

Gestion de patrimoines d'infrastructures

Cahier des méthodes et outils de diagnostic de chaussées

Le présent document, à destination des gestionnaires de réseaux routiers, a pour but d'éclairer leurs choix dans les différents outils d'auscultations de chaussée disponibles, en fonction de leurs besoins.

Depuis quelques années en effet, sont arrivés sur le marché français plusieurs fournisseurs de matériels, avec des évolutions technologiques importantes par rapport aux matériels d'auscultation historiquement mobilisés, les matériels MLPC. Aujourd'hui, une rupture s'opère dans le domaine de l'auscultation :

- au niveau de l'acquisition de données : sécurité des interventions, rendement, périmètre, précision de la localisation ;
- au niveau de l'exploitation des données : comparaison pluriannuelle des données, accès à la donnée – bureau/terrain, croisement de données ;
- au niveau de la caractérisation de l'état d'un point de vue quantitatif et qualitatif.

Il paraît donc utile de fournir aux maîtres d'ouvrage des premiers éléments sur les différents moyens existants, leurs limites d'usage et leur capacité à répondre à leurs besoins. Concrètement, un gestionnaire fait appel à une mesure d'auscultation dans l'un des champs suivants :

- connaissance du patrimoine routier ;
- évaluation de l'état de patrimoine et suivi de son comportement ;
- programmation de l'entretien des chaussées ;
- diagnostic de chaussées ;
- contrôle et réception de travaux ;
- surveillance des réseaux et suivi de section.



Fiche n° 01 - Octobre 2021

Connaissance du patrimoine routier

Les systèmes d'informations routières (SIR) hébergent les informations nécessaires à la connaissance du patrimoine routier, à savoir :

- les éléments de localisation (limites administratives)
- les éléments d'identification des routes (identification, extrémités et points de repère, hiérarchisation, âge...)
- les éléments caractéristiques des chaussées: géométrie routière, assainissement, bordures, signalisation horizontale et verticale, imagerie routière, type de couche de roulement, type de structure de chaussée...

Ces informations vont permettre la **création puis la mise à jour régulière du SIR**, la **catégorisation** et la **hiérarchisation du réseau**.

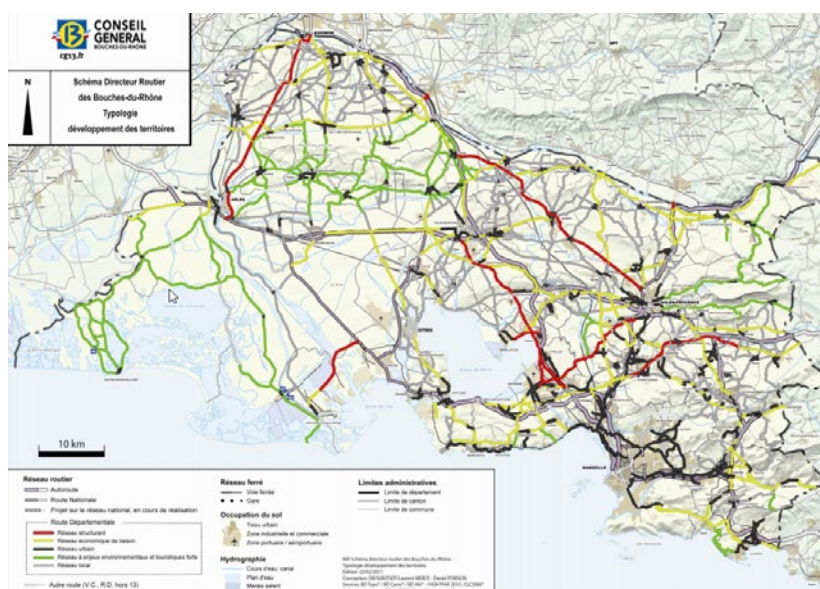


Figure 1 - Schéma directeur routier du département des Bouches-du-Rhône (source: www.departement13.fr)

Inventaire du patrimoine routier

La liste des informations à relever n'est pas exhaustive, et résulte d'une analyse des besoins et objectifs du gestionnaire, et est donc spécifique à celui-ci.

Les descripteurs susceptibles d'être relevés sont les suivants :

- dénomination, géolocalisation, type de voie, identification des points d'origine et d'arrivée, bornage;
- longueur, largeur et nature de la couche de roulement;
- nature des accotements, présence de fossés (position latérale, début/fin), ouvrages (murs, ponts, passages supérieurs et inférieurs...);
- type et localisation de la signalisation verticale et horizontale, des obstacles latéraux, des dispositifs de retenue;
- épaisseur des structures de chaussée.



Figure 2 - IRCAN Stéréo - Imagerie Routière par Caméra Numérique (source: <https://imagerieroutiere.fr>)

Ces informations peuvent être saisies :

- par système de saisie visuelle embarquée ou pédestre ;
- par relevés sur images de la route et de son environnement ;
- par un appareil de mesures automatiques, avec analyse algorithmique du relevé numérique (traitement automatique sur image) ou laser (type scanner 3D dynamique d'environnement) ;
- par carottage ou mesure radar: identification des épaisseurs de chaussée.

Durée de validité des informations relevées : ces informations ont une durée de validité variable selon leur nature. À titre indicatif (dépendant du trafic, de l'environnement...), on peut considérer que des relevés de dégradations sont valables 3 ans et des mesures de déflexion 5 à 7 ans. Au-delà de cette durée de validité, les mesures peuvent être utilisées avec une prise en compte de leur ancienneté. La réalisation de travaux de réfection ou l'intégration de mesures plus récentes annule ces mesures. Cependant, elles ne doivent pas être supprimées car elles constituent l'historique de la chaussée.

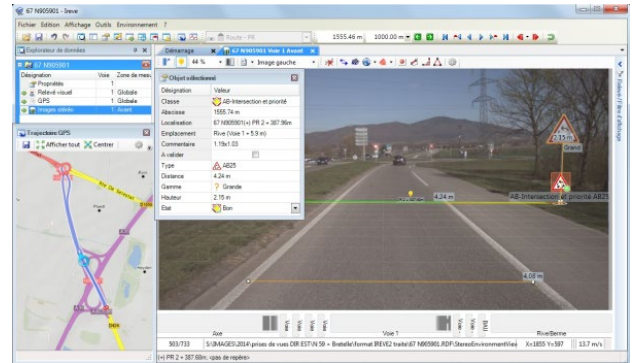


Figure 3 - Plateforme logicielle IREVE - Imagerie Routière, Étallonage, Visualisation, Exploitation (source <https://imagerieroutiere.fr>)



Figure 4 - CereMap3D - Scanner 3D Dynamique d'Environnement du Cerema (source: Cerema)

Tableau récapitulatif: techniques envisageables pour l'inventaire du patrimoine routier

Missions attendues:

- création, mise à jour de référentiel, catégorisation, hiérarchisation du réseau ;
- mesures sans interprétation.

