



**N° 38**  
SEPTEMBRE  
2019

# Sommaire

- 1 | Introduction
- 2 | Présentation de l'UniBox
- 3 | Domaine d'application et intérêt de l'outil
- 4 | Limites métrologiques identifiées
- 5 | Eléments de comparaison avec l'APL
- 6 | Synthèse et recommandations

## Positionnement de l'UniBox vis-à-vis de l'APL

### 1 Introduction

L'UniBox, appareil de mesure du profil en long qualifié en 2015, est largement diffusé depuis 2016. D'abord en version monotrace puis en bitrace depuis 2018, cet outil, malgré une technologie de mesure complètement différente, fournit les mêmes indicateurs que l'appareil référent « APL ».

Les retours d'expérience de ces deux années d'utilisation, dans différentes conditions de mesure, permettent de situer métrologiquement l'UniBox vis-à-vis de l'APL, à ce jour seul profilomètre agréé pour vérifier la conformité de l'uni longitudinal aux spécifications contractuelles.

L'objectif de cette note d'information est donc de préciser ce positionnement vis à vis de la référence, après avoir rappelé le principe de l'UniBox, ses domaines d'applications et ses limites de fonctionnement.

### 2 Présentation de l'UniBox

L'UniBox découle de travaux de recherche de l'Ifsttar portant sur le recueil de données en lien avec l'état de l'infrastructure, au moyen de véhicules munis de capteurs à faible coût. Pour l'uni longitudinal, un prototype a été développé et qualifié comparativement aux appareils existants, tels que l'APL et le MLPL.

L'UniBox est un appareil compact, prévu pour être facilement intégrable sur n'importe quel véhicule-support. C'est un système monotrace ou bitrace composé de capteurs inertiels (accéléromètres) et d'un capteur optique de distance (laser de classe 2). Il fonctionne avec un boîtier d'alimentation qui se branche sur l'allume-cigare du véhicule (12 V). Les signaux analogiques délivrés par l'UniBox sont acquis au moyen d'une carte d'acquisition ayant au minimum 2 entrées analogiques et disposant d'une fréquence d'échantillonnage d'au moins 1 kHz par voie de mesure.

Le pilotage et l'exploitation des données de l'UniBox font successivement intervenir un logiciel spécialisé d'acquisition et un logiciel de calcul de profils de telle sorte à disposer automatiquement des résultats à l'issue de la mesure. Le logiciel d'acquisition permet de synchroniser les données de l'UniBox avec des informations de distance (codeurs incrémentaux ou GPS) et, optionnellement, des images d'environnement. Il permet aussi un contrôle simple et rapide du bon fonctionnement des capteurs. Le logiciel de traitement reconstitue le profil de la route et lui affecte une abscisse curviligne au pas de 5 cm. Les fichiers de mesures et de résultats respectent le format MEC (Moyens d'Essais Chaussées).

Les photos ci-après illustrent les UniBox de série vendues par deux diffuseurs différents (Nextroad et Logiroad).



Figure n°1 : UniBox de Nextroad (anciennement Vectra)

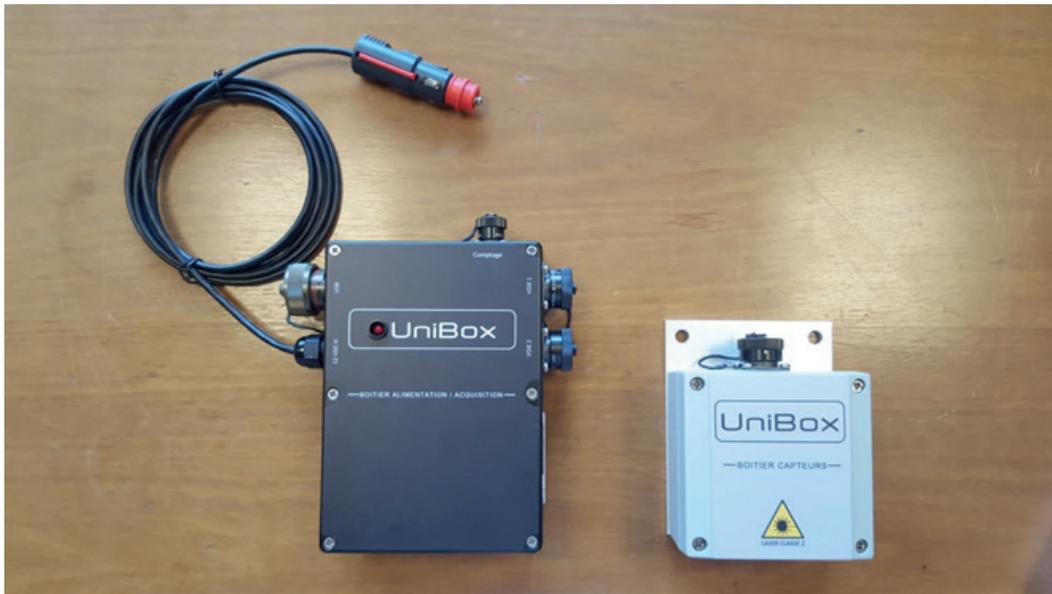


Figure n°2 : UniBox de Logiroad

L'outil de visualisation permet d'afficher les indicateurs usuels (profil, notes par bandes d'onde et IRI) et, optionnellement, les images d'environnement correspondantes. Une restitution en densité spectrale de puissance (DSP) est aussi disponible.

