

Le déflectographe Flash

Hugues VIALLETEL
Ingénieur des Travaux publics de l'État
Chef de projet
Centre d'Étude et de construction de prototypes d'Angers

Jean-Michel SIMONIN
Chargé de recherche
Division Gestion de l'entretien des routes
Laboratoire central des Ponts et Chaussées
Centre de Nantes

RÉSUMÉ

Le Centre d'étude et de construction de prototypes (CECP) d'Angers a étudié une nouvelle génération de déflectographes qui devait répondre à trois demandes essentielles :

- assurer une précision de mesure équivalente au meilleur déflectographe existant et ceci même sur un porteur à empattement réduit (4,8 mètres) ;
- permettre l'augmentation de la vitesse de mesure avec pour objectif d'atteindre 10 kilomètres par heure ;
- permettre une simplification de l'utilisation de l'appareil, surtout dans ses fonctions secondaires (pose et relevage de la poutre de mesure, sécurité de celle-ci vis-à-vis de l'écrasement).

Les essais effectués sur le prototype montrent que les choix effectués répondent à la quasi-totalité des objectifs visés. Il reste à valider les essais d'endurance réalisés par le Laboratoire régional des Ponts et Chaussées (LRPC) de Blois et à en tirer des enseignements pour la réalisation d'un exemplaire type, en vue d'une diffusion dans le réseau des laboratoires des Ponts et Chaussées (LPC).

MOTS CLÉS : 52 - *Déflectographe - Essai - Prototype - Mesure - Appareil de mesure - Vitesse.*

Introduction

Depuis le début des années 1960, le Centre d'étude et de construction de prototypes (CECP) d'Angers a en charge le développement du déflectographe. La construction de chaussées, de plus en plus rigides, a conduit à la réalisation de différentes versions d'appareils. Celles-ci se sont caractérisées par un allongement de l'empattement de l'appareil (version 03) et par l'allongement de la poutre de mesure (version 04). Pour la dernière version, la précision de mesure a été améliorée en éloignant les points d'appuis de référence de la zone d'influence des différentes charges [1]. Cependant cet allongement de l'ensemble de l'appareil a réduit sa manœuvrabilité. Le gestionnaire doit, aujourd'hui, utiliser un déflectographe version 04, pour les chaussées semi-rigides et rigides des grands axes routiers, et un déflectographe plus maniable,

sur les chaussées plus sinueuses des routes secondaires. Ceci induit un surcoût non négligeable. L'objectif du développement de ce nouveau déflectographe est de remplacer ces deux déflectographes par un seul appareil. Aux qualités de maniabilité de l'appareil et de précision de la mesure sur tous types de chaussées, un autre objectif majeur est venu s'ajouter : accroître la vitesse de mesure (objectif visé : 10 kilomètres par heure).

Un partenariat entre le réseau des laboratoires des Ponts et Chaussées (LPC) (CCT, CECP, LCPC, LRPC) et des entreprises (LEM, ATN) a permis le développement d'un appareil répondant à ces objectifs : le déflectographe Flash.

Présentation de l'appareil

Pour répondre aux objectifs précédemment définis, le déflectographe Flash comporte :

- une nouvelle poutre de mesure ;
- de nouveaux capteurs ;
- un nouveau module de traction ;
- un nouveau système de guidage ;
- un nouveau système de relevage.

Les sous-ensembles, tels que le système de traction, le système de guidage et le système de relevage, ne pouvaient être étudiés qu'une fois la géométrie de la poutre fixée en accord avec les objectifs du cahier des charges.

La poutre du déflectographe Flash

L'étude du nouveau déflectographe Flash a débuté par la conception de la poutre de mesure. La géométrie de la poutre a été optimisée pour garantir une bonne précision de mesure et un encombrement limité. Des recherches sur les bas-

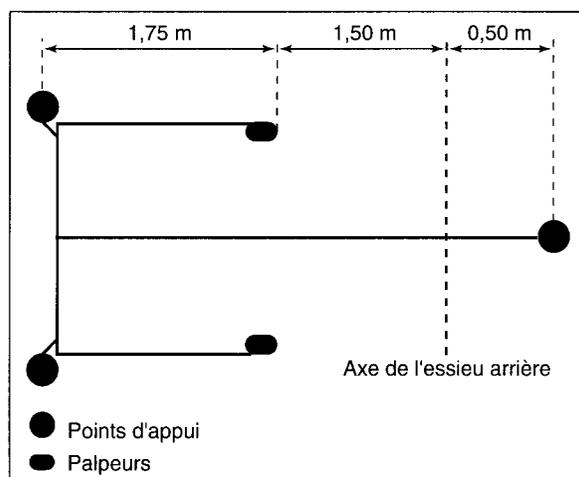


Fig. 1 - Géométrie de la poutre du déflectographe Flash.

sins de déflexion (simulés ou réels) de différentes structures de chaussée ont permis de définir la répartition optimale des points d'appui. Ainsi, le point d'appui situé à l'avant sur les anciennes poutres (02, 03, 04) a été placé à l'arrière (fig. 1). Les simulations effectuées sur ordinateur garantissent une précision de la mesure de déflexion conforme à celle prévue par le cahier des charges.

