

Projet National de recherche et développement

RAPPORT DE RECHERCHE / LIVRABLE

Vers une caractérisation performantielle, in situ, des interfaces des couches de surface.

Tranche 4 modifiée selon FA N°PR21DVDC_T4-1-3

Auteur(s) / Organisme(s) :

Dony Anne – ESTP

Barriere Philippe / Leroy-Mallol Florence - COLAS pour Routes de France

Van Rompu Julien / Attias Thomas – EIFFAGE Infrastructures

Pouteau Bertrand (Eurovia)

Ollier Stéphane (Pérennise Chaussées)

Thème de rattachement :

Thème 1-3 _ Comportement des interfaces

DVDC/R/042

N° lettre de commande LC/21/DVDC/139A

LC/21/DVDC/139C

LC/21/DVDC/139E

LC/21/DVDC/139F

Date avril 2023

Sommaire

Sommaire	3
1 Résumé	4
2 Introduction	5
3 Journée d'échanges : Le collage des couches.....	5
3.1 Le contexte	5
3.2 Le contenu	5
3.3 A retenir.....	6
4 Du cahier des charges au choix du prestataire.....	7
5 Etude PROTO-INDUS.....	8
6 Bilan.....	10
7 Références bibliographiques.....	10
Cadrage - présentation générale du besoin	11
Demande et situation actuelle	11
Résultats et changements attendus.....	12
Parties prenantes	13
Expression détaillée du besoin	13
Liste des fonctions/services attendus	13
Informations complémentaires	19
Contraintes de planning	19
Contraintes de budget	19
Documents Annexes	19
Documents utiles :	19

1 Résumé

Résumé en français

L'objectif final du groupe de travail est de proposer un essai *in situ* de caractérisation performantielle des interfaces des couches de surface.

Les résultats des études menées au cours des tranches antérieures [1] [2] ont validé le principe du dispositif d'essai *in situ* et ont conduit à proposer une version améliorée du système de mesure.

Le programme de travail de cette quatrième partie du projet, porté par Colas, Eiffage Infrastructures, Pérennise Chaussées et l'ESTP, a été conçu en phase avec les conclusions du séminaire du 14 octobre 2020 (Intérêt de l'outil acté par la profession avec une vigilance par rapport au prix).

Le groupe de travail a réalisé une analyse des propositions des trois prestataires retenus sur la base de la consultation d'entreprise réalisée en tranche 3. Le groupe a réalisé le choix du prestataire en fonction du cahier des charges.

Le prestataire retenu a travaillé en parallèle avec le groupe de travail vers une conception la plus optimisée tant au niveau technique, ergonomique et financier : Phase Etude PROTO-INDUS. Finalement COLAS devrait s'équiper de ce nouvel appareil en vue de sa qualification en laboratoire mais aussi sur site.

Afin de continuer à faire vivre ce projet, les partenaires aimeraient trouver des financements auprès de Routes de France ou auprès de FEREC, fondation d'entreprise qui vise à favoriser le renforcement de la recherche collaborative.

Pour la valorisation du travail du GT1-3, l'ESTP continue la coordination du groupe. Les éléments produits au cours de ces derniers mois ont été le poster pour le congrès Eurobitume en 2021 puis une présentation de l'avancée du travail aux JTR 2022 par COLAS et l'ESTP.

Abstract

The final objective of the working group is to provide an *in situ* performance test for qualifying the interlayer bonding. The results of the studies conducted during the previous phases validated the principle of the *in situ* test device and led to the proposal of an improved version of the measurement system.

The work program for this fourth part of the project, led by Colas, Eiffage Infrastructures, Pérennise Chaussées and ESTP, was designed in line with the conclusions of the seminar of October 14th, 2020 (Interest of the tool noted by the profession with attention regarding the price).

The working group analysed the proposals of the three service providers selected on the basis of the consultation carried out in stage 3. The group chose the service provider according to the specifications.

The selected service provider works in parallel with the working group towards the most optimized design in terms of technical, ergonomic and financial aspects: PROTO-INDUS study phase. Finally, COLAS should equip itself with this new device in order to qualify it in the laboratory and on site.

In order to keep this project alive, the partners would like to find funding from Routes de France or from FEREC, a company foundation which aims at strengthening collaborative research.

To promote the work of WG1-3, ESTP continues to coordinate the group. The elements produced in recent months were the poster for the Eurobitume congress in 2021 and a presentation of the progress of the work at the JTR 2022 by COLAS and ESTP.

2 Introduction

Ce travail s'inscrit dans le cadre du projet national DVDC (Durée de Vie des Chaussées), administré par l'IREX et soutenu par la DGITM et l'ANR, projet de recherche et de développement collaboratif qui mobilise des organismes publics et privés concernés par la conception, la construction et la gestion des infrastructures routières.

Il s'inscrit dans le thème 1 du projet sur les mécanismes de dégradation des chaussées, plus précisément il vise à proposer et évaluer un dispositif de mesure de collage des couches d'enrobé *in situ* par torsion, la couche d'accrochage étant un élément fondamental dans la durée de vie et la tenue mécanique des chaussées.