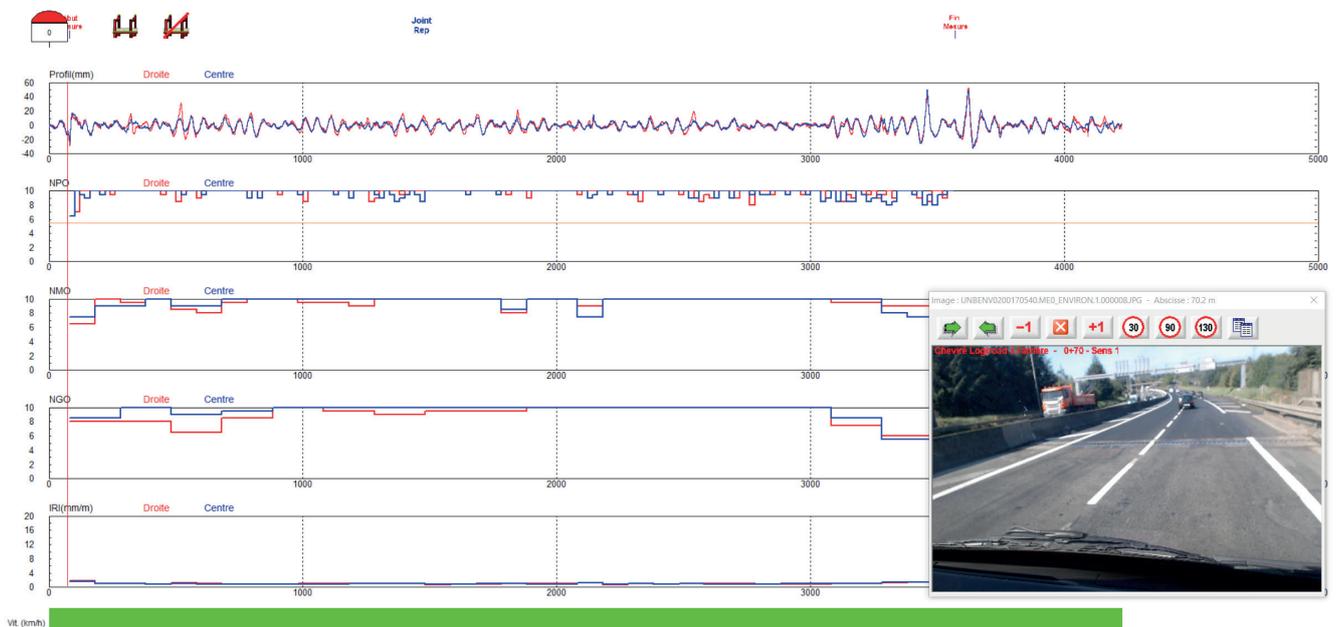


Figure n°3 : Schéma itinéraire affichant le profil, les notes et la vidéo d'environnement

## **3 Domaines d'application et intérêt de l'outil**

Se voulant complémentaire au profilomètre de référence, l'UniBox, de par sa souplesse d'utilisation, répond parfaitement à différents domaines d'application.

### **Autocontrôle**

L'autocontrôle est le premier domaine d'utilisation des entreprises de travaux publics. En équipant un véhicule de chantier avec l'UniBox, l'entreprise peut rapidement et facilement se rendre compte du niveau d'uni de son chantier, quelle que soit la couche mise en œuvre. De plus, l'affichage des résultats en temps réel permet de détecter d'éventuels mauvais réglages ou problèmes sur les engins de chantier (mauvais joint, défaut de compactage, défaut périodique dû à un encrassement de chenilles...).

### **Plateformes particulières**

Estimer le niveau d'uni de plateformes particulières, pour lesquelles l'APL ne peut répondre correctement, est aussi un atout de l'UniBox. On peut citer certaines couches de formes difficilement accessibles, les plateformes urbaines (bus, busway, tramway, ...) ou ferroviaires.

### **Suivi de réseau**

Dans le but d'évaluer un réseau et de le suivre régulièrement pour repérer des désordres, l'UniBox est aussi un outil approprié puisqu'il permet une insertion dans le trafic et une vitesse de mesure variable. L'évolution dans le temps des notes (PO et MO notamment) fournies par l'UniBox peuvent être un bon témoin du degré de dégradation d'un réseau.

### **A l'étranger, en alternative au Bump Integrator ou assimilé**

Déjà diffusé et exploité à l'étranger, l'UniBox vient souvent pallier l'absence ou l'obsolescence d'appareils tel que le Bump Intégrator (Côte d'Ivoire, ...), le Roulemètre (Québec) ou autres appareils similaires. Dans cette configuration, l'UniBox délivre l'indicateur IRI au pas souhaité comme le font les appareils précités.

## 4 Limites métrologiques identifiées

Depuis deux ans, les retours d'utilisation ont permis d'identifier, et souvent confirmer, certaines limites ou mises en garde métrologiques de l'UniBox qu'il convient de préciser.

### Mesure de l'information distance

L'information distance associée aux mesures UniBox est issue, dans sa version de base, des informations GPS reçues pendant la mesure. Optionnellement, la prise de distance peut être assurée par un codeur installé sur le véhicule.

