



**GUIDE
POUR L'AUDIT
ET LE DIAGNOSTIC
D'UN PATRIMOINE
D'INFRASTRUCTURES
ROUTIÈRES**

GUIDE

Mai 2022

SOMMAIRE

I. MÉTHODOLOGIE	5
II. MISSIONS SPÉCIFIQUES POUR DES PRESTATIONS BIEN DÉFINIES	6
1. Présentation des missions	6
2. Guide de lecture	7
III. GESTION PATRIMONIALE	10
1. Exploitation d'un réseau routier au quotidien	10
2. Approche normative	11
IV. MISSION D1 : CONSTITUTION D'UN RÉFÉRENTIEL	15
V. MISSION D2 : RECENSEMENT ET ACQUISITION DE DONNÉES	22
VI. MISSION D3 : DIAGNOSTIC ET CARACTÉRISATION DES RÉSEAUX	26
VII. MISSION D4 : PRÉCONISATIONS	31
VIII. MISSION D5 : AIDE À LA CONCEPTION DES TRAVAUX DE RENFORCEMENT	37
IX. MISSION D6 : ACCOMPAGNEMENT, CONSEIL ET EXPERTISE	41
BIBLIOGRAPHIE	48
ANNEXES	50
ANNEXE 1 - MÉTHODES DE MESURES ET D'AUSCULTATION	51
ANNEXE 2 - LISTE INDICATIVE DES ESSAIS D'AUSCULTATION	62
REMERCIEMENTS	68

CONNAITRE SON PATRIMOINE ROUTIER POUR MIEUX L'ENTREtenir ET FOURNIR UN NIVEAU DE SERVICE OPTIMAL

Dans une démarche d'optimisation de ses dépenses, le gestionnaire doit avoir une vision qualitative et quantitative de son patrimoine la plus complète et précise possible.

Ainsi, il cherche à :

- Obtenir la meilleure connaissance de ce patrimoine accueillant différentes mobilités afin de garantir un niveau de service choisi ;
- Avoir un dialogue constructif et pertinent avec ses interlocuteurs, qu'ils soient techniques, politiques ou financiers ;
- Mesurer la résilience des infrastructures, incluant les aspects environnemental et sociétal ;
- En déduire des politiques de collecte de données, métadonnées, et entretien adaptées au contexte qui lui est propre ;
- Évaluer les performances de ses politiques ainsi que l'évolution de son réseau.

Issu d'une réflexion collective, ce guide décrit des bonnes pratiques lui permettant d'améliorer la connaissance de son patrimoine nécessaire à cette vision d'ensemble. Il propose des éléments constituant des « *missions* » afin d'en faciliter la prescription et ainsi optimiser le diagnostic et la gestion de son patrimoine.

I. Méthodologie

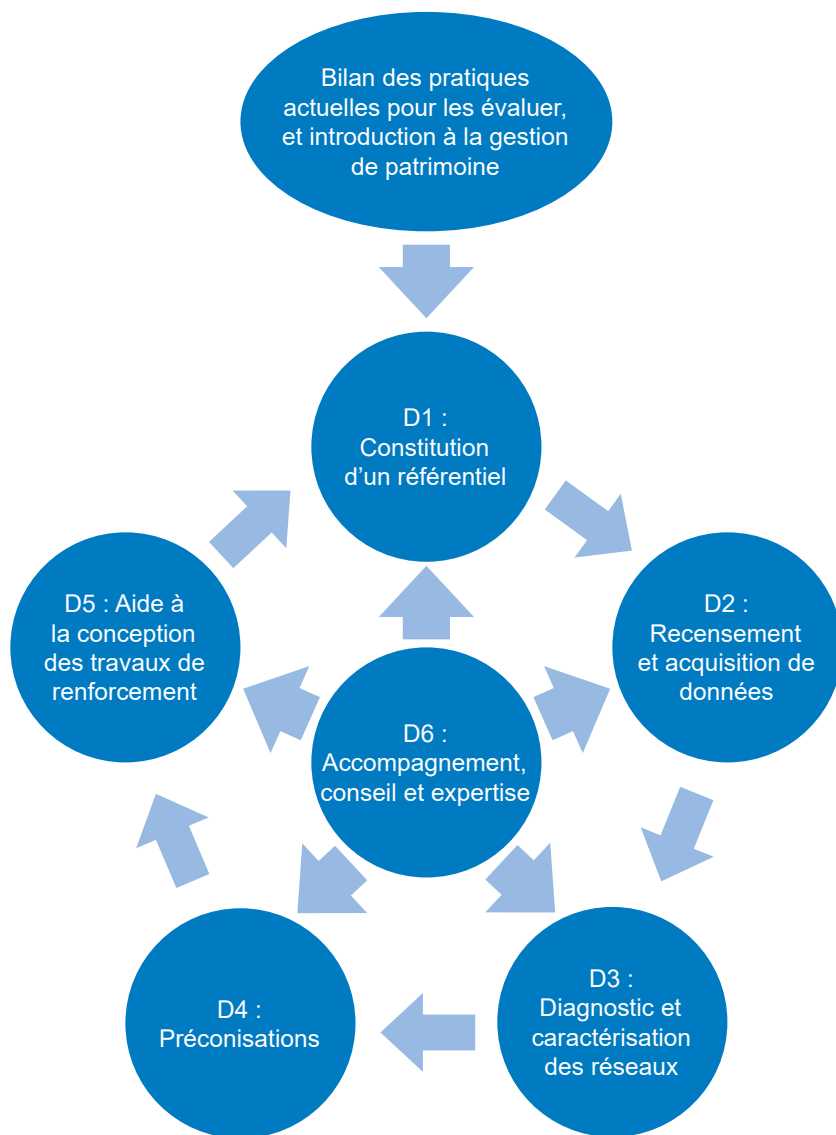
Le contenu du présent guide a été développé à la suite d'une démarche rigoureuse, capitalisant sur l'expérience partagée des participants au groupe de travail, et comportant les activités suivantes :

- Un recensement des pratiques usuelles ;
- La tenue de groupes de discussion, regroupant des acteurs de la gestion et de l'entretien des routes, portant sur les besoins en termes de forme et de contenu ;
- La proposition d'approches nouvelles.

II. Missions spécifiques pour des prestations bien définies

1. Présentation des missions

Il est proposé de découper les prestations possibles en différentes missions, de la Mission D1 à la Mission D6, de la plus simple à la plus complexe, afin de faciliter la prescription des différentes prestations souhaitées par le gestionnaire :



Ces missions peuvent contenir les étapes suivantes :

D1 Constitution d'un référentiel

- Recueil documentaire
- Création du référentiel
- Mise à jour du référentiel
- Hiérarchisation du réseau
- Gestion des cas particuliers

D2 Recensement et acquisition de données

- Recueil documentaire
- Mesures sans interprétation
- Relevés visuels de dégradations

D3 Diagnostic et caractérisation des réseaux

- Qualification de l'état du réseau
- Intégration des données dans le référentiel client
- Définition des zones homogènes

D4 Préconisations

- Priorisation multicritères des sections
- Orientation de travaux types
- Estimation macroscopique du coût des travaux
- Préconisations d'essais complémentaires

D5 Aide à la conception des travaux de renforcement

- Etude de renforcement
- Estimation du coût des travaux de renforcement
- Aide à la programmation

D6 Accompagnement, conseil et expertise

- Définition des indicateurs
- Élaboration des stratégies d'entretien
- Assistance à maître d'ouvrage

Ces missions doivent être jalonnées de points d'arrêts et/ou de validations à chaque étape importante.

2. Guide de lecture

Chacune des missions est présentée selon le même plan, afin de faciliter sa compréhension.

Les chapitres abordés sont les suivants :

Contexte

Le contexte décrit les besoins et problématiques du gestionnaire concernant le sujet traité par la mission, ainsi que les contraintes et limites générées par les méthodes actuelles (succinctement).

Objectifs

Les objectifs correspondent aux besoins exposés dans le contexte et définissent le contenu technique de la mission que le gestionnaire est en droit d'attendre.

Ces objectifs doivent être discutés et validés par l'ensemble des acteurs de la mission préalablement à sa réalisation.

Prérequis

Ce chapitre décrit l'ensemble des entrants nécessaires pour réaliser la mission.

- Missions

Ce sous-chapitre rappelle les missions qui sont à réaliser en amont.

- Prérequis techniques

Ce sous-chapitre présente les documents et données concernant la connaissance du réseau nécessaires à la bonne réalisation de la mission.

Réalisation

Ce chapitre décrit de manière détaillée les étapes de réalisation de la mission.

Exemples

Dans ce chapitre, des exemples sont présentés pour illustrer les étapes les plus importantes de réalisation de la mission.

Livrables

Ce chapitre décrit les livrables à fournir à l'issue de la mission.

Les livrables ne sont pas exhaustifs. Ceux-ci doivent être définis dans le cadre de la consultation, certains livrables pouvant nécessiter des exploitations particulières et du temps d'exploitation et mise en forme.

NOTE SUR LA DEFINITION DES BESOINS

Si le gestionnaire choisit de se faire accompagner dans la réalisation de l'état des lieux initial, le prestataire sera attentif aux besoins exprimés par le gestionnaire :

- **Besoins formalisés** (cahier des charges, appel d'offres, tout autre document ou expression orale de besoin du gestionnaire) ;
- **Besoins implicites**. Par exemple, si un gestionnaire ne parle pas de voies de bus dans sa définition de besoin, ouvrir la discussion sur ce sujet ; si un gestionnaire semble préoccupé par l'avis de ses concitoyens, proposer une note « *qualité perçue* » ...

Le travail d'ingénierie passe nécessairement par de l'empathie, qu'elle soit humaine (volonté de coller au plus proche du besoin) ou technique (volonté d'efficacité et de qualité du travail pour qu'il soit le plus pertinent possible pour les futures personnes qui vont l'utiliser).

Le prestataire est force de proposition pour le gestionnaire, notamment à l'appui de sa propre expérience, des avancées techniques (nouvelles recommandations de la profession ou nouvelles normes...) et de sa connaissance de l'efficacité des techniques vis-à-vis de certaines familles de structures de chaussées et/ou de pathologies (exemple : intégration de l'emploi de géogrille pour le traitement des fissures transversales liées au retrait hydraulique des matériaux traités en assise). Ce travail fait l'objet d'échanges importants entre le prestataire et le gestionnaire.

III. Gestion patrimoniale

1. Exploitation d'un réseau routier au quotidien

Contexte

La gestion raisonnée et optimisée d'un réseau routier nécessite de disposer d'une politique d'entretien. Cette dernière intègre les moyens d'évaluer les conséquences à moyen et long terme de l'exploitation du réseau, de son entretien et de sa modernisation.

Cette démarche nécessite d'avoir une bonne connaissance de son réseau :

- Hiérarchisation, catégorie de voies, contexte... ;
- Référentiel adapté et à jour ;
- Mesures et descripteurs, trafic, données utiles de tout type ;
- Nature et état de la couche de roulement ;
- Connaissance des structures en place et de l'historique des travaux d'entretien ;
- Indicateurs d'état et de suivi ;
- Métadonnées : météo, contexte des travaux, viabilité hivernale...

Performance du réseau

Afin d'estimer la performance du réseau, il convient de définir des niveaux de service. Ceux-ci traduisent des objectifs à respecter ou à atteindre et sont ainsi liés à la qualité minimale attendue par le gestionnaire pour chaque catégorie de route, par thématique. Ils conditionnent les entretiens en précisant notamment les seuils d'intervention. Les objectifs visés sont par exemple la conservation du patrimoine, la sécurité des usagers...

Pour vérifier que les niveaux de service visés sont atteints, le gestionnaire peut :

- Utiliser des indicateurs d'état objectifs (exemple : structurel, sécurité...) ;
- Mettre en place une stratégie d'entretien ;
- Utiliser des indicateurs d'état subjectifs (plaintes des usagers, qualité surfacique perçue...).

Les stratégies d'entretien régissent les types de travaux d'entretien structurel et superficiel à mettre en œuvre ainsi que leurs conditions de déclenchement, en fonction des catégories de voies ou du contexte (agglomération/hors agglomération par exemple). Les techniques sont étroitement liées aux choix du gestionnaire, qui peut utiliser dans son « *catalogue de référence* » des techniques classiques d'entretien, des techniques innovantes prenant en compte le développement durable, des techniques à base de matériaux recyclés...

Il faut ici souligner l'importance de l'évaluation de la pertinence environnementale des différentes solutions d'entretien, voire de la stratégie globale d'entretien. Cet enjeu est aujourd'hui un élément incontournable d'aide à la définition d'une politique d'entretien des réseaux routiers.

Performance de la méthodologie de gestion de patrimoine

Pour disposer d'une gestion de patrimoine satisfaisante et performante, l'ensemble des politiques déjà mises en place pour la gestion de son réseau et leur efficacité doivent être évalués qualitativement.

Le gestionnaire a ainsi besoin de disposer d'informations macroscopiques de performance et d'un accompagnement à la prise de décision afin d'optimiser sa préparation à l'atteinte de ses objectifs.

Le suivi dans le temps et l'analyse critique des indicateurs définis au chapitre précédent permettent de valider l'efficacité de la politique menée. Si le gestionnaire dispose de suffisamment d'informations, l'exploitation plus poussée de ces indicateurs permet par ailleurs de réaliser une analyse projective en vue d'optimiser ou de modifier les stratégies d'entretien. Il capitalise ainsi sur le travail déjà réalisé lors de missions précédentes et sur l'historique dont il dispose.

Cette évaluation de performance peut prendre les formes suivantes :

- Suivi dans le temps des indicateurs d'évaluation ;
- Aide à la prise de décision ;
- Indicateurs relatifs aux dépenses annuelles (catégorisées) ;
- Evaluation de la tenue dans le temps des travaux réalisés ;
- Aide à l'évaluation de solutions de travaux performantes ;
- Mise en place de modèles d'évaluation de stratégies de travaux ;
- Contrat de performance, indicateurs globaux de performance ;
- Aide à l'évaluation environnementale de solutions d'entretien.

Ainsi, dans le présent guide, la notion de gestion de la maintenance des actifs est introduite, car elle découle naturellement de la mise en œuvre d'études et de prestations complètes d'accompagnement et permet au gestionnaire d'avoir des outils d'évaluation de son travail cadrés méthodologiquement.

2. Approche normative

Systeme de gestion d'actifs

La gestion d'actif est un ensemble de pratiques qui facilitent la prise de décision basée sur la connaissance des actifs : leur état, les risques associés et les coûts, dans le but d'atteindre les objectifs du gestionnaire.

La publication de la norme ISO 55001¹ en version française en juillet 2014 et sa révision en 2018 ont permis de mettre en lumière l'utilisation d'une nouvelle méthodologie de gestion d'actifs, notamment applicable au domaine routier.

Extrait de la NF ISO 55001 : « *Gestion d'actifs – Système de management – Exigences* ».

« **Domaine d'application** »

La présente norme internationale spécifie les exigences que doit avoir un système de gestion d'actifs dans le contexte de l'organisation. Elle peut être appliquée à tous les types d'actifs ainsi que par tous les types et toutes les tailles d'organismes. »

¹ Se référer à la bibliographie du présent guide

Les apports d'un système de gestion d'actifs sont triples :

1. Noter la performance des actifs gérés, selon des critères d'optimisation des budgets d'investissement et d'exploitation, en assurant leur disponibilité sur leur cycle de vie ;
2. Noter la performance de la gestion de ces mêmes actifs ;
3. Noter la performance du système de gestion de ces mêmes actifs.