Cette phase d'étude est menée par un groupe de travail regroupant des partenaires académiques et industriels à savoir l'ESTP, PERENNISE CHAUSSEES, COLAS qui représente Routes de France, et EIFFAGE Infrastructures.

Dans la continuité des trois premiers rapports (tranche 1- Etat de l'art, tranche 2- Evaluation du prototype en laboratoire et tranche 3 - Evaluation du dispositif de mesure de collage des couches d'enrobés *in situ* par torsion), ce rapport s'inscrit dans l'action menée par Colas, ESTP, Eiffage Infrastructures et PERENNISE CHAUSSEES dans la tranche 4 du projet.

Les trois premières actions avaient permis de positionner le projet par rapport à l'état de l'art et à évaluer en laboratoire et sur le terrain un prototype correspondant aux objectifs fixés. Se pose alors la question du développement potentiel du dispositif, en s'interrogeant sur l'intérêt ou non de la communauté routière française pour ce nouvel outil et en concevant un dispositif expérimental optimisé grâce aux enseignements des travaux précédents.

Dans un premier temps un retour sur le séminaire d'octobre 2020 a été réalisé afin de mettre en avant l'intérêt de la profession pour l'outil.

Une analyse des propositions des trois prestataires retenus sur la base de la consultation d'entreprise est ici résumée ainsi que le choix du prestataire, le tout basé sur le cahier des charges rédigé par le groupe de travail.

Un travail conséquent appelé « Phase Etude PROTO-INDUS » entre l'entreprise retenue et le groupe de travail est décrit ici, dans l'objectif d'une conception la plus optimisée possible tant au niveau technique, ergonomique que financier.

3 Journée d'échanges : Le collage des couches

3.1 Le contexte

Le GT 1.3 a décidé d'organiser une journée d'échanges consacrée aux travaux passés et en cours autour de cette thématique des interfaces puis de donner la parole aux donneurs d'ordre afin d'alimenter la réflexion sur la poursuite des travaux qui se doivent d'être exploitables concrètement sur les réseaux routiers. L'objectif était alors de se prononcer collégialement sur la nécessité et l'intérêt des différentes parties prenantes de poursuivre le développement du nouveau dispositif et/ou d'explorer d'autres pistes d'investigation.

3.2 Le contenu

Les sujets abordés ont été vastes autour de la problématique principale (évaluation des interfaces), faisant intervenir tant les membres spécifiques du groupe de travail GT1-3 que d'autres membres de DVDC (essais non destructifs ou témoignages terrain) ou encore des travaux extérieurs à DVDC, de façon à permettre un échange riche et ouvert :

- CARACTÉRISATION DES INTERFACES PAR ESSAIS NON DESTRUCTIFS Jean-Michel Simonin (université Gustave Eiffel)
- ESSAI D'OVALISATION Olivier Ruiz (Cerema)
- ÉVALUATION PRÉ-NORMATIVE DU COLLAGE DES COUCHES Arnaud Feeser (Cerema)
- ESSAI DE LABORATOIRE 2T3C Julien Van Rompu (Eiffage Infrastructures)
- NOUVEL OUTIL « TERRAIN » DÉVELOPPÉ DANS LE CADRE DE DVDC Stéphane Ollier/Philippe Barrière (Pérennise Chaussée / Colas)
- SYNTHÈSE DE L'EXPÉRIENCE SUR LES DIFFÉRENTES MÉTHODES Anne Dony (ESTP Paris) /Imade Koutiri (ENSAM)
- ENQUÊTE SUR LA PERTINENCE DE DEVELOPPER UN APPAREIL DE MESURE IN SITU Laurent Brissaud (Colas)
- APPROCHE THÉORIQUE EUROVIA Bertrand Pouteau et Mustapha Masdan (Eurovia)
- TÉMOIGNAGE DE COLLECTIVITÉS TERRITORIALES Bruno Espinasse (CD du Puy-de-Dôme), Stéphane Le Signor (CD de la Côte-d'Or)
- DISCUSSIONS ET CONCLUSION

Nous ne reviendrons pas ici sur chacun des éléments développés au cours de la journée, nous vous renvoyons à l'article dédié, publié dans la RGRA N° 977. NOVEMBRE – DECEMBRE 2020 Dossier _ Bilan du projet national DVDC [3].

3.3 A retenir

La nécessité d'un dispositif permettant un diagnostic plus fin que le constat de décollement *in situ* suite au simple carottage ou par l'application d'un effort non maîtrisé via un tournevis a été reconnue par les participants, qui encouragent donc le groupe de travail de DVDC et les différents organismes à poursuivre leurs travaux.

Forts de l'appui de la profession, la tranche 4 du GT 1-3 a vu le jour.