La conception de la poutre a été guidée par une deuxième contrainte. En effet, la volonté d'augmenter la vitesse à 10 km/h, sans augmenter de façon excessive le pas de mesure (maximum 10 m), réduit le temps disponible pour ramener le chariot. Ce transfert se termine par un choc plus ou moins amorti de la poutre en butée avant. Ce choc induit des vibrations plus fortes de la poutre. Le temps disponible pour amortir ces vibrations avant de reprendre l'acquisition est également réduit. Par conséquent, le signal mesuré est plus vibré qu'auparavant.

Pour résoudre ce problème, il faut découpler au maximum les fréquences propres de vibration de la poutre et la gamme de fréquences de la mesure (0 à 10 Hz). Il est alors possible de filtrer les vibrations propres sans filtrer la mesure utile. La poutre a été réalisée en fibre de carbone (matériau léger et rigide) pour élever sa fréquence propre de vibration (19 Hz). La fréquence de coupure du filtre finalement adoptée est de 12 Hertz.

Les patins situés sous les points d'appui de la poutre sont des éléments essentiels du dispositif. Ils doivent réaliser un compromis entre un bon glissement, lors des phases de traction, et un frottement suffisant lors de l'arrêt de la poutre sur la chaussée. Après avoir testé différents matériaux, le choix s'est porté sur des patins en polyéthylène.

La poutre étant définie, la conception des autres éléments a pu être menée en tenant compte de ses caractéristiques mécaniques et géométriques. La figure 2 donne l'implantation de ces différents éléments sous le porteur.

Le capteur de mesure

Le choix du capteur de mesure est un élément primordial de la chaîne de mesure. Un codeur absolu rotatif a été choisi. Sa résolution permet de mesurer le centième de millimètre en bout de bras palpeur. Il a néanmoins une étendue de mesure de 160 mm. Ainsi, les étalonnages et changements de gain, qui devaient être effectués sur site sur les générations d'appareils précédentes, sont supprimés.

Pour tenir compte de ce nouveau codeur numérique, le rack électronique a également été réétudié.

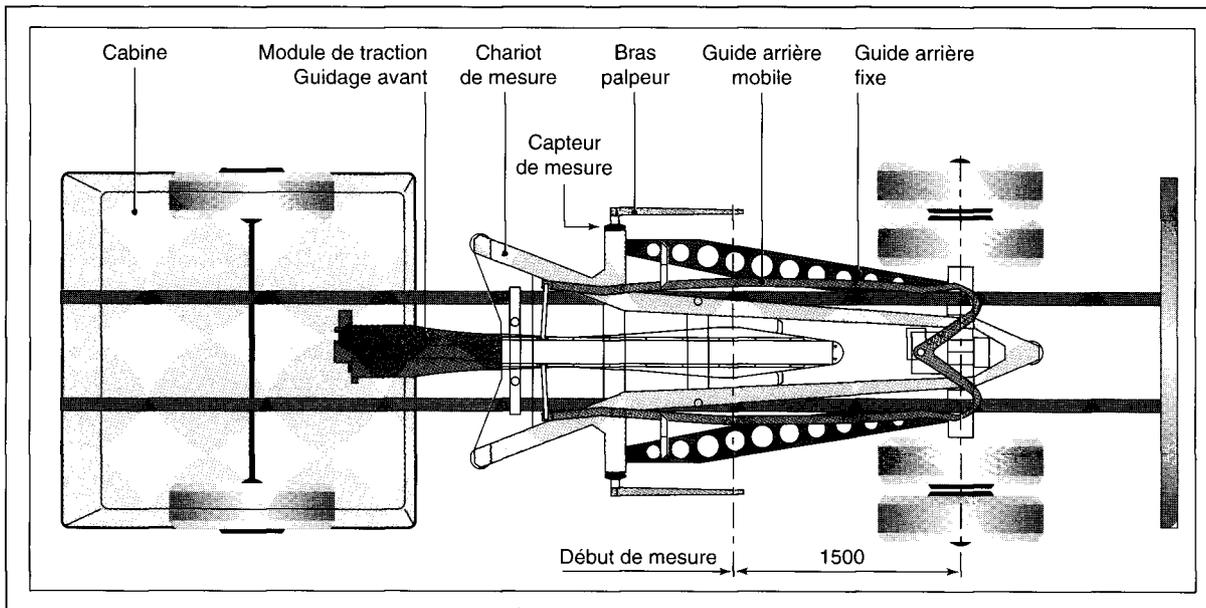


Fig. 2 - Implantation de la poutre du déflectographe Flash et des différents systèmes de guidage et de traction.