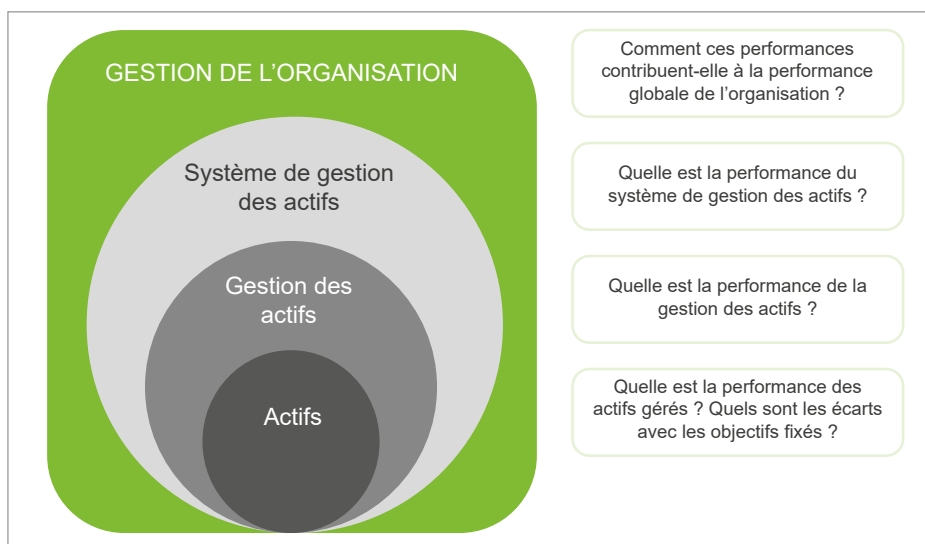


Figure 1 : Les différents niveaux dans la gestion d'actifs

Chacun de ces 3 niveaux correspond effectivement à une analyse de performance et ouvre sur des possibilités d'amélioration différentes.

Cette démarche peut s'appliquer au domaine routier :

- **La performance des actifs** se traduit par la performance du réseau routier. Sont ainsi concernés et sans que cela soit limitatif : le niveau de confort, la qualité structurelle et surfacique, la sécurité, la réduction de la fréquence d'entretien, la réduction des impacts environnementaux par la diminution de la quantité de matériaux (bitumineux, issus de carrières...) utilisée, l'efficacité budgétaire. La performance des actifs et leur amélioration concernent la construction de nouvelles chaussées ou l'entretien de chaussées existantes, afin qu'ils fournissent des niveaux de service accrus, que leur durée de vie augmente ou que leurs coûts d'exploitation ou de renouvellement soient réduits.
- **L'amélioration de la gestion des actifs** définit la manière dont l'entretien du réseau routier est conduit. Ainsi, les travaux réalisés doivent répondre aux objectifs fixés, à la fois en termes de budget dépensé, de livraison à temps des réparations, d'information des usagers, de sécurité des travaux, des usagers, des reprises en garantie, des durées de vie atteintes... Il s'agit d'un processus continu d'amélioration de la façon dont la gestion du réseau routier est menée dans une organisation et des compétences de ceux qui la réalisent et ce, à tous niveaux.
- **Le système de gestion des actifs** définit les procédés mis en œuvre pour la gestion des routes. Ainsi en va-t-il par exemple de la décision des solutions mises en œuvre, des priorités données ou bien encore la date d'attribution des budgets. Ce système doit être audité régulièrement et évalué afin de déterminer s'il est efficace et efficient à soutenir la gestion des actifs.

Les écarts, qu'ils soient positifs ou négatifs, doivent être analysés et les conséquences tirées à chaque niveau.

La nécessité d'une stratégie

Un gestionnaire de patrimoine routier souhaitant gérer ses actifs conformément au système proposé par la norme ISO 55001 doit établir un plan stratégique pour leur gestion, aligné et cohérent avec ses objectifs généraux.

Ainsi, un plan stratégique assez classique, que chacun pourrait considérer comme de bon sens pour un gestionnaire, pourrait être de « *mettre à disposition des usagers de la route, actuels et futurs, une infrastructure offrant le niveau de service requis, au coût le plus bas et tout au long de son cycle de vie* ».

Le gestionnaire devra ainsi cadrer formellement les termes utilisés dans la définition de son plan, qui sont les usagers de son réseau, quel est le niveau de service requis et sur quels critères le baser...

Le système de gestion d'actifs définit les processus et leurs interactions, clarifiant de facto les différentes natures de gestionnaire. Il précise en parallèle les parties prenantes, tels que les usagers, les associations de riverains, environnementales...

L'IMPORTANCE D'UN ENGAGEMENT

La collectivité doit affirmer son engagement en faveur du système de gestion d'actifs. Elle doit s'assurer, et c'est le point le plus important, que le plan stratégique de gestion des actifs est compatible avec le système de gestion d'actifs de la collectivité et qu'il permet aux services concernés de collaborer efficacement.

L'optimisation de la gestion d'actifs repose sur les bons arbitrages entre le service que la collectivité veut rendre à l'utilisateur, les coûts à engager pour le rendre et le coût des risques de ne pas le rendre.

Aujourd'hui, la maintenance routière est généralement réalisée en fonction de grilles de décision, « *tout en un* ». Le type de travaux envisagé va cocher tous les critères du standard, tels que qualité du service par le confort, sécurité par l'adhérence, durée de vie par l'épaisseur des couches...

Pour optimiser la maintenance, ce ou ces standards doivent être confrontés à des critères plus fins, comme le niveau de service proposé, les risques pris, le niveau de service minimum accepté.

C'est vers ce type de solutions que l'ingénierie oriente les collectivités en proposant plusieurs politiques d'entretien et en les accompagnant tout au long des missions qui seront définies dans les chapitres suivants.

IV. Mission D1 : Constitution d'un référentiel

Le référentiel n'a pas vocation à gérer des informations générales, très vagues, « *grosse maille* » mais des données localisées précisément.

En effet, la pertinence et la précision du référentiel routier construit en début d'études conditionnent le bon déroulement et la fiabilité de toutes les études réalisées sur le réseau.

1. Contexte

Le gestionnaire doit être en capacité de connaître son patrimoine, quantitativement et qualitativement, afin par exemple de répondre à la question : quels sont les objets routiers qui font l'objet d'une maintenance ?

La constitution du référentiel partiel ou complet du patrimoine viaire du gestionnaire est donc une étape centrale lors de la mise en place d'un système d'information routier.

Si le gestionnaire dispose déjà de ce référentiel, il peut être utile de vérifier qu'il répond bien aux exigences requises. Après échanges avec le titulaire de la mission, il pourra vérifier l'opérabilité du référentiel et, le cas échéant, passer directement à la mission D2.

2. Objectifs

Un référentiel permet de définir et représenter le tracé des routes, leur positionnement géographique (coordonnées GPS, SIG...). Une fois défini, il permet de localiser toutes les mesures, relevés et résultats de leurs traitements sur le terrain. Sa qualité est déterminante pour la localisation des entretiens à venir.

Le référentiel doit recenser les informations suivantes :

- Liste des voies
- Liste des objets routiers à entretenir
- Limites de gestion
- Longueurs
- Largeurs
- Points de repère (intersections, PR, giratoires...)
- Cartographie

La largeur est indispensable pour déterminer les surfaces à entretenir et donc correctement quantifier les surfaces de travaux et les chiffrer. La précision de cette information impactera donc fortement la fiabilité des budgets issus de l'application de la politique d'entretien.

3. Prérequis

Le gestionnaire fournit dans la mesure du possible :

- La liste des voies à référencer ainsi que leur dénomination ;
- Les limites du réseau.

En complément, il peut fournir un plan de son réseau, qu'il soit analogique ou numérique.

4. Réalisation

Préparation de la mission – échanges

La construction du référentiel nécessite des échanges réguliers entre les protagonistes de l'étude afin de valider son contenu. Cette construction s'appuie d'une part sur la connaissance exhaustive des voies, et d'autre part sur les informations relatives à leur localisation géographique. Les limites de gestion sont également à identifier. Le référentiel peut en effet être constitué de voiries gérées par plusieurs gestionnaires afin de disposer visuellement de l'ensemble d'un territoire.



Figure 2 : Exemple de référentiel urbain

■ Tâches à réaliser

Construction d'un référentiel de voirie

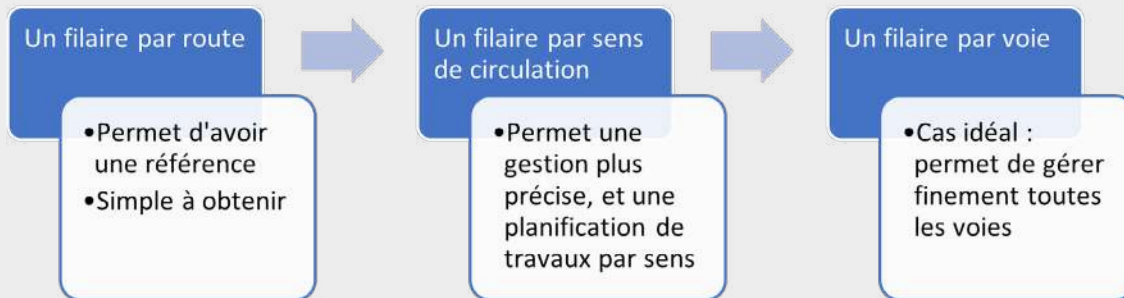
Le référentiel de voirie s'appuie sur l'association de deux composantes :

- Un filaire cartographique géoréférencé permettant la localisation des routes ou des rues ;
- Une base de données contenant les informations qui leur sont associées.

Le filaire est composé d'objets routiers à entretenir (exemple : giratoires) et de segments délimités par des points de localisation (définis contextuellement, par exemple : intersections, PR...). Cette opération permet de connaître, pour tout segment ou objet, sa longueur et ses positions d'origine et de fin. La longueur des rues/routes peut être estimée à partir des longueurs cartographiques.

Pour un référentiel adapté aux besoins, de nombreuses questions peuvent se poser :

- Comment représenter une route en fonction du besoin ?



Ainsi l'utilisation d'un filaire dédié par voie permet de :

- Traiter à part les voies à circulation dédiée par exemple voies de bus ou voies cyclables ;
- Gérer les différences de trafic et optimiser les travaux à réaliser (exemple distinction VLVR).

Idéalement, un filaire par voie permet donc une gestion encore plus optimisée de la chaussée.

Chaque élément du filaire doit être identifié de manière unique.



Figure 3 : Exemple d'un référentiel où les intersections et limites des tronçons sont matérialisés par les points rouges

La base de données associée contient les informations permettant de quantifier et qualifier le patrimoine de voirie, ainsi que celles nécessaires pour la gestion et le suivi du réseau.

Elles sont principalement de deux ordres :

- Administratives : relatives aux noms des voies, aux gestionnaires...
- Techniques : largeur de voie, trafic, relevés divers...

Tracé cartographique des voies - Obtention de la référence

Les tracés cartographiques peuvent être obtenus à partir de différents supports :

- Extraction du Référentiel à Grande Échelle (RGE) ou de la BDTOPPO de l'IGN, ou de support cartographique en Open Data type de Open Street Map (OSM) ;
- Dessin de l'ensemble du réseau à l'aide d'un outil dédié (numérisation à partir de fonds de plans cartographiques) ;
- Données GPS obtenues à partir d'une collecte terrain.

Un travail de validation est souvent nécessaire afin de s'assurer :

- De l'exhaustivité des éléments constituant la voirie (ne pas oublier contre-allées, voies nouvelles...);
- De la cohérence de ces éléments (noms des voies correspondant à la réalité terrain...).

Segmentation et objets routiers

En milieu urbain comme péri-urbain, le référentiel doit être a minima découpé de carrefour à carrefour. En cas de tronçons de très grande longueur, un découpage complémentaire peut être mis en place, au moment du relevé des dégradations.

Pour des sections spécifiques (par exemple : trafic ou structures très différents selon le sens...), la gestion par voie peut être pertinente, nécessitant de disposer d'un filaire par voie de circulation.

Idéalement et lorsque cela est possible, les conventions suivantes sont respectées :

- Sens « *droit* » ou « *croissant* » dans le sens de numérotation croissante des rues ;
- Numérotation des tronçons dans le sens croissant sur une même route.

■ Base de données attributaire

Les informations descriptives associées au filaire sont classées selon deux niveaux :

- Un **niveau 1** qui permet de disposer des informations minimales nécessaires à la gestion du réseau ;
- Un **niveau 2** vers lequel tendre pour optimiser l'entretien des réseaux.

Les informations de niveau 2 viennent compléter celles du niveau 1.

Un niveau 3 pourra être défini ultérieurement en vue de l'exploitation des informations liées aux réseaux avec un système BIM. Ce sujet n'est pas traité dans le présent guide.

Niveau 1

Les informations recommandées pour le référentiel de niveau 1 sont a minima :

- Le gestionnaire ;
- Le nom de la route ou de la voie :
 - Nature de la voie avec son numéro (RD, RN, A...) pour les réseaux interurbains,

- Code Fantoir² ou « *Code Identifiant* » unique par rue pour les réseaux urbains,
 - Nom d'usage de la rue/route chez le gestionnaire.
- Hiérarchisation du réseau : par classe fonctionnelle (artère, distribution, desserte...) pour les réseaux urbains ou catégorie de voie (réseaux départementaux) ;
 - Le type de voie ou d'objet routier (impasse, bretelle, giratoire...) ;
 - La latéralité en cas de chaussée séparée (G, D), couloirs bus ;
 - La largeur de la chaussée ou voie ;
 - Trafic PL : idéalement le TMJA historisé, ou à défaut un niveau de trafic estimé par classe ;
 - La présence et latéralisation de trottoirs, accotements, caniveaux-bordures, fossés ;
 - Le repérage des informations associées en fonction du contexte :
 - Le nom de la commune et son numéro INSEE unique,
 - L'identifiant unique des tronçons,
 - Les PR,
 - Les distances inter-PR.

Niveau 2

- Voies de bus ;
- Pistes cyclables, ou autres éléments de patrimoine à gérer dans l'emprise de la chaussée entre fils d'eau comme des stationnements... ;
- Le sens de circulation ;
- Les noms des rues sécantes définissant le tronçon, ce qui peut servir pour l'établissement de schémas-itinéraires ;
- La largeur des trottoirs, accotements, caniveaux-bordures, fossés ;
- Voies latéralisées (gauche, centrale, droite ou numérotées) ;
- Composition et largeur de plateforme « *complexe* » (plate-bande/piste cyclable/trottoir...) ;
- Présence de terre-plein central ;
- Quartier ou district si pertinent ;
- ...

² Code Fantoir : Le fichier des voies et lieux-dits (FANTOIR) est mis à la libre disposition des usagers et des collectivités locales. Ce fichier répertorie, pour chaque commune, le nom :

- des voies des lieux-dits ;
- des ensembles immobiliers (voies situées dans les lotissements et les copropriétés) ;
- des pseudos-voies (canaux, etc.)

Il est accessible sur le lien : <https://www.collectivites-locales.gouv.fr/competences/la-mise-disposition-gratuite-du-fichier-des-voies-et-des-lieux-dits-fantoir>

5. Livrables

En fonction du contexte, le gestionnaire pourra choisir d'utiliser en complément les informations de niveau 1 ou de niveau 2, selon la description présentée ci-dessus et son besoin.

Les livrables de la mission D1 doivent être a minima les suivants :

- Un fichier cartographique selon les prescriptions du chapitre ;
- Une base de données attributaire correspondant au niveau 1 ou 2 selon le besoin du gestionnaire.

