

Le FWD : performances, utilisations en France et en Europe

RÉSUMÉ

Dérivant initialement d'un dispositif français, le FWD a fait l'objet de développements importants, notamment au Danemark. Les essais d'évaluation menés en 1993 par les laboratoires des Ponts et Chaussées sur le FWD Dynatest 8000, que possède le LRPC de Saint-Brieuc, ont montré que cet appareil est à la fois juste et répétable. En revanche, des essais menés au niveau européen, cette fois, et notamment aux Pays-Bas, ont montré que la reproductibilité entre appareils de technologies différentes reste, aujourd'hui encore, problématique.

Dans ces conditions, le FWD semble être adapté à des mesures de déformabilité de surface faites dans le cadre d'études particulières et de recherche. C'est l'usage qui en est fait en France. En Europe, le FWD est aussi utilisé dans certains pays dans le cadre d'études d'entretien au niveau du projet. Une action d'harmonisation de l'usage du FWD dans ce contexte, limité aux chaussées souples, a débouché sur un guide européen en cours de publication.

MOTS CLÉS : 22-61 - Défectographe - France - Europe - Appareil de mesure - Essai - Évaluation - Déformation - Surface - Entretien - Chaussée souple.

Philippe LEPERT
Directeur de recherche
Division Gestion de l'entretien routier

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

Rolf KOBISCH
Ingénieur ENSM
Chef du groupe Chaussées
Laboratoire régional des Ponts et Chaussées de Saint-Brieuc

Introduction

Bref historique

Le *Falling Weight Deflectometer* (FWD) est dérivé d'un dispositif étudié en France par le Laboratoire central des Ponts et Chaussées (LCPC) en 1963, le déflectomètre à boulet [1], [2]. Le principe de cet appareil a été repris par la Technical High School of Denmark et la société danoise Phœnix [3]. En 1976, le FWD obtenait une reconnaissance officielle, de la part des autorités danoises, comme moyen d'auscultation des chaussées. Le matériel danois fut testé par les suédois en 1974, et la société suédoise Kuab construisit son propre matériel en 1976 [4]. Le groupe danois Dynatest exporta le FWD vers les États-Unis à la fin des années 1970 [5]. Aujourd'hui, le FWD est un moyen d'auscultation des chaussées reconnu, notamment par les pays anglo-saxons [6], [7].

En France, le réseau des laboratoires des Ponts et Chaussées s'est doté en 1989 d'un FWD de type Dynatest 8000, qui est mis en œuvre par le laboratoire de Saint-Brieuc.

Principe et description du FWD

Le FWD est un appareil qui applique un choc vertical bref à la chaussée (fig. 1). Pour obtenir ce choc, on fait tomber une masse d'environ 300 kg sur un dispositif amortisseur reposant lui-même sur la chaussée par l'intermédiaire d'une plaque circulaire de 30 cm de diamètre. Le dispositif amortisseur, composé de blocs de

caoutchouc convenablement calibrés, permet d'obtenir un choc ayant sensiblement la forme d'un demi-sinus, et dont la durée varie, selon le type d'appareil, de 20 à 60 ms. Un capteur de force mesure l'amplitude du choc, qui peut couramment varier de 50 à 70 kN, selon la hauteur de chute de la masse et la rigidité de la chaussée.

Outre un géophone situé au centre de la plaque, donc sous l'impact, le FWD est équipé d'une poutre de mesure qui supporte cinq ou six géophones alignés avec le précédent (fig. 1). Les deux géophones extrêmes sont espacés d'environ 2,4 mètres.

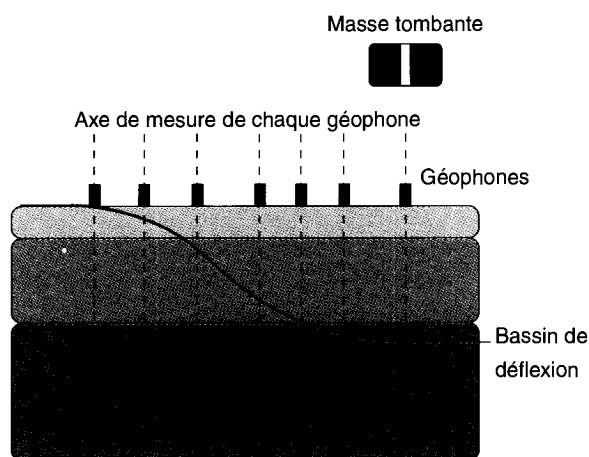


Fig. 1 - Principe du Falling Weight Deflectometer (FWD).

L'exploitation des courbes de réponse mesurées par les géophones pendant le choc permet d'obtenir la déflexion maximale en chaque point de mesure. On obtient ainsi une description en six ou sept points du bassin de déflexion de la chaussée sous une sollicitation connue et censée représenter le passage d'un jumelage de poids lourd.

Les Laboratoires des Ponts et Chaussées (LPC) suivent avec intérêt le développement de ce type d'appareil. Ils ont évalué de façon objective ce matériel, et participent à des groupes européens travaillant sur ce sujet.