#### ■ Information GPS

En rase campagne et en milieu périurbain, sans masquage de type « tunnel », le récepteur GPS est suffisamment précis pour référencer en abscisse curviligne les mesures. Les masques végétaux perturbent rarement la réception GPS. Cependant, dans une forêt très dense de plusieurs centaines de mètres, le signal GPS peut être altéré (perte partielle ou totale de satellites). En présence de masque générant une perte du signal GPS, la zone est repérée dans les fichiers par des mesures invalides et donc non exploitées.

En milieu urbain très dense (rues étroites avec des immeubles hauts), la réception GPS peut être perturbée et déboucher sur des mesures invalides.

Il convient donc, dans les conditions sévères précitées, de privilégier l'utilisation d'un codeur ou topomètre pour mesurer l'abscisse curviligne.

#### ■ Codeur ou topomètre

L'utilisation d'un codeur ou d'un topomètre exige une calibration précise de celui-ci, au risque d'être moins précis que le GPS pour la constitution de l'abscisse curviligne.

### Capteur laser

L'élément sensible de l'Unibox est le capteur laser car il présente des limites développées dans les paragraphes suivants.

#### ■ Brillance

En terme de brillance, au-delà de 100 000 lux, la mesure est bruitée et peut présenter des mesures invalides facilement identifiables. L'enjeu (et la difficulté) est de corriger automatiquement (par filtrage) ces phénomènes. Les 100 000 lux sont généralement atteints en plein été avec un fort soleil éclairant une surface brillante (revêtement neuf) sur laquelle se situe la tache laser lors de sa mesure. Ce bruit parasite généré est, en partie, éliminé par filtrage mais peut cependant

altérer légèrement les très bonnes notes PO (note à 8 au lieu de 10 comme mesuré par l'APL ou par l'Unibox si le laser est à l'ombre). Plus la note PO est basse, moins le bruit parasite impacte la valeur de la note.

Une solution est de mettre à l'ombre la tache laser (cache, casquette, protection... à installer).



Figure n°4 : Exemple de dispositif de fixation de l'UniBox et de son dispositif assurant l'ombre

#### ■ Nature du revêtement de surface

Outre la trop forte brillance, le degré « d'ouverture » du revêtement peut aussi altérer légèrement les très bonnes notes PO. En effet, sur des revêtements très ouverts (par exemple BBTM 0/10 ou enduits superficiels très grenus) fraîchement répandus, les mesures laser présentent un léger bruit, qui, même filtré, ne permet pas toujours d'avoir des notes PO à 10 comme le délivrerait l'APL.

#### ■ Chaussée mouillée

Les mesures sur chaussée mouillée sont à proscrire car trop de mesures invalides sont générées sans espoir de les corriger toutes. Sur chaussée humide, sans projection d'eau, les mesures sont peu altérées, ce qui conduit à des notes acceptables, même dans les PO qui sont les plus impactées par l'eau.

#### ■ Événement routiers particuliers

Compte tenu de la spécificité de la mesure laser, il convient aussi d'être vigilant aux mesures réalisées au droit d'événements particuliers tels que les joints d'ouvrage d'art (très souvent métalliques et en forme de peigne), les passages à niveau (rails), ... Ces mesures ne pouvant pas être invalidées automatiquement, il est indispensable de repérer ces zones en les « topant » pendant la mesure grâce aux boutons « événements » proposés par le logiciel d'acquisition. Le profil et les indicateurs qui en résultent sont à prendre avec précaution.

## Vitesse de mesure

Très souple d'utilisation en terme de vitesse de mesure, l'UniBox permet de réaliser des mesures à vitesse variable en s'adaptant au trafic, ou à la typologie de l'ouvrage à ausculter. Cependant, afin de délivrer des résultats pertinents dans toutes les longueurs d'ondes couvrant le spectre du domaine de l'uni ( $0,5 < \lambda < 45\text{m}$ ), il est conseillé de dépasser la vitesse de 36 km/h, en dessous de laquelle l'accéléromètre perd de son efficacité et génère des notes altérées dans le domaine des grandes ondes ( $\lambda > 12\text{ m}$ ).

## 5 Éléments de comparaison avec l'APL

En s'appuyant sur des mesures comparatives entre l'UniBox et l'APL issues de différents retours d'expérience (quelques centaines de km), les illustrations suivantes permettent d'appréhender les éventuelles différences observables entre les deux appareils sur les notes NPO.

### Exemple 1 : revêtement ouvert

Les comparaisons suivantes sont issues de mesures sur une couche de roulement neuve en BBTM 0/10 (très ouvert) avec la trace laser à l'ombre. Comme évoqué dans le chapitre « limites métrologique », les différences observées sont concentrées exclusivement sur les notes PO pour lesquelles l'UniBox peut ne pas atteindre la note 10 comme le fait l'APL.