Le contenu du fichier cartographique doit être a minima le suivant :

- Liste des voies et nom des voies ;
- Identification avec un identifiant unique des voies ;
- Sens des voies ;
- Liste des objets routiers segmentés (exemple : giratoires) ;
- Largeur des voies ;
- Gestionnaire (ville, département...);
- Identifiant unique des tronçons s'ils existent.

Les référentiels utilisés au moment de l'écriture de ce guide sont majoritairement de type linéaire, cependant la création de référentiels surfaciques est possible et en cours de réflexion. Ces référentiels ne sont pas traités dans ce guide mais pourront faire l'objet d'une révision ultérieure.

REFLEXIONS COMPLEMENTAIRES

Lors de la réalisation du référentiel de chaussées, de nombreuses questions peuvent se poser.

Comment se localiser sur le réseau ?

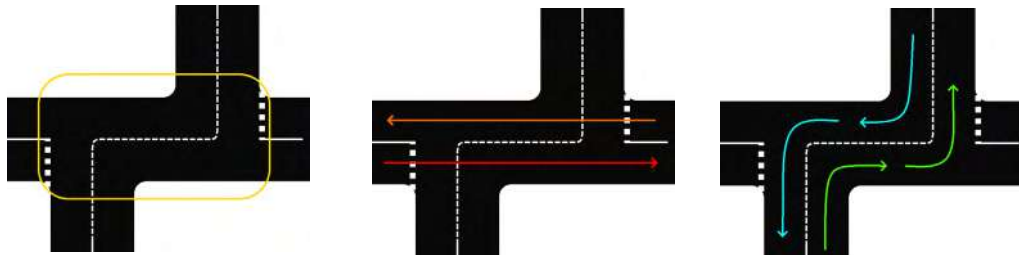
- Avec des abscisses curvilignes, avec une distance depuis une origine ou un point de repère (PR), avec une notion de sens, avec des coordonnées GPS ?
- Comment sont enregistrés les PR ?
- Le sens est-il celui des PR croissants, des n° de rue croissants, du sens de circulation ?

Comment gérer les giratoires ?

- Comme un objet singulier d'une route ou un objet à part ?
- Les amorces d'un giratoire font-elles partie de la route ou bien de « l'objet » giratoire, car souvent réalisées et entretenues avec ?

Comment est prise en compte la continuité d'un itinéraire quand il est découpé en tronçons ?

Comment gérer les baïonnettes :



Zone du questionnement

Attribue-t-on ces segments de voies à la chaussée qui va d'Est en Ouest, ou bien à celle qui va du Nord au Sud ?

Si le réseau des chaussées d'un territoire est unique, les gestionnaires sont multiples et souvent les référentiels différents... Peut-on l'éviter ?

Avec ces questionnements pourtant assez simples, le constat est fait de l'importance pour le gestionnaire de réfléchir en amont aux modes de gestion des cas particuliers en fonction des spécificités locales.

Le paramétrage informatique doit être au service de la logique de maintenance routière et référencer correctement les objets routiers à entretenir. Il ne s'agit pas pour ces objets de se plier aux contraintes informatiques, au risque de ne pouvoir gérer efficacement leur évolution.

V. Mission D2 : Recensement et acquisition de données

1. Contexte

Afin d'améliorer la connaissance de son patrimoine, le gestionnaire souhaite disposer d'informations objectives relatives aux chaussées et aux éléments constitutifs de tout ou partie de son réseau (dépendances, équipements...).

Il a donc besoin de réaliser des mesures et recensements lui permettant d'atteindre le niveau de connaissance patrimoniale suffisant pour répondre à ses problématiques.

2. Objectifs

La mission D2 est la réalisation des auscultations terrain suivant le cahier des charges du gestionnaire sur le référentiel de voies désigné.

Le gestionnaire doit définir précisément son besoin et les données qu'il souhaite obtenir : il doit ainsi déjà disposer d'un référentiel informatisé et géolocalisé. S'il n'en dispose pas, il peut prévoir la réalisation d'une mission D1 avant de définir la mission D2.

Par exemple :

- Nature des matériaux ;
- Caractéristiques géométriques : répartition du domaine public, chaussées, abords, assainissement routier... ;
- Caractérisation de l'état de surface : mesures d'adhérence... ;
- Caractérisation de l'état structurel : mesures de déflexions, carottages... ;
- Relevé visuel de l'ensemble des dégradations (fissures, affaissements, nids-de-poule...) ;
- Mesures d'uni ;
- Connaissance des structures ;
- Équipements ;
- ...

Cette mission comprend ainsi les acquisitions de mesures et l'ensemble des relevés visuels, afin de répondre à un besoin de connaissance d'une ou plusieurs caractéristiques des chaussées et/ou des abords et de recenser les informations dont le gestionnaire peut avoir besoin.

Cette mission ne comprend pas l'interprétation des données recensées ou mesurées. Celle-ci sera traitée dans la mission D3.

Il peut s'appuyer sur un bureau d'étude interne ou externe pour définir les auscultations à réaliser en fonction de ses objectifs, ou bien préciser les auscultations à réaliser en spécifiant si nécessaire la(es) norme(s), la méthode, le mode opératoire... pour chaque caractéristique à relever.

3. Prérequis

Le gestionnaire fournit les fichiers et données correspondant aux livrables de la mission D1.

Il doit fournir également la liste des routes, des voies, et/ou des repérages concernés par l'auscultation ; la liste comportera précisément la localisation des débuts/fins et les longueurs des sections de mesures (ces éléments permettront de réaliser sans ambiguïté les mesures sur le terrain).

4. Réalisation

Préparation de la mission – échanges

Afin d'assurer la qualité des résultats, les différentes mesures et acquisitions doivent être réalisées par des opérateurs compétents, avec des matériels adéquats et étalonnés selon les procédures décrites dans les différentes normes, méthodes d'essais officielles ou modes opératoires applicables.

Selon le type de réseau et les besoins du gestionnaire, la nature et le niveau de précision des opérations à réaliser peuvent être différentes.

Au début de la mission D2, il conviendra :

- D'établir la liste des mesures à réaliser dans le cadre du marché en fonction de l'objectif final ;
- De s'accorder sur la méthode utilisée pour l'acquisition de données ;
- De définir le format de restitution.

Lors des auscultations, des incohérences peuvent être détectées dans le référentiel (exemple : différence de tracé, de bornage...). Ces points doivent être traités et soldés préalablement à la finalisation de l'exploitation. Les écarts acceptables sur ces différences sont à définir par le gestionnaire en collaboration avec les releveurs.

■ Choix des moyens d'acquisition

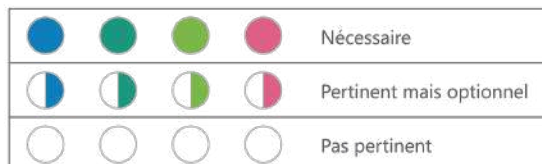
Différents types de recensement ou d'auscultation sont réalisables selon le type d'étude retenu. Le gestionnaire peut s'appuyer sur le diagramme qui suit pour prendre sa décision.

Les méthodes d'acquisition de données les plus courantes sont décrites de manière plus précise en annexe, avec leurs références documentaires et normatives ainsi que les modes opératoires associés.

Avoir un état des lieux de l'assainissement des chaussées (fossés, drainage) est important. Cependant, il n'existe pas, à ce jour, de méthode de référence pour réaliser ce type de relevé, il n'a donc pas été intégré dans le tableau ci-après.

Tableau 1 : Diagramme d'assistance au choix des moyens d'auscultation

Type de relevé		Exemple de matériel	Niveau de coût	État structurel du réseau	État surfacique du réseau	État sécurité du réseau	Programme d'entretien	Estimation du coût des travaux	État structurel de la section	État surfacique de la section	Inventaire ou évaluation du patrimoine
Prise d'image		Caméra HD	€								
Relevé de dégradations de surface	Relevé traditionnel	ASTRA, EVALIS...	€								
	Relevé automatique	LCMS, PPS+	€€€								
Inventaire et relevés d'éléments contigus à la voirie	Manuel	Caméras	€								
	Automatisé	Lidar, photogrammétrie	€€								
Relevé de la géométrie de la chaussée		Laser, topo	€								
Déformation transversale de la chaussée		Laser	€								
Uni longitudinal	Matériel de référence	APL, MLPL	€€								
	Indicatif	Unibox	€								
Déformabilité de la chaussée	Ponctuel	Défecto, FWD	€€								
	Grand rendement	Curvia, TSD, raptor	€€€								
Détermination des épaisseurs des couches de chaussée	Ponctuel	Carottages	€								
	Grand rendement	Radar	€€								
Adhérence	Macro	Rugolaser, Laserprof	€								
	Micro	SCRIM, Adhera	€€								
	Macro & micro	SCRIM	€€								



Ce tableau liste les caractéristiques d'état de la chaussée avec les relevés obtenus et des exemples de matériel utilisés actuellement. Pour connaître l'ensemble des méthodes de mesure et d'auscultation, se référer à l'annexe n°1 de ce document.

5. Livrables

Les données sont livrées sous format numérique et comportent a minima :

- Des fichiers intégrables aux systèmes du gestionnaire (Excel, csv, ou Shape) et recalées (localisation des informations sur le référentiel cartographique en coordonnées PR + abscisses ou distances cumulées ou coordonnées XY) sur le référentiel cartographique ;
- Un rapport d'intervention récapitulant les mesures réalisées, le type de matériel et le mode opératoire utilisé, leurs conditions de réalisation (date, localisation), et les problèmes rencontrés sur le terrain ;
- Un PV de mesure.

Elles pourront être complétées par des documents tels que par exemple :

- Schéma itinéraire de synthèse ;
- Photos ou banque d'images en précisant les voies et les sens (origine/fin) ;
- Cartes thématiques ou spécifiques ;
- Accès à une plateforme web dédiée, permettant de visualiser les localisations des défauts...

VI. Mission D3 : Diagnostic et caractérisation des réseaux

1. Contexte

Le gestionnaire disposant de données objectives sur son réseau, il souhaite les interpréter pour qualifier son état.

Cela peut par exemple passer par l'élaboration et l'utilisation d'un système de calcul d'indicateurs adaptés au contexte de son réseau, le croisement de données ou encore de l'analyse qualitative globale.

2. Objectifs

Cette mission consiste à définir les zones homogènes par catégorie de route du réseau et les classer les unes par rapport aux autres en s'appuyant notamment sur des indicateurs.

Cette démarche permet de qualifier et classer l'état du réseau.

3. Prérequis spécifiques

La démarche nécessite d'avoir un échange entre le gestionnaire et le prestataire afin de définir, préalablement à la réalisation, l'ensemble des éléments nécessaires à la mission.

Le gestionnaire doit notamment fournir la liste des routes, des voies, et/ou des repérages concernés par l'étude ; la liste comportera précisément la localisation des débuts/fins et longueurs des sections.

La vérification des fichiers et données fournis peut nécessiter un point d'arrêt afin que le gestionnaire et le prestataire parlent le « *même langage* », qu'il n'y ait aucun flou ou aucune imprécision dans la prestation/les attendus, notamment de la gestion des points particuliers (exemple : giratoires, voies de bus, stationnements...).

Les informations peuvent revêtir différentes formes :

- Description de la base et des tables de la base de données ;
- Fichiers cartographiques ;
- Dans le cas de fichiers complémentaires (par exemple Excel ou CSV) définition du contenu, des colonnes, des formats, séparateurs...

4. Réalisation

La réalisation de la mission nécessite les étapes successives ci-après.

Définition du découpage de calcul des indicateurs

Les zones de calcul des indicateurs peuvent être définies suivant deux approches :

- Sections fixes en longueur : exemple 100 m, 200 m...
- Zones homogènes : la zone est définie par rapport à des critères d'homogénéité d'indicateurs choisis avec le gestionnaire.

Dans le cas de l'utilisation de zones homogènes, leur longueur est variable. Une longueur minimale de zone homogène peut être définie. Elle peut correspondre à une longueur minimale de travaux en-deçà de laquelle le gestionnaire n'intervient pas.

Par exemple, en fonction des objectifs de l'étude, il est possible :

- De choisir d'avoir des zones homogènes en structure, présentant un état de dégradation équivalent et une structure de chaussée similaire et de prendre en compte également dans ce découpage le trafic, la voie...
- D'avoir des zones homogènes en surface, qui prennent en compte l'état de dégradation surfacique uniquement, la couche de roulement (type et âge), l'adhérence...

Il est préférable de réaliser le calcul des indicateurs en zones homogènes plutôt qu'à pas fixes afin de ne pas perdre en qualité d'information, notamment car ces zones homogènes seront la base de la planification des travaux ultérieurs.

Par exemple, si un pas fixe de 200 m comprend une zone neuve de 100 m et une zone très dégradée de 100 m, il ressortira une zone de 200 m dans un état moyen, et le gestionnaire perdra en qualité et discrimination de l'information (cf. tableau 2 ci-dessous).

Tableau 2 : Tableau de comparaison des méthodes d'agrégation

COMPARAISON DES MÉTHODES D'AGGRÉGATION		
Longueur segments considérés	100 m	100 m
Etat réel de la chaussée au pas de 20 m	Très bon (ex : tvx réalisés)	Très mauvais
Etat de la chaussée au pas de 200 m fixe	Moyen : aucun détail	
Etat de la chaussée en zones homogènes	Très bon	Très mauvais



Figure 4 : Exemple sur un même pas de 200 m. Etat neuf sur la première partie du tronçon (à gauche), puis très dégradé sur la seconde partie (à droite)

Qualification de l'état du réseau

Pour qualifier l'état du réseau, il est nécessaire de définir les indicateurs à calculer.

Généralement, le gestionnaire définit 3 indicateurs :

- I_{surf} : Indicateur de surface représentatif du confort, de la sécurité, de l'étanchéité. Il reflète globalement l'état de la couche de roulement.
- I_{struct} : Indicateur de structure représentatif de l'état structurel de la chaussée et de sa pérennité. Il représente un patrimoine de plus grande valeur et à plus fort coût de remise en état que la couche de roulement quand elle est traitée seule.
- I_g : Indicateur global représentatif de l'état global de chaussée qui repose sur une combinaison entre I_{surf} et I_{struct} .

Les indicateurs I_{surf} et I_{struct} seront définis par rapport aux relevés et mesures réalisés. Ils peuvent donc varier d'une étude à l'autre.

Le gestionnaire peut déjà avoir sa propre méthode de notation. Dans ce cas, le prestataire peut utiliser les coefficients de pondération définis et la méthode adoptée par le gestionnaire.

Il est possible de créer, modifier ou faire évoluer la méthode de calcul ; cela fait l'objet d'une prestation spécifique définie au sein de la mission D5.

Afin de conserver la possibilité d'étudier l'évolution du réseau dans le temps et donc de pouvoir comparer les indicateurs au fil des années, même si la méthodologie de calcul change, il est important de conserver en base de données l'historique des mesures. Les indicateurs peuvent être ainsi recalculés rétrospectivement.

Les indicateurs sont généralement classés par état, afin de permettre la classification qualitative des sections d'un réseau.

Tableau 3 : Exemple de classification

ETAT	INTERVALLE DE NOTES	DÉFINITION
Bon	[8 ; 10]	Chaussée quasiment non dégradée
Moyen	[6 ; 8[	Présence de dégradations mineures localisées
Plutôt mauvais	[3 ; 6[	Présence de dégradations mineures étendues ou de dégradations graves localisées
Mauvais	[0 ; 3[	Présence de dégradations graves généralisées

5. Livrables

Les données sont livrées sous format numérique et comportent a minima :

- Description des indicateurs ;
- Indicateurs calculés intégrables aux systèmes du gestionnaire (Excel, csv, ou Shape) et recalés sur le référentiel cartographique concerné ;
- Un rapport d'étude comportant une présentation de l'étude, des moyens, des résultats ainsi

que des statistiques relatives aux indicateurs étudiés.