Performances du FWD

Dans le cadre des recherches dans le domaine de l'auscultation des structures de chaussées, le LCPC a formalisé une méthode de mesure et d'interprétation de la déformabilité de surface [8], [9]. Cette méthode a servi de base à la rédaction d'une procédure d'évaluation des différents appareils de mesure de la déflexion, procédure qui a été appliquée pour connaître les perfor-

mances des déflectographes Lacroix [10] et du curviamètre [11]. Elle s'est également avérée applicable, au prix d'adaptations mineures (cf. § Principe de l'évaluation de 1993), à l'évaluation du FWD.

L'évaluation du FWD qui fut menée en France, en 1993, a permis d'apprécier la justesse et la répétabilité de cet appareil. Elle ne donna, par contre, aucune information sur sa reproductibilité, puisque seul un appareil est disponible en France. Cet aspect a été traité au plan européen.

Principe de l'évaluation de 1993

Compte tenu du rendement de l'appareil, la répétabilité fut évaluée en répétant deux ou trois fois les mesures sur plus de 150 points de mesures marqués sur différentes sections d'essais.

La justesse absolue de l'appareil est définie par comparaison avec la valeur de la déflexion de référence, définie dans la méthode LPC [8] :

Déformée de surface de référence : déformée mesurée à la surface de la chaussée par un capteur ancré à 6 m de profondeur, sous l'effet d'un chargement standardisé (de type déflectographe châssis court) se déplaçant sur le point instrumenté à une vitesse de 1m/s.

Toutefois, il a semblé inapproprié de comparer directement l'effet du chargement unique du FWD à celui d'une combinaison de six charges correspondant au passage du déflectographe à châssis court. On a donc d'abord jugé de la justesse relative du FWD par comparaison avec une déflexion de « pseudo-référence », dont la définition a été adaptée de la précédente :

Déformée de surface de « pseudo-référence » : déformée mesurée à la surface de la chaussée par un capteur ancré à 6 m de profondeur, sous l'effet d'une masse tombant d'une hauteur appropriée pour produire une force similaire à celle produite par le passage d'un jumelage.

Dans un second temps, on s'est attaché à identifier les conditions d'emploi du FWD (notamment la hauteur de chute) qui permettraient d'obtenir directement la déflexion de référence, telle que définie dans la méthode LPC [8].

Déroulement de l'évaluation

L'évaluation du FWD se déroula en avril 1993, en même temps que celle du curviamètre [11], et sur les mêmes sites. Quatre sections de route, de 200 m chacune, furent choisies dans la région de Gap (tableau I).

TABLEAU I
Structure des sections d'essai

| Section | Structure de chaussée |
|---------|-------------------------------|
| 1 | 25 GCV + 25 GCV + 3 SB + 4 BB |
| 2 | Renf : AC + 25 GCV + 6 BB |
| 3 | Renf : AC + 15 GB + 6 BB + ES |
| 4 | Souple traditionnelle |

Renf AC : renforcement sur ancienne chaussée
GCV : grave cendre volante ; SB : sable bitume ;
GB : grave bitume ; BB : béton bitumineux

Sur chaque section, quarante et un points ont été marqués, à la peinture, à intervalles réguliers de cinq mètres (fig. 2). Le onzième point marqué de chaque section, dit « point test », était équipé d'un capteur ancré [9] implanté dans la bande de roulement de rive de la chaussée.

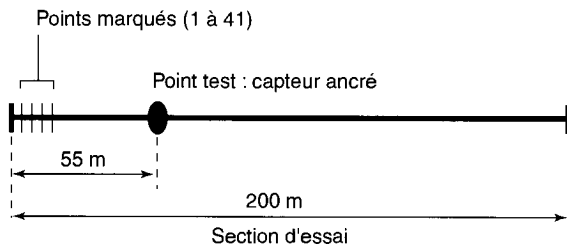


Fig. 2 - Schéma d'implantation des points de mesure sur les sections.

Des sondes de températures étaient implantées dans la chaussée à 10 m du capteur ancré et à 30 cm du bord du revêtement. Elles mesuraient les températures à 5, 12 et 20 cm de profondeur. La température de l'air était également enregistrée.

Répétabilité du FWD

Le FWD est passé au moins deux fois (parfois trois) sur chaque section, mesurant à chaque passage la déformabilité de surface sur les quarante et un points de la section. En chaque point, deux mesures étaient enchaînées sans déplacer l'appareil, avec deux hauteurs de chute différentes.

La répétabilité en déflexion maximale du FWD (mesurée par le géophone central) est calculée pour l'ensemble de 164 points de mesure, et pour les deux hauteurs de chute. La figure présente cette répétabilité en fonction de la déflexion (fig. 3).

La répétabilité des mesures faites par les sept géophones a également été évaluée en chacun des 164 points et pour les deux hauteurs de chute, pour avoir une idée de la répétabilité de la mesure du bassin de déflexion (fig. 4).