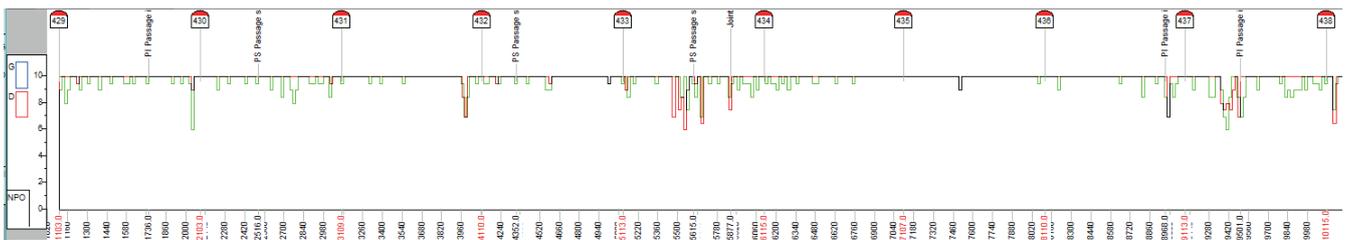


Figure n°5 : Comparaison entre NPO APL et NPO UniBox

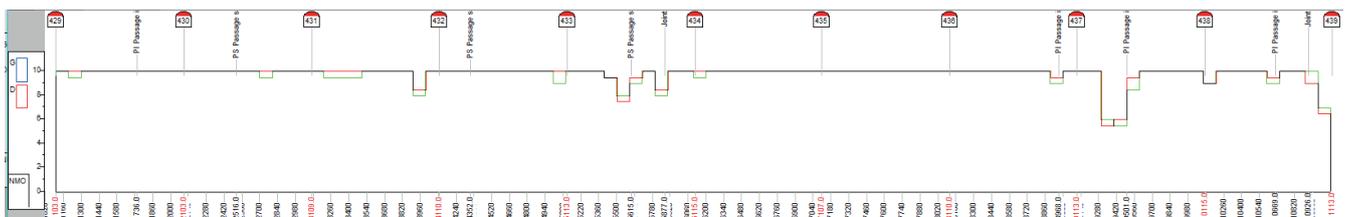


Figure n°6 : Comparaison entre NMO APL et NMO UniBox

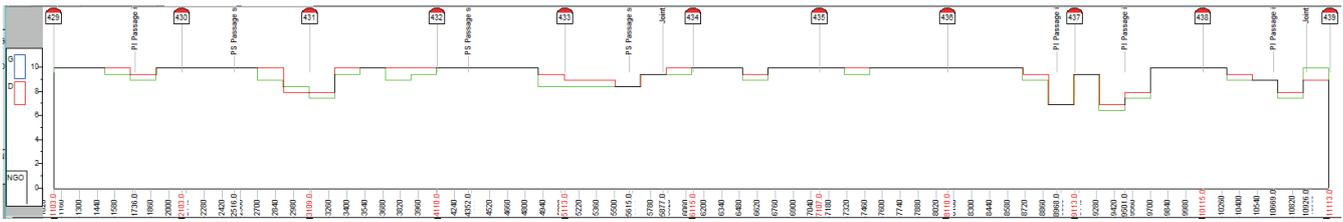


Figure n°7 : Comparaison entre NGO APL et NGO UniBox

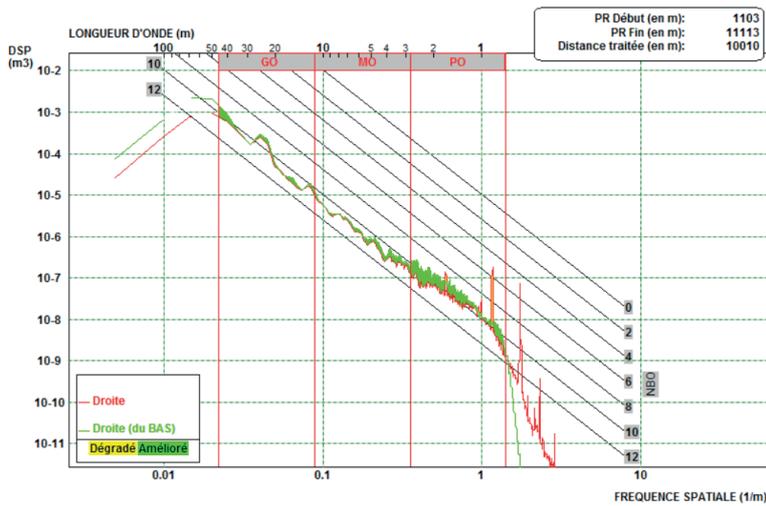


Figure n°8 : Comparaison entre DSP APL et DSP UniBox

### Exemple 2 : chaussée dégradée

Les comparaisons suivantes sont issues de mesures sur chaussée circulée présentant de la fissuration et quelques arrachements. Ici aussi, les différences observées sont concentrées exclusivement sur les notes PO pour lesquelles l’UniBox peut ne pas atteindre la note 10 comme le fait l’APL. Cela peut s’expliquer par le pouvoir lissant de la roue APL permettant des notes à 10 même en présence de fissuration de surface, contrairement au laser de l’UniBox qui, même filtré, fournit un profil légèrement bruité empêchant des notes PO à 10.