Le nouveau système de traction

Étant donné la vitesse à atteindre, une traction par câble aurait induit des problèmes trop importants de tension et d'efforts sur la poutre. Un système de traction à moteur hydraulique a été conçu. Celui-ci actionne un rail linéaire (système à poulies et courroie crantée) qui entraîne la poutre au travers de galets. Des capteurs de position permettent de gérer les différentes séquences du cycle de mesure. Les contraintes induites par les phases d'accélération et de décélération ont amené à fixer le pas de mesure à 10 m pour une vitesse de 10 km/h. Un pas de mesure de 5 m est possible en réduisant la vitesse à 4 kilomètres par heure.

Le nouveau système de guidage

La position de la poutre est asservie à la direction du poids lourd *via* un vérin hydraulique qui place la poutre sur la trajectoire de virage de l'essieu arrière. Ainsi, la précision du positionnement de la poutre sous le porteur a été considérablement améliorée.

Deux systèmes mécaniques, l'un fixe, l'autre mobile, guident la poutre en cas de glissement ou de manœuvres sur la direction en cours de mesure. Ils garantissent ainsi la sécurité de la poutre vis-à-vis de l'écrasement.

Le système de guidage est entièrement paramétré par rapport au type de porteur, ce qui permet d'envisager le changement de type de poids lourds sans remettre en cause toute la mécanique.

Le nouveau système de relevage

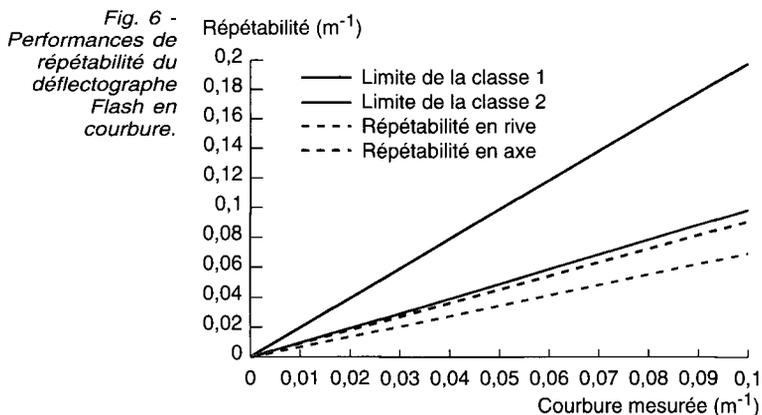
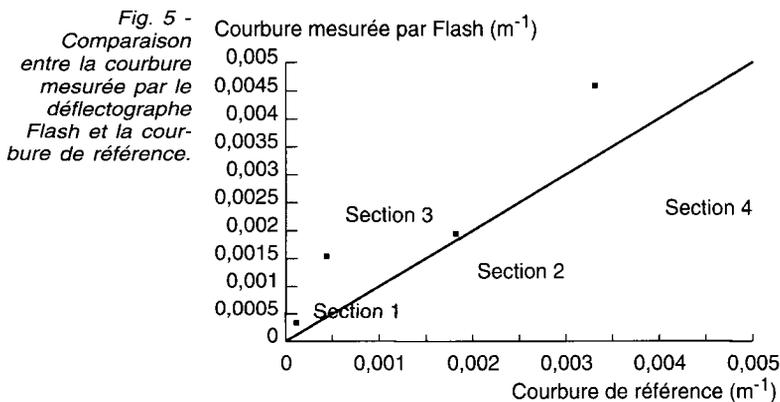
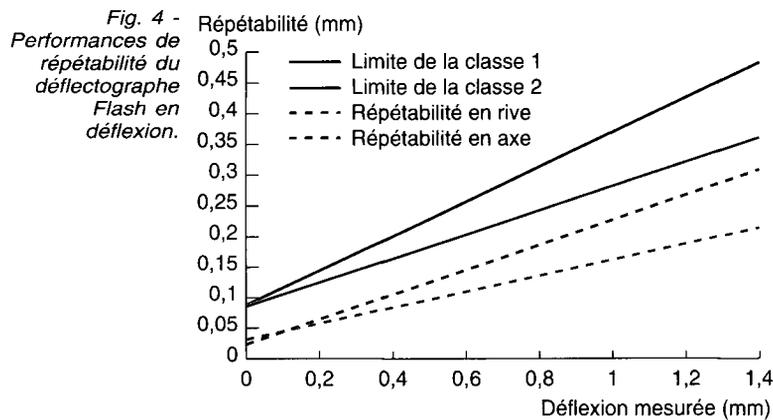
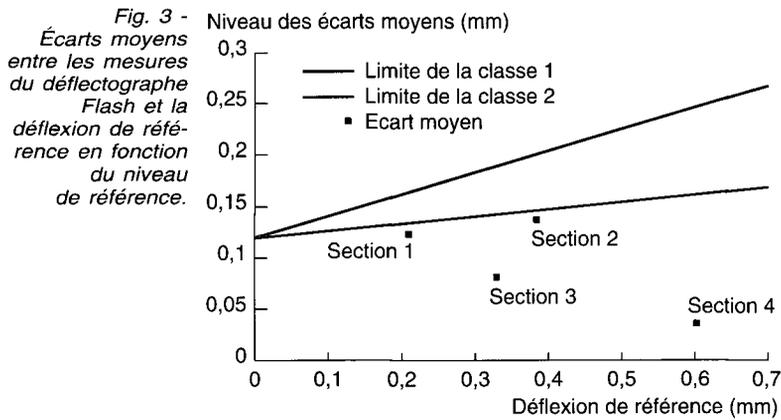
Enfin pour compléter le déflectographe Flash, un nouveau système de relevage adapté à la nouvelle géométrie a été mis au point :