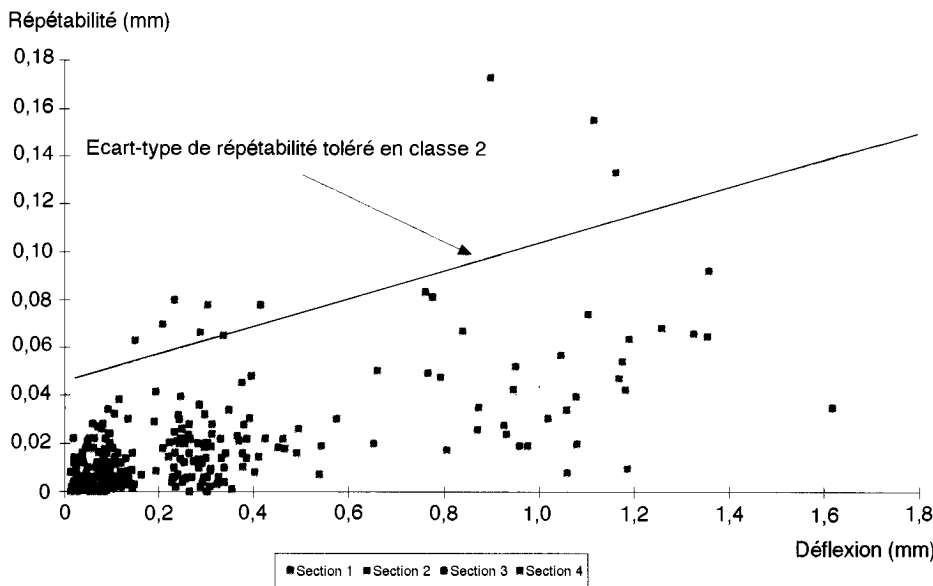


Fig. 3 - Répétabilité des déflexions maximales mesurées par le FWD.

Fig. 4 - Répétabilité de l'ensemble des géophones du FWD.

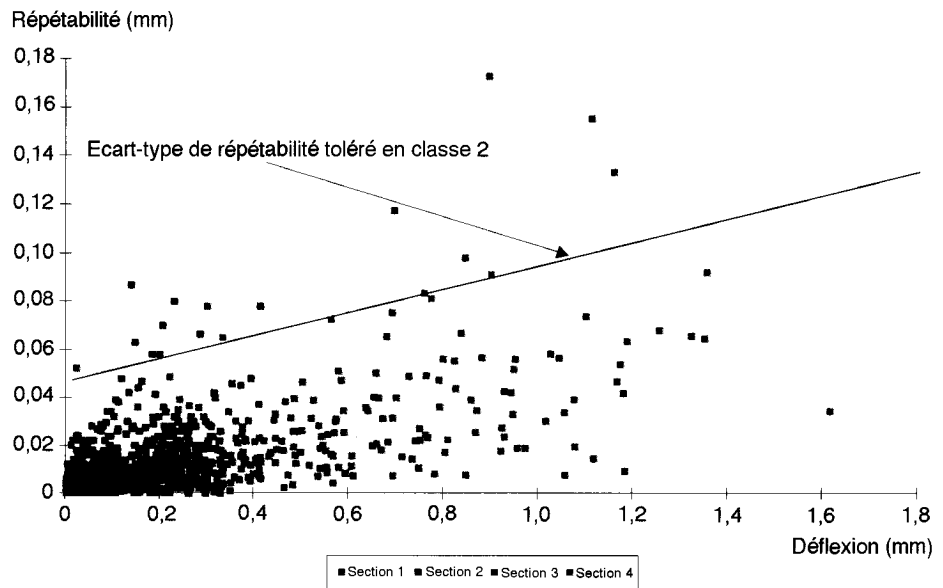
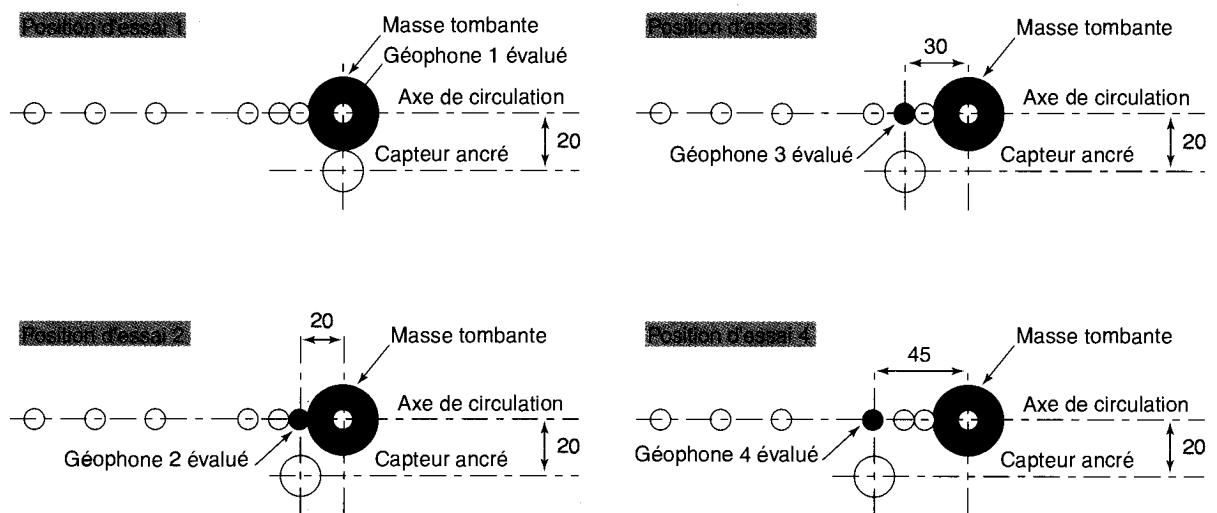