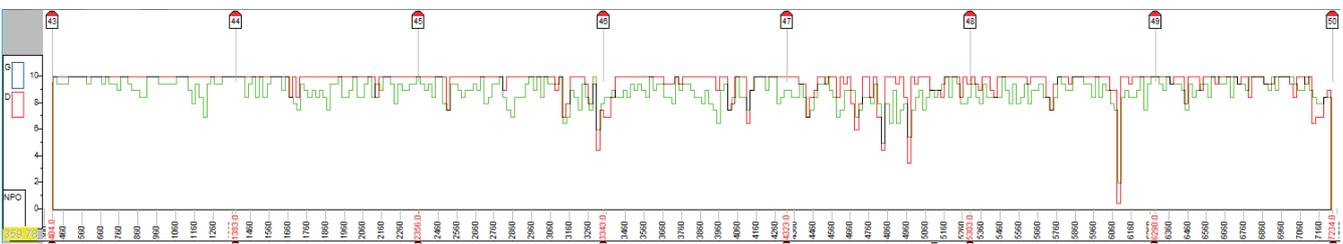


Figure n°9 : Comparaison entre NPO APL et NPO UniBox

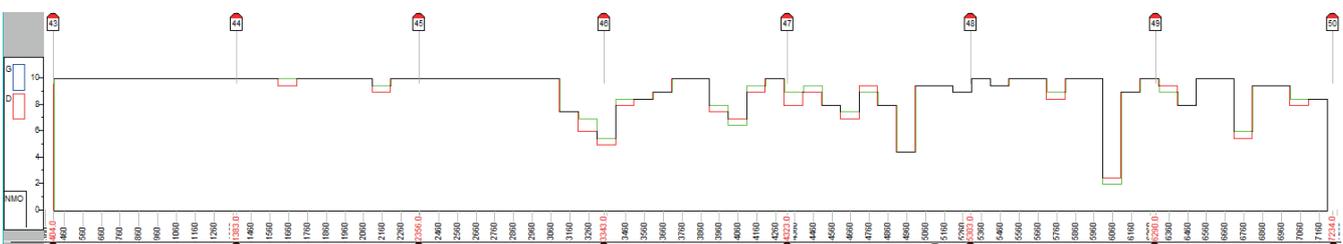


Figure n°10 : Comparaison entre NMO APL et NMO UniBox

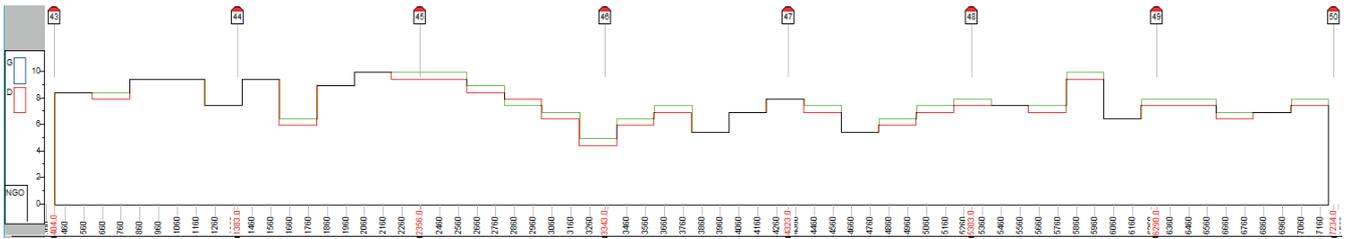


Figure n°11 : Comparaison entre NGO APL et NGO UniBox

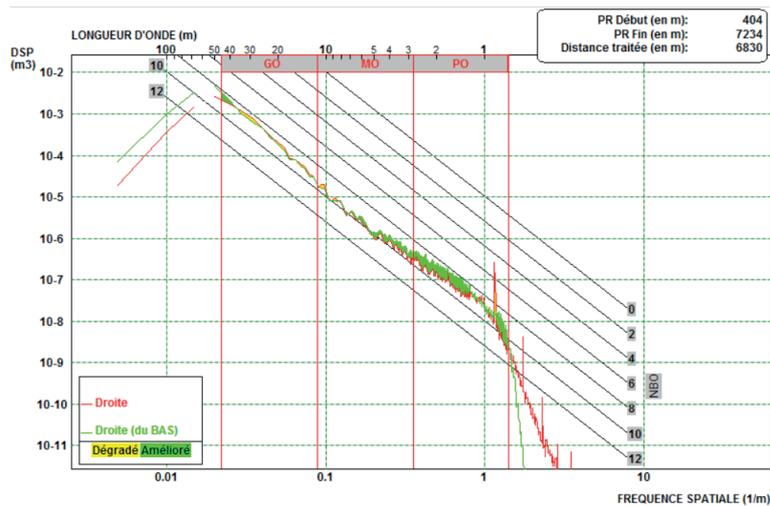


Figure n°12 : Comparaison entre DSP APL et DSP UniBox

### Exemple 3 : retour d'expérience d'essais croisés

L'exemple ci-dessous illustre des mesures simultanées APL et UniBox sur une section revêtue de BTM récent et présentant des événements routiers tels que giratoires, bandes rugueuses, voie ferrée. Des différences importantes, dues à la différence de technologie de mesure, peuvent être constatées en PO au droit des événements particuliers (impossible d'avoir la même réponse entre une roue et un laser sur le rail d'une voie ferrée par exemple).

