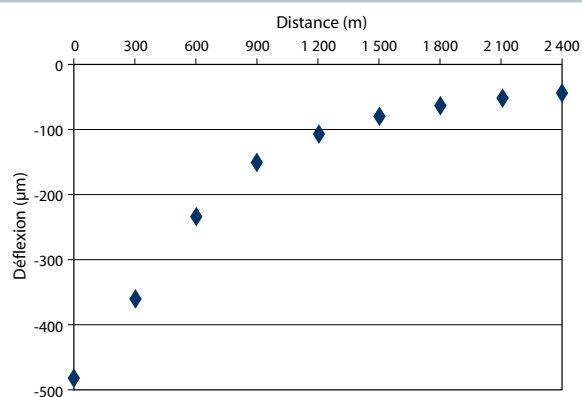


Figure 2 – Déflexion sur base de mesures FWD

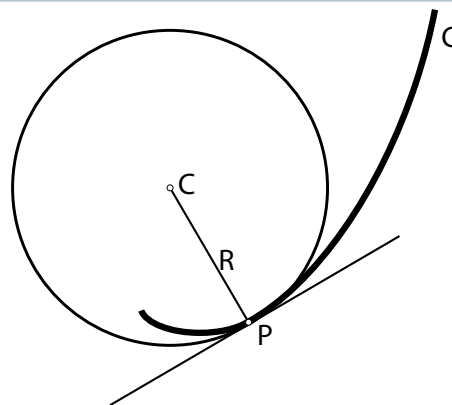


Figure 3 – Rayon de courbure R en un point P sur la courbe

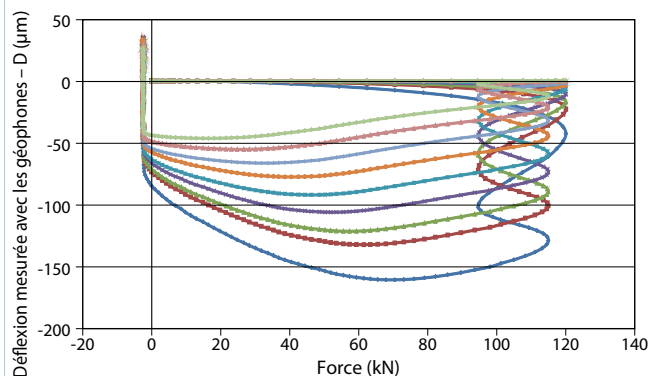


Figure 4 – Bassins de déflexion en un même point de mesure

Résultats

La subdivision du réseau routier en zones homogènes et les valeurs associées des différents indicateurs sont généralement présentées sous la forme d'un tableau (figure 5). Le début et la fin d'une zone homogène sont indiqués par le point hectométrique qui est généralement indiqué sur des petits panneaux le long de la route. Ces données sont le plus souvent introduites dans une base de données du gestionnaire routier pour ensuite être utilisées dans un système de gestion (PMS).

Début de la section	Fin de la section	Tz*	KPI1	KPI2	KPI3	Indice global (IG)
55,277	60,537	2,03	3,87	1,04	2,19	2,39
60,631	69,407	4,16	2,84	1,12	2,26	1,81
69,545	71,000	2,36	3,71	1,60	2,16	2,66
71,015	75,194	4,08	2,88	1,75	2,40	2,33
75,194	80,303	4,86	2,50	1,62	2,22	1,88

*Tz: Tragfähigkeitszahl

Figure 5 – Tableau reprenant les KPI et les IG pour des zones homogènes d'un réseau routier ausculté

Les indicateurs peuvent être mis en carte (voir la fiche 2 Cartographie – Pour un diagnostic clair).

Limites d'acceptation

L'objectif de l'utilisation d'indicateurs pour l'évaluation structurelle dans le cadre de la gestion des chaussées est uniquement d'obtenir un aperçu de l'état du réseau routier. Les indicateurs servent en premier lieu à subdiviser le réseau routier en (sous-)sections présentant des performances structurelles homogènes. Sur base des indicateurs, les (sous-)sections peuvent être réparties en classes. Le fait que les indicateurs permettent une subdivision correcte, même si elle est basique, est suffisant.

Tous les indicateurs sont exprimés selon une échelle allant de 0 («bon») à 5 («mauvais»). Un *indicateur global* dont la valeur est comprise entre 4 et 5 est le signe d'une chaussée en fin de vie.

Performances

Les indicateurs peuvent être calculés rapidement, facilement et presque automatiquement à partir des résultats de mesure bruts du FWD. Ils peuvent être fournis en même temps qu'un rapport d'essai standard. Pour calculer les deux indicateurs de trafic (nombre de véhicules sur une route et agressivité du trafic lourd), des informations complémentaires sont nécessaires, mais celles-ci sont souvent disponibles pour les routes principales.