Fig. 5 - Positions successives du FWD pendant les tests au-dessus des capteurs ancrés



Justesse "relative" du FWD

La justesse a été évaluée sur chacun des quatre points équipés d'un capteur ancré. Chaque essai de justesse comprenait sept séries de mesures, correspondant à sept positions différentes du FWD et du capteur ancré (cf. fig. 5 pour les quatre premières séries). En chaque position, quatre mesures étaient enchaînées sans déplacer l'appareil, avec des hauteurs de chute différentes.

Justesse relative en déflexion maximale

La figure 6 permet de comparer la déflexion maximale mesurée par le géophone n° 1 (au centre du FWD) avec celle mesurée par le capteur ancré, dans la position d'essai n° 1.

La déflexion donnée par le capteur ancré est apparemment un peu inférieure à celle mesurée par le géophone. Ceci s'explique aisément, si l'on considère la situation respective de ces deux

capteurs par rapport au chargement : le capteur ancré est à la périphérie de la charge, alors que le géophone est au centre.

Justesse relative du bassin de déflexion

L'enchaînement de sept séries de mesure sur chaque capteur ancré a permis d'évaluer, de façon indirecte, la justesse du bassin de déflexion mesuré par le FWD. Entre chaque série, le FWD était avancé de sorte que les

géophones n° 2 à 7 viennent tour à tour près du capteur ancré. La déflexion mesurée par chacun de ces géophones a ainsi pu être comparée à celle mesurée, quasiment au même endroit, par le capteur ancré. En fait, celui-ci était toujours un peu plus éloigné du centre de la charge que le géophone voisin. Une correction a donc été systématiquement apportée à la mesure du capteur ancré, pour tenir compte de ce biais (fig.7).

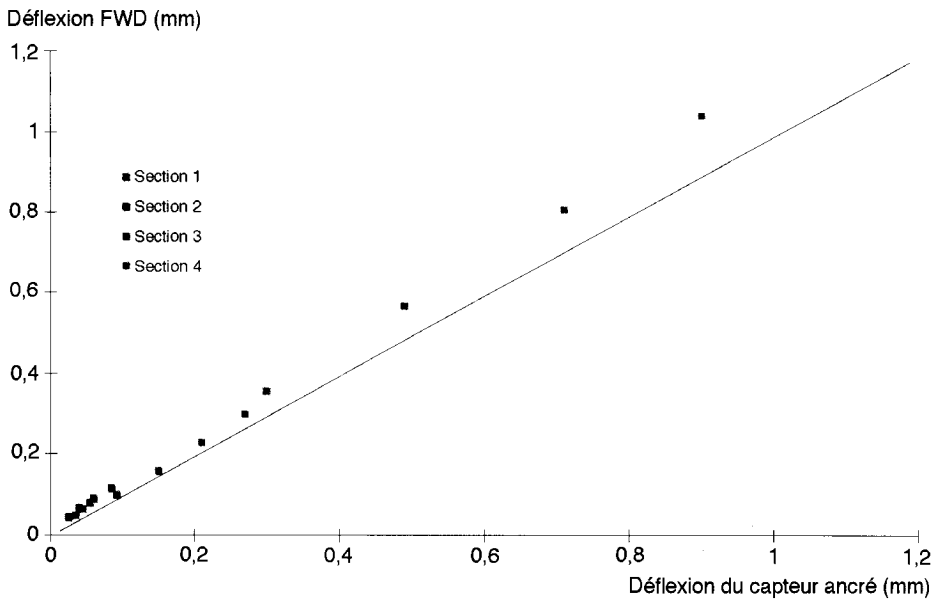


Fig. 6 - Comparaison entre la déflexion max du FWD et la déflexion du capteur ancré.