Elles pourront être complétées par des documents tels que par exemple :

- Schéma itinéraire de synthèse, par voie ;
- Cartes thématiques ou spécifiques par indicateur par exemple présentant les niveaux définis avec le gestionnaire ;
- Plateforme web dédiée pour un accès facilité aux résultats ;
- ...

Le gestionnaire doit disposer des résultats et de la méthode de notation.

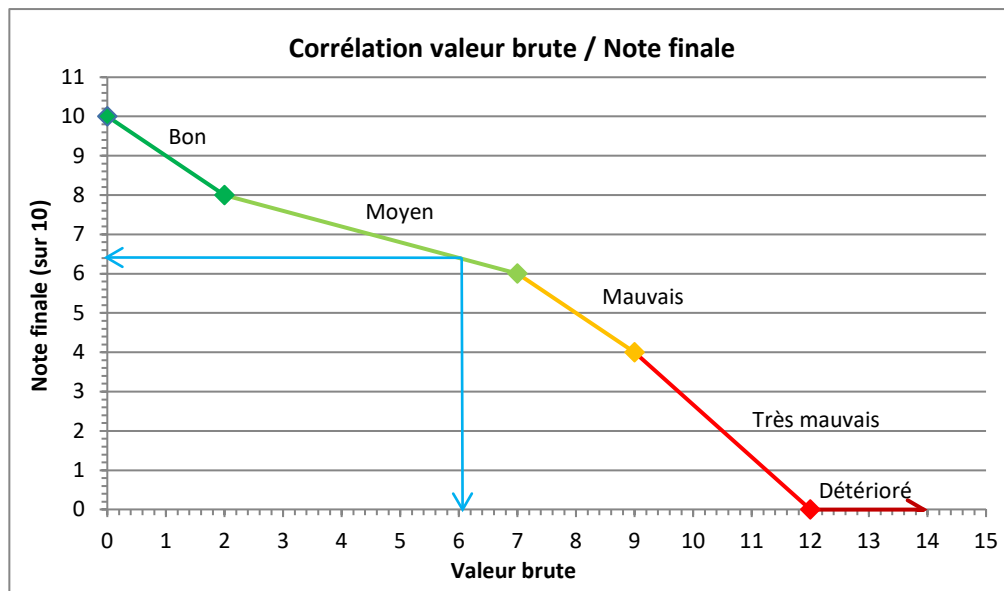
EXEMPLE D'ELABORATION DE CLASSES DE NOTATION

Plus la chaussée présente de dégradations, plus sa note en valeur brute sera élevée. Le poids de chaque dégradation est décidé en amont en fonction de l'objectif de l'indicateur à établir. Les valeurs brutes ne sont alors pas plafonnées ; ainsi une valeur brute élevée correspond par exemple à une chaussée en mauvais état.

Il est ainsi défini une corrélation d'intervalles basée sur les observations ayant pu être réalisées (par exemple, constat dans les images ou sur le terrain d'une valeur brute de 12 et plus, ce qui correspond à un état de chaussée complètement détérioré...) pour rapporter ces notes brutes à une notation plus « académique » et compréhensible :

VALEUR BRUTE	ETAT	NOTE FINALE
[0 ; 2[	Bon	[8 ; 10]
[2 ; 7[	Moyen	[6 ; 8[
[7 ; 9[	Plutôt mauvais	[3 ; 6[
[9 ; 12[	Mauvais	[0 ; 3[
[12 ; ∞[	Détérioré	0

La note finale est alors calculée facilement à partir de la valeur brute, par exemple constat d'une valeur brute de 6 correspondant à une note finale de 6,4/10.



VII. Mission D4 : Préconisations

1. Contexte

Afin d'optimiser la gestion de son budget, le gestionnaire met en place une stratégie pluriannuelle d'entretien cohérente vis-à-vis du budget dont il dispose.

Il est nécessaire pour cela de s'appuyer sur un ou plusieurs scénario(s) d'entretien techniques utilisant des solutions génériques, eux-mêmes complétés par une estimation budgétaire, et élaborés grâce aux données et caractérisations disponibles concernant le réseau.

2. Objectifs

Priorisation multicritère des sections

À l'échelle d'un réseau comportant plusieurs sections, il est nécessaire de classer ces dernières selon plusieurs paramètres issus d'investigations (documentaires, in situ, en laboratoire). Ils peuvent être regroupés sous forme d'indicateurs adaptés aux objectifs du gestionnaire, afin de faciliter la définition de solutions de travaux d'entretien et/ou de renforcement. Ces différents paramètres permettent d'obtenir une « vue » synthétique de l'état d'un réseau (chaussées, signalisation verticale...).

Orientation de travaux types

Afin de définir une stratégie d'entretien à l'échelle d'un réseau, il est nécessaire, dans un premier temps, de choisir les techniques d'entretien type à retenir pour obtenir des résultats lisibles et compréhensibles (techniquement et financièrement). Ces choix se font conjointement entre le gestionnaire et le prestataire selon le contexte régional (ressources disponibles par exemple), le contexte technico-économique (évolution réglementaire, contraintes budgétaires...). L'objectif est d'obtenir une vision « macro » et non des solutions optimisées à chaque section.

Estimation macro du coût des travaux

Les besoins en matière de travaux étant connus, les coûts correspondants sont estimés en appliquant un « *bordereau de prix* » (coûts unitaires), défini conjointement entre le gestionnaire et le prestataire. Ainsi, ils servent à déterminer des budgets optimaux et le coût de chaque stratégie en fonction d'un objectif de niveau(x) d'indicateur(s) choisi(s) par le gestionnaire à une échéance donnée.

Programmation pluriannuelle

Un programme d'entretien sur plusieurs années est élaboré en fonction de la contrainte budgétaire et de la priorisation multicritères établie avec le gestionnaire. Elle peut prendre en compte des lois d'évolution et des lois d'effet afin de modéliser finement l'évolution du réseau (cf. mission D6).

Investigations complémentaires

L'objectif de cette étape est de définir un programme d'investigations in situ, en laboratoire et/ou calculatoires permettant, à l'échelle d'une section, de définir ou affiner des solutions d'entretien. À l'échelle d'un réseau routier, l'objectif peut être d'affiner l'état des lieux du patrimoine (ajout d'un ou plusieurs paramètres) ou de disposer d'éléments d'analyses complémentaires pour la priorisation des sections.

3. Prérequis

Il est nécessaire de disposer des informations relatives au type de structure des chaussées du réseau, des mesures d'auscultation et essais (mission D2) et des données de diagnostic (mission D3).

Il sera utilisé en base de travail, s'il existe, un programme d'entretien précédemment réalisé sur le réseau étudié.

Le gestionnaire doit, en amont de la mission, recenser les budgets d'entretien dont il dispose et/ou qu'il envisage de prendre en compte dans l'établissement de sa programmation pluriannuelle.

4. Réalisation

Priorisation multicritère

Une réunion spécifique doit être réalisée avec le gestionnaire pour échanger avec lui à propos de ses objectifs et lui faire plusieurs propositions, puis valider la méthodologie à utiliser dans le cadre de la mission. Les choix ne peuvent pas être « standards » ou unilatéraux, au risque de rendre une série de préconisations non réaliste ou non adaptée à son contexte et à ses préoccupations.

Les règles de priorisation peuvent ainsi tenir compte de différents critères tels que :

- Indicateurs structure ou surface ;
- Autres indicateurs pertinents pour certaines catégories de réseau (exemple : confort, sécurité pour les voies de bus...);
- Niveaux de trafic PL ;
- Politique définie par le gestionnaire : par exemple un objectif de neutralité carbone.

Tableau 4 : Exemple de priorisation basée sur les indicateurs d'état, de P1 (le plus urgente) à P4

		NOTE SURFACE				
		Etat	Bon	Moyen	Plutôt mauvais	Mauvais
NOTE STRUCTURE	Bon	P4	P3	P2	P1	
	Moyen	P4	P3	P2	P1	
	Plutôt mauvais	P3	P3	P2	P1	
	Mauvais	P3	P2	P1	P1	

La politique du gestionnaire menant à l'établissement de ces priorisations, appelée « politique d'entretien », doit être conçue et formalisée en prenant en compte plusieurs critères : les enjeux technique, politique, financier, écologique et humain (gêne à l'utilisateur, zone de vacances, pollution auditive...) sont autant de paramètres qui doivent être pris en compte pour en garantir la durabilité dans le temps. En effet, il ne suffit pas de trouver la solution à un programme de travaux sur une étude ponctuelle : il faut pouvoir prioriser et préconiser sur l'ensemble du réseau, avec des règles à la fois efficaces et souples, pour pouvoir évoluer dans le temps en fonction des enjeux qui se présentent.

La politique d'entretien doit aussi tenir compte des spécificités locales : météo, voies de bus, ZAC, ports,

écoles, quartier résidentiel, zone protégée (nécessité d'employer des techniques non polluantes)... Mais également des nécessités d'entretien de métiers différents ayant un impact sur les chaussées. Ainsi, en aménagement urbain ou sur des réseaux tels que l'assainissement qui peuvent générer des tranchées, les interventions seront planifiées idéalement en amont des travaux de chaussées.

Une politique d'entretien s'établit sur la durée de vie d'un réseau ; elle évolue en fonction des impulsions politiques données par le maître d'ouvrage et doit prendre en compte son historique.

Pour les mêmes raisons, appliquer une politique « *standard* » à un réseau particulier n'est pas pertinent. Chaque politique doit être personnalisée, avec un travail d'ingénierie adapté au réseau en particulier.

Tous les exemples donnés par la suite ne sont ainsi que des exemples et ne doivent pas être réutilisés tels quels.

Le gestionnaire prendra soin de connaître et coordonner les différents types d'entretien existant. En effet :

- Selon le gestionnaire, les budgets d'investissement et d'entretien peuvent être séparés ou non ce qui impacte l'élaboration de la politique d'entretien ;
- Les travaux compris dans le budget d'entretien courant doivent être identifiés : par exemple ECF, purge...
- Certains entretiens courants peuvent allonger la durée de vie d'une chaussée ou d'une couche de roulement et impacter la priorisation des travaux sur la section. Ils doivent donc être vérifiés ;
- Tout entretien courant devrait être recensé dans la base de données, qu'il soit fait par le gestionnaire ou par une entreprise extérieure (pontages de fissures par exemple).

Orientation de travaux types

Cette liste de techniques de travaux est définie sur la base de la connaissance locale du gestionnaire concernant les techniques déjà employées par le passé et ayant donné satisfaction, tant en termes de pérennité de chaussée que de performances environnementales et technico-économiques. Elle dépend également de la maîtrise de ces techniques par les entreprises locales, de la catégorie de la section considérée, du niveau de trafic... Elle tient compte également des besoins de renforcement et d'entretien.

Pour cela, il est utile de réaliser des études sur le long terme, de suivre la durée de vie des travaux déjà réalisés sur ce réseau afin de comparer la pérennité réelle à la durée de vie imaginée, de comparer la tenue de certains types de revêtements sous fort trafic sur ce réseau particulier (prendre en compte la météo ou la pente par exemple). Ces études statistiques peuvent être mises à jour régulièrement et permettent d'optimiser la politique d'entretien et le choix des techniques de travaux.

L'établissement de cette liste peut constituer un point d'arrêt. Elle pourra être réalisée dans le cadre d'une mission décrite dans le chapitre D6.

Les solutions « *types* » ne constituent pas des solutions de travaux optimisées pour une section donnée³. Elles ont pour objectif de permettre la définition globale des coûts d'entretien d'un réseau routier sur plusieurs années.

3 Par exemple, une solution type d'entretien par Enduit Superficiel d'Usure peut se traduire, pour une section donnée, en fonction de ses spécificités (état du support actuel, géométrie, environnement, altitude, ...) en ES MSG, en ES bicouche... Pour une solution type de renforcement, une étude approfondie à l'échelle de la section permettra de dimensionner de manière optimisée la nature de la couche de renforcement, son épaisseur, ainsi que les caractéristiques de la couche de roulement (épaisseur en fonction des interfaces existantes, des déformations de surface, des besoins en adhérence...).

Exemple de solutions types de travaux⁴:

- Renouvellement de couche de roulement : ESU, FR+BBM⁵ , BBTM, MBCF...
- Entretien structurel : renforcement plus ou moins important, de type GB+BBSG, EME+BBME...

Les sections sur lesquelles aucune solution de travaux n'est nécessaire peuvent être identifiées dans le programme comme devant faire l'objet d'un "entretien courant".

Estimation macroscopique du coût des travaux

La liste des coûts unitaires est définie par le gestionnaire, du fait de sa connaissance des prix appliqués par les entreprises. Ces prix unitaires pourront être révisés annuellement. Néanmoins, le prestataire peut proposer une liste de prix en s'appuyant sur son expérience. Dans tous les cas, l'établissement de cette liste constitue un point d'arrêt.

Des niveaux relatifs peuvent être donnés à titre indicatif :

Tableau 5 : Exemple de niveaux relatifs

SOLUTION	DÉFINITION	NIVEAU DE PRIX
Rép. Ponc	Réparations ponctuelles localisées (purges, PATA, pontage...)	€
CR	Renouvellement de la couche de roulement	€
Déc. + CR	Décassement et renouvellement de la couche de roulement	€€
Renf. N1	Renforcement léger	€€
Déc. + Renf. N1	Décassement et renforcement léger	€€€
Renf. N2	Renforcement lourd	€€€
Déc. + Renf. N2	Décassement et renforcement lourd	€€€€

En effet, à des fins d'arbitrage, le gestionnaire peut avoir besoin de connaître les montants estimatifs des coûts de travaux.

Programmation pluriannuelle

La définition des différents scénarii d'entretien d'un réseau consiste typiquement à réaliser le meilleur compromis entre trois éléments : la durée de service, le niveau de service, le budget alloué aux travaux.

4 La note d'information IDRRIM n°47 « Entretien des chaussées routières : optimiser le coût global » de septembre 2021 présente les techniques les plus couramment utilisées.

5 FR pour fraisage-rechargement

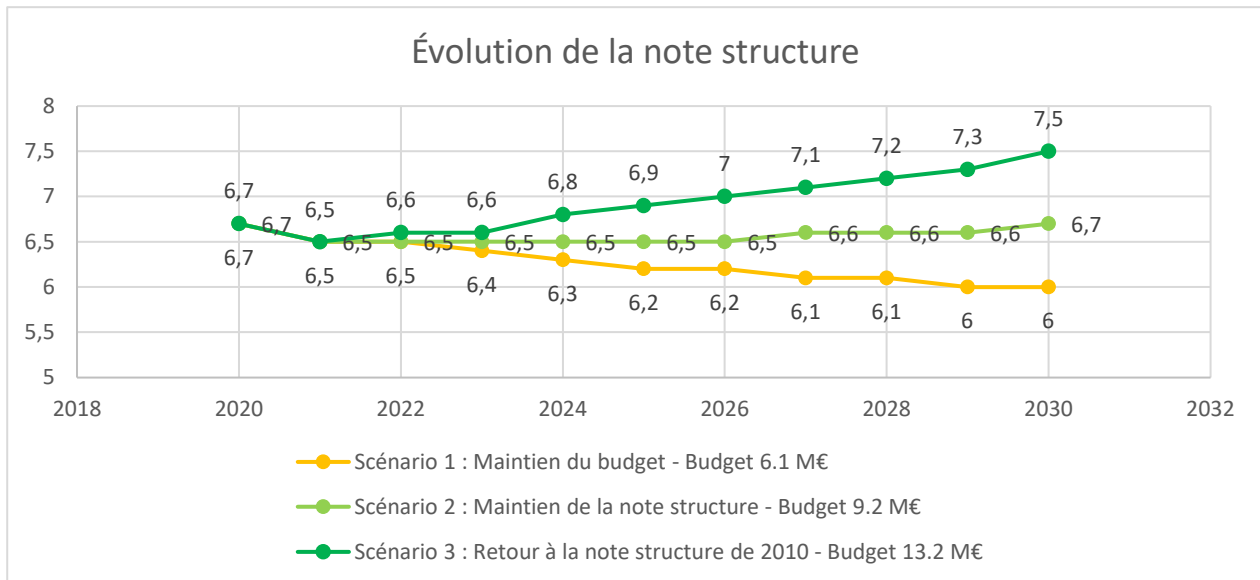


Figure 5 : Exemple d'évolution de la note structure sous différentes contraintes budgétaires

La prise en compte de critères complémentaires tels que l'empreinte carbone peut être un des axes d'étude et de comparaisons utilisé dans la définition des scénarii.