Restrictions

La répartition en zones homogènes doit se faire avec soin. Des variations trop importantes au sein d'une zone peuvent influencer fortement les valeurs calculées des indicateurs.

Les indicateurs ne donnent qu'une «indication» de l'état d'une route. Comme nous l'avons déjà mentionné, ils peuvent être calculés rapidement et facilement à partir de données brutes du FWD. Ils ne tiennent toutefois pas compte d'autres données éventuellement disponibles. Ainsi, un deuxième indicateur élevé peut non seulement être le signe d'un défaut d'adhésion entre des couches, mais peut aussi être causé par de grandes fissures

dans une fondation en béton maigre. Sans informations suffisantes sur la structure de la chaussée, il est impossible de faire la distinction.

Une connaissance approfondie des indicateurs et des concepts liés est indispensable pour effectuer une interprétation poussée des valeurs des indicateurs et de l'éventuel affaiblissement d'une chaussée. De plus, il ne faut pas oublier qu'ils servent uniquement à donner un aperçu général de l'état d'un réseau routier. Ils ne peuvent pas être utilisés pour une analyse au niveau du projet ou pour établir un cahier des charges détaillé pour des travaux routiers.

Application

Type de route	Niveau du projet	Niveau du réseau
Autoroutes et routes principales		✓
Voiries communales et urbaines		
Trottoirs		
Pistes cyclables		
Parkings		
Routes privées		✓
Zones portuaires		✓
Pistes aéroportuaires		

Complémentarité des résultats de mesure

Techniques et méthodes apparentées

Sécurité – Signalisation

Comme déjà mentionné, les indicateurs servent à réaliser une première évaluation du réseau routier au niveau du réseau et pour établir des priorités. Les trois indicateurs qui fournissent une évaluation de caractéristiques et d'éléments structurels spécifiques (*Tragfähigkeitzahl*, rayon de courbure, produit du rayon de courbure avec la déflexion maximale) peuvent donner une première idée des éventuelles causes d'une faiblesse structurelle, telle que signalée par l'indicateur global. Ces données peuvent être utilisées pour des analyses plus approfondies (par exemple avec le logiciel Qualidim) lors de la préparation d'un projet d'entretien ou de rénovation.

- FWD (*Falling Weight Deflectometer* – défectomètre à masse tombante).
- GPR (*Ground-Penetrating Radar* – géoradar).
- Logiciel Qualidim.

Pas d'application.

Bibliographie

Van Geem, C., Nigro, P. & Berlémont, B. (2015)

The use of deflection measurements in pavement management of the primary road network of Wallonia, Belgium.

In : Proceedings of the 9th international conference on managing pavement assets (ICMPA9), Alexandria, USA, May 18-21, 2015. 13p. Blacksburg (USA) : Virginia Polytechnic Institute and State University (VirginiaTech).

S.n. (S.d.)

COST 354 : performance indicators for road pavements.

<http://cost354.zag.si/> Dernière consultation 29/03/2019.

Liste des fiches descriptives

1. **APL** – Mesure de l'uni longitudinal des chaussées
2. **Cartographie** – Pour un diagnostic clair
3. **FPP** – Mesure de l'uni longitudinal des pistes cyclables
4. **FWD** – Mesure des caractéristiques structurelles des chaussées
5. **GPR** – Radiographie des structures routières
6. **Odoliographe** – Mesure de l'adhérence des chaussées
7. **Qualidim** – Calcul de la durée de vie résiduelle des chaussées
8. **Inspection visuelle pour la gestion des réseaux de voirie des villes et des communes**
9. **Indicateurs de performances structurelles pour la gestion des chaussées**
10. **ViaBEL** – Logiciel pour la gestion des chaussées
11. **CPX** – Mesures du bruit selon la méthode *Close ProXimity*
12. **Mesure de la macrotecture et de la mégatecture des revêtements à l'aide du profilomètre laser**
13. **Observation du trafic et de conflits à l'aide de caméras**
14. **Analyse du trafic par tubes pneumatiques**
15. **Contrôle géométrique des dispositifs surélevés sur la voie publique: ralentisseurs de trafic et plateaux**
16. **Analyse du trafic par radar Doppler**
17. **Mesure de la rugosité à l'aide du *Skid Resistance Tester* (pendule SRT)**
18. **Chaise de mesure** – Outil pour l'évaluation du confort des revêtements piétons
19. **Fast-FWD** – Mesure des caractéristiques structurelles des chaussées