4 Du cahier des charges au choix du prestataire

Le Cahier des charges établi sur la base des travaux menés jusqu'alors est caractérisé par 9 unités fonctionnelles :

- F1 : Communication opérateur/machine
- F2 : Sécurité/visibilité
- F3 : Préhension des spécimens
- F4 : Transport/maniabilité
- F5 : Energie
- F6 : Conditions d'essais
- F7 : Cellule de mesure de torsion
- F8 : Mesure de l'angle de rotation
- F9 : SAV

La description de l'essai et de la méthode a été volontairement ouverte pour laisser libre cours aux entreprises sollicitées sur le type d'appareil à développer.

Suivant le cahier des charges détaillé en annexe, les retours des trois entreprises sont décrits dans le livrable DVDC/R/030 [2].

Pour rappel, RINCENT technologies, ENERGYDIAM et Proviteq/Microtest ont été consultés.

Les propositions sont schématisées ci-dessous (Figure 1) :

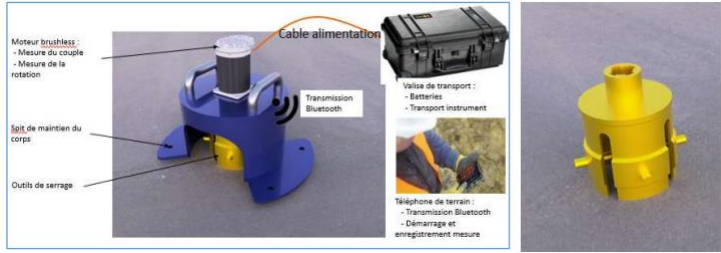

<p>RINCENT Laboratoires ND Technologies</p>	 <p>Moteur (rouillies) : - Mesure du couple - Mesure de la rotation</p> <p>Site de maintien du corps</p> <p>Outils de serrage</p> <p>Cable alimentation</p> <p>Transmission Bluetooth</p> <p>Valise de transport : - Batteries - Transport instrument</p> <p>Téléphone de terrain : - Transmission Bluetooth - Démarrage et enregistrement mesure</p>
<p>ENERGYDIAM</p>	
<p>Proviteq/Microtest</p>	

Figure 1 : Présentation illustrée des propositions des trois prestataires

Une comparaison détaillée des différentes propositions, après rencontre des trois prestataires est fournie dans le tableau de la Figure 2.

Chaque prestataire a choisi de conserver le principe du système de préhension des carottes à l'identique de l'étude du prototype du projet (solution considérée aboutie).

Pour le reste de l'appareillage, les propositions ont chacune des avantages et des inconvénients comme rappelés ci-dessous :

Fournisseurs	Les « Plus »	Les « Moins »	Choix
RINCENT technologies	<ul style="list-style-type: none"> - Idée de conception initiale séduisante (compacte, connectée...) - Développe du matériel de chantier (Dynaplaque, FWD...) - Bureau d'étude interne (dessin, calcul et application) 	<ul style="list-style-type: none"> - concept présenté trop lourd, trop cher - cahier des charges non respecté (couple, angle) - transport /manutention compliqué - Fixation au sol contraignante - Solution non-aboutie - Délai nécessaire à une présérie : 8 mois. 	X
ENERGYDIAM	<ul style="list-style-type: none"> - Système de préhension de la carotte innovante - Appareil mobile et compact - Développe du matériel de chantier (carotteuse...) - Fonctionnement hydraulique - Gabarit de centrage/perçage - Délai pour une présérie : 5 mois 	<ul style="list-style-type: none"> - Nécessite groupe électrogène - Perçages supplémentaires - Pas de système de correction de la pente du support in-situ - Acquisition mesures non traité - Solution non-aboutie 	X
PROVITEQ – MICROTEST	<ul style="list-style-type: none"> - Répond à tous les points du cahier des charges - Eclairage zone de travail intégré (travail de nuit) Logiciel d'exploitation des mesures et traitement des données en continue. - Développement/fabrication chez Microtest - Solution aboutie et utilisable immédiatement - Réflexion pour réduire le poids et l'encombrement du dispositif en version finale 	<ul style="list-style-type: none"> - Encombrement chariot important - Poids de l'ensemble trop lourd pour manipulation par une seule personne 	✓

Figure 2 : Comparaison des trois solutions au regard du cahier des charges

Si les solutions de Rincent Technologies et Energydiam, paraissaient initialement plus innovantes par rapport au prototype initial, elles étaient toutes les deux non abouties et présentaient des interrogations techniques non résolues.

Lors de la consultation des prestataires réalisée en tranche 4 au cours du mois d'octobre 2021, la préférence du groupe de travail s'est porté sur le projet de Proviteq/Microtest, qui présentait le meilleur engagement dans la réalisation du programme.

Il est à noter que le temps long entre la fin du travail des 3 premières tranches et celui de la tranche 4 s'explique par le contexte sanitaire mondial et notamment en France lié à la pandémie de Covid-19, qui a conduit à décaler le séminaire de 6 mois et a ralenti la consultation des entreprises.