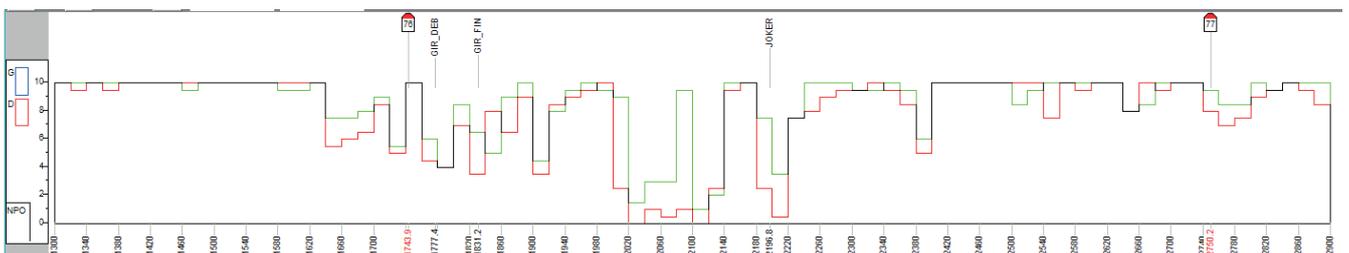


Figure n°13 : Comparaison entre NPO APL et NPO UniBox

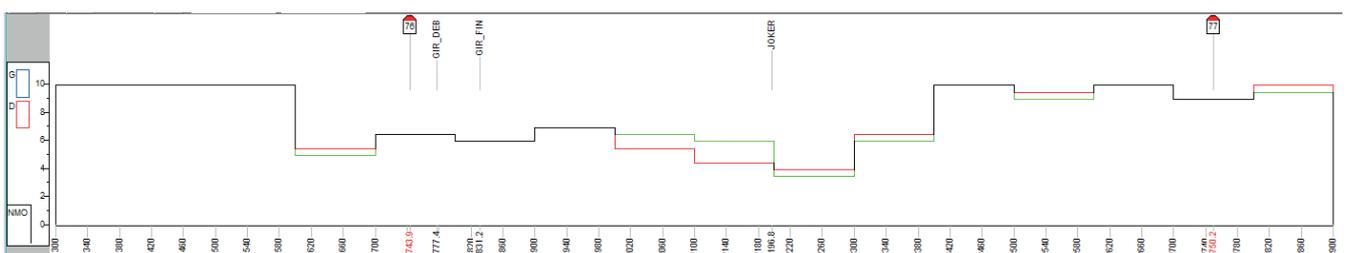


Figure n°14 : Comparaison entre NMO APL et NMO UniBox

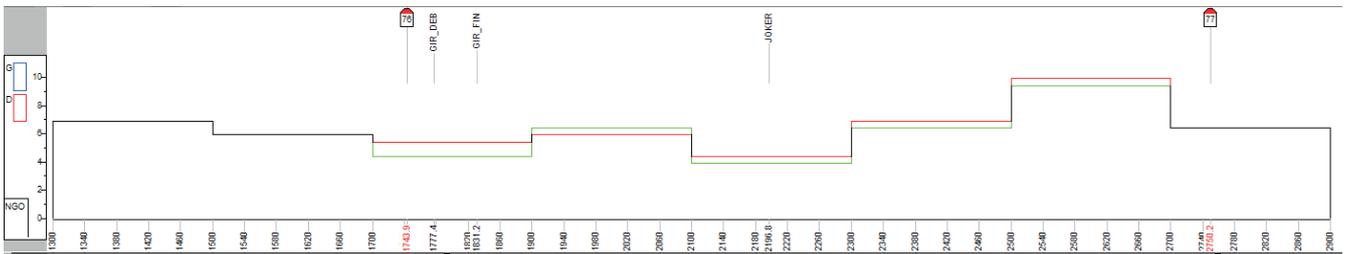


Figure n°15 : Comparaison entre NGO APL et NGO UniBox

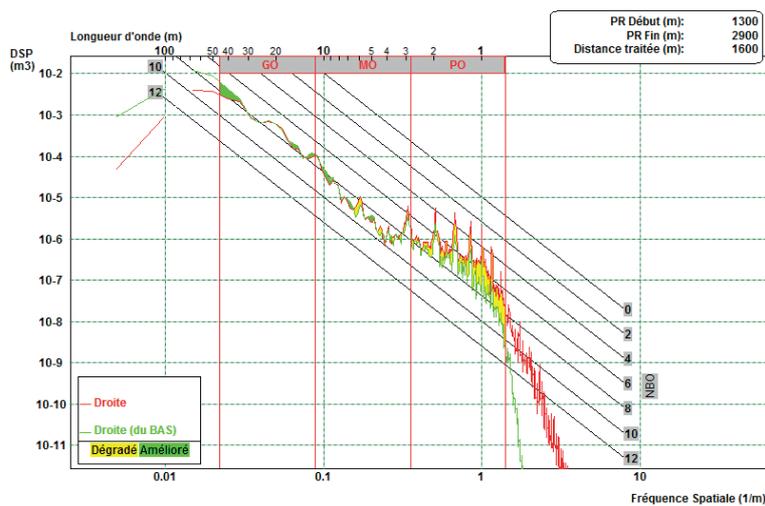


Figure n°16 : Comparaison entre DSP APL et DSP UniBox

### Exemple 4 : revêtement brillant très ouvert et forte luminosité

Cet exemple est l'illustration de mesures UniBox réalisées dans les conditions les plus pénalisantes (BBTM 0/10 neuf très ouvert, brillant, avec laser au soleil), qui peuvent se traduire par des notes PO jamais à 10 et pouvant descendre à 8 voire 7. Les dents de scies récurrentes sur le profil sont représentatives d'une altération de la mesure laser, suffisante pour dégrader les notes PO sans défaut réel sur la chaussée.