La mise en place d'un programme annuel d'entretien de la voirie permet de définir les sections à traiter en priorité et d'adapter les solutions appropriées aux pathologies rencontrées et aux pratiques du gestionnaire. L'estimation du coût des travaux à réaliser permet de dégager un programme priorisé et en cohérence avec le budget alloué.

Ce travail peut s'appuyer sur des lois d'évolution qui traduisent l'impact de la réalisation/absence de travaux sur les indicateurs suivis (surface, structure...) ainsi que des lois d'effet, qui traduisent l'impact d'une solution de travaux sur l'état de la chaussée (exemple : amélioration de la note structure de X points).

Ces lois d'évolution peuvent être déterminées sur la base de l'analyse de l'évolution réelle de ces indicateurs à partir de la comparaison de l'état d'un réseau entre plusieurs campagnes d'auscultations, ou à partir de lois d'évolution « *standard* » proposées par le prestataire (fondées sur son expérience). Ces lois peuvent être modifiées et/ou affinées par la suite (cf. mission D5). Il est également possible d'utiliser un logiciel de programmation pour obtenir ce type de résultats. Les modèles mathématiques et principes d'évolution des notes sont présentés au gestionnaire pour validation.

Plus la base de données du gestionnaire est complète :

- Avec des données objectives (travaux – y compris petits entretiens ou pontages, dates, trafic...);
- Mais aussi avec des métadonnées (conditions de réalisation des travaux, problèmes météo pendant le chantier...).

Plus les lois d'évolution et les scénarii peuvent être réalistes et pertinents. Ils seront ainsi appliqués et suivis de manière plus efficace.

Si la base de données n'est pas fiable ou n'est pas suffisamment renseignée, la programmation réalisée permet d'avoir une estimation financière globale mais sera peu précise.

La mise à jour régulière de la base de données associée aux retours d'expérience sur les travaux, données, et métadonnées, permet d'ajuster les scénarii pour les rendre de plus en plus performants et pertinents, et d'optimiser la programmation pluriannuelle (cf. mission D5).

La base de données et le programme d'entretien deviennent alors un vrai reflet de la réalité, d'autant plus précis que les investigations complémentaires appropriées sont réalisées.

Investigations complémentaires

La mise au point de la priorisation définitive nécessite parfois de procéder à des investigations complémentaires, notamment sur les sections devant faire l'objet de travaux structurels, afin d'affiner les solutions d'entretien, de prendre en compte le ressenti du gestionnaire ou de lever des incohérences ou incertitudes.

Par exemple, la réalisation d'une campagne de mesures de déflexions peut être envisagée afin d'affiner l'indicateur structure.

Il peut également s'agir de (*liste non exhaustive*) :

- Carottages ;
- Auscultation radar ;
- Essais en laboratoire sur carottes (modules, ITSr, récupération de liant...);
- Sondages, identifications des sols en place ;
- ...

Si des études de renforcement sont réalisées ou envisagées, elles permettront d'affiner les solutions de travaux à l'échelle des sections, qui seront alors à intégrer à la programmation.

5. Livrables

Les données sont livrées sous format numérique et comportent a minima :

- Priorisations, solutions types, programme d'entretien pluriannuel et investigations complémentaires intégrables aux systèmes du gestionnaire (Excel, csv, ou Shape) et recalées sur le référentiel cartographique concerné.
- Un rapport d'étude comportant une présentation de l'étude, avec notamment :
 - Des moyens, des résultats ainsi que des statistiques relatives aux indicateurs utilisés dans l'étude ;
 - Liste des solutions types utilisées pour l'étude et raisons des choix spécifiques ;
 - Arbre de décisions selon des règles de priorisation multicritère ;
 - Liste des coûts unitaires correspondant à chaque stratégie ;
 - Évolution prévisionnelle pluriannuelle des indicateurs en fonction des stratégies ;
 - Synthèse pluriannuelle du budget global en fonction des stratégies et de critères choisis par le gestionnaire (ex : répartition réseau primaire et secondaire) ;
 - Liste des investigations complémentaires avec justificatifs ;
 - Une conclusion générale.

Elles pourront être complétées par des documents tels que :

- Schéma itinéraire de synthèse, par voie ;
- Cartes thématiques ou spécifiques par indicateur par exemple présentant les niveaux définis avec le gestionnaire.

VIII. Mission D5 : Aide à la conception des travaux de renforcement

1. Contexte

Pour consolider son programme d'entretien et pouvoir lancer ses marchés de travaux, le gestionnaire a besoin de définir, à l'échelle d'une section, la nature précise des travaux à réaliser sur les sections prioritaires pour des travaux structurels dans le cadre de la stratégie pluriannuelle d'entretien.

Cette étape nécessite la réalisation d'études de renforcement détaillées.

Le document de référence pour la détermination des solutions de réhabilitation est le guide « *Diagnostic et conception des renforcements de chaussées* » de l'IDRRIM de mai 2016.

2. Objectifs

Cette mission a pour objectif de définir précisément, par zone homogène, la nature des travaux de réhabilitation adaptés au contexte, en s'appuyant sur la durée de vie des futurs travaux, la structure de chaussée existante, son état, le trafic supporté et à venir... La démarche suivie est celle présentée dans le guide « *Diagnostic et conception des renforcements de chaussées* ».

3. Prérequis

Le trafic (passé et prévisionnel), les données de structure et la déformabilité sont les données d'entrée minimales nécessaires à la réalisation d'une étude de renforcement.

En complément, il est utile de disposer des informations relatives à l'historique des chaussées (travaux, trafic cumulé), des mesures d'auscultation et essais (mission D1), des données de diagnostic (mission D2), éventuellement des préconisations provenant de la mission D3, ainsi que d'essais complémentaires tels que :

- Mesures de déflexions, rayons de courbure de la déformée ;
- Sondages et carottages ;
- Essais sur matériaux (sols, matériaux liés, GNT) ;
- Ovalisation ;
- Mesures « Radar » ;
- Mesures d'uni ;
- ...

4. Réalisation

Échanges avec le gestionnaire

Au préalable, il est nécessaire de connaître et comprendre ou anticiper les objectifs et contraintes du gestionnaire concernant les sections faisant l'objet des études de réhabilitation, qui peuvent être par exemple :

En objectifs éventuels :

- Mesures de déflexions, rayons de courbure de la déformée ;
- Sondages et carottages ;
- Essais sur matériaux (sols, matériaux liés, GNT) ;
- Ovalisation ;
- Mesures « Radar » ;
- Mesures d'uni ;
- ...

En contraintes possibles :

- Budget disponible ;
- Homogénéisation de structure à l'échelle d'une portion de réseau ;
- Travaux sur des sections connexes et simplification de la programmation des travaux (en choisissant par exemple une solution qui fonctionne pour toutes les sections et une réalisation en une seule fois, ce qui réduit coûts et contraintes) ;
- Conditions d'assainissement ;
- Géométrie : modification de profil en travers – respect des seuils ;
- Présence de seuils type bordures, trottoirs... ;
- Passage de réseaux ;
- Type de matériaux à privilégier ;
- Choix des durées de vie ;
- Contraintes environnementales ;
- Contraintes sociétales ;
- Coordination avec les différents gestionnaires de réseaux enterrés ;
- ...

Ces listes ne sont bien sûr pas exhaustives et les discussions sont à adapter au contexte local.

Il est important de prendre en compte, dans la conception et planification des travaux de renforcement, les intentions et plannings de travaux des gestionnaires de réseaux enterrés. Par exemple, il vaut mieux réfléchir ensemble à planifier en même temps les opérations sur les mêmes sections, plutôt que de devoir ultérieurement faire une tranchée sur une couche de roulement neuve.

Méthodologie

La méthodologie suivie pour le calcul des solutions de réhabilitation est celle évoquée dans l'avant-propos du guide « *Diagnostic et conception des renforcements de chaussées* », en s'appuyant notamment sur le synoptique page 15 ainsi que sur le chapitre 4.

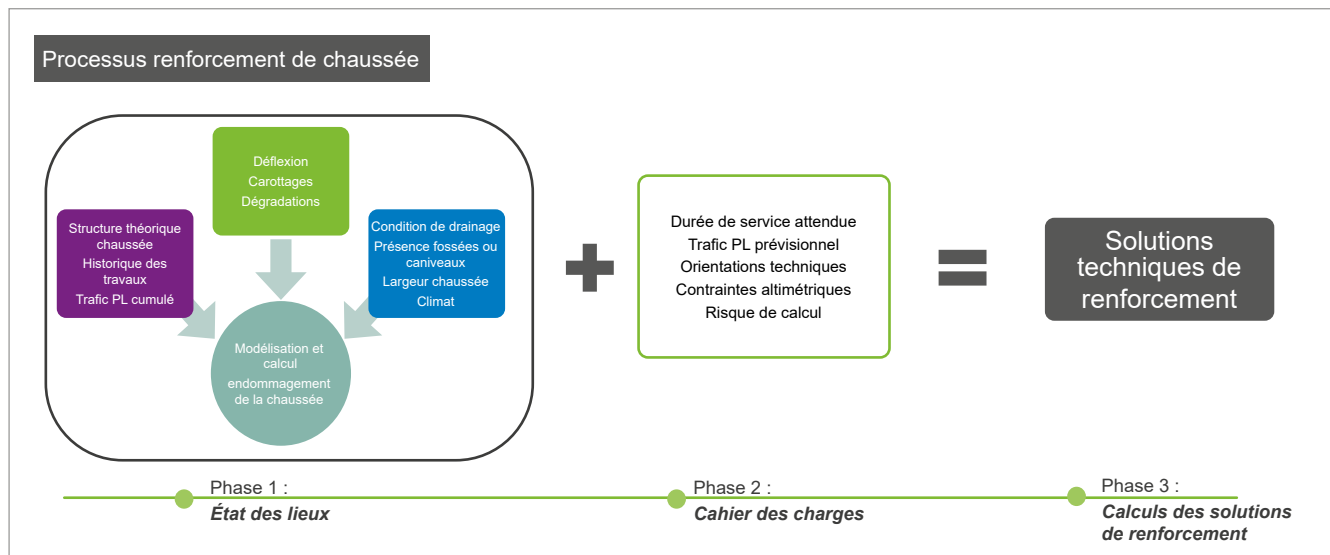


Figure 6 : Processus de renforcement de chaussée

Les solutions de renforcement sont calculées par zones homogènes, en prenant en compte l'ensemble des informations disponibles (structure existante, état, trafic...). Une étude détaillée de la chaussée est réalisée afin de diagnostiquer le comportement de la chaussée, permettant ainsi de concevoir la technique de réhabilitation la plus appropriée.

Typologie des zones homogènes et modélisation :

En France, la modélisation des chaussées et leurs modes d'endommagement sont décrits dans la norme NF P 98-086 sur le dimensionnement structural des chaussées routières.

À noter qu'il existe des logiciels de calcul pour les études de renforcement capable de prendre en compte un grand nombre de données d'entrée, ces logiciels sont des « *logiciels-expert* ».

Étude des solutions de renforcement

Après regroupement de l'ensemble des données d'entrée (mesures, objectifs, contraintes...) et à partir du modèle de la chaussée existante, une ou plusieurs solutions de renforcement sont calculées. L'étude et l'interprétation des résultats sont réalisées par des experts routiers maîtrisant l'ensemble des essais.

Parmi les techniques proposées se retrouvent, conformément à ce qui est écrit dans le guide, les grandes familles d'entretien suivantes :

- Renouvellement de couches de roulement : solutions de type ESU, BBSG, ECF... ;
- Rechargement avec ou sans décaissement préalable : solution à base d'enrobés, grave bitume, EME, matériaux hydrauliques... ;
- Retraitement en place ;
- ...

Plus l'enjeu sur la chaussée sera élevé, plus les données d'entrée devront être précises afin d'approcher au mieux le fonctionnement passé et futur de la chaussée.

En complément, une étude environnementale peut être demandée avec un logiciel éco-comparateur, par exemple le logiciel SEVE.

À l'issue de cette étude, le gestionnaire dispose des éléments nécessaires pour créer son dossier de consultation des entreprises et il est encouragé d'y inclure les livrables de la présente mission. Le chiffrage précis et le phasage des travaux de renforcement ne font pas partie de la présente mission.

5. Livrables

Les livrables de la mission sont les suivants :

- Note de calcul et modélisation des zones homogènes ;
- Préconisations sur la pertinence technique du choix des solutions de renforcement envisagées ;
- Rapport de synthèse comprenant l'étude des solutions de renforcement ;
- Eventuellement accompagnés de fichiers de synthèse permettant l'intégration des résultats dans les outils numériques ;
- Eventuellement accompagnés de l'évaluation environnementale.

IX. Mission D6 : Accompagnement, conseil et expertise

Pour avoir une vision à long-terme, le gestionnaire doit évaluer l'ensemble des stratégies mises en place pour la gestion de son réseau et leur efficacité.

1. Élaboration d'indicateurs d'évaluation

Création ou modification d'indicateurs

L'impact d'une stratégie d'entretien sur l'état d'un patrimoine doit pouvoir faire l'objet d'un suivi dans le temps.

Cela nécessite la mise en place d'indicateurs permettant de suivre l'évolution de l'état du patrimoine à court et moyen terme.

Ces indicateurs sont élaborés en fonction des besoins du gestionnaire :

- Choix de l'objectif de l'indicateur (par exemple, l'évaluation de l'état structurel d'une chaussée, évaluation de l'évolution de l'impact carbone de la politique d'entretien, l'évaluation du bruit de roulement perçu par les usagers...);
- Choix des typologies de données permettant d'évaluer l'objectif (exemple : mesures de déflexion, fissurations structurelles);
- Choix des poids relatifs à attribuer aux données pour les combiner : l'élaboration peut alors être faite soit d'indicateurs de type « note », qui correspond à une formule mathématique, soit de type « matrices », qui correspond au croisement de notations.

Tableau 6 : Exemple de combinaison d'indicateurs dans une matrice

CLASSE STRUCTURELLE DE CHAUSSÉE		FISSURATION STRUCTURELLE				
		0 - Très mauvais	1 - Mauvais	2 - Moyen	3 - Bon	4 - Très bon
DÉFLEXION CARACTÉRISTIQUE	0 - Très mauvais	0	0	1	2	2
	1 - Mauvais	0	1	2	2	3
	2 - Moyen	1	2	2	3	3
	3 - Bon	2	2	3	3	4
	4 - Très bon	2	3	3	4	4

L'évaluation de l'état de fissuration structurelle est issue d'une appréciation combinée de l'étendue et de la gravité des fissures, sous forme d'une « note » par exemple, de 0 = Très mauvais, à 4 = Très bon.