	Moyen de mesure	Descripteurs mesurés	Caractéristiques	Domaines d'application
Saisie visuelle à pied	Tablette ou support manuscrit + odomètre et / ou GPS	Tout type hors géométrie routière	<p>⚠ Pas de méthode encadrant la technique et les matériels</p> <p>Réalisable facilement</p> <p>Peut nécessiter une protection du personnel en mesure</p> <p>À réaliser sur de courtes distances (traverse d'agglomération, hameau ou lieu-dit, rues piétonnes...)</p> <p>Pas de post traitement (tout doit être saisi lors de la mesure)</p> <p>Est réalisable par un seul opérateur</p>	<p>Ponctuellement sur réseau urbain et réseau communal</p> <p>Non adapté sur les autres réseaux</p>
Saisie visuelle embarquée (système de Relevé Assisté par Ordinateur [RAOI])	Ordinateur ou tablette embarquée dans un véhicule + codeur distance et/ou système de géolocalisation satellitaire	Tout type hors géométrie routière et mesures de largeur	<p>⚠ Pas de méthode encadrant la technique et les matériels</p> <p>Dispositif peu onéreux et répandu</p> <p>Peut nécessiter une protection du véhicule de mesure</p> <p>Nécessite deux opérateurs (conducteur et releveur)</p> <p>Pas de post traitement (tout doit être saisi lors de la mesure)</p>	<p>Réseaux urbain, communal et secondaire</p>

	Moyen de mesure	Descripteurs mesurés	Caractéristiques	Domaines d'application
Saisie manuelle sur image	Caméra embarquée	Tout type hors géométrie routière	Méthode LPC n° 80 Mesures dans le flot de circulation Création d'une base de données images Exploitation / post-traitement au bureau ⚠ Conditions météo et position du soleil ⚠ Contrôle de la netteté de l'image ⚠ Contrôler la calibration des images pour s'assurer de la pertinence des mesures (largeur, hauteur, position)	Tout type de réseau
Saisie automatique numérique	Caméra embarquée	Tout type hors géométrie routière	⚠ Pas de méthode encadrant la technique et les matériels Mesures dans le flot de circulation ⚠ Conditions météo et position du soleil.	Tout type de réseau
Saisie automatique laser	Scanner 3D dynamique d'environnement	Tout type	⚠ Pas de méthode encadrant la technique et les matériels Technologie récente, peu de retours d'expérience Mesures dans le flot de circulation Traitement automatique Technologie en développement Algorithmes différents d'un constructeur à l'autre Impact direct de l'humidité de surface sur le taux de mesures invalides ⚠ Technologie en développement ⚠ Besoin d'un contrôle humain	Tout type de réseau
	Transprofilomètre 3D (exemple: LCMS/LRMS, PPS+)	Largeur de chaussée	⚠ Pas de méthode encadrant la technique et les matériels Mesures dans le flot de circulation Traitement automatique Technologie en développement rapide Algorithmes différents d'un constructeur à l'autre Impact direct de l'humidité de surface sur le taux de mesures invalides ⚠ Besoin d'un contrôle humain	Tout réseau acceptant le gabarit du véhicule (difficultés de recalage en l'absence de signalisation horizontale)
Géométrie routière	Centrale inertielle (exemple MOGEO (mlpc®))	Pente, dévers, rayons de courbure	Méthode LPC n° 84 Mesures dans le flot de circulation ⚠ Conditions météo et de température (entre 0 et 30 °C)	Tout type de réseau
Structures de chaussée	Carotteuse routière	Épaisseurs de chaussées	Méthode LPC n° 43 ⚠ Hors période de gel ⚠ Nécessite un balisage de la zone d'intervention	Tout type de réseau
	Radar	Épaisseurs de chaussées	Méthode LPC n° 42 / mode opératoire X1 Dans le flot de circulation. (Corrélation inverse vitesse-densité de mesure) La fréquence du RADAR doit être en accord la nature et la position dans la structure de la couche auscultée	Tout type de réseau Apparition récente du RADAR impulsionnel qui permet d'obtenir des mesures plus précises, mais avec de fortes contraintes d'usage – Encore essentiellement dans le domaine de la recherche.

Remarques et points de vigilance

1. La méthodologie de relevé doit être compatible avec les besoins du gestionnaire en termes de précision du positionnement et type de localisation : géopositionnement, repérage en PR + abscisse...

Un couplage codeur distance et système de géolocalisation satellitaire est opportun, en particulier dans les zones où la géolocalisation est absente ou faible (zones masquées de type tunnel, gorges, forêt). Dans le cas du choix d'un appareil relevant les informations et les distances sur la base d'un géopositionnement uniquement, il est judicieux de demander des informations sur :

- la précision du repérage des événements ;
- les modalités de gestion des zones de masquage ;
- la présence d'un système de correction différentielle, et la méthode de correction utilisée.

2. La méthodologie de relevé doit également être compatible et adaptée au réseau ausculté.

Par exemple :

- le gabarit des appareils de relevés automatiques peut ne pas être compatible avec certains réseaux (communal, urbain ou départemental secondaire)¹ ;
- un relevé à pied ou par système de saisie embarquée n'est pas adapté au réseau structurant (de par sa taille et pour des raisons de sécurité routière).

3. La technologie scanner 3D dynamique d'environnement qui arrive progressivement dans le domaine de l'auscultation des chaussées est extrêmement prometteuse.

Les possibilités de mesures restent aujourd'hui hétérogènes d'un fournisseur à l'autre. Actuellement, aucun outil d'exploitation des données issues des scanners n'est en capacité de mesurer tous les éléments pouvant / devant intégrer le SIR d'un gestionnaire. Certains outils allient sur un même appareil caméra numérique et scanner 3D dynamique d'environnement (appellation mobile Mapping, ou Mobile Laser Scanning, MLS).

4. Le gestionnaire devra être vigilant aux conditions de réalisation des auscultations.

Les mesures par imagerie routière (avec traitement automatique ou non) sont impactées par les conditions météo (brouillard, pluie, soleil rasant, ombre) et potentiellement par la vitesse d'acquisition. Les mesures laser nécessitent l'absence de trace d'humidité sur la chaussée et son environnement. La présence d'humidité réduit la qualité de réflexion du faisceau laser.

5. Actuellement, il n'existe pas de référentiel documentaire ni de procédure de validation de la pertinence des appareils pour la saisie d'informations routières.

À défaut, le gestionnaire pourra se référer aux recommandations définies dans la méthode SETRA/LCPC Aide à la gestion de l'entretien des réseaux routier. Volet Chaussées (octobre 2000)² et portant sur la précision attachée aux informations et l'évaluation du système d'information (contrôle de la présence et de la qualité des informations saisies).

1 Gabarit « moyen » d'un véhicule doté de capteurs LCMS : largeur : ~2,5m ; longueur : ~6.2m ; hauteur : ~3,1 m.

2 Ce document, disponible sur la documentation des techniques routières françaises (DTRF), gagnera à être mis à jour, en particulier du fait de la référence à certains matériels d'auscultation aujourd'hui obsolètes (SIRANO, Desy Route, PALAS...), ou ne prend pas en compte les possibilités apportées par les technologies récentes (Lidar...). En revanche, l'approche méthodologique reste pertinente, et peut être une base sur laquelle un gestionnaire peut s'inspirer pour bâtir sa politique de gestion de réseau.

Évaluation et suivi des réseaux routiers

Le principe général d'une évaluation d'un réseau routier consiste à classer chaque tronçon homogène de route à partir d'un code reflétant la qualité de la chaussée (classement numérique, alphabétique...). Ce classement permet ainsi d'apprécier l'état de la chaussée à un moment donné, mais également son évolution dans le temps.

Cette classification repose généralement sur l'agrégation de données patrimoniales (type de structures, trafic PL...) et de données caractérisant son état structurel (état du patrimoine) et de surface (usage, confort et sécurité des usagers). Elle peut par ailleurs être utilisée pour la mise en place d'une politique d'entretien et le suivi des effets de cette politique.

Recommandations générales

Repérage: Les informations sont repérées en PR + abs et/ou géopositionnées. Des informations sur la qualité de la précision du repérage, en particulier dans le cas d'une saisie géolocalisée devra être demandée à l'intervenant (la précision du repérage des événements, modalités de gestion des zones de masquage, présence d'un système de correction différentielle, et la méthode de correction utilisée).

Méthodologie d'évaluation: Le gestionnaire pourra se référer aux principes de notation définis dans les modes opératoire E1, E2 et E3 de la méthode SETRA/LCPC Aide à la gestion de l'entretien des réseaux routier. Volet Chaussées. La technologie ayant sensiblement évolué depuis la parution de la méthode, les moyens matériels mentionnés ne sont pour certains plus utilisés (SIRANO, PA-LAS, ...).