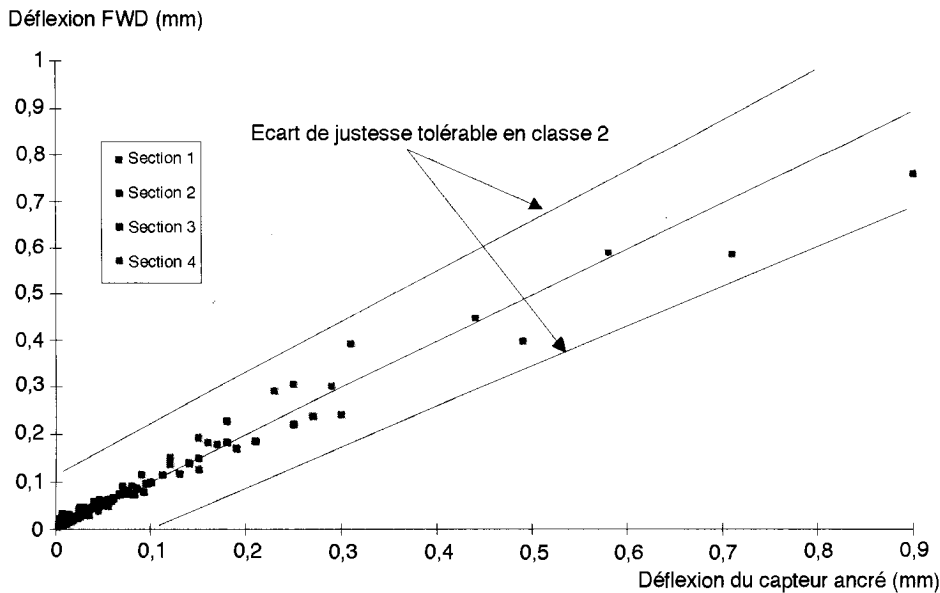


Fig. 7 - Justesse relative du FWD après correction de la mesure du capteur ancré.

Conditions d'accès à la déflexion de référence

Les qualités métrologiques du FWD sont mises en évidence par les essais de justesse relative. Toutefois, si le FWD mesure bien la déflexion produite dans la chaussée sous l'effet de son propre chargement, il reste à déterminer quelle charge (quelle hauteur de chute) permet d'avoir directement accès à la déflexion de référence, c'est-à-dire à la déflexion qui serait produite par le chargement standard de l'essai de référence.

Une étude a été menée dans ce sens en tirant parti des résultats d'une opération d'évaluation du curviamètre [15] et des résultats des essais mentionnés dans le paragraphe précédent. Le curviamètre présente en effet un diagramme de charges sensiblement similaire à celui du chargement standard.

Les mesures exécutées avec différentes hauteurs de chute sur les quatre points tests montrent que la déflexion sous une charge ponctuelle est sensiblement proportionnelle à l'intensité de la charge, entre 25 et 65 kN. Le rapport « d/C » (déflexion en micromètres / charge en kN) est donné dans le tableau II. La déflexion de référence étant connue, pour chaque point, grâce aux essais faits avec le curviamètre, on obtient une estimation « Ceq » de la charge à appliquer par le FWD pour obtenir cette valeur. Selon les sections, cette charge varie entre 61 et 91 kN. Si l'on ne considère que les sections sur lesquelles la déflexion mesurée est significative (n° 3 et 4), la charge équivalente varie de 64 à 72 kN, soit $68 \text{ kN} \pm 6 \%$.

TABLEAU II
Charge FWD produisant la déflexion de référence

| N° section | Type de structure | Coef. d/C | Déflexion d (μ) | Charge Ceq (kN) |
|------------|-------------------|-----------|-----------------------|-----------------|
| 1 | GH | 1,0 | 91 | 91 |
| 2 | GH | 1,7 | 103 | 60,6 |
| 3 | GB | 5,0 | 320 | 64 |
| 4 | NT | 17,0 | 1 220 | 71,8 |

Reproductibilité des FWD

Lorsque plusieurs appareils sont susceptibles d'être utilisés dans le cadre d'une même étude, ou lorsqu'on envisage de confronter les mesures faites par différents FWD, il est important de vérifier la reproductibilité de ces appareils. Il faut éviter que des écarts de mesure provenant de différences entre appareils

ne soient interprétés en terme de différences de performances routières. En France, la question ne se pose pas de façon aiguë, car un seul FWD est utilisé, principalement dans le cadre d'études particulières. Près de 98 % des mesures de déflexion sont réalisées avec des déflectographes Lacroix (25 appareils en service). En revanche, dans d'autres pays européens comme les Pays-Bas, le Danemark ou la Suède, il existe un parc de FWD important. Il est donc fréquent que des mesures faites par différents FWD soient confrontées. Le problème de la reproductibilité est alors crucial.