5 Etude PROTO-INDUS

Une phase d'échange et de travail a donc débuté entre le prestataire et le groupe de travail.

Des éléments ont été mis en avant très vite pour que le prestataire puisse rapidement revenir vers nous avec des éléments plus aboutis, l'objectif étant une industrialisation au cours de 2022.

Le matériel ayant pour objectif d'être utilisé principalement sur le terrain, la prise en compte de l'ergonomie a été un point essentiel pour garantir la facilité d'utilisation. Plusieurs allers et retours ont conduit le groupe de travail et l'entreprise Proviteq/Microtest à réaliser des arbitrages concernant **le poids et l'encombrement** du matériel d'essai.

Les éléments revus par rapport au cahier des charges initial sont alors les suivants :

- Baisser la force de torsion de 1 000 N.m à 500 N.m. Cela devrait avoir une influence sur les réducteurs et les batteries, permettant une baisse de poids. Il est important de rappeler que compte tenu de nos essais préliminaires, le couple de 1000 N.m avait été défini pour garantir la rupture des éprouvettes à l'interface. Un couple de 500 N.m permettra cependant une évaluation pertinente de l'interface en considérant qu'une non-rupture sera gage d'une bonne qualité d'accrochage.
- Baisser le diamètre de préhension de la carotte de $\varnothing 150$ mm à $\varnothing 100$ mm, ce qui se traduira par une diminution des contraintes, ne rendant plus indispensable l'assistance pneumatique. Là encore, une baisse de poids est attendue de cette évolution. Ce diamètre de 100 mm est adapté pour des tailles de granulats $D \leq 14$ mm.
- L'appareil ne doit pas dépasser les 200 kg.

La version v2.0 du prototype est présentée au groupe de travail au mois de **mai 2022**, le retard étant toujours lié au contexte sanitaire encore difficile (Figure 3).



Figure 3 : maquette du dispositif proposé par Proviteq/ Microtest

Les principaux éléments retenus/discutés sont les suivants :

- Capacité : 500 N.m proposé (optimisation du poids et du coût)
- Taille de l'éprouvette passage de $\varnothing 150$ mm à $\varnothing 100$ mm
- Poids approximatif : passage de 600 kg à environ 265 kg
- Ordinateur tactile
- Signaux lumineux de visualisation
- Prise de recharge batterie avec autonomie pour 8 heures de travail normal
- Signal GPS intégré dans le logiciel pour connaître l'emplacement
- Treuil pour le remorquage d'équipement
- Roues pivotantes et verrouillables
- Poignées de transport
- Construction en plastique et acier inoxydable

Le coût est très supérieur à celui estimé initialement. Pour le justifier, le prestataire met en avant les heures de conception (évaluées à ~17 heures d'ingénieur) et un cahier des charges contraignant, associé à un coût des matières premières en hausse.

Le prestataire souhaitait initialement un engagement sur la commande minimale de 3 appareils. Le GT a demandé à PROVITEQ le détail du chiffrage pour évaluer les postes

d'économie possible. Une précision a également été demandée sur l'aspect dégressif du prix en fonction du nombre de prototypes commandés.

En juillet 2022 le GT a convoqué le prestataire afin de statuer et trouver les leviers afin de faire aboutir l'objectif de la Fiche Action.

Les éléments retenus GT/prestataire sont les suivants :

- Etablir un montant pour rémunération de l'étude déjà effectuée
- Définir une enveloppe maximale du coût de l'appareil

Pour la suite du projet :

- Révision de la fiche action afin de rentrer dans les délais de DVDC.
- Optimisation de la conception de l'outil dans le cadre de DVDC.

Des négociations importantes sur le coût final du produit commercialisable ont été menées. Le groupe de travail, convaincu de l'importance du développement du dispositif pour une diffusion dans la profession, a fait les concessions possibles sans détérioration des qualités de mesure. Le prestataire, de son côté, a consenti un effort financier important afin de baisser le prix à un niveau acceptable en vis-à-vis d'un matériel exigeant et des attentes du groupe de travail.

6 Bilan

La fiche action a été revue suite aux différents COPIL DVDC de 2022 et aux discussions avec le prestataire.

En fin d'année 2022, il a été acté une participation au développement du matériel par Proviteq/Microtest.

Le matériel arrive à un coût de 52 000€ pour les 5 premiers exemplaires (sans engagement ferme) et une subvention DVDC pour l'achat du premier matériel. Les autres seraient à un coût de 54 750€.