Sur les réseaux urbains, le gestionnaire pourra se référer aux recommandations du guide IDRRIM GEPUR : Gestion et Entretien du Patrimoine Urbain et Routier - Méthodes, outils et techniques (volet n° 1)³.

Ces méthodes font notamment référence aux modes opératoires des différentes méthodes LPC à suivre.

Évaluation du patrimoine et des qualités d'usage:

Sur réseau structurant

L'**état structurel** du réseau sera évalué par la mesure des déformations transversales, les déformations longitudinales et les dégradations de surface représentatives du comportement de la chaussée (fissures transversales et longitudinales, faïençage, réparations, ...).

L'**état de surface** sera évalué par l'analyse des descripteurs représentatifs de la qualité de surface et de la sécurité de l'utilisateur (dégradations de revêtement, déformations longitudinales, déformations transversales, adhérence).

Choix du matériel: les transprofilomètres 3D de type LCMS (Laser Cracks Measurement System) sont adaptés, étant donné les enjeux attendus de ces réseaux: réseau national concédé et non concédé, réseau département structurant / principal^{4 5}...

3 [GEPUR : Gestion et Entretien du Patrimoine Urbain et Routier - Méthodes, outils et techniques - Volet n°1 : Routes Interurbaines et traverses d'agglomérations](#)

4 Un relevé visuel des dégradations, manuel ou semi-automatique est aujourd'hui moins pertinent pour ce type de réseau :

- du fait de l'arrivée de technologies plus performantes et polyvalentes, et à rendement plus élevé;
- pour des constats réguliers de manque d'objectivité. Malgré les contrôles de qualité des livrables (la gravité d'une dégradation évaluée diffère d'un passage à l'autre (la dégradation évolue), d'un opérateur à l'autre, d'une entreprise à l'autre).

5 Un rapport d'étude sur les relevés automatiques, produit dans le cadre du projet national de recherche DVDC, liste les avantages potentiels des appareils automatiques et leurs capacités à délivrer des informations plus fiables et répétables que les relevés réalisés par opérateur.

En particulier, ces appareils vont permettre :

- **des données visualisables et traitables automatiquement dans un SIG en trois dimensions.**
- une fiabilité, une précision et une répétabilité plus fine et plus objective des descripteurs relevés, que dans le cas d'un relevé non automatique;
- une analyse de toute la surface de la chaussée circulée (sur 4 m de large), avec localisation précise de la dégradation (et non plus uniquement « dans » ou « non spécifique » bande de roulement);
- un rendement plus important, ces mesures étant réalisées dans le flot de circulation;
- éventuellement d'exploiter les descripteurs relevés lors de leur passage dans le cadre de la programmation d'entretien ou du diagnostic de réseau (en modifiant l'agrégation ou l'algorithme d'analyse si besoin). Au contraire, un relevé de dégradations manuel ou semi-automatique selon un mode précis n'est pas transposable dans un autre mode opératoire a posteriori;
- le relevé de tous les indicateurs requis, à l'exception de la **microtexture**. La plupart des mesures sont réalisées conformément aux référentiels techniques ASTM et ISO⁶;
- une exploitation automatique des descripteurs, donc plus fiable et plus rentable;
- la microtexture du revêtement doit être évaluée à l'aide d'un matériel de mesure d'adhérence (SCRIM, GRIPTESTER, ADHERA, éventuellement SRT).

Ces indicateurs ne sont pas homologués pour des contrôles de réception de travaux.

La validité des descripteurs mesurés nécessite l'absence de zones humides sur la chaussée, du fait de la technologie laser : toute trace d'humidité empêchant la bonne réflexion du faisceau laser.

Sur réseaux secondaire, communal et à faible trafic

L'état structurel du réseau sera évalué par la mesure des déformations transversales, les déformations longitudinales et les dégradations de surface représentatives du comportement de la chaussée (fissures transversales et longitudinales, faïençage, réparations, ...).

L'état de surface sera évalué par l'analyse des descripteurs représentatifs de la qualité de surface et de la sécurité de l'usager (dégradations de revêtement, uni longitudinal).

Les indicateurs élémentaires issus des descripteurs mesurés sont généralement moins précis que sur le réseau structurant, tout en restant suffisant pour ce type de réseau, et donc plus rapides à relever ou à déduire (dans le cas des appareils automatiques).

Choix du matériel : Le gabarit généralement réduit de ce type de réseau rend délicat l'utilisation des transprofilomètres 3D :

- les voies auscultables ne doivent pas générer de fortes vibrations du véhicule (sensibilité du matériel ; voies pavées, voies fortement dégradées...);
- les voies auscultables ne doivent pas empêcher le croisement du véhicule avec d'autres véhicules (par exemple, coupure de la mesure laser à faible vitesse, risque de collision des véhicules...)⁷.

Les enjeux liés à ces réseaux, moins importants en terme de caractérisation de l'état, que sur les réseaux structurants, permettent l'utilisation de matériel d'auscultation automatique moins « fins » que les transprofilomètres 3D, ou des appareils de relevés semi-automatiques.

6 ASTM E1845 : « Can collect macro texture and compute MPD »
ASTM E965 : « Can collect macro texture and compute MTD »
ISO 13473-1 : « 2019 Characterization of pavement texture by use of surface profiles »

7 Gabarit classique d'un véhicule doté de LCMS : largeur : ~2,5m ; longueur : ~6.2m ; hauteur : ~3,1 m.

- Les appareils type **Scanner 3D dynamique** d'environnement vont permettre d'évaluer les dégradations de revêtement (hors fissuration: glaçage, ressuage, arrachements, ornié-rage...), les déformations transversales, et l'uni longitudinal avec une précision a priori suffi-sante pour ces réseaux.

La finesse des lasers utilisés est moins sensible pour la détection des fissurations (transver-sales, longitudinales et faïençage), ce qui peut nécessiter de les relever par un autre moyen (relevé visuel, mesure sur images).

Les possibilités apportées par ces appareils restent encore différentes d'un constructeur à l'autre et d'une version à l'autre. Il conviendra de s'assurer en amont de la mesure de la réelle compatibilité du matériel proposé avec les besoins.

- **Les relevés visuels manuels ou semi-automatiques**, en adoptant le mode M3 de la méthode d'essai LPC n° 38-2 restent également pertinents sur ces réseaux. Leur exploitation est néanmoins plus longue (5 à 15 km par jour, selon l'état de surface) et nécessite un personnel habilité à la réalisation du relevé.
- **Les mesures du profil en travers** (uni transversal) pourront être réalisées par des appareils du type Scanner 3D ou règle TUS (matériel MLPC®). Ce dernier d'une technologie ancienne, peut néanmoins être hors gabarit.
- Plusieurs technologies sont possibles pour le contrôle de l'uni longitudinal: **l'appareil de référence, l'APL** (matériel MLPC®) (**sans contrainte météorologique**), et les dispositifs à technique laser (exemple: MLPL (matériel MLPC®), Laserprof, HAWKEYE, **Unibox**®), qui néces-sitent des chaussées sèches. D'autres systèmes basés uniquement sur des **capteurs accéléro-métriques** « à bas coût » ont des perspectives intéressantes en s'affranchissant de la météo. Les capteurs disposés dans l'habitacle du véhicule (smartphone par exemple) atténuent fortement les petites ondes mais peuvent être suffisants pour l'évaluation sommaire du réseau secondaire et communal en analysant les moyennes ondes. Les capteurs accéléro-métriques de roue sont plus précis et approchent les résultats du matériel de référence (APL), mais ont l'inconvénient d'être fixes et de nécessiter une adaptation des véhicules.
- La microtexture peut être évaluée avec le matériel Griptest (CFLg) et la macrotexture par un profilomètre de type RUGO2 (matériel MLPC®) (PMP).