Les Pays-Bas ont un rôle très actif dans les essais croisés entre FWD. Plusieurs opérations ont été organisées dans ce pays entre 1988 et 1995 [12], [13]. L'une des plus récentes opérations s'est déroulée en octobre 1993 [14]. Elle a permis de comparer treize FWD de différentes marques (Dynatest, Phoenix, Seal-O-Mat, Kuab, Tud) et exploités dans quatre pays européens. Trente-sept points tests étaient implantés sur sept sites expérimentaux [14]. Sur ces points, la déflexion sous une charge normalisée de 50 kN allait de 20 à 140 centièmes de millimètre. Dans cette expérimentation, c'est la moyenne des déflexions mesurées par les cinq FWD Dynatest qui fut systématiquement retenue comme base de comparaison, en raison de la répétabilité de ces appareils et de leur reproductibilité entre eux [14]. On notera que ce choix de référence, différent de celui retenu dans la méthode française [8], [9], ne remet pas en cause les conclusions de l'analyse de reproductibilité. Au plan général, ces conclusions se résument en deux enseignements principaux [14] :

- > la reproductibilité des FWD est faible ; les écarts entre les mesures et la base de comparaison peuvent atteindre $\pm 25 \%$, et dépasser parfois $+ 50 \%$ sur les points où la déflexion est la plus forte ;
- > l'application d'équations correctives spécifiques à chaque type d'appareils et basées sur la durée de son chargement, semble améliorer sensiblement la reproductibilité des appareils ; cette approche confère une importance particulière aux opérations d'étalonnage ; le CROW (bureau de standardisation néerlandais) a publié un guide [15] qui détaille toutes les procédures à appliquer pour réaliser cet étalonnage.

On ne peut néanmoins pas dissimuler la difficulté persistante qu'il y a à comparer des mesures faites par des FWD de technologie différente, en particulier lorsque la durée du chargement est très différente.

Conclusions sur les performances des FWD

Le FWD Dynatest 8000, qui a été testé par le réseau des LPC, présente de très bonnes performances métrologiques. Du point de vue de sa répétabilité et de sa justesse relative (sous son propre chargement), il appartient aux déflectomètres de classe n° 2, telle que définie dans la méthode LPC de mesure et d'exploitation de la déformabilité de surface [8]. Pour mesurer directement la déflexion de référence, au sens de la méthode LPC [8], la hauteur de chute doit être choisie de sorte qu'elle produise une charge égale à 68 kN.

De façon générale, la reproductibilité reste le problème principal des FWD, surtout lorsqu'on est amené à considérer ensemble des appareils de technologies différentes.

Le FWD en France : des applications de recherche

En France, le FWD n'est utilisé, à ce jour, que dans le cadre de deux types d'études :

- le suivi de sections témoins, notamment dans le cadre du programme de coopération internationale SHRP, et du programme européen PARIS.
- l'exécution de différentes actions de recherche, par exemple sur les nouvelles techniques de construction de chaussée (nouveau matériau, nouveau procédé) ; à ce titre, il est employé sur le manège de fatigue des chaussées du LCPC, à Nantes.

Suivi de sections témoins

La France s'est engagée dans une participation au programme SHRP (*Strategic Highways Research Program*). Dans ce cadre, elle suit une vingtaine de sections de chaussée, couvrant différentes techniques de construction (souple, bitumineuse épaisse, mixte, semi-rigide) et réparties sur l'ensemble du territoire national. Chaque section, d'une longueur de 1 000 m, est caractérisée par une série d'informations portant sur sa structure (initiale, entretien courant, remise en état), les sollicitations qu'elle subit (le climat, le trafic), et l'évolution de son état (déflexion, uni, glissance, dégradations, orniérage).

Le programme SHRP définit des procédures précises pour recueillir ces informations. Notamment, la déflexion doit être mesurée à l'aide d'un FWD de type Dynatest 8000. Cette contrainte fut une des motivations de l'achat par le réseau des Laboratoires des Ponts et Chaussées, d'un FWD de ce type.

La déflexion est mesurée sur une zone test de 150 m de longueur, dans la bande de roulement droite et entre les bandes de roulement, tous les 7,50 mètres. En chaque point de mesure, la déflexion est mesurée successivement sous quatre charges : 27, 40, 53 et 71 kN. Pour l'essentiel, les sections SHRP présentent des déflexions faibles, inférieures à 200 μm sous la charge la plus élevée.

Toutes les sections ont fait l'objet de deux séries de mesures de déflexion, l'une au printemps 1994, l'autre à l'automne de la même année. Ces mesures ont montré une stabilité surprenante des déflexions entre ces deux périodes, à température comparable. À court terme, il semble donc qu'on n'observe pas d'autres fluctuations de déflexion que celles qui sont liées aux variations de température dans les couches bitumineuses. D'autres séries de mesures sont programmées pour les années à venir, qui permettront d'identifier, le cas échéant, les évolutions à long terme de la déflexion.

Utilisation du FWD sur le manège de fatigue des chaussées du LCPC

Le FWD du laboratoire de Saint-Brieuc est également utilisé pour suivre la déflexion de chaussées expérimentales dans le cadre d'essais conduits sur le manège de fatigue des chaussées du LCPC, à Nantes. La précision de cet appareil en fait un outil particulièrement intéressant dans le cadre de recherches qui demandent une bonne précision de mesures. De plus, le rayon du manège interdit l'usage de déflectographes sur ce site. Le FWD n'est pas gêné par cette contrainte. Plusieurs études, dont notamment l'expérience européenne Force, ont fait appel à ce moyen d'essai.