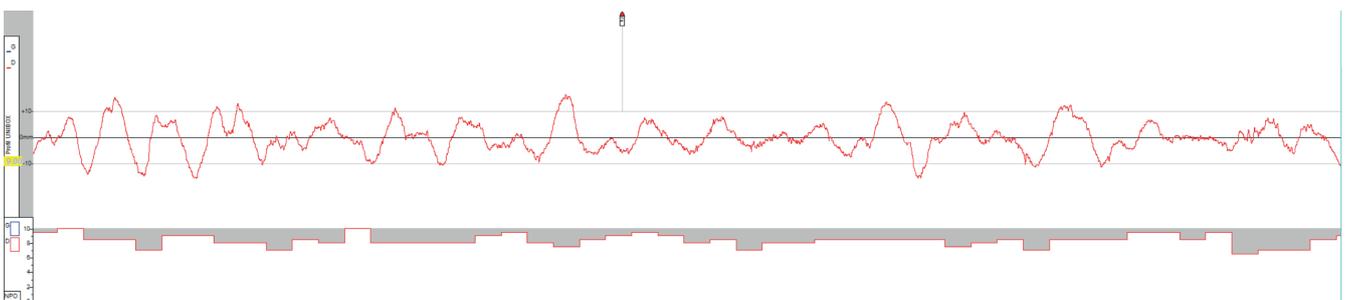


Figure n°17 : Exemple de profil UniBox et notes PO associées sur un revêtement très pénalisant

## Exemple 5 : joint de reprise

La comparaison suivante se focalise sur les notes PO au droit des joints de reprise sur une couche de roulement neuve. Elle montre des différences de notes pouvant aller jusqu'à 2 points, dues à des signatures de profil légèrement différentes entre l'APL et l'UniBox. Les technologies de mesure totalement différentes (roue pour l'un, laser pour l'autre) peuvent générer cet écart sur tout événement ponctuel de type joint. Il en est de même au droit des joints d'ouvrage, sur lesquels la mesure UniBox peut être invalide s'il s'agit de joint de type « peigne ».

### NPO APL / NPO UniBox

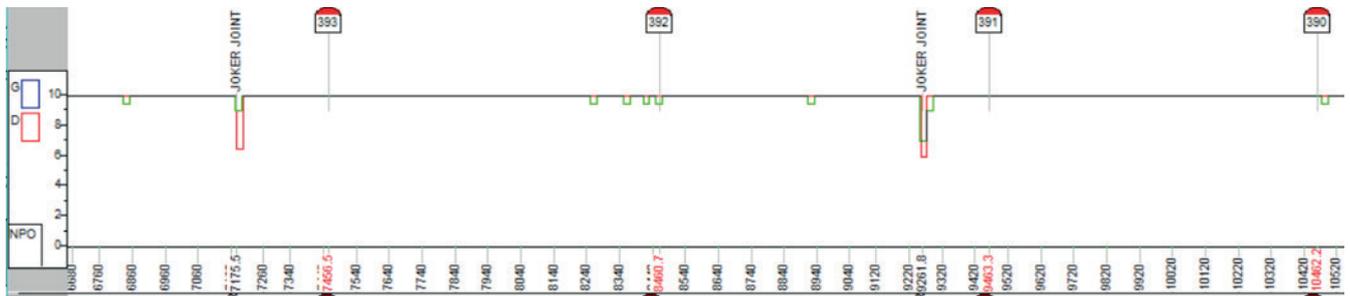


Figure n°18 : Exemple de notes PO au droit d'un joint reprise

### Profil APL / Profil UniBox

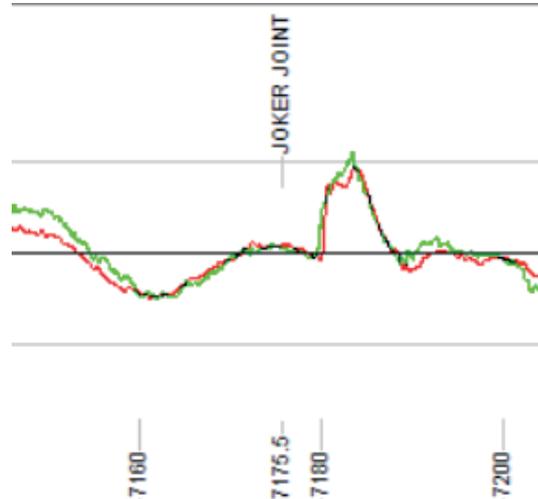


Figure n°19 : Zoom des profils au droit du joint de reprise

## **6 Synthèse et recommandations**

Cette note a vocation à mieux situer, métrologiquement, l'UniBox vis à vis de l'APL en pointant notamment les équivalences, les différences majeures observables, les différences acceptables et les recommandations.