Figure 5 - Campagne de comparaison des transprofilomètres 3D (système LCMS) utilisés en France dans le cadre du projet national Durée de Vie des Chaussées (source: IREX - projet national Durée de Vie des Chaussées)

- 8 Pour plus d'informations sur les comparaisons entre les mesures fournies par l'APL et celles fournies par l'unibox, on pourra se référer à la note d'information IDRRIM n°38 (septembre 2019) : *Positionnement de l'unibox vis-à-vis de l'APL* : l'unibox répond aux besoins initiaux de l'outil : autocontrôle, suivi de réseau, me-sures sur plateforme particulière, etc. Il y a une certaine équivalence entre les GO et MO fournies par l'unibox et l'APL. En revanche, les écarts sont trop importants en ce qui concerne les PO, limitant à ce jour l'utilisation de l'unibox.

Sur réseau urbain

Le gestionnaire de réseau urbain pourra se référer aux mêmes appareils que ceux proposés pour l'évaluation du réseau secondaire et communal, à l'exception :

- des appareils de mesure de l'uni longitudinal: un relevé de dégradations de surface suffit pour caractériser l'état du patrimoine;
- le gabarit de certains matériels d'auscultation peut être contraignant pour les mesures en zone urbaine (matériel TUS par exemple du fait de sa largeur (2,5m));
- la microtexture peut être évaluée avec le matériel Griptest (CFLg) et la macrotexture par un profilomètre de type RUGO2 (matériel MLPC®) (PMP).

Tableau récapitulatif: techniques envisageables dans le cadre d'une évaluation de réseau

Missions attendues:

- relevé de dégradations et de déformations;
- intégration de données dans le référentiel client;
- priorisation multicritère des sections.

	Moyen de mesure	Descripteurs mesurés	Caractéristiques	Domaines d'application
Mesure automatique laser	Transprofilomètre 3D	Tout type hors adhérence (microtexture)	<p>⚠ Pas de méthode encadrant la technique et les matériels</p> <p>Technologie en développement</p> <p>Mesure répétable et objective</p> <p>Mesure rentable sur des grands linéaires (traitement automatique)</p> <p>Haute précision (de l'ordre du mm)</p> <p>Mesure de l'uni sur l'intégralité du profil transversal</p> <p>Mesure utilisable pour la programmation et le diagnostic</p> <p>⚠ Algorithmes différents d'un constructeur à l'autre</p> <p>⚠ Invalide si présence de zones d'humidité</p> <p>⚠ Mesure pouvant être stoppée en dessous de 10 km/h</p> <p>Difficilement compatible avec la méthode LPC 38-2 actuelle (visuelle)^(a)</p>	Réseau structurant (hors gabarit sur les autres réseaux + difficultés de recalage en l'absence de signalisation horizontale)
	Scanner 3D dynamique d'environnement	Tout type hors adhérence et fissuration	<p>⚠ Pas de méthode encadrant la technique et les matériels</p> <p>Mesure répétable et objective</p> <p>Technologie récente, peu de retours d'expérience,</p> <p>Technologie en développement</p> <p>⚠ Fissuration difficilement, voire non détectée</p> <p>Incompatible avec la méthode LPC 38-2 actuelle (visuelle)</p> <p>⚠ Algorithmes différents d'un constructeur à l'autre</p> <p>⚠ Invalide si présence de zones d'humidité trop importante</p> <p>⚠ Besoin d'un contrôle humain</p>	Réseau secondaire, communal et urbain

(a) La rédaction d'une méthode de relevé des dégradations de surface de chaussées par mesure automatique laser est en cours d'écriture dans le cadre du projet national Durée de Vie des Chaussées (DVDC).

	Moyen de mesure	Descripteurs mesurés	Caractéristiques	Domaines d'application
Mesure automatique par analyse d'image	Prise d'image et analyse d'image automatique par technique traditionnelle de segmentation et seuillage	Fissuration	<p>⚠ Pas de méthode encadrant la technique et les matériels</p> <p>Mesure répétable et objective</p> <p>Peu utilisé mais adapté au petit réseau pour connaître la présence ou non de fissures</p> <p>⚠ Attention aux ombres portées sur l'image</p> <p>⚠ Privilégier des images acquises par temps couvert</p>	Réseau secondaire et communal
	Prise d'image et analyse d'image automatique par intelligence artificielle	Dégradations de surface	<p>⚠ Pas de méthode encadrant la technique et les matériels</p> <p>⚠ En cours de développement et peu de recul</p> <p>⚠ Apprentissage pouvant être long</p>	Tous réseaux
Mesure semi-automatique	Saisie visuelle embarquée	Dégradations de surface	<p>Méthode d'essai LPC38-2^(b)</p> <p>Peut être couplée avec d'autres mesures (uni, macrotecture)</p> <p>⚠ Nécessite des opérateurs qualifiés pour la reconnaissance et l'appréciation du niveau de gravité des dégradations.</p> <p>⚠ Sensibilité à l'exposition au soleil et à l'humidité</p> <p>⚠ Une fois le relevé réalisé conformément à un mode opératoire, les descripteurs non relevés ne seront pas disponibles et donc ne pourront pas être exploités</p>	Réseau secondaire, communal et urbain
	Orniérage transversal TUS	Profil transversal	<p>Méthode d'essai LPC n° 49</p> <p>Matériel mlpc®</p> <p>⚠ matériel pouvant être hors gabarit (2,5 m de large)</p>	Tout type de réseau
	Unibox	Uni longitudinal	<p>Méthode d'essai LPC n° 46-2</p> <p>Matériel mlpc®</p> <p>Matériel relativement peu onéreux et répandu</p> <p>⚠ Sensibilité possible à l'exposition au soleil et à trop forte humidité (invalidation des mesures sur chaussée mouillée)</p> <p>⚠ Sensibilité des PO à l'ouverture granulaire combinée à la forte brillance de la couche de roulement (un dispositif assurant une ombre au laser est recommandé)</p> <p>⚠ vitesse d'acquisition >30 km/h</p> <p>Indicateurs comparables à ceux fournis par l'APL, notamment en MO et GO</p> <p>Mesure dans les bandes de roulement</p>	Tout type de réseau
	APL	Uni longitudinal	<p>Méthode d'essai LPC n° 46-2</p> <p>Matériels mlpc® de référence pour la réception de l'uni</p> <p>Très bon retour d'expérience</p> <p>⚠ Vitesse de mesure stabilisée à 72 km/h (possibilité de réaliser des mesures à 54 km/h ou 36 km/h avec un impact dans les grandes ondes)</p> <p>Mesure réalisée quelles que soient les conditions météo</p> <p>Mesure dans les bandes de roulement (et possible en axe de voie)</p>	Réseau structurant et secondaire

(b) Méthode d'essai en cours d'actualisation, dans le cadre du projet national de recherche DVDC.