Les indicateurs⁶ peuvent être par exemple :

- Note structure ;
- Note globale : structure + note surface ;
- Note sécurité ;
- Note confort ;
- Etat de déformabilité ;
- ...

Il est aussi possible de se référer aux indicateurs élémentaires cités dans le guide « *Diagnostic et conception des renforcements de chaussées* ».

Ces indicateurs doivent être calibrés en fonction du type de voie (rural ou urbain) et de leur hiérarchisation.

Les grilles, les indicateurs et les seuils sont à construire et calibrer en fonction du contexte du réseau et de simulations réalisées sur des résultats d'auscultations des années précédentes.

La valeur moyenne de ces indicateurs par type et importance de voie permettra d'étalonner l'état général du réseau à des échéances régulières en réalisant des campagnes successives d'auscultation et de mesures programmées par exemple tous les 3 à 5 ans.

Livrables

Les livrables de cette mission sont les suivants :

- Dans le cadre de la création ou modification d'indicateurs, une note technique expliquant la genèse de leur création ou modification, le choix des seuils, et permettant de comprendre les choix techniques qui ont été faits ;
- Liste des indicateurs et de leurs objectifs ;
- Méthodologie détaillée de calcul des indicateurs ;
- Si demandé par le gestionnaire dans le cadre d'une prestation complémentaire, résultats de calcul des indicateurs sur le réseau et rapport de synthèse analysant ces résultats.

2. Aide à l'évaluation des entretiens

Indicateurs à suivre / généralités

■ Loi d'évolution

Comme expliqué dans le chapitre D4, des lois d'évolution ont été choisies au moment de l'élaboration de la stratégie d'entretien.

Une loi d'évolution est l'expression mathématique de l'évolution dans le temps d'un indicateur : par exemple, les dégradations, l'adhérence, ou encore une notation.

Cette formule peut être :

- Théorique : basée par exemple sur l'expérience du bureau d'études, qui a des lois « *standard* » constatées comme étant approximativement réalistes ;
- Construite grâce au suivi des données du gestionnaire sur plusieurs années.

⁶ La mise en place des indicateurs se fait en concertation avec les gestionnaires, les ausculteurs, les bureaux d'études. Le lecteur pourra se référer au guide GEPUR, publié par l'IDRRIM en juin 2016, qui présente des exemples d'indicateurs de suivi.

Exemple

Dans le cadre d'un diagnostic de réseau communal, dans les modélisations d'évolution du réseau, une loi théorique pour le vieillissement naturel est utilisée, basée sur l'expérience : - 0,3 points de perte de note de surface par an.

Pour vérifier la loi d'évolution des surfaces de chaussée, il est ainsi possible de se baser ensuite sur les données à disposition : état actuel des chaussées, notes et historique des travaux donnés par le gestionnaire.

Une loi d'évolution est ainsi calculée, grâce à des hypothèses simples et le fait qu'au jour des travaux, la chaussée avait une note de surface de 10/10.

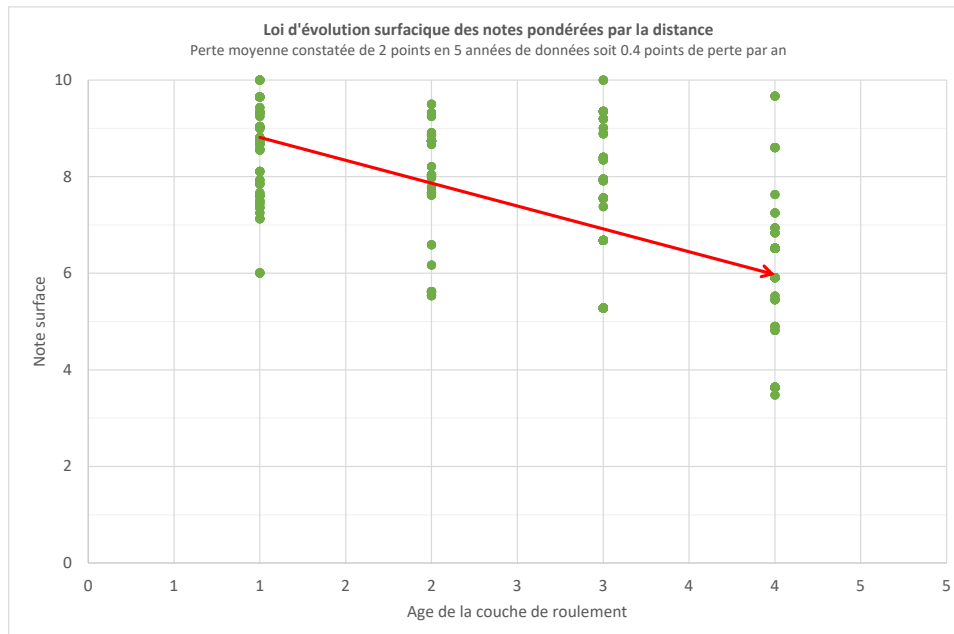


Figure 7 : Exemple de calcul d'une loi d'évolution

Ainsi, la figure montre que la théorie, même si relativement proche de la réalité, ne correspond pas exactement au contexte du réseau choisi. L'étude de la loi d'évolution avec l'historique de données permet alors d'être plus précis dans la compréhension du comportement futur des chaussées, et donc plus pertinents dans le choix du programme des travaux.

■ Loi d'effet

Tous les entretiens modifient les caractéristiques de la chaussée et ont donc un effet sur les indicateurs. La loi d'effet est la formule mathématique qui quantifie l'impact de ces travaux sur l'indicateur considéré.

Exemple

Dans le cadre de cet exemple, il peut être appliqué les améliorations suivantes aux notes lors de la réalisation des travaux :

Tableau 7 : Exemple de solutions pouvant être mises en œuvre et du gain escompté sur la note structure

SOLUTION	DÉFINITION	GAIN DE LA NOTE STRUCTURE
Rép. Ponc	Réparations ponctuelles localisées (purges, PATA, pontage...)	0 points
CR	Renouvellement de la couche de roulement	2 points
Déc. + CR	Décaissement et renouvellement de la couche de roulement	2 points
Renf. N1	Renforcement léger	5 points
Déc. + Renf. N1	Décaissement et renforcement léger	8 points
Renf. N2	Renforcement lourd	10 points
Déc. + Renf. N2	Décaissement et renforcement lourd	10 points

Cela signifie que par exemple, si une rue a des dégradations surfaciques importantes et qu'il est décidé la réalisation d'un ECF, il pourra être gagné 2 points sur la note structure (rétablissement de l'étanchéité) et 10 points sur la note surface (ce qui correspond à ramener la note surface à 10, puisqu'elle y est plafonnée).

Réaliser des travaux sur toute la largeur de la chaussée implique forcément de ramener la note surfacique à 10 à l'instant de réalisation des travaux, puisque la surface est neuve.

Evaluation des solutions de travaux – échelle section

En fonction des pathologies de chaussées, de la nature du trafic et du réseau, et de la stratégie d'entretien du gestionnaire, des solutions de travaux ont été appliquées.

Une fois les travaux réalisés, le gestionnaire doit pouvoir évaluer différents indicateurs de suivi :

▪ La durée de vie de la solution choisie

Il faudra ici comparer la durée de vie souhaitée, qui a été intégrée dans la programmation pluriannuelle d'entretien, avec la durée de vie réelle de la solution de travaux une fois réalisée. Cette comparaison pourra avoir lieu à divers moments de la vie de la chaussée, afin d'obtenir un modèle plus réaliste de l'évolution de la solution et, par exemple, de l'apparition de dégradations. Seront utilisés par exemple pour cela : des indicateurs d'adhérence, de structure, ou encore la comparaison des conditions météorologiques... L'objectif étant à terme de statuer sur la pertinence du choix technique à l'échelle de la section et, éventuellement, d'en tirer des conclusions permettant de mettre à jour la stratégie d'entretien.

Il conviendra de prendre en compte, lors de cette évaluation, le contexte global d'évolution de la section, ainsi que l'apparition de conditions particulières non anticipées et ayant un impact sur la durée de vie de la solution, par exemple : surplus de trafic, affaissement de talus, aménagement... En effet, ces conditions particulières diminuent la durée de vie de la solution sans que celle-ci ne soit en cause.

▪ L'évaluation de la performance environnementale

Le gestionnaire pourra comparer l'empreinte environnementale estimée des projets ou plus globalement de la stratégie choisie.

- **La qualification des procédés d'entreprises**

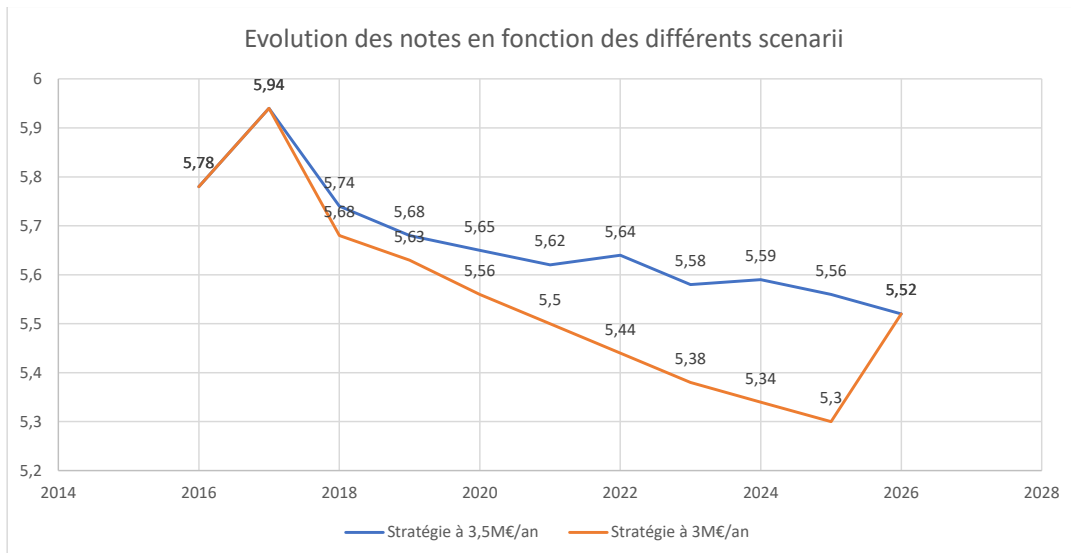
L'évaluation des durées de vie pourra notamment servir à qualifier par comparaison de nouvelles solutions de travaux, par exemple innovantes.

- **L'évaluation de la pertinence du choix financier**

Le gestionnaire, à la fin d'une période significative, pourra comparer le coût estimé de la stratégie choisie avec le coût réel à l'échelle d'une section. Cette comparaison pourra prendre en compte toutes les dépenses non anticipées et statuer sur le bien-fondé des décisions financières d'origine.

Le gestionnaire, à l'issue de cette évaluation, pourra élaborer et maintenir à jour une liste de « *cas d'usage* », reprenant l'ensemble des solutions de travaux pertinentes à mettre en œuvre dans des conditions particulières dans le contexte de son réseau, et en fonction de différentes stratégies.

EXEMPLE DE L'IMPACT D'UN CHOIX ÉCONOMIQUE COURT-TERME SUR UN BUDGET LONG TERME



Une réduction de budget à court terme implique un rattrapage onéreux plus tard

Il est constaté, notamment sur le cas réel illustré, que diminuer le budget de 3,5 à 3 millions d'euros par an, pour une collectivité, a pour impact une baisse de la qualité de son réseau. La note la représentant diminue significativement. Pour « *rattraper le retard* » la 11^{ème} année, en 2026, elle devrait investir 10 millions d'euros et réaliser autant de travaux sur 1 an.

La stratégie d'entretien à hauteur de 3,5 M€/an est 17 % plus efficace pour la dépense publique que celle à hauteur de 3 M€/an. Cependant, c'est bien la solution à 3M€/an qui a été choisie.

Une décision éclairée est forcément plus économique !

Mise en place de modèles d'évaluation de stratégies de travaux – indicateurs de performance – échelle réseau

Pour optimiser les dépenses du gestionnaire, il est nécessaire de mettre en place des modèles d'évaluation de l'impact des stratégies de travaux à court et moyen terme.

Ces modèles sont basés sur les indicateurs dont dispose le gestionnaire, par exemple ceux définis par la mission D3. Ces indicateurs, ou une combinaison de ceux-ci, peuvent être utilisés en tant qu'indicateurs de performance.

Ils permettront ainsi, avec le recul, de constater, au fur et à mesure de l'avancement dans la programmation pluriannuelle, si la stratégie d'entretien choisie a porté ses fruits :

- Les bons travaux ont-ils été réalisés aux bons endroits ?
- L'investissement a-t-il été suffisant/trop ?
- Les interventions ont-elles été faites au bon moment ?

Il pourra être procédé alors, comme expliqué à la mission D4, à la mise à jour de la stratégie d'entretien en fonction des conclusions de cette analyse.

Elle permettra ainsi, en gagnant en fiabilité, de répondre dans le futur aux questions suivantes :

- Où investir ?
- Combien investir ?
- Quand investir ?

En fonction des réponses apportées, il sera alors possible de modéliser les conséquences de ces choix et de prévoir les valeurs des indicateurs de performance sur différents endroits du réseau.

Il ne s'agit bien évidemment que de modèles prédictifs, qui n'ont pas pour objet de définir précisément l'état des chaussées à terme, mais de dégager des grandes tendances sur le bien-fondé de telle ou telle stratégie d'entretien et des budgets qui vont avec.

Le sujet de la comparaison des avantages de l'entretien préventif par rapport à l'entretien curatif pourra, par exemple, être ainsi illustré de manière explicite.

BIBLIOGRAPHIE

Normes et guides

- Guide CEREMA « *Cahier des méthodes et outils de diagnostic de chaussées* », Octobre 2021
- Note d'information IDRRIM n°47 : « *Entretien des chaussées routières : optimiser le coût global* », Septembre 2021
- Guide Cerema-IDRRIM « *Manuel de dimensionnement des chaussées neuves à faible trafic* », Février 2020
- Guide IDRRIM « *GEPUR : Gestion et Entretien du Patrimoine Urbain et Routier - Méthodes, outils et techniques _ Volet n°1 : Routes Interurbaines et traverses d'agglomérations* », Juin 2016
- Guide Cerema-IDRRIM « *Diagnostic et conception des renforcements de chaussées* », Mai 2016
- Guide IDRRIM « *L'adhérence des chaussées, état de l'art et recommandations* », Janvier 2016
- Guide PIARC « *Elaboration d'une politique routière de maintenance par niveaux de service* », Novembre 2014
- Guide IDRRIM « *Uni longitudinale, Etat de l'art et recommandations* », Septembre 2014
- Norme ISO 55001 : Gestion d'actifs – système de management
- Norme de dimensionnement des chaussées 98-086

Publications officielles

- IDRRIM, Rapport de l'Observatoire National de la Route, Novembre 2021
- Cerema, NextRoad, Technologies Nouvelles. Vers une méthode de relevés automatique. Revue Générale des Routes et de l'Aménagement, n°977. Novembre 2020
- NextRoad. Vers une gestion plus rationnelle d'un réseau routier. Revue Générale des Routes et de l'Aménagement, n°966. Septembre 2019
- Article. Auscultation des réseaux : une composante essentielle pour une gestion patrimoniale des infrastructures. Revue Générale des Routes et de l'Aménagement, n°966. Septembre 2019
- Cerema, IFSTTAR, Vectra. Auscultation des chaussées, projet national DVDC. Revue Générale des Routes et de l'Aménagement, n°934. Février 2016
- Projet FORMAT « *Fully Optimized Road MAInTenance* » WP6, 5th RTD Framework program, Février 2002, http://www.transport-research.info/web/projects/project_details.cfm?ID=13609
- Baucheron de Boissoudy A., Gramsammer J-Cl., Keryell P., Paillard M. (1984). Le déflectographe 04. Bulletin de Liaison des Ponts et Chaussées, N° 129, Jan-Feb
- Paquet J. (1977). Un nouvel appareil d'auscultation des chaussées : le curviamètre. Revue Générale des Routes et Aérodrômes, n° 530, Avril 1977

Autres documents

- Simonin J-M., Fauchard C., Hornych P., Guilbert V., Kerzrého J-P, Trichet S. (2012) Detecting unbounded interface with non-destructive techniques, 7th RILEM International Conference on Cracking in Pavements, RILEM Bookseries Volume 4, 2012, pp 179-190
- Savuth, C. 2006. Contribution à l'auscultation structurelle des chaussées mixtes : détection des défauts d'interface à l'aide de la déflexion. Ph D. INSA de Rennes. France.