7 Références bibliographiques

[1] Dony Anne / KOUTIRI Imade (ESTP/ENSAM) ; Godard Eric (Colas pour Route de France) ; Pouteau Bertrand (Eurovia) ; Millien Anne (GEMH-GCD) ; Ollier Stéphane (Pérennise Chaussées), Vers une caractérisation performantielle in situ des interfaces des couches de surface- Etat de l'art, livrable DVDC R/014 ; Juillet 2018

[2] Dony Anne / KOUTIRI Imade (ESTP/ENSAM) ; Godard Eric (Colas pour l'USIRF) ; Pouteau Bertrand (Eurovia) ; Millien Anne (GEMH-GCD) ; Ollier Stéphane (Pérennise Chaussées), Evaluation du dispositif de mesure de collage des couches d'enrobés in situ par torsion, livrable DVDC/R/030 _ juin 2020

[3] RGRA n° N° 977. NOVEMBRE – DECEMBRE 2020 _ Dossier Bilan du projet national DVDC _ ÉVALUATION DES INTERFACES DE CHAUSSEES EN France SEMINAIRE SUR LES TRAVAUX EN COURS DANS LA PROFESSION. Eric Godard (Colas pour Route de France) Dony Anne (ESTP) Bertrand Pouteau (Eurovia) Stéphane Ollier (Pérennise Chaussées Imade KOUTIRI (ENSAM) Julien Van Rompu (Eiffage Infrastructure) Anne Millien (Université de Limoges)..

Annexe

Cahier des charges fonctionnel & technique

Auteurs de ce cahier des charges / groupe d'expression du besoin

Nom / mél	Qualité / rôle
Philippe BARRIERE / COLAS barriere@campus.colas.fr	Responsable essais prototype DVDC/ Responsable du cahier des charges
Anne DONY / ESTP adony@estp-paris.eu	Commanditaire / Pilote projet DVDC 1.3
Eric GODARD / Routes de France eric.godard@campus.colas.fr	Financier

Historique des modifications et révisions de ce document

n° de version	Date	Description et circonstances de la modification
V 0.1	13/12/2018	RP18027: première version suite au stage de Sarah Ait Ali Said
V 1	02/10/2019	Clôture du groupe d'expression du besoin : version proposée au Groupe de travail pour approbation
V 1.1		Cahier des charges validé par le groupe de travail pour lancement du projet en phase industriel

Validations

n° de version	Nom / qualité	Date / signature	Commentaires et réserves éventuelles
V 1.1	Groupe de travail		OK pour valider. Reste à comparer les industriels

Cadrage - présentation générale du besoin

Demande et situation actuelle

Pour la plupart des types de structures de chaussées, leur durabilité est liée à l'hypothèse d'un bon collage entre leurs différentes couches. En effet, du point de vue fonctionnement mécanique de la chaussée, l'état de l'interface conditionne très fortement la répartition des contraintes et des déformations dans chaque couche, et donc les niveaux maximum de sollicitation dans la structure. Lorsque les différentes couches de matériaux restent parfaitement collées entre elles, la rigidité de la structure est maximale, et les déformations et contraintes de traction les plus élevées (donc les plus préjudiciables) apparaissent à la base de la structure. Si une ou plusieurs interfaces sont décollées, la rigidité de la structure se trouve réduite, et des déformations ou contraintes de traction importantes peuvent se développer à la base des couches décollées, réduisant considérablement leur durée de vie en fatigue. En

matière de dimensionnement, les méthodes actuelles ne prévoient que des conditions extrêmes (collée ou glissante) sur toute leur durée de vie (ou une partie).

Le comportement réel des interfaces et leur durabilité jouent donc un rôle essentiel dans la durée de vie d'une chaussée. Au sein du PN, deux approches seront testées pour évaluer le comportement des interfaces *in situ* : **des essais de contrôle non destructif (ECND)** et/ou des essais dits destructifs. L'intérêt des ECND est de permettre un nombre de points de mesure élevé, et un suivi dans le temps du collage de la chaussée sans détérioration, mais la quantification de la qualité du collage est plus délicate. L'essai destructif nécessite un carottage sur chaussée, mais peut quantifier le collage, dans la limite de sa pertinence

A partir de cet état de fait, un prototype de mesure du collage des couches in-situ par torsion a été développé (voir annexe 1), et dont les paramètres de mesures ont été validés par le groupe de travail suivant un programme établi.

Ainsi les conditions d'essais sont :

- Capteur de torsion 1000 Nm
- Vitesse d'essai 1000 Nm/min
- Prise d'essai de Ø150 mm
- Moyen de relevé de température (ambiante et interface) d'essai

In fine, l'appareil doit être mobile et facilement transportable sur site pour y effectuer des mesures de torsion sur des empreintes de carottage d'un Ø150 mm. Son utilisation doit pouvoir être faite sous des conditions climatiques difficiles (pluie, chaleur, nuit, de 5°C à plus de 40°C) et en parfaite autonomie d'énergie sur une période d'une journée de travail. L'interface de pilotage et facile, les informations de mesures ou les critères de pilotages (vitesse, conditions d'arrêt de l'essai) y sont faciles à renseigner, les résultats sont tracés en direct (valeur de couple, température ambiante et de l'éprouvette). Son déplacement d'un endroit à l'autre de chantier et la mise en place du système avant chaque mesure se fait par un seul opérateur. Pendant ou à la fin de la session de mesure, les données enregistrées sont facilement récupérables sous formats Excel pour être traitées par la suite (enregistrement du couple, des heures et date de mesures, angle de rotation, etc).