	Moyen de mesure	Descripteurs mesurés	Caractéristiques	Domaines d'application
Mesure semi-automatique	MLPL	Uni longitudinal	Méthode d'essai LPC n° 46-2 Matériel mlpc® mais peu répandu Bon retour d'expérience ⚠ Sensibilité à l'exposition au soleil et à l'humidité (invalidation des mesures) ⚠ vitesse d'acquisition >30 km/h Mesure dans les bandes de roulement (existe un modèle tritrace également).	Réseau structurant et secondaire
	Autres profilo-mètres (exemple: HAWKEYE, LASER-PROF...)	Uni longitudinal	En France, le niveau de maîtrise par la communauté routière de ces matériels est limité. ⚠ Vérifier avant mesures, les performances des matériels, leur réponse au référentiel technique (méthode d'essai LPC n° 46-2) et leur adéquation aux besoins du maître d'ouvrage	À préciser
	Capteur accéléro-métrique embarqué	Uni longitudinal	⚠ Pas de méthode encadrant la technique et les matériels Faible coût ⚠ Technologie récente, quelques retours d'expérience Mesure réalisée quelles que soient les conditions météo Indicateurs GO et MO comparables à ceux fournis à l'APL, (les défauts en PO sont atténués)	Réseau secondaire pour les capteurs sur roue Desserte locale et voirie communale pour les capteurs disposés dans l'habitacle (tablette, smartphone)
Adhérence	SCRIM	Microtexture CFT	Méthode d'essai n° 50 3 appareils actuellement en France, dont 2 au Cerema Procédure de suivi métrologique et d'essais croisés ⚠ Vitesse stabilisée à 60 km/h, peut nécessiter un balisage. L'appareil n'est pas adapté aux routes sinueuses	Réseau structurant et secondaire selon la géométrie et les gabarits autorisés.
	Griptester	Microtexture CFLg	Méthode d'essai n° 50 6 appareils en France Procédure de suivi métrologique et d'essais croisés	Réseau urbain et secondaire
	Rugo2	Macrotecture PMP	Méthode d'essai n° 50 ⚠ Nécessite une chaussée sèche.	Tout type de réseau
Bruit de roulement	Mesure de proximité (méthode CPX)	Mesure du bruit émis à proximité d'un pneumatique d'essais en roulement	Méthode d'essai n° 63 Mesure rapide et répétable Méthode permettant d'ausculter un grand linéaire Prend en compte l'homogénéité / hétérogénéité d'un revêtement	Tout type de couche de roulement

Remarque concernant les relevés visuels et non automatiques des dégradations

Le relevé visuel des dégradations, de manière non automatique (saisie visuelle embarquée ou saisie sur images prises dans le flot de circulation) est encadré par la méthode d'essai LPC n° 38-2 (relevé des dégradations de surface des chaussées) et la méthode d'essai n° 52 (catalogue des dégradations de surface des chaussées).

L'opération de relevé des dégradations nécessite de la part du gestionnaire une vigilance particulièrement accrue quant aux résultats fournis, et un contrôle à la réception des mesures livrées (contrôle sur site de vérification de l'adéquation terrain / livrable).

En effet, des écarts sont régulièrement constatés entre le relevé des dégradations réalisé par deux prestataires différents (ou parfois deux opérateurs distincts), que ce soit en termes de quantité de dégradations relevées, ou de correspondance de la nature des dégradations relevées. Les notes attribuées dans le cadre d'une évaluation de réseau sont donc directement impactées.

Le relevé des dégradations avec ce mode opératoire peut être altéré par la luminosité et la météo qui ont un impact sur l'homogénéité de la qualité des images, au moment de l'acquisition et au moment de la retranscription par l'opérateur. Ces éléments impactent globalement la justesse du relevé de dégradations.

Programmation de l'entretien des chaussées

La programmation de l'entretien des chaussées repose sur les informations du SIR du gestionnaire (catégorie, itinéraire, trafic, points singuliers, ...) ainsi que sur l'évaluation faite de son réseau routier. Le gestionnaire a préalablement hiérarchisé son réseau en différentes classes d'entretien, pour lesquelles il module les niveaux de qualité en fonction des finalités.

Les informations nécessaires pour mener une programmation d'entretien comprennent, outre les informations de description de la chaussée (nature, âge, trafic, localisation, ...), des informations caractérisant son état.

Missions attendues :

- priorisation multicritère des sections ;
- proposition de solutions de travaux types ;
- estimation globale du coût des travaux ;
- préconisation d'essais complémentaires.

Comme pour l'évaluation du réseau, ces indicateurs peuvent être classés en deux catégories, : les indicateurs d'état du patrimoine (structure de chaussée et couche de roulement), et les indicateurs d'usage de la chaussée (confort et sécurité)

- **Caractérisation de l'état du patrimoine**

Relevé des déformations transversales, des déformations longitudinales (PO, MO, GO et QSPO) et des dégradations de surface représentatives du comportement de la chaussée (fissures transversales et longitudinales, faïençage, réparations, ...) et de la déflexion.

- **Caractérisation de l'usage de la chaussée**

Relevé des dégradations de la couche de roulement (arrachement, ressuage, orniérage, ...), des déformations longitudinales (PO et MO) et des informations concernant la sécurité de l'utilisateur (dégradations de revêtement, uni longitudinal (PO et MO), adhérence (macrotecture et microtexture).

Le gestionnaire pourra se référer aux descripteurs mesurés dans le cadre de l'évaluation de patrimoine. La notation issue de l'évaluation pourra permettre de prioriser les interventions.

Les propositions d'entretien sont plus fiables lorsque les caractéristiques de déformabilité de surface sont disponibles. Il convient de faire appel à des appareils de mesures à grand rendement, permettant de localiser précisément les zones les plus endommagées.

Mesure de la déformabilité de surface

Les appareils classiquement utilisés en France sont les appareils mlpc® déflectographes (02 à 04 et Flash (05)), réalisant des mesures dans chaque bande de roulement à vitesse variant de 2 à 8 km/h selon les modèles ou le curviamètre réalisant des mesures en bande de roulement de rive uniquement, à vitesse stabilisée de 18 km/h.

Ces techniques bénéficient d'une certaine ancienneté dans leur utilisation en France, et donc d'un retour d'expérience important. Elles sont de plus encadrées par un référentiel méthodologique et normatif.

Depuis le début des années 2000, des appareils d'auscultation à grande vitesse ont vu le jour. Ils sont conçus pour s'insérer dans le flot de circulation. Le bassin de déflexion étant enregistré par capteurs laser, la mesure à un plus fort taux d'invalidité sur chaussée humide.

Actuellement, cette technologie n'est pas présente dans le référentiel méthodologique français; ce type de mesure est peu utilisé en France, le retour d'expérience se fait essentiellement à l'étranger. À ce stade, elle doit être exploitée avec beaucoup de précautions à des fins de diagnostics.

Des travaux en cours étudient la pertinence d'une telle mesure dans le cadre d'une programmation d'entretien⁹; en particulier, sa plus-value reste à démontrer vis-à-vis des informations délivrées par les matériels LCMS (vis-à-vis des descripteurs de déformations longitudinales et transversales).

Les modèles de capteurs évoluent rapidement et les différentes versions d'un même matériel peuvent donc ne pas fournir la même précision de mesure.

Les mesures statiques (FWD, poutre Benkelman) ne sont pas traitées dans ce chapitre, du fait de la complexité de les mettre en œuvre sur des linéaires importants.



Figure 6 - Mesure de déflexion avec le déflectographe LACROIX en configuration 03 (source: Cerema)

9 Dans le cadre du projet national de recherche Durée de Vie des Chaussées (DVDC).

Tableau récapitulatif: Technologies de mesure de déformabilité des chaussées

Mission attendue:

➔ aide à la programmation.