-
- Simonin J-M., 2005, Contribution à l'étude de l'auscultation des chaussées par méthode d'impact mécanique pour la détection et la caractérisation des défauts d'interface, Thèse de doctorat, Université de Rennes

ANNEXES

ANNEXE 1 - MÉTHODES DE MESURES ET D'AUSCULTATION

Méthodes et outils de suivi d'un réseau

Il existe une grande diversité de méthodes de caractérisation des réseaux routiers selon leur type, et bien évidemment les moyens techniques et financiers qui peuvent y être affectés.

Ces méthodes reposent sur les outils (généralement des logiciels) suivants :

- Base de Données dans laquelle sont rentrés les résultats des auscultations et mesures ;
- Outils d'analyse et d'établissement de lois d'évolution ;
- Outils de programmation technique et budgétaire ;
- Outils de restitution, avec utilisation d'un Système d'Information Géographique (SIG) ou de schémas itinéraires.

Les résultats de mesures des différentes méthodes d'auscultation servent à alimenter des indicateurs d'état de surface ou de structure.

1. Prise d'image

Objectif

Acquérir des images de la chaussée et de son environnement pour analyse ou consultation a posteriori.

Références normatives

Pas de référence normative.

Mode opératoire

Le choix de la configuration de la caméra, du type d'image, ainsi que leur résolution sont à préciser. La qualité des images est assujettie aux conditions météorologiques et à l'ensoleillement. Le choix du pas de prise de vue et de la résolution ont une incidence sur la taille de stockage nécessaire pour ces données. L'anonymisation du contenu des prises de vue doit être conforme au règlement général sur la protection des données (RGPD).

Les images doivent pouvoir être géolocalisées dans les métadonnées ou dans un fichier de référencement.

Restitution

Répertoire avec les photographies (disque dur ou accès à distance).



Figure 8 : Prise de vue anonymisée

2. Relevé de dégradations de surface

Objectif

Faire un inventaire des dégradations visibles en surface de la chaussée et les localiser.

La nature et la quantification des dégradations sont prises en compte dans les choix d'entretien de la chaussée.

Références normatives

Une liste des dégradations et de leur niveau de gravité est décrite dans la méthode LPC n°52.

Selon la nature de l'environnement, les typologies de dégradations à relever sont précisées dans la méthode LPC n°38-2.

Mode opératoire

Le relevé de dégradations peut être réalisé :

- Sur site, par un opérateur à pied ou dans un véhicule, avec un matériel de saisie adapté (tablette, clavier) ;
- A distance, avec les relevés photographiques et par analyse manuelle, assistée ou automatisée ;
- Par traitement automatisé de mesures réalisées avec des capteurs de type Laser Measurement Crack System (LCMS) ou équivalent.

Les familles et la nature des dégradations à relever peuvent être redéfinies avec le gestionnaire si les méthodes usuelles ne sont pas retenues par ce dernier.



Figure 9 : Photo de dégradations (à gauche) et images LCMS de dégradations (à droite)

Restitution

Fichier avec un inventaire des dégradations et leur positionnement, avec rattachement au tronçon auxquelles elles appartiennent.

3. Inventaire et relevés d'éléments contigus à la voirie

Objectif

Faire un inventaire des objets présents aux abords de la voirie, comme par exemple la signalisation verticale.

Références normatives

Pas de référence normative.

Mode opératoire

Saisie directe sur le terrain ou sur image. La précision du positionnement doit être définie en accord avec le gestionnaire.

Restitution

Fichier avec dénomination des objets et positionnement géographique.

Domaines autres que la chaussée

Les dépendances

Les accotements sont particulièrement utiles pour la sécurité. Ils comprennent une partie dégagée de tout obstacle, appelée bande dérasée, qui a une fonction de zone de récupération pour un usager quittant la route ou effectuant une manœuvre d'évitement. Ces bandes participent à la sécurisation des déplacements. Elles doivent être fauchées et la coupe élargie au droit des points singuliers. Il convient également de recharger ou déraser les accotements afin de maintenir la cohérence de niveau avec la chaussée afin d'éviter le phénomène de « *marche* » et d'assurer le bon écoulement des eaux de ruissellement.

En rase campagne, l'évacuation des eaux de surface nécessite des fossés et des exutoires. Ces dispositifs peuvent toutefois constituer des éléments défavorables à la sécurité. L'entretien des fossés routiers se fait par fauchage et par curage périodique des sédiments déposés.

4. Relevé de la géométrie de la chaussée

Objectif

Déterminer la largeur de la chaussée.

Associée au linéaire d'une voirie, elle permet de calculer des surfaces, telles que des surfaces de travaux, nécessaire à un chiffrage estimatif plus précis de l'entretien nécessaire.

Références normatives

Sans objet.

Mode opératoire

Les relevés de la largeur de chaussée sont réalisés par :

- Des mesures directes sur le terrain (relevés topographiques, chainage) ;
- Des mesures indirectes sur des prises de vue calibrées à cet effet.

La largeur d'une chaussée peut aussi être estimée à partir d'orthophotographies, avec l'imprécision liée à la qualité de l'image et d'éventuelles modifications de la chaussée depuis la prise de vue.

Restitution

Fichier contenant la largeur de la chaussée, la section ou la position de la mesure.

5. Déformation transversale de la chaussée

Objectif

Déterminer la présence et la profondeur d'ornières et de déformation de rive.

L'état de déformation de la chaussée oriente le choix de techniques d'entretien ou permet de quantifier les besoins en reprofilage si nécessaire.

Références normatives

Méthode LPC n°49 « *Mesure et interprétation du profil en travers* »

NF EN 13036-8 – « *Caractéristiques de surface des routes et aérodromes - Méthodes d'essais - Partie 8 : Détermination des indices d'uni transversal* »

Mode opératoire

Relevés de l'état de déformation transversale à l'aide de transverso-profilomètres à ultrasons (donnant quelques dizaines de valeur sur la largeur de la voie) ou lasers (quelques centaines de points) :

- Identification des affaissements de rive ;
- Identification de l'orniérage à petit et grand rayon.

Des mesures très ponctuelles peuvent être réalisées à la règle de 3 m.

Restitution

Fichier de mesures avec calcul des indices associés, référencés linéairement ou géographiquement. La restitution sous forme de schémas itinéraires pour analyse est possible, mais ne permet pas une réutilisation facile des données.

6. Uni longitudinal

Objectif

Mesurer l'uni des chaussées et calculer les indicateurs correspondants.

L'uni longitudinal est caractérisé principalement soit par une valeur globale telle que l'IRI (International Roughness Index), soit en Notation en Bandes Ondes (NBO). Cette dernière notation, actuellement méthode de référence en France, permet de différencier les effets de dégradations de petites tailles (nid de poule ou joint) de dégradations plus étendues (déformation du support).

Références normatives

Méthode LPC n°46-2 « *Mesure de l'uni longitudinal des chaussées routières et aéronautiques* »

NF EN 13036-5 « *Caractéristiques de surface des routes et aérodromes - Méthodes d'essais - Partie 5 : détermination des indicateurs d'uni longitudinal* »

NF EN 13036-6 « *Caractéristiques de surface des routes et aérodromes - Méthodes d'essais - Partie 6 : mesure de profils transversaux et longitudinaux dans le domaine de longueurs d'onde correspondant à l'uni et à la mégatexture* »

Mode opératoire

Le relevé à grand rendement est effectué à l'aide de moyens mécaniques (remorque APL), ou optiques (profilomètres lasers type MLPL ou Greenwood par exemple).

La réalisation des mesures, notamment avec la remorque APL, nécessite une vitesse constante lors de l'acquisition. Certaines configurations de chaussées, et notamment en milieu urbain, rendent impossible ces mesures.



Figure 10 : Remorque APL (à gauche) et MLPL (à droite)

Des mesures à titre indicatives peuvent être réalisées avec l'Unibox.

Restitution

Fichier de mesures avec calcul des indices associés, référencés linéairement ou géographiquement. La restitution sous forme de schémas itinéraires pour analyse est possible, mais ne permet pas une réutilisation facile des données.

7. Déformabilité de la chaussée

Objectif

Mesurer la déformabilité de la chaussée sous une charge.

Cette mesure permet de déterminer des zones structurelles homogènes et, dans le cadre d'étude de renforcement, de calculer le module des différentes couches par rétro-calcul si la structure est connue.

Références normatives

Méthode LPC 39 « *Etudes routières. Déformabilité de surface des chaussées. Exécution et exploitation des données* »

Normes NF P98-200-1 à 7 « *Essais relatifs aux chaussées - Mesure de la déflexion engendrée par une charge roulante* »

Mode opératoire

Les mesures en continu (à pas régulier) de déformabilité sont réalisées avec :

- Le déflectographe, qui relève la déflexion maximale et, pour certains d'entre eux, le rayon de courbure sous un essieu de 13 tonnes, à faible vitesse (3 à 6 km/h) ;
- Le curviamètre, qui relève la déflexion maximale et le rayon de courbure et enregistre le bassin de déflexion complet dans la bande de roulement de rive à intervalle régulier fixe (5 m) jusqu'à une vitesse de 18 km/h. Son fonctionnement ne permet pas une utilisation sur itinéraire sinueux ou en zone urbaine.

Des matériels de mesure à grand rendement de déformabilité sans contact comme le TSD (Trafic Speed Réflectomètre) ou Raptor se développent. Embarqué sur des semi-remorques, ce matériel est surtout adapté aux voies les plus larges.

Pour des mesures à plus petite échelle, ou pour des sections particulières, le déflectomètre à masse tombante (Falling Weight Deflectometer ou FWD) peut être utilisé. Le choc produit par l'impact de la masse sur une plaque simule le passage d'un poids lourd à la vitesse du trafic. Les valeurs des déflexions maximales à différentes distances du point d'impact sont mesurées et permettent de recalculer un bassin de déflexion.

Les mesures de déformabilité à la poutre Benkelman ne sont utilisées que pour des mesures ponctuelles sur des réseaux de faible longueur.

Restitution

Fichier de mesures avec calcul des indices associés, référencés linéairement ou géographiquement. La restitution sous forme de schémas itinéraires pour analyse est possible, mais ne permet pas une réutilisation facile des données.

8. Détermination des épaisseurs des couches de chaussée

Objectif

Détermination de la structure de la chaussée, de l'épaisseur et de la qualité des différentes couches et de la nature des interfaces.

Références normatives

Méthode LPC n°42 « *Application d'un radar pulsé mon statique à l'auscultation des chaussées* »

Méthode LPC n°43 « *Exécution et exploitation des carottages de chaussée* »

Mode opératoire

Les radars routiers permettent de réaliser des mesures d'épaisseur de chaussée en quasi continu (tous les 0,01 m) à la vitesse du trafic. Sous certaines conditions, l'interprétation des mesures permet aisément la détection des interfaces du corps de chaussée pour en déduire des épaisseurs de couches supérieures à 0,04 m.

L'estimation des épaisseurs se fait généralement par calage à l'aide d'un carottage qui nécessite la neutralisation de la chaussée le temps de l'essai.

Les techniques radar permettent aussi de détecter des défauts dans les chaussées.

Restitution

Fichier avec les épaisseurs des couches, référencés linéairement ou géographiquement. La restitution sous forme de radargramme pour analyse est possible, mais ne permet pas une réutilisation facile des données.

Fichier avec les épaisseurs des couches des carottes, la nature des couches et la qualité des interfaces. Chaque carotte doit être géoréférencée.

9. Rugosité

Objectif

Déterminer le niveau de macrotexture d'une couche de roulement.

Références normatives

Méthode LPC n°50-2 « *Mesure de l'adhérence des chaussées routières et aéronautiques* »

Mode opératoire

La macro-texture est mesurée en auscultation de réseau à l'aide de profilomètres lasers, tels que le Rugolaser.

Restitution

Fichier avec les mesures de macrotexture, référencées linéairement ou géographiquement.

La restitution sous forme graphique pour analyse est possible, mais ne permet pas une réutilisation facile des données.

10. Adhérence

Objectif

Déterminer le niveau d'adhérence de la chaussée.

Références normatives

Méthode LPC n°50-2 « *Mesure de l'adhérence des chaussées routières et aéronautiques* »

Mode opératoire

L'adhérence est évaluée soit directement par des mesures de frottement en longitudinal ou en transversal, soit indirectement par la texture du revêtement. Il existe en Europe plus d'une quinzaine de méthodes et d'outils de mesure de frottement différents, dans l'attente d'une harmonisation régulièrement repoussée.

Il est possible de citer :

- Pour les mesures longitudinales, le CFL (Coefficient de Frottement Longitudinal), mesuré avec la remorque Adhéra, le Gripnumber, mesuré à l'aide de l'appareil Griptestter, ou encore l'IMAG (utilisé sur les aéroports) ;
- Pour les mesures transversales, le CFT (Coefficient de Frottement Transversal) obtenu à l'aide du camion SCRIM.

Restitution

Fichier avec les mesures d'adhérence, référencées linéairement ou géographiquement.

La restitution sous forme graphique pour analyse est possible, mais ne permet pas une réutilisation facile des données.

ANNEXE 2 - LISTE INDICATIVE DES ESSAIS D'AUSCULTATION

Les méthodes utilisées pour les relevés de dégradation et mesures de l'état des chaussées sont listées ci-dessous et peuvent faire l'objet d'une qualification Laboroute.