Le FWD en Europe : vers l'harmonisation

En 1991, à l'initiative du DWW (Pays-Bas), un symposium regroupa une vingtaine d'experts européens du comportement des structures de chaussées. Organisé sous l'égide du FLERR (Forum des laboratoires européens de recherche routière), ce symposium permit de comparer les pratiques du FWD dans différents pays européens. Lors d'un second symposium, qui se tint en France en février 1993, il fut décidé d'entreprendre un travail d'harmonisation des procédures de mise en œuvre et d'interprétation du FWD dans le cadre d'études d'entretien portant sur des sections de chaussées souples.

Un guide méthodologique [16] a été produit par un groupe de travail comprenant cinq laboratoires du FLERR – le DWW (Pays-Bas), le TRL (Royaume-Uni), le DRI (Danemark), le VTI (Suède) et le LCPC (France), et le CROW (Pays-Bas).

Ce guide fut soumis à l'ensemble des experts européens, réunis lors d'un troisième symposium, au Danemark, en 1994. Il vient d'être publié par le FLERR.

Ambition et contenu du guide

Le document produit par le FLERR n'a pas de caractère normatif. Il se veut un document informatif, à l'usage aussi bien des prestataires de services qui pourront s'en inspirer ou s'en recommander, que des maîtres d'œuvre, qui y trouveront des informations assez précises pour s'assurer de la bonne exécution de campagnes de mesures.

Le guide comprend quatre chapitres importants :

- l'usage des mesures de déflexion pour caractériser l'état d'une chaussée souple,
- les spécifications performantielles à respecter par les appareils,
- les procédures de préparation et de réalisation des mesures,
- enfin, les procédures d'exploitation des mesures.

Si les trois derniers chapitres sont spécifiques au FWD, le premier est d'une portée plus générale, puisqu'il concerne la mesure de déflexion.

L'usage des mesures FWD pour caractériser l'état d'une chaussée souple

Partout en Europe, la déflexion est utilisée pour porter un jugement relatif sur l'état mécanique des différents tronçons d'une chaussée, voire pour faire du découpage en zones homogènes. La détermination de la « capacité portante » d'une chaussée par des méthodes empiriques fondées sur des index ou des abaques restent encore largement pratiquées. L'exploitation des bassins de déflexion pour calculer les modules des couches de chaussée par calcul inverse requiert encore « une part considérable de jugement de l'ingénieur » [16].

Les spécifications performantielles s'appliquant à l'appareil

Les spécifications contenues dans le guide portent sur :

- la forme, la durée et l'amplitude du chargement,

- les dimensions de la plaque de transmission de la charge à la chaussée,
- le nombre et la position des capteurs de déflexion sur la poutre de mesure,
- les performances métrologiques de ces capteurs et de la cellule mesurant le chargement,
- les procédures de calibration du FWD, leur périodicité.

Le guide ne spécifie rien sur la reproductibilité. Il met néanmoins en garde contre le fait que des FWD de technologies différentes (notamment produisant des charges de durée significativement différente) peuvent donner des déflexions différentes sur un même point.

Les procédures de préparation et de réalisation des mesures

Après un rappel sur les informations à connaître avant le démarrage des mesures (lieu et description de la section, description de sa structure), le guide détaille la procédure de mesure.

Il recommande de mesurer systématiquement la température dans les couches bitumineuses, et de ne valider les déflexions mesurées que lorsque la température à 40 mm de profondeur est comprise entre 0 et 30 °C. Pour rendre plus pertinente l'exploitation des mesures, le guide recommande de mesurer la température en une, deux, ou trois profondeurs, selon l'épaisseur de l'assise.

Les conditions dans lesquelles la mesure de déflexion doit être faite (position dans le profil en travers, notamment) varient selon l'objectif et les conditions de l'étude. Le guide spécifie que chaque zone homogène en structure et en capacité portante doit comporter au moins douze points de mesure, de sorte qu'un traitement statistique ait un sens sur ces zones. En tout état de cause, on réalisera au moins une mesure tous les 100 mètres.

Les procédures d'exploitation des mesures

Volontairement, le guide est resté strictement informatif en ce qui concerne les procédures d'exploitation. Il propose quelques règles de validation des mesures brutes (décroissance de la déflexion avec la distance à la charge, par exemple). Il donne aussi un exemple simple de méthode de découpage en zones homogènes (méthode de la somme cumulée). Il recommande également, avant d'entreprendre un calcul inverse pour déterminer les modules des couches de chaussée, de construire et d'examiner un dia-

gramme des modules de surface, ce qui donne un aperçu de la rigidité de la structure à différentes profondeurs.

Conclusions

Le FWD apparaît comme un déflectomètre juste et répétable. La reproductibilité de ces matériels est conditionnée par le respect de procédures d'étalonnage très contraignantes. Encore n'assurent-elles pas la reproductibilité entre appareils de technologies différentes.