Moyen de mesure	Caractéristiques	Domaines d'application
Défectographe Lacroix 02	<p>Méthode d'essai n° 39 Matériel mlpc®</p> <p>⚠ Vitesse de mesure: 2 à 3 km/h Mesure sur les deux traces de roues Pas de mesure: 1 mesure tous les 4,20 m en moyenne Bon retour d'expérience</p> <p>⚠ mesure non pertinente en dessous de 30/100 mm de déflexion ⚠ Nécessite un balisage ou une neutralisation de la circulation Mesure pouvant être utilisée dans le cadre des diagnostics et modélisations (validité estimée: 5 ans)</p>	<p>Réseau secondaire / chaussée souple</p> <p>⚠ pas de mesure sur sections à faible rayon de giration (virages en épingles, giratoires, ...)</p>
Défectographe Lacroix 03 Défectographe Lacroix 04	<p>Méthode d'essai n° 39 Matériel mlpc®</p> <p>⚠ Vitesse de mesure: 2 à 3 km/h Mesure sur les deux traces de roues Pas de mesure: 1 mesure tous les 4,5 m moyen Bon retour d'expérience</p> <p>⚠ Nécessite un balisage ou une neutralisation de la circulation Mesure pouvant être utilisée dans le cadre des diagnostics et modélisations (validité estimée: 5 ans)</p>	
Défectographe Flash (Lacroix 05)	<p>Méthode d'essai n° 39 Matériel mlpc®</p> <p>⚠ Vitesse de mesure: de 2 à 8 km/h Mesure sur les deux traces de roues Pas de mesure: 1 mesure tous les 5 ou 10 m Bon retour d'expérience</p> <p>⚠ Nécessite un balisage ou une neutralisation de la circulation Mesure pouvant être utilisée dans le cadre des diagnostics et modélisations (validité estimée: 5 ans)</p>	<p>Tout type de réseau pour les D04 et FLASH</p> <p>Vérifier l'adéquation métrologique du D03 pour les réseaux structurants</p> <p>⚠ pas de mesure sur section à faible rayon de giration (virages épingles, giratoires, ...)</p>
Curviamètre	<p>Méthode d'essai n° 39</p> <p>⚠ Vitesse de mesure: 18 km/h stabilisée Mesure côté rive uniquement Pas de mesure: 1 mesure tous les 5 m Bon retour d'expérience</p> <p>⚠ Nécessite un balisage ou une neutralisation de la circulation Mesure pouvant être utilisée dans le cadre des diagnostics et modélisations (validité estimée: 5 ans)</p>	
Défectomètre Grande Vitesse (exemple: TSD, RAPTOR...)	<p>⚠ Pas de méthode encadrant la technique et les matériels</p> <p>Vitesse d'acquisition: 30 à 90 km/h</p> <p>⚠ plus forte invalidité en présence d'humidité Peu de retour d'expérience sur les réseaux routiers français Travail de corrélation avec les autres appareils de mesure de déflexion en cours</p>	<p>Réseaux acceptant le gabarit du matériel</p>

Diagnostic de chaussée

Le diagnostic a pour objectif d'estimer la durée de vie résiduelle des structures en place et de définir la solution d'entretien qui apportera à la chaussée dégradée les caractéristiques conformes aux objectifs fixés par le gestionnaire en matière de conservation du patrimoine.

L'auscultation doit permettre de déterminer les propriétés des couches de chaussées. Elles ont pour objectif d'apporter des éléments d'informations nécessaires aux décisions à prendre en matière de travaux.

Outre les données générales (historique de la chaussée, trafic, environnement, climat, ...), les indicateurs nécessaires au bon diagnostic d'une chaussée sont les suivants :

- **Impératif**

L'état visuel de surface: l'appréciation visuelle des dégradations de surface et des réparations de revêtement. Ce relevé doit être réalisé par un système visuel, manuel ou semi-automatique. Il doit être compatible avec les modes M1 et M2 de la méthode LPC 38-2¹⁰.

La déflexion de la chaussée sous charge, de préférence de manière continue selon le mode opératoire D1 de la méthode d'essai LPC n° 39. La mesure peut également être réalisée de manière ponctuelle (en particulier sur les aires de stationnement ou les zones à virages à faibles rayons), au moyen de la poutre Benkelman ou d'un déflectomètre à masse tombante (FWD ou HWD). La déflexion peut être couplée du paramètre rayon de courbure, qui donnera des renseignements sur le comportement mécanique des couches liées.

Le contrôle des épaisseurs de chaussée et de leur qualité par carottage, conformément à la méthode d'essai LPC n° 43.

- **Optionnel mais conseillé**

L'état de surface relevé par un Appareil à Grand Rendement, complémentaire au relevé visuel.

Le contrôle de l'uni transversal et longitudinal, donnant des informations sur les irrégularités du profil et leur provenance (construction ou endommagement de la structure).

La mesure en continu des épaisseurs des couches par RADAR, dans le but de connaître précisément les changements de structure et d'optimiser l'implantation des carottages.

Des mesures d'ovalisation, sur les chaussées à fort trafic, dans le but de recaler au mieux la modélisation de la structure étudiée (mesure des elongations dans la structure au passage d'un essieu de 13 t).

Ces données seront exploitées en suivant les recommandations du guide Cerema/IDRRIM [Diagnostic et conception des renforcements de chaussées \(mai 2016\)](#).

10 Méthode en cours de révision, dans le cadre du projet national de recherche DVDC.

Tableau récapitulatif

Missions attendues:

- étude d'entretien et/ou de renforcement;
- chiffrage des travaux.

	Moyen de mesure	Descripteurs mesurés	Caractéristiques	Domaines d'application
Relevé des dégradations de surface	Automatique - transprofilomètre 3D (LCMS, PPS+...)	Tout type hors microtexture	Cf. parties précédentes ⚠ Pas de méthode encadrant la technique et les matériels Difficilement compatible avec la méthode LPC 38-2 actuelle (visuelle) Mesures complémentaires au relevé visuel Mesure de l'uni sur l'intégralité du profil transversal Mesure utilisable pour la programmation ou le diagnostic	Réseaux acceptant le gabarit du véhicule- difficultés de recalage en l'absence de signalisation horizontale
	Semi-automatique numérique - caméra embarquée	Dégradations de surface	Cf. parties précédentes Mesures complémentaires au relevé visuel Mesures compatibles avec la méthode LPC n° 38-2 ⚠ Nécessite des opérateurs qualifiés pour la reconnaissance et l'appréciation du niveau de gravité des dégradations.	Tout type de réseau
	Semi-automatique visuelle Saisie manuelle visuelle	Dégradations de surface	Cf. parties précédentes Méthode d'essai LPC n° 38-2 Nécessite des opérateurs qualifiés pour la reconnaissance et l'appréciation du niveau de gravité des dégradations. ⚠ Nécessite une protection adaptée aux conditions de circulation et à la vitesse d'évolution lente de la mesure	Tout type de réseau, sous réserve des contraintes d'exploitation
Déformabilité de la structure	Défectographe Lacroix 02	Déflexion	Méthode d'essai LPC n° 39 Matériel mlpc® Vitesse de mesure: 2 à 3 km/h Mesure sur les deux traces de roues Pas de mesure: 1 mesure tous les 4,20 m moyen Bon retour d'expérience ⚠ Nécessite un balisage ou une neutralisation de la circulation	Chaussées souples, réseau départemental secondaire
	Défectographe Lacroix 03	Déflexion, rayon de courbure	Méthode d'essai LPC n° 39 Matériel mlpc® Vitesse de mesure: 2 à 3 km/h Mesure sur les deux traces de roues Pas de mesure: 1 mesure tous les 4,50 m moyen Bon retour d'expérience	Tout type de réseau sous réserve que la déflexion reste supérieure à 20/100e mm
	Défectographe Lacroix 04	Déflexion, rayon de courbure	Rayon de courbure calculé non exploitable pour des déflexions inférieures à 25/100e de mm ⚠ Nécessite un balisage ou une neutralisation de la circulation	Tout type de réseau