Ce projet s'inscrit dans le cadre du Projet National DVDC (Durée de Vie Des Chaussées) :

Un projet de recherche et développement **collaboratif** qui rassemble des **organismes publics et privés concernés par la construction et la gestion des infrastructures routières** (maîtres d'ouvrages, ingénieries, entreprises de travaux, bureaux de contrôle, industriels, organismes de recherche). <https://www.dvdc.fr>

Administré par l'IREX (Institut pour la Recherche appliquée et l'Expérimentation en génie civil)

Soutenu par la DGITM (Direction Générale des Infrastructures, des Transports, et de la Mer) du MTES (Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire)

Soutenu par l'ANR (Agence Nationale de la Recherche) dans le cadre du projet **MOVEDVDC** (Modélisation du vieillissement et de l'endommagement pour l'évaluation de la durée de vie des chaussées)

Résultats et changements attendus

- panorama des attendus
 - livrables "hard" : matériels (installations physiques)
 - livrables "soft" : documents, logiciels
 - livrables "services" : formation, évolution des compétences et méthodes de travail

- Périmètre de départ :
 - ce qui peut évoluer, être changé
 - ce qui impacte le projet, mais est pris en charge par d'autres acteurs ou prestataires
- Dépendances externes : ce qui ne peut pas être changé par le projet
 - Principales contraintes - par exemple licences et brevets, règles environnementales (recyclage), légales, de sécurité ...

Parties prenantes

L'objectif de cette partie est de recenser **exhaustivement** tous les acteurs concernés par le projet et ses conséquences. On veillera à inclure dans le groupe d'expression du besoin qui rédige ce cahier des charges des représentants

Commanditaires,

- initiateurs du projet, client, maître d'ouvrage, financeur ...
- responsable de la validation de ce cahier des charges

Équipe de réalisation (souvent en cours de constitution)

- chef de projet
- responsables des différents pôles
- membres de l'équipe
- prestataires / consultants

Autres parties prenantes

- utilisateur finaux
- soutiens et opposants au projet
- personnes-ressources et experts.

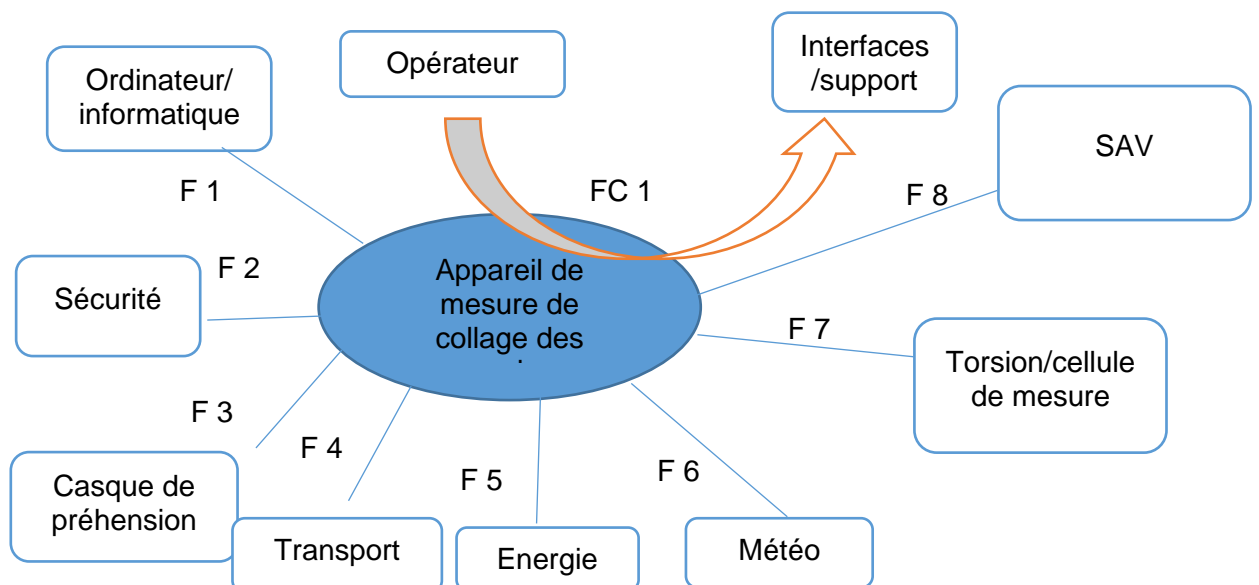
Expression détaillée du besoin

Pour chacun des livrables attendus (soft, hard, service...)

Liste des fonctions/services attendus

Quelles fonctions à assurer ?

Concevoir un appareil de mesure du collage des couches d'enrobés in-situ par torsion.