### **Equivalence**

Tous les essais comparatifs entre APL et UniBox ont montré des résultats très similaires dans le domaine des moyennes ondes et celui des grandes ondes. En se référant à la méthode d'essai n°46-2 qui exige une EMT (erreur maximale tolérée) égale à 0,5 sur couche de roulement neuve, on peut considérer que l'UniBox atteint cet objectif puisque son écart type de répétabilité (faculté à mesurer la même valeur à chaque répétition) et sa justesse (écart par rapport à l'APL) sont inférieurs ou égaux à 0,5 point sur les notes MO et GO. Pour les PO, il est difficile d'afficher précisément un niveau de répétabilité, de reproductibilité et de justesse sans la réalisation d'essais croisés couvrant la plupart des natures de couches de roulement.

### **Différences majeures observées**

Les différences majeures observées se situent quasi exclusivement dans le domaine des petites ondes. Elles peuvent être observées sur des revêtements très ouverts (BBTM 0/10 par exemple) présentant un très bon Uni (note PO à 10 avec l'APL), même si le processus de lissage appliqué au profil UniBox limite ces écarts. Des écarts de 1 à 2 points peuvent être constatés. Le lissage effectué sur le profil vise à limiter le « bruit » laser obtenu dans ces conditions et ainsi se rapprocher des notes PO obtenues avec l'APL. En contrepartie, ce lissage peut atténuer des défauts ponctuels réels (joint de reprise par exemple) et générer des notes PO meilleures que celle de l'APL. Il peut donc se produire des situations où l'APL verrait une note PO inférieure à la spécification du marché, alors que l'UniBox serait au-dessus.

Des différences non négligeables peuvent aussi être constatées au droit d'événements routiers particuliers comme des joints d'OA, voie ferrée, fort changement de dévers en entrée ou sortie de giratoire, ... Il est préférable, dans ces cas-là, d'être vigilant aux notes calculées au droit de ces événements.

### **Acceptabilité des écarts observés**

Les nombreux retours d'expériences ont permis de se faire une idée précise des écarts observables entre des mesures APL et UniBox. Ils se situent quasi exclusivement dans le domaine des PO et dans les conditions les plus défavorables, telles que sur revêtements très ouverts et avec forte luminosité.

---

Ces écarts en PO ne permettent pas à l'UniBox de répondre à coup sûr, dans sa configuration actuelle, à des spécifications contractuelles pour les couches de roulement neuves. Par contre, les résultats délivrés par l'UniBox permettent d'avoir clairement une idée, à 1 ou 2 points près, de ce que délivre l'APL en réception de chantier (l'APL donnant en règle générale des notes meilleures, sauf parfois au droit des joints de reprise). L'autocontrôle par l'entreprise est d'ailleurs le domaine d'application privilégié de l'UniBox. De même, lors de mesures avant travaux, l'UniBox permet de connaître l'état général de la voie à entretenir avec des incertitudes sur les PO pouvant être dues à la trace de mesure et au niveau de dégradation de la voie (mesure sur fissures, faïençage, flashes, ...).

Pour du suivi de réseau où l'idée est de suivre l'évolution du réseau, ou de détecter les défauts les plus importants, l'UniBox, malgré ces imprécisions connues en PO et les éventuelles différences de trace entre deux mesures, est adapté pour ce domaine d'application.

## Recommandations

Si l'UniBox monotrace répond aux besoins initiaux de l'outil définis en 2016 (autocontrôle, suivi de réseau, mesures sur plateforme particulière, ...), la version bitrace a de plus en plus vocation à être utilisée dans le but de délivrer des résultats pouvant être assimilés à ceux que délivrerait l'APL bitrace. Si, pour les moyennes et grandes ondes, on peut considérer qu'il y a équivalence, ce n'est pas tout à fait le cas pour les petites ondes, ce qui conduit à quelques recommandations d'utilisation et d'actions à entreprendre pour essayer d'améliorer, voire supprimer les écarts entre les deux appareils :

- Il faut optimiser la mesure laser en mettant systématiquement à l'ombre le faisceau laser. Cela peut se traduire par une « visière » à installer.
- Les retours d'expérience terrain avec l'Unibox doivent se poursuivre pour éventuellement conduire à des évolutions de méthodologies de mesures et/ou de traitement (optimisation du filtrage par exemple).
- Le club utilisateurs organisant des essais croisés spécifiques et réguliers, ainsi que le groupe Uni du GNCDS, sont les instances dans lesquelles l'optimisation de l'outil sera recherchée.

Malgré ces recommandations, l'UniBox, même en bitrace, n'a toujours pas vocation à être utilisée dans le cadre de la réception contractuelle de couches de roulement neuves.

Les précautions à prendre et recommandations données par cette note pourront alimenter une éventuelle future structure d'accréditation de profilomètres optiques.

La présente note d'information a été rédigée par les membres du sous-groupe Uni du Groupe National Caractéristiques de Surface (GNCDs), rattaché au comité Gestion de Patrimoine d'Infrastructures de l'IDRRIM.

*Avertissement : La présente note est destinée à donner une information rapide. La contrepartie de cette rapidité est le risque d'erreur et de non exhaustivité. Ce document ne peut en aucun cas engager la responsabilité ni des auteurs, ni de l'Institut des Routes, des Rues et des Infrastructures pour la Mobilité.*



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

[www.idrrim.com](http://www.idrrim.com) - [idrrim@idrrim.com](mailto:idrrim@idrrim.com)

 @IDRRIM

Association loi 1901