	Moyen de mesure	Descripteurs mesurés	Caractéristiques	Domaines d'application
Déformabilité de la structure	Défectographe Flash (Lacroix 05)	Déflexion	Méthode d'essai LPC n° 39 Matériel mlpc® Vitesse de mesure : 2 à 8 km/h Mesure sur les deux bandes de roulement Pas de mesure : 1 mesure tous les 5 ou 10 m selon la configuration Bon retour d'expérience Rayon de courbure calculé non exploitable pour des déflexions inférieures à 25/100e de mm ⚠ Nécessite un balisage ou une neutralisation de la circulation	Tout type de réseau hors chaussée rigide
	Curviamètre	Déflexion, rayon de courbure	Méthode d'essai LPC n° 39 Vitesse de mesure : 18 km/h stabilisée ⚠ Mesure côté rive uniquement Pas de mesure : 1 mesure tous les 5 m Bon retour d'expérience ⚠ Peut nécessiter un balisage ou une neutralisation de la circulation	Tout type de réseau
	Défectomètre à masse tombante (FWD et HWD)	Déflexion, rayon de courbure	Méthode d'essai LPC n° 39 Défectomètre à masse tombante ⚠ Mesure ponctuelle	Tout type de réseau Tous types d'usage : études d'entretien, expertises, recherche
	Poutre Benkelman	Déflexion, rayon de courbure	NFP98-200-2 ⚠ Mesure ponctuelle, nécessite un camion chargé à 13 t avec un essieu simple à roues jumelées Faible coût financier ⚠ Prise de mesure assez longue (entre 10 et 20 points par heure)	Principalement sur chaussées souples. La mesure doit être réalisée à la décharge.
Épaisseurs de chaussée	Carotteuse routière	Épaisseurs de chaussée, qualité des matériaux et des interfaces	Méthode d'essai LPC n° 43 Carottiers de 150 mm de diamètre Vérifier la capacité à prélever toutes les épaisseurs de chaussées	Tout type de réseau
	Radar impulsif	Épaisseur de chaussée	Méthode LPC n° 42 / mode opératoire X2 ou X3 Dans le flot de circulation Aide précieuse dans le découpage en zones homogène Permet l'optimisation des carottages de reconnaissance Le choix du matériel a un impact direct sur la profondeur d'investigation	Tout type de réseau
	Radar fréquentiel	Épaisseur de chaussée, qualité des interfaces	⚠ Matériel utilisé essentiellement en recherche. ⚠ Méthode plus récente, peu de recul Mesure plus précise (détection des couches minces et de la qualité des interfaces), mais plus onéreuse	Tout type de réseau Peut entraîner des contraintes d'exploitation
Profil transversal	Automatique laser	Uni transversal	Cf. parties précédentes	Réseau structurant
	Ultrasons (TUS)		Cf. parties précédentes	Tout type de réseau

	Moyen de mesure	Descripteurs mesurés	Caractéristiques	Domaines d'application
Profil longitudinal	Automatique laser	Uni longitudinal	<i>Cf. parties précédentes</i>	Réseau acceptant le gabarit du véhicule
	Semi-automatique		<i>Cf. parties précédentes</i> La mesure pourra être utilisée comme mesure avant travaux	Tout type de réseau
Élongations	Sonde d'ovalisation	Élongations structurelles	Méthode d'essai LPC n° 41 / NFP98-203-1 Permet de caractériser la liaison aux interfaces des couches liées ⚠ Nécessite une chaussée hors gel ⚠ Nécessite la mobilisation d'un camion chargé à 13 t par essieu simple à roues jumelées	Réseau structurant principalement Toutes chaussées ayant des couches liées Nécessite une neutralisation de la circulation Principalement utilisé en expertise et recherche



Figure 7 - Carottage de chaussées dans le cadre d'un diagnostic (source: Cerema)

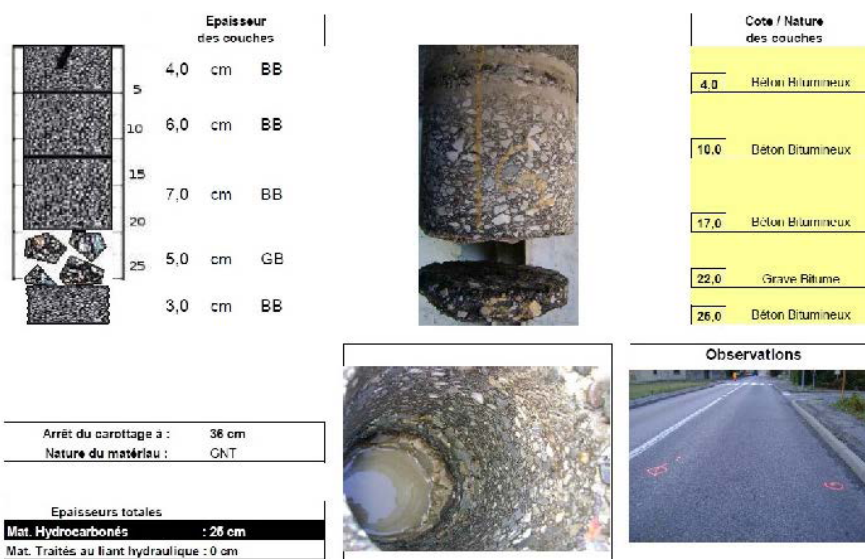


Figure 8 - Restitution d'un carottage dans le cadre d'un diagnostic (source: Cerema)

Contrôle et réception de travaux, surveillance et suivi de section

Contrôle et réception de travaux

Le contrôle et la réception des travaux (travaux neufs, travaux d'entretien ou de renforcement) au moyen d'appareils à grand rendement sont encadrés par les recommandations :

- de la norme NFP94-117-1 et 2, pour ce qui concerne la réception des couches de forme en matériaux traités ou non traités ;
- de la norme NFP98-200-1, pour ce qui concerne la réception des couches de forme traitées aux liants hydrauliques ;
- de la norme NFP98-150-1, pour ce qui concerne la réception des couches de roulement en enrobés hydrocarbonés ;
- de la norme NFP98-170-1, pour ce qui concerne la réception des couches de roulement béton de ciment.

Différents guides techniques viennent compléter ces recommandations normatives.¹¹

Étant donné les enjeux liés à la réception de travaux, il convient de faire appel uniquement aux matériels certifiés pour ce type de prestation. Une mesure délivrée par un appareil non homologué pour la réception n'est pas opposable en cas de non-conformité.

Information requise	Matériel disponible	Domaines d'application
Contrôle de portance ^(a)	Essai à la Plaque (mesure ponctuelle)	Couche de forme traitée ou non. D _{max} < 200 mm
	Dynaplaque I et II (mesure ponctuelle)	D _{max} < 250 mm pour la Dynaplaque II
	Portancemètre (mesure en continu)	Couche de forme traitée ou non (essai non normalisé)
	Défectographe ^(b) Lacroix-Flash (mesure en continu) Déflexion Poutre Benkelman (mesure ponctuelle)	Couche de forme traitée
Uni longitudinal ^{(c) (d)}	APL	Réception couche de forme et couche de roulement
Macrotexture	PMP (méthode profilométrique)	Réception couche de roulement (non contractuelle) ^(e)

(a) Pour plus d'informations, voir la note d'information du Cerema : *Méthodologie de mesure de la portance des plates-formes*

(b) Le recours à un déflectographe permet d'avoir une importante densité de points de mesure. Ceci permet d'avoir également une représentation de l'homogénéité des caractéristiques mécaniques de la couche de forme.

(c) Note technique du 30 septembre 2015 relative à l'uni longitudinal des couches de roulement neuves du domaine routier

(d) Le contrôle de l'uni longitudinal dans les bretelles et zones de manœuvre fait l'objet d'une note spécifique de l'IDRRIM : cf. *Compléments au guide technique pour le contrôle d'uni sur bretelle et plateforme de péage*.

(e) La mesure contractuelle de macrotexture est une mesure ponctuelle de PMT. Une mesure dynamique continue peut-être préalablement réalisée sur la section à réceptionner afin de cibler les zones à macrotexture potentiellement non conforme. Cf Note technique du 30 septembre 2015 relative à l'adhérence des couches de roulement neuves du domaine routier.

Remarque concernant le contrôle de la macrotexture : actuellement, les méthodes de mesure dynamique comme le RUGO2 sont opérationnelles mais encore insuffisamment employées pour qu'elles puissent constituer une alternative de référence à la méthode à la tâche pour la réception des ouvrages, sur la base des mêmes spécifications (guide Cerema *L'adhérence des chaussées*, octobre 2015).