FC1 : L'opérateur utilise un appareil mobile autonome en énergie et fonctionnant en extérieur par tout temps, met en place le système de préhension sur l'empreinte de carottage Ø150 mm préalablement faite et réalise l'essai de torsion avec les paramètres définis. Pendant et à la fin de l'essai, la contrainte de résistance est suivie et enregistrée en direct.

Caractérisation de chaque fonction

(Les fonctions prioritaires sont caractérisées en détails, celles qui sont secondaires plus brièvement).

Fonction F ; Priorité (forte = 1, faible = 4)

N°	Intitulé	Mot détaillé	Critère	Niveau et limites	Priorité
F1	Communication opérateur/machine	Ordinateur	Pilote l'appareil/ trace les courbes/ donne les résultats instantanés	Facilement interchangeable. Droit administrateur, licence logiciel. Plusieurs installations possibles sur différents PC portable. Connexion universel filaire (usb, réseau) ou sans fil (wi-fi, bluetooth)	1
		Tablette	Pilote l'appareil/ trace les courbes/ donne les résultats instantanés/	Facilement interchangeable. Droit administrateur, licence logiciel. Plusieurs installations possibles sur différentes tablettes. Connexion universel sans fil (bluetooth, wi-fi) avec ou sans réseau. Compatible avec les autres appli d'auscultation ou de compte rendu de chantier	1
		Smartphone	Récupère les résultats en instantanés,	Application sous IOS ou android, connexion wi-fi, bluetooth	4
		GPS	Position de la mesure	Permet de positionner l'emplacement de	3

				l'appareil en lançant l'essai	
		exploitation	Logiciel	Le logiciel de travail permet de modifier facilement les paramètres de mesures et des conditions d'arrêt (valeurs max, etc), est lisible à l'écran en temps réel, graph + valeur, est facile d'installation, mise à jour internet, utilisation avec et sans réseau	1
		résultats	Format de sorties	L'enregistrement des données de mesures est facilement récupérable sur excel via un port usb ou par wi-fi, bluetooth.	1
F2	Sécurité/visibilité	Protection de l'opérateur	Répond à la loi machine en matière de protection, conformité CE	Carter de protection sur les pièces en mouvements (rotation, pincements, etc.), protection électrique,	1
		Visibilité de l'appareil	Répond à la réglementation en matière de visibilité sur chantier	Visible par tous temps et conditions climatiques, jour et nuit, sur route ouverte sans balisage, peinture spécifique, rampe lumineuse, flash, gyrophare	1
F3	Préhension des spécimens	Mâchoire	Doit se glisser dans l'empreinte d'un carottier Ø150mm	Permet la jonction entre la machine est le spécimen à tester. Prends place dans la rainure du carottier Ø150mm sur une profondeur comprise entre 3 et 10 cm	1
		Adhérence	Doit adhérer suffisamment pour tenir durant l'essai jusqu'à force max	L'adhérence est telle qu'elle tient 1000 nm sur une surface circulaire d'enrobé pouvant	1

				présenter eau et sable, limon ou produit résultant du carottage	
		Mise en place	Mise en place manuelle au montage comme au démontage sans outils particulier	Remplit une fonction de montage et démontage rapide, facile sans difficulté de niveau ou de profondeur nécessitant un outillage extérieur	1
		Serrage	Permet le maintien de l'ensemble sur le spécimen	Assurer un serrage suffisant pour tenir le couple de 1000 nm sans nécessiter une grande force. Outil simple, rapide, pièce d'usure du commerce, outil standard	1
F4	Transport/maniabilité	Encombrement	Permet son transport dans des véhicules standards	Ne nécessite pas de transformation du véhicule, véhicule standard catalogue utilitaire hauteur, longueur, largeur	1
		Poids	Permet un transport dans des véhicules standard	Le poids ne doit pas être un problème de transport, doit permettre la stabilité de la tenue de l'essai de 1000 nm, doit pouvoir être manipulé par un opérateur seul avec outil standard de manutention	1
		Ergonomie	Permet un travail dans la sécurité et le confort	Doit disposer des moyens de travail dédié à son utilisation, son déplacement, en sécurité et confort pour l'utilisateur	1
		Mise en place	S'adapte aux conditions du chantier	Doit s'installer facilement par une seule personne sur site en s'adaptant à son environnement. Sol présentant une	2

				penne, planéité modéré	
		Opérateur	Utilisation et manipulation simple pour un opérateur	Doit être accessible au plus grand nombreux par son ergonomie et sa simplicité d'utilisation sur un essai complet : transport, mise ne place, essai, démontage. Sans critères physiques	2
		stockage	L'encombrement total est stockable facile dans des locaux techniques	Doit supporter un hivernage dans un garage non chauffé, humide, poussiéreux sans dommage	1
F5	Energie	Electrique	Fonctionne avec le courant classique	Doit permettre d'alimenter tous les organes en énergie électrique 230 V, 24 V, 12V	1
		Autonomie	Fonctionne en total autonomie sur site	Doit permettre une autonomie de travail total de 8 h sans apport d'autres énergies extérieures durant cette période	1
		Recharge	Se recharge sur secteur 230 V en prise standard ou en express sur prise spécifique ou par substitution d'un jeu de batterie pré chargée d'avance	La durée de la recharge doit être effective après une nuit sur prise standard ou 4 h sur prise spécifique ou par le remplacement des batteries	2
		Secteur	Travail indifféremment sur ses batteries ou branché sur secteur	Suivant la situation, doit pouvoir fonctionner même branché sur secteur tout en continuant à recharger les batteries	1
F6	Conditions d'essais	Soleil	Protection solaire et UV	Reste lisible sous le soleil	1
		Pluie	Protection Pluie et humidité	Reste lisible et utilisable sous la pluie ou bruine	1