NOMINATION DE L'ESSAI	EXISTENCE D'UNE MÉTHODE RECONNUE	RÉFÉRENCE DE LA MÉTHODE
CHAUSSÉE		
Bruit		
Acoustique - Mesurage de l'influence des revêtements de chaussées sur le bruit émis par la circulation - Partie 1 : méthode statistique au passage	N	NF EN ISO 11819-1
Acoustique - Méthode de mesurage de l'influence des revêtements de chaussées sur le bruit émis par la circulation - Partie 2 : méthode de proximité immédiate	N	NF EN ISO 11819-2
Mesure en continu du bruit de contact pneumatique/ chaussée	ME	ME LCPC 63
Texture, adhérence et uni		
Caractérisation de la texture d'un revêtement de chaussée à partir de relevés de profils - Partie 1 : détermination de la profondeur moyenne de la texture	N	NF EN ISO 13473-1
Caractérisation de la texture d'un revêtement de chaussée à partir de relevés de profils de la surface - Partie 2 : terminologie et exigences de base relatives à l'analyse de profils de texture d'une surface de chaussée	N	NF EN ISO 13473-2
Caractérisation de la texture d'un revêtement de chaussée à partir de relevés de profils de la surface - Partie 3 : spécification et classification des appareils de mesure de profil	N	NF EN ISO 13473-3
Caractérisation de la texture d'un revêtement de chaussée à partir de relevés de profils de la surface - Partie 5 : détermination de la mégatexture	N	NF EN ISO 13473-5
Mesurage de la profondeur de macrotexture de la surface d'un revêtement à l'aide d'une technique volumétrique à la tâche	N	NF EN 13036-1
Caractéristique de surface de routes et aérodrômes - Méthodes d'essai - Partie 3 : méthodes d'essai pour mesurer la drainabilité superficielle d'un revêtement de chaussée	N	NF EN 13036-3
Caractéristiques de surface des routes et aérodrômes - Méthode d'essai - Partie 4 : méthode d'essai pour mesurer l'adhérence d'une surface : l'essai au pendule	N	NF EN 13036-4

NOMINATION DE L'ESSAI	EXISTENCE D'UNE MÉTHODE RECONNUE	RÉFÉRENCE DE LA MÉTHODE
Caractéristiques de surface des routes et aérodromes - Méthodes d'essais - Partie 5 : détermination des indices d'uni longitudinal	N	NF EN 13036-5
Caractéristiques de surface des routes et aérodromes - Méthodes d'essais - Partie 6 : mesure de profils transversaux et longitudinaux dans le domaine de longueurs d'onde correspondant à l'uni et à la mégatexture	N	NF EN 13036-6
Caractéristiques de surface des routes et aérodromes - Méthodes d'essai - Partie 7 : mesurage des déformations localisées des couches de roulement des chaussées : essai à la règle	N	NF EN 13036-7
Caractéristiques de surface des routes et aérodromes - Méthodes d'essais - Partie 8 : détermination des indices d'uni transversal	N	NF EN 13036-8
Caractéristiques de surface des routes et aérodromes - Méthodes d'essai - Partie 2 : évaluation de l'adhérence d'un revêtement de chaussée à l'aide de systèmes de mesure dynamique	TS	XP CEN/TS 13036-2
Caractéristiques de surface des routes et aéroports - Partie 1 : mode opératoire de détermination de l'adhérence d'un revêtement de chaussée à l'aide d'un dispositif à coefficient de frottement longitudinal fixe (CFLS) : le RoadSTAR	TS	XP CEN/TS 15901-1
Caractéristiques de surface des routes et aéroports - Partie 2 : mode opératoire de détermination de l'adhérence d'un revêtement de chaussée à l'aide d'un dispositif à frottement longitudinal contrôlé (CFLRNL) : le ROAR (Analyseur de route et Enregistreur du Norsemeter)	TS	XP CEN/TS 15901-2
Caractéristiques de surface des routes et aéroports - Partie 3 : mode opératoire de détermination de l'adhérence d'un revêtement de chaussée à l'aide d'un dispositif à frottement longitudinal contrôlé (CFLA) : l'ADHERA	TS	XP CEN/TS 15901-3
Caractéristiques de surface des routes et aéroports - Partie 4 : mode opératoire de détermination de l'adhérence d'un revêtement de chaussée à l'aide d'un dispositif à frottement longitudinal contrôlé (CFLT) : le Tatra Runway Tester (TRT : Voiture d'essai de piste)	TS	XP CEN/TS 15901-4
Caractéristiques de surface des routes et aéroports - Partie 5 : mode opératoire de détermination de l'adhérence d'un revêtement de chaussée à l'aide d'un dispositif à frottement longitudinal contrôlé (CFLRDK) : le ROAR (Analyseur de Route et Enregistreur du Norsemeter)	TS	XP CEN/TS 15901-5
Caractéristiques de surface des routes et aéroports - Partie 6 : mode opératoire de détermination de l'adhérence d'un revêtement de chaussée en procédant au mesurage du coefficient de frottement transversal (CFTS) : le SCRIM	TS	XP CEN/TS 15901-6

NOMINATION DE L'ESSAI	EXISTENCE D'UNE MÉTHODE RECONNUE	RÉFÉRENCE DE LA MÉTHODE
Caractéristiques de surface des routes et aéroports - Partie 7 : mode opératoire de détermination de l'adhérence d'un revêtement de chaussée à l'aide d'un dispositif à coefficient de frottement longitudinal fixe (CFLG) : le GripTester	TS	XP CEN/TS 15901-7
Caractéristiques de surface des routes et aéroports - Partie 8 : mode opératoire de détermination de l'adhérence d'un revêtement de chaussée en procédant au mesurage du coefficient de frottement transversal (CFTD) : le SKM	TS	XP CEN/TS 15901-8
Caractéristiques de surface des routes et aéroports - Partie 9 : mode opératoire de détermination de l'adhérence d'un revêtement de chaussée en procédant au mesurage du coefficient de frottement longitudinal (CFLD) : la remorque d'adhérence DWW NL	TS	XP CEN/TS 15901-9
Caractéristiques de surface des routes et aéroports - Partie 10 : mode opératoire de détermination de l'adhérence d'un revêtement de chaussée à l'aide d'un dispositif à mesurage longitudinal, roue bloquée (CFLSK) : le skiddomètre BV-8	TS	XP CEN/TS 15901-10
Caractéristiques de surface des routes et aéroports - Partie 11 : mode opératoire de détermination de l'adhérence de la surface d'un revêtement de chaussée à l'aide d'un dispositif de mesure longitudinale, roue bloquée (CFLSR) : le SRM	TS	XP CEN/TS 15901-11
Caractéristiques de surface des routes et aéroports - Partie 12 : mode opératoire de détermination de l'adhérence de la surface d'un revêtement de chaussée à l'aide d'un dispositif à frottement longitudinal contrôlé, le BV 11 et le dispositif d'essai de frottement Saab (SFT)	TS	XP CEN/TS 15901-12
Caractéristiques de surface des routes et aéroports - Partie 13 : mode opératoire de détermination de l'adhérence de la surface d'un revêtement de chaussée par mesurage d'un coefficient de frottement transversal (CFTO) : l'odoliographe	TS	XP CEN/TS 15901-13
Essais relatifs aux chaussées - Détermination de la macrotecture - Partie 2 : méthode de mesure sans contact.	N	NF P 98-216-2
Essais relatifs aux chaussées - Essais liés à l'uni transversal - Partie 2 : mesure dynamique continue du profil en travers, par matérialisation de l'intersection d'un plan et de la surface de la chaussée	N	NF P 98-219-2
Essais relatifs aux chaussées - Essais liés à l'uni transversal - Partie 3 : mesure dynamique discontinue du profil en travers	N	NF P 98-219-3
Essais relatifs aux chaussées - Essais liés à l'uni - Partie 4 : mesure statique continue d'un profil.	N	NF P 98-219-4
Essais relatifs aux chaussées - Essais liés à l'uni - Partie 5 : mesure d'une classe de déformation par déplacement d'une règle de 1,50 M.	N	NF P 98-219-5

NOMINATION DE L'ESSAI	EXISTENCE D'UNE MÉTHODE RECONNUE	RÉFÉRENCE DE LA MÉTHODE
Essais relatifs aux chaussées - Essais liés à l'adhérence - Partie 2 : méthode permettant d'obtenir un coefficient de frottement longitudinal (adhérence longitudinale).	N	NF P 98-220-2
Essais relatifs aux chaussées - Essais liés à l'adhérence - Partie 3 : méthode permettant de mesurer le coefficient de frottement transversal entre un pneumatique de véhicule et la chaussée (adhérence transversale).	N	NF P 98-220-3
Essais relatifs aux chaussées - Essais liés à l'adhérence - Partie 4 : méthode permettant d'obtenir un coefficient de frottement transversal avec un appareil SCRIM.	N	NF P 98-220-4
Mesure de l'uni longitudinal des chaussées routières et aéronautiques: exécution et exploitation des relevés profilométriques	ME	ME LCPC 46
Mesure et interprétation du profil en travers	ME	ME LCPC 49
Mesure de l'adhérence des chaussées routières et aéronautiques	ME	ME LCPC 50
Déflexion et rayon de courbure		
Mesure de la déflexion engendrée par une charge roulante - Partie 2 : détermination de la déflexion et du rayon de courbure avec le déflectomètre Benkelman modifié.	N	NF P 98-200-2
Essais relatifs aux chaussées - Mesure de la déflexion engendrée par une charge roulante - Partie 3 : détermination de la déflexion avec le déflectographe 02.	N	NF P 98-200-3
Essais relatifs aux chaussées - Mesure de la déflexion engendrée par une charge roulante - Partie 4 : détermination de la déflexion avec le déflectographe 03.	N	NF P 98-200-4
Essais relatifs aux chaussées - Mesure de la déflexion engendrée par une charge roulante - Partie 5 : détermination de la déflexion avec la déflectographe 04.	N	NF P 98-200-5
Essais relatifs aux chaussées - Mesure de la déflexion engendrée par une charge roulante - Partie 6 : détermination de la déflexion avec le déflectographe béton.	N	NF P 98-200-6
Essais relatifs aux chaussées - Mesure de la déflexion engendrée par une charge roulante - Partie 7 : détermination de la déflexion et du rayon de courbure avec un curviamètre.	N	NF P 98-200-7
Déflexion et rayon de courbure	ME	ME LCPC 39
Mesure de la déflexion avec le Falling Weight Deflectometer	MEI	MEI Laboroute à venir
Trafic Speed Deflectometer	A venir	

NOMINATION DE L'ESSAI	EXISTENCE D'UNE MÉTHODE RECONNUE	RÉFÉRENCE DE LA MÉTHODE
Dégradations de surface		
Relevé des dégradations de surface des chaussées	ME	ME LCPC 38.2
Catalogue des dégradations de surface	ME	ME LCPC 52
Auscultation dynamique	ME	ME LCPC 70
Epaisseurs et collage des couches		
Application d'un radar pulsé monostatique à l'auscultation des chaussées	ME	ME LCPC 42
Exécution et exploitation des carottages de chaussées	ME	ME LCPC 43
Carottage à sec des couches de chaussées	ME	ME LCPC 73
Ovalisation (dont carottage)		
Ovalisation: Exécution et exploitation des mesures	ME	ME LCPC 41
Autres		
Relevé d'informations routières à partir d'images de la route et de son environnement	ME	ME LCPC 80
ESSAIS IN SITU SOLS ET GEOTECHNIQUE		
Sols : reconnaissance et essais - Détermination de la masse volumique d'un matériau en place - Partie 1 : méthode au gamma densimètre à pointe (à transmission directe).	N	NF P 94-061-1
Sols : reconnaissance et essais - Contrôle de la qualité du compactage - Méthode au pénétromètre dynamique à énergie constante. Principe et méthode d'étalonnage des pénétrodensitographes. Exploitation des résultats. Interprétation.	N	NF P 94-063
Sols : reconnaissance et essais - Contrôle de la qualité du compactage - Méthode au pénétromètre dynamique à énergie variable - Principe et méthode d'étalonnage du pénétromètre - Exploitation des résultats - Interprétation	N	NF P 94-105
Sols : reconnaissance et essais - Portance des plates-formes - Partie 1 : module sous chargement statique à la plaque (EV2)	N	NF P 94-117-1
Sols : reconnaissance et essais - Portance des plates-formes - Partie 2 : module sous chargement dynamique	N	NF P 94-117-2
Sols : reconnaissance et essais - Portance des plates-formes - Partie 3 : coefficient de réaction de Westergaard sous chargement statique d'une plaque	N	NF P 94-117-3
Détermination de la perméabilité d'une formation géologique en place, de matériaux rapportés, ou artificiellement reconstitués. Infiltrómetros à double anneau, de type ouvert	N	NF X 30-418

NOMINATION DE L'ESSAI	EXISTENCE D'UNE MÉTHODE RECONNUE	RÉFÉRENCE DE LA MÉTHODE
Portance des plates-formes : coefficient de réaction de Westergaard sous chargement statique d'une plaque adapté de la NF P98-117-3	MEI	MEI Laboroute
Portance des plates-formes : module sous chargement statique à la plaque (EV2) adapté de la NF P94-117-1	MEI	MEI laboroute
ESSAIS IN SITU ENROBES		
Essais relatifs aux chaussées - Mesure de la masse volumique des matériaux en place - Partie 1 : mesure ponctuelle de la masse volumique moyenne apparente par gammadensimètre à transmission directe.	N	NF P 98-241-1
Essai au drainomètre de chantier	N	NF P 98-150-1 Annexe C
Enrobés hydrocarbonés - Contrôles occasionnels du pourcentage de vides lors de la mise en œuvre avec planche de référence	XP	XP P 98-151
Mesure ponctuelle de la MV moyenne apparente par gammadensimètre utilisé en rétrodiffusion	MEI	MEI Laboroute
Mesure ponctuelle de la MV moyenne apparente par appareillage électromagnétique	MEI	MEI Laboroute en phase d'expérimentation ; fournir les modes opératoires et les recalages avec la méthode normalisée (carottes et MVA hydrostatique)

Le lecteur pourra se référer au référentiel Laboroute disponible sur le site internet de l'IDRRIM⁷.

⁷ https://www.idrrim.com/comites-operationnels_groupes_travail-idrrim/IDRRIM-Comite-Qualification-Comparaison-Inter-Laboratoires/laboroute/

REMERCIEMENTS

Ce guide a été rédigé par un groupe de travail constitué de :

- Jean-Pierre Briquet – NextRoad
- Brice Delaporte – Routes de France
- Marc Desthieux – VIAPIX Systems
- Ivan Drouadaine – Eurovia
- Jean-Luc Grasset – Immergis
- Bruno Joly – Technologies Nouvelles
- Vincent Lecamus – Immergis
- Christine Leroy – Routes de France
- Emmanuel Loison- Colas
- Julie Maignol – NextRoad
- Henri Péjouan – Gracchus
- Ludovic Périssé – Infradiag
- Alban Rabaud – Hercynia
- Philippe Raillat – Diagway
- François Rivat – groupe Ginger-CEBTP
- Frédéric Sagnier – Technologies Nouvelles
- Pascal Trottier – PavExpert/Routes de France

Il a fait l'objet d'une relecture attentive et d'une remise en forme par :

- Brice Delaporte – Routes de France
- Bruno Joly – Technologies Nouvelles
- Christine Leroy – Routes de France
- Emmanuel Loison – Colas
- Julie Maignol – NextRoad
- Sébastien Wasner – CEREMA

Le groupe de travail remercie Pascal Rossigny, Patrick Porru et les représentants de la maîtrise d'ouvrage et experts suivants : Jean-Marie Deck, Nathalie Anthony et Jean-François Brunelière pour leur relecture précise, pertinente et leurs conseils avisés.



L'IDRRIM (Institut des Routes, des Rues et des Infrastructures pour la Mobilité) fédère l'ensemble des acteurs publics et privés agissant dans le domaine des infrastructures de mobilité et espaces urbains.

Créé en 2010, l'Institut propose un cadre de réflexion et d'actions pour co produire et partager un référentiel commun constitué de normes, de bonnes pratiques et règles de l'art, d'outils méthodologiques.

Lieu de convergences et d'échanges, l'Institut a pour objectif de répondre de manière homogène à des problématiques techniques ou stratégiques et de faire évoluer les patrimoines d'infrastructures et d'espaces publics vers une conception et une gestion durables ainsi qu'une plus grande optimisation de leur utilisation.

L'IDRRIM a pour mission de :

- Fédérer et mobiliser les acteurs de la profession
- Produire des documents de référence
- Contribuer à l'amélioration des compétences
- Promouvoir l'innovation et faire rayonner l'excellence française



9, rue de Berri - 75008 Paris - Tél : +33 1 44 13 32 99

www.idrrim.com - idrrim@idrrim.com

 @IDRRIM

Association loi 1901