11 Guide de Traitement des Sols (GTS), Guide de Réalisation des remblais et des couches de forme (GTR), Guide relatif aux *Moyens et critères de réception des matériaux mis en œuvre en chaussée...*

Surveillance et suivi de section

Certaines sections d'un réseau routier peuvent faire l'objet d'une surveillance renforcée, sur une durée limitée ou non :

- mise en place et levée des barrières de dégel: l'essai de référence pour la mise en place des barrières de dégel est la déflexion sous charge (à la poutre de Benkelman ou au déflectographe). Il convient d'utiliser le même matériel durant toute la phase de suivi, sur chaque section concernée.
- suivi de chantiers expérimentaux: contrôle périodique, défini par le gestionnaire, de différents indicateurs caractérisant les performances attendues du procédé suivi: Uni transversal et longitudinal, déformabilité de surface, adhérence...

Il est conseillé d'utiliser le même matériel d'auscultation durant toute la période du suivi de la section (continuité de la qualité de la mesure).

- zones accidentogènes (mesures périodiques de l'adhérence):
 - mesure du frottement longitudinal (CFL_{λ}), au moyen de l'Adhera,
 - mesure du frottement longitudinal (CFL_{σ}), au moyen du Griptester, en milieu urbain,
 - mesure du frottement transversal (CFT), au moyen du SCRIM.



Figure 9 - matériel de référence de mesure de l'uni longitudinal – APL (source: Cerema)

Conclusion et perspectives

L'objectif souhaité de ce document, à destination des gestionnaires de réseaux, est de les aider dans les choix à prendre face aux différents outils et technologies d'auscultations de chaussée actuellement disponibles sur le marché français.

Pour chaque métier de gestion de patrimoine (connaissance du patrimoine routier, évaluation de patrimoine et suivi de réseaux routiers, programmation de l'entretien des chaussées, diagnostic de chaussées, contrôle et réception de travaux, et enfin surveillance des réseaux et suivi de section), les matériels ont été présentés avec leurs avantages et les points de vigilance à prendre en considération.

Plusieurs leçons peuvent être tirées de la lecture du document :

1. Ces dernières années, les évolutions technologiques apportées aux techniques d'auscultation permettent aux gestionnaires d'acquérir des descripteurs de meilleure qualité, plus objectifs et répétables que ceux obtenus jusqu'à présent, et utilisables à des fins d'évaluation de patrimoine comme de suivi de section.
2. Pour autant, ces technologies ne sont pas nécessairement adaptées à tous les réseaux, ou tous les besoins des gestionnaires.
3. Un constat est fait sur la difficulté d'obtention de relevés visuels des dégradations homogènes et cohérents, en partie lié à la difficulté de l'exercice sur l'ensemble d'un réseau routier. De fait, le remplacement de tels relevés par des relevés automatiques aidera clairement à une amélioration de l'image de l'état d'un réseau routier. Ce constat s'explique également par l'absence de procédure et d'organisme de qualification des opérateurs de relevés visuels des dégradations. Aucune habilitation n'est aujourd'hui demandée aux opérateurs. Les entreprises ont chacune leurs procédures de qualification ; elles mériteraient d'être validées par une instance. Une action portée par le Cerema est en cours pour répondre à ce besoin.
4. Il existe un décalage entre les dernières technologies d'auscultation et la doctrine méthodologique actuellement en vigueur :
 - en matière d'agrément des matériels (certification de la qualité des résultats fournis);
 - en matière de méthodologie de réalisation des mesures et d'exploitation des résultats.

De même que pour la qualification des opérateurs de relevés visuels, un dispositif de contrôle de la qualité des mesures fournies par les nouvelles technologies et une refonte méthodologique pourront permettre :

- à l'entreprise d'assurer la qualité de sa prestation;
- au gestionnaire, de s'assurer de la qualité de la prestation livrée.

L'action portée par le Cerema, évoquée en point 3 intègre cette composante.

5. De nouvelles problématiques accompagnent enfin l'usage de ces nouveaux appareils comme par exemple la gestion scientifique et informatique des données (organisation des données, format des fichiers, volume des données, géoréférencement, lien vers les SIG, etc.)

Table des matières

Connaissance du patrimoine routier	2
Inventaire du patrimoine routier	2
Remarques et points de vigilance	5
Évaluation et suivi des réseaux routiers	6
Recommandations générales	6
Évaluation du patrimoine et des qualités d'usage :	6
Tableau récapitulatif: techniques envisageables dans le cadre d'une évaluation de réseau	9
Programmation de l'entretien des chaussées	12
Mesure de la déformabilité de surface	13
Tableau récapitulatif: Technologies de mesure de déformabilité des chaussées	14
Diagnostic de chaussée	15
Tableau récapitulatif	16
Contrôle et réception de travaux, surveillance et suivi de section	19
Contrôle et réception de travaux	19
Surveillance et suivi de section	20
Conclusion et perspectives	21
Glossaire	23

Glossaire

APL - Analyseur de Profil en Long

DVDC - Durée de Vie des Chaussées

FWD /HWD - Falling Weight Deflectometer / Heavy Weight Deflectometer

IRCAN - Imagerie Routière par Caméra Numérique

IREVE - Imagerie Routière, Étalonnage, Visualisation, Exploitation

LCMS - Laser Cracks Measurement System

LRMS - Laser Rut Measurement System

MLPC - Matériel des Laboratoires des Ponts et Chaussées

PO, MO, GO - Petites Ondes, Moyennes Ondes, Grandes Ondes

QSPO - Qualité de Structure Petites Ondes

RAO - Relevé Assisté par Ordinateur

SIG - Système d'informations géographiques

SIR -Système d'Informations Routiers

TUS - Transversoprofilomètre à ultrasons

Série de fiches « Gestion de patrimoines d'infrastructures »

Fiche n° 01

Cahier des méthodes et outils de diagnostic de chaussées

Contributeurs ●●●

Rédacteur

Baudouin Espieux (Cerema).

Relecteurs

Cerema : Jérôme Albaret, Pilar Lesage, Philippe Carles, Claude Malval, Philippe Lapeyre, Nathalie Charrier, Laurent Moriceau, Pascal Rossigny, Nadège Sagnard, Emmanuel Delaval, Sébastien Wasner.

Université Gustave Eiffel: Fabien Menant, Jean-Marc Martin.

Maquettage
Cerema DSC
Pôle édition
et valorisation
des connaissances

Contact ●●●

Cerema Infrastructures de transport et matériaux

Pascal Rossigny
pascal.rossigny@cerema.fr

Photos de couverture
AIGLE 3D - Cerema

Impression
Jouve-Print
Mayenne

Date de publication
Octobre 2021
ISSN : 2417-9701
2021/22

Commander ou télécharger nos ouvrages sur
www.cerema.fr

© 2021 - Cerema
La reproduction totale
ou partielle du document
doit être soumise
à l'accord préalable
du Cerema.

La collection « Connaissances » du Cerema

Cette collection présente l'état des connaissances à un moment donné et délivre de l'information sur un sujet, sans pour autant prétendre à l'exhaustivité. Elle offre une mise à jour des savoirs et pratiques professionnelles incluant de nouvelles approches techniques ou méthodologiques. Elle s'adresse à des professionnels souhaitant maintenir et approfondir leurs connaissances sur des domaines techniques en évolution constante. Les éléments présentés peuvent être considérés comme des préconisations, sans avoir le statut de références validées.

Aménagement et cohésion des territoires - Ville et stratégies urbaines - Transition énergétique et climat - Environnement et ressources naturelles - Prévention des risques - Bien-être et réduction des nuisances - Mobilité et transport - Infrastructures de transport - Habitat et bâtiment