		Température	Résiste à la température extérieure	Reste utilisable dans une gamme de température de 5 à 40 °C ambiante	1
		Nuit	Visibilité de nuit ou temps de brouillard	Permet de voir et d'être vue	1
		Vent	Tiens à un vent extérieur continue et par rafale	La stabilité de l'appareil permet de travailler par grand vent sans risque pour l'opérateur et pour la mesure	2
		Hauteur de la prise d'essai	Réglable en hauteur/profondeur	En fonction de l'épaisseur de la couche d'enrobés	1
F7	Cellule de mesure de torsion	Capacité	Capacité max de 1000 Nm	Plage utile de 20 Nm à 1000 Nm	1
		Sens de travail	Effectue un travail répétable dans le sens horaire	Permet une mesure fiable et répétable successivement dans le même sens de travail	1
		Etalonnage	La chaine de mesure doit être contrôlée conformément à la norme et à l'utilisation	Doit pouvoir être vérifié périodiquement par organisme agréé sans développement d'un banc spécifique	4
F8	Mesure de l'angle de rotation	Rotation	Permet une mesure directe et précise de l'angle de rotation (à 0.1° près)	Mesure la distance parcourue d'un point zéro à la fin défini de l'essai	1
F9	SAV	Entretien	Idéalement sans entretien	Ne doit pas justifier d'un entretien lourd ou particulier	2
		Maintenance	Les interventions sont accessibles de tous	Le remplacement des parties défectueuses ne nécessite pas de matériels spécifiques	2
		Etalonnage	Contrôle périodique sur place ou en usine	Doit être réalisable par le fournisseur ou par tout autre organisme assermenté sur place ou en atelier	4

		Pièces d'usures	Disponibilité immédiate	Pièces standard de catalogue généraliste ou en magasin	1
		Consommables	Les pièces spécifiques à l'appareil sont disponibles rapidement	Doit pouvoir être fourni dans un délai raisonnable, soit sur stock soit sur demande	2

Informations complémentaires

Contraintes de planning

Faisabilité, première version plan/budget pour février 2020

Contraintes de budget

Coût développement : peut être pris en charge par le projet

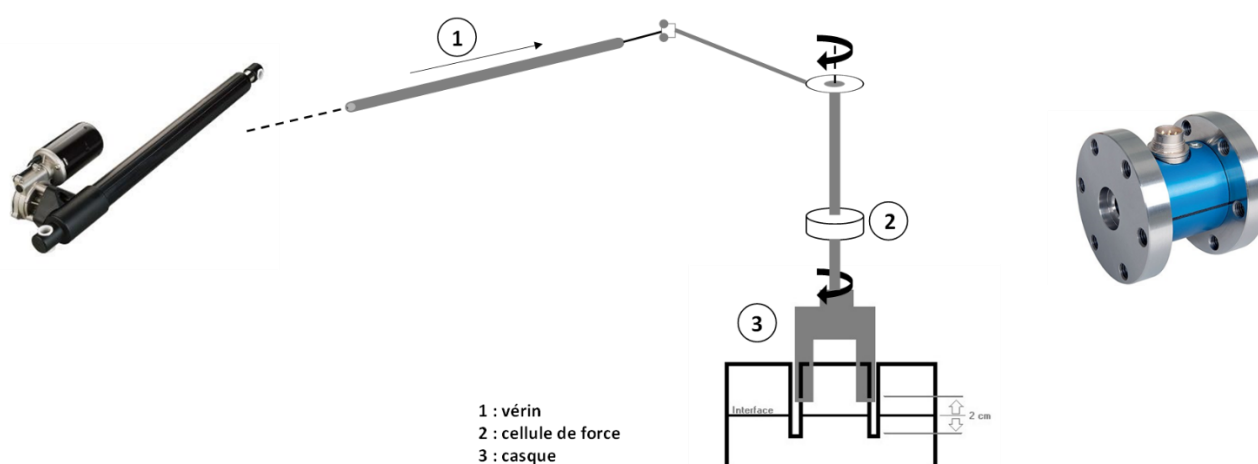
Coût commercialisation : doit être « attractif » pour être déployé (estimation à faire)

Documents Annexes

Documents utiles :

[Prototype école déjà en service](#)

Schéma de principe



[Photo, plan, détails](#)