- des vérins électromécaniques montent et descendent le système de relevage avec ou sans la poutre ;
- des vérins pneumatiques orientent les fourches sur lesquelles va reposer la poutre pendant la période de transfert.

L'ensemble du cycle de pose et de dépose est piloté par un automate. L'opérateur doit juste mettre sous tension l'ensemble du système et enlever ou mettre en place la goupille de sécurité mécanique située en rive (sur le bord droit du camion). Cette automatisation améliore la sécurité de l'équipage.

Les performances

Les performances du déflectographe Flash ont été évaluées à Nancy en novembre 1995 à la vitesse de 7 km/h avec un pas de mesure de 10 m. La procédure de dépouillement des mesures a été identique à celle utilisée pour les autres déflectographes. Flash a réalisé 1092 mesures de déflexion (596 en rive, 596 en axe) et autant de courbure. Le pourcentage de mesures valides a été de 96 % pour les mesures de déflexion et de 92 % pour les mesures de courbure. Ces pourcentages de mesures valides sont, notamment en courbure, supérieurs à ceux obtenus par les autres types de déflectographe.



◆ Pour la déflexion, la figure 3 présente, pour chaque capteur ancré, la moyenne de la valeur absolue des écarts entre la mesure du capteur ancré et celle du déflectographe. La figure 4 montre les droites de répétabilité calculées pour le déflectographe Flash en déflexion.

◆ En ce qui concerne la courbure, la figure 5 présente, pour chaque capteur ancré, la comparaison entre la moyenne des valeurs mesurées par le capteur ancré et la moyenne des mesures du déflectographe. La figure 6 montre les droites de répétabilité calculées pour le déflectographe Flash en courbure. On constate que la mesure de courbure par ce déflectographe est comparativement plus proche de la mesure du capteur ancré que celle des autres types de déflectographe.

Les performances sont conformes à celles attendues, et permettent de qualifier le déflectographe Flash dans la classe 2 des spécifications de la Méthode LPC [2] pour tous les types de chaussées.

Conclusions et perspectives

Même si les essais d'endurance actuellement en cours restent à terminer, le prototype Flash est un appareil qui allie maniabilité, vitesse et performances métrologiques. La production d'une petite série est sérieusement envisagée. Pour cela, une courte étude d'industrialisation reste nécessaire en partant du prototype actuel qui est d'ores et déjà mis en œuvre par le LRPC de Blois.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] de BOISSOUY A., GRAMSAMMER J.-C., KERYELL P., PAILLARD M. (1984), Le déflectographe 04, *Bulletin de liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées*, **129**, janv.-févr., pp. 81-98.
- [2] SIMONIN J.-M. et al. (1997), *Méthode LPC d'exécution et d'exploitation de la déformabilité de surface*, LCPC, coll. Techniques et méthodes des LPC, **39**, avril.

ABSTRACT

The flash deflectograph

H. VIALLETTEL - J.-M. SIMONIN

The CECP in Angers has designed a new generation of deflectographs which was intended to meet three main requirements. It had to be as accurate as the best existing deflectograph but with a smaller wheel base (4.8 m), it had to increase the speed of measurement, with the aim of reaching 10 km/h, and use of the device had to be simplified, particularly for secondary functions (placing and lifting the measurement beam, protection of this against crushing).

The prototype tests indicate that practically all these objectives have been met. What remains is to validate the endurance tests conducted by the Regional Laboratory at Blois and apply the lessons from this validation to the construction of a standard model for use within the network of laboratories.