Compte tenu de ses performances métrologiques, et de sa cadence de mesure, le FWD est bien adapté pour les essais participant à des recherches ou pour le suivi très précis de sec-

tions témoins. C'est ainsi qu'il est utilisé en France.

Il est également concevable de l'utiliser dans le cadre d'études d'entretien sur des sections relativement courtes de chaussées souples, surtout si l'on veut exploiter les informations pour dimensionner une opération d'entretien structurel. Certains pays européens recourent assez fréquemment à cet appareil dans ce contexte. Le guide européen d'utilisation du FWD pour les études d'entretien des chaussées souples, en cours de publication sous l'égide du FLERR, précise les conditions de ce type d'application.

À ce jour, il est assez difficile de voir comment le FWD peut s'inscrire dans des études d'évaluation structurelle de réseau routier ou de programmation d'entretien.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] BRETONNIÈRE S. (1963), Les déflectomètres à boulet pour l'étude des déflexions des chaussées sous charges dynamiques, *Bulletin des laboratoires des Ponts et Chaussées*, 2, juillet, pp. 43.1-43.16.
- [2] BOHN A. et al. (1972), *Danish experiment with the French Falling Weight Deflectometer*, Third Conference on the Structural Design of Asphalt Pavements, Londres, septembre, pp. 1119-1128.
- [3] THOMSEN T. (1982), *Phœnix Falling Weight Deflectometer and registration equipment*, International Symposium on Bearing Capacity of Roads and Airfields, Trondheim, Norway, juin, pp. 457-463.
- [4] THOLEN O. (1982), *Falling Weight Deflectometer KUAB 50*, International Symposium on Bearing Capacity of Roads and Airfields, Trondheim, Norway, juin, pp. 446-450.
- [5] SORENSEN A. et al. (1982), *The Dynatest 8000 Falling Weight Deflectometer Test System*, International Symposium on Bearing Capacity of Roads and Airfields, Trondheim, Norway, juin, pp. 464-470.
- [6] ALI N.A., KOSHLA N.P. (1987), *Determination of layer moduli using Falling Weight Deflectometer*, Rapport présenté à la réunion annuelle du TRB, janvier.
- [7] LEE S.W. et al. (1988), *A verification of backcalculation of pavement moduli*, TRB 67th Annual Meeting, paper n° 870259, Washington DC, January.
- [8] 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 (à paraître).
- [9] LEPERT Ph., SIMONIN J.-M. (1997), La méthode LPC d'exécution et d'exploitation de la déformabilité de surface, *Bulletin de liaison des laboratoires des Ponts et Chaussées*, 208, mars-avril.
- [10] SIMONIN J.-M., RIOUALL A. (1997), Qualification des déflectographes, *Bulletin de liaison des laboratoires des Ponts et Chaussées*, 208, mars-avril.
- [11] LEPERT Ph., LEROLLE Y., SIMONIN J.-M. (1997), Évaluation conjointe CEBTP/LPC des performances du curviamètre MT15, *Bulletin de liaison des laboratoires des Ponts et Chaussées*, 208, mars-avril.
- [12] VAN GURP CPAM, DORSMAN J. (1990), *Comparative study of ten Falling Weight Deflectometers*, Report 7-90-401-11, Road and Railroad Research Laboratory, Delft University of Technology, Delft, August.

- | | |
|--|---|
| <p>[13] VAN GURP CPAM (1992), <i>Consistency and reproducibility of Falling Weight Deflectometer, Road and Airport Pavement</i>, Response Monitoring Systems, ASCE, pp. 291-305, New-York.</p> <p>[14] VAN GURP CPAM, DORSMAN J. (1994), <i>Comparative study and field calibration of Falling Weight Deflectometers</i>, Report 7-94-401-14, Road and Railroad Research Laboratory, Delft University of Technology, Delft, march.</p> | <p>[15] <i>Preliminary guidelines for calibration of Falling Weight Deflectometers</i> (1995) CROW, Record 13, The Netherland.</p> <p>[16] <i>Harmonisation of the use of the falling weight deflectometer on pavement - Part 1</i> (1996) Harmonization of FWD measurement and data processing for flexible road pavement evaluation FEHRL Report, 1996.</p> |
|--|---|
-

ABSTRACT

The performance of the FWD and its use in France and Europe

PH. LEPERT - J.-M. SIMONIN - R. KOBISCH

The FWD was originally derived from a French device and has undergone considerable development, particularly in Denmark. In 1993 the evaluation tests conducted by the Laboratoires des Ponts et Chaussées on the Dynatest 8000 FWD owned by the LRPC demonstrated that the results from the device were both accurate and repeatable. However, other tests conducted elsewhere in Europe, particularly in the Netherlands, have shown that there are still problems of reproducibility with respect to devices using different technologies.

In view of this, the FWD would appear to be suitable for surface deformability measurements in the context of specific studies and research, which is how it is used in France. However, it is also used in some other European countries for project level maintenance investigations. Harmonization activities relating to use of the FWD in such situations on flexible pavements has led to a European guide which is in the process of being published.