

ETUDE CORRELATIVE ENTRE LES QUANTIFICATEURS D'UNI

**MM.
A. IMZEL
A. BELLAHSEN**

*Service Auscultation
CNER*

L'uni des chaussées est parmi les paramètres les plus directement perceptibles par l'usager, étant donné qu'il est en relation directe avec son confort et sa sécurité. Les défauts d'uni se caractérisent par leurs amplitudes et leurs longueurs d'ondes.

Les appareils de mesure de l'uni sont divers et se distinguent par la référence de mesure, la fonction de transfert, la longueur de bande passante et la précision de la mesure.

La diversité de ces appareils et des méthodes de traitement pose le problème de la comparaison des divers quantificateurs de l'uni.

Dans ce sens plusieurs essais et études comparatives ont été réalisés dans le monde, pour les mesures d'uni effectuées par différents appareils. L'expérience internationale de l'uni des chaussées, effectuée au Brésil en 1982 constitue l'une des plus récentes méthodes. Cette étude a été organisée par la Banque Mondiale, en collaboration avec plusieurs pays dont le Brésil, la France, l'Angleterre et l'USA.

Le but de cette expérience était l'établissement des corrélations entre les différents systèmes de mesure de l'uni existants dans le monde, et la mise au point d'une mesure d'uni standard IRI (International Roughnes Index) qui servira de base pour les comparaisons entre les quantificateurs de l'uni. Cette expérience a abouti à de bons résultats de corrélation.

Sur la base de ces résultats et à l'instar de l'expérimentation effectuée par la Banque Mondiale, une étude a été menée par le CNER, en vue de chercher les corrélations pouvant exister entre ces quantificateurs d'uni dans le cas du réseau routier marocain.

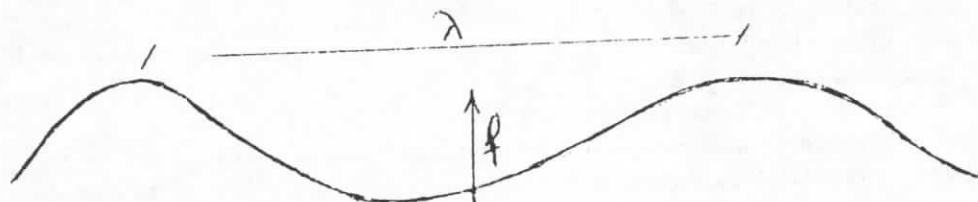
Il s'agit en particulier de trouver les corrélations existantes entre les deux systèmes de mesure d'uni utilisée par le CNER, qui sont les mesures d'uni du Bump Integrator et l'APL, et d'en vérifier la fiabilité en comparaison avec les mesures topographiques.

I/ UNI DES CHAUSSEES

A/ Définition.

Les qualités d'une chaussée résultent de la présence ou de l'absence d'irrégularités de sa surface : ces irrégularités sont dues aux différences verticales qui existaient entre la surface théorique (définie par le concepteur) et la surface réelle de la chaussée, dans un domaine limité de dimensions longitudinales. Dénivellations d'une surface de chaussée par rapport à son profil.

Généralement les défauts d'uni sont caractérisés par leur longueur d'onde et leur amplitude dans le domaine de l'uni routier, les dimensions de ces deux grandeurs varient respectivement de 0,50 à 50m et de 2mm à 20 cm.



1) Effets de l'uni :

L'uni constitue le facteur auquel l'utilisateur est le plus sensible, celui-ci le perçoit comme des oscillations de périodicités aléatoires décomposables en mouvements vibratoires de fréquences élémentaires :

a) Incidences de l'uni sur le confort et la sécurité :

Les irrégularités de la chaussée se répercutent sur le véhicule et son conducteur sous forme d'accélération verticales subies par le passager au niveau de son siège et sous forme de mise en vibrations des roues retransmises au conducteur par la direction.

Les effets sur le confort dépendent de la fréquence de sollicitations, donc de la vitesse du véhicule et de la gamme d'onde composant le profil de la route. Généralement on distingue les gammes de longueurs d'ondes influençant soit le confort, soit la sécurité des usagers (fig.1). Il est à rappeler aussi que les défauts d'uni modifient les conditions d'appui des roues sur le sol et peuvent empêcher d'utiliser toute l'adhérence offerte par le revêtement.

b) Incidences sur le coût de fonctionnement du véhicule :

Un mauvais uni, surtout dans la gamme des petites ondes peut augmenter le coût de fonctionnement (usure mécanique, accroissement de la consommation de carburant).

c) Incidences sur la dégradation des chaussées :

Les mouvements verticaux du véhicule liés aux défauts d'uni engendrent des surcharges agressives pour les structures de chaussées.

2) Causes des défauts d'uni :

Un mauvais uni longitudinal peut résulter de :

- Erreurs de nivellement
- Un mauvais répandage des matériaux de la chaussée
- Un mauvais compactage
- Un sous dimensionnement de l'accroissement initial dû à une sous-estimation de l'accroissement du trafic
- Un défaut d'imperméabilité de la couche de roulement entraînant une chute de la portance du sous-sol.

3) Appareils de mesure de l'uni longitudinal :

Les appareils de mesures de l'uni longitudinal peuvent être classés en deux grandes familles, qui se différencient par la nature des résultats de la mesure.

Les appareils de "type réponse".

Cette catégorie d'appareils caractérise l'uni par une note représentative du comportement dynamique vertical d'un véhicule ou d'une partie d'un véhicule se déplaçant à une vitesse déterminée, sur la chaussée à évaluer. Cette note d'uni est proportionnelle :

Soit aux variations des déplacements relatifs des masses suspendues et des masses non suspendues. Dans cette catégorie d'appareils se range le Bump Integrator qui fournit une note proportionnelle aux déplacements de la roue de mesure par rapport au châssis porte-roue.

Soit aux variations des accélérations des masses suspendues ou de celles des masses non suspendues.

L'inconvénient de cette catégorie est qu'ils ne fournissent qu'un seul nombre (note d'uni) et ne permettent pas de reconstituer le profil de la chaussée.

Les appareils de "type profilomètre".

Les appareils de cette catégorie permettent de restituer le profil en long de la route, offrant l'avantage de calculer à partir d'un même relevé de profil une grande variété d'indices d'uni. Dans cette catégorie se range l'analyseur du profil en long (APL).

II/ ETUDE CORRELATIVE DES MESURES D'UNI

A/ Protocole expérimentale.

1) Choix des sections :

Pour couvrir toutes les gammes de longueurs d'onde, un échantillon représentatif de sections a été choisi pour faire l'objet des mesures topographiques et des mesures d'uni au Bump Integrator et à l'APL. L'échantillon est constitué de 46 sections de longueur chacune 200m réparties comme suit :

- 20 sections des routes principales (RP)
- 14 sections des routes secondaires (RS)
- 12 sections des chemins tertiaires (CT).

L'échantillon de l'essai réalisé par la Banque Mondiale porte sur 49 sections dont 12 sont construites en terre.

La longueur de chaque section est de 320m. Des observations ont été formulées sur le choix de cette longueur, car la plupart des quantificateurs sont exprimés sur des longueurs qui sont multiples de 100m (par exemple les notes Françaises sont données par tronçons de 200m, et que de ce fait l'uni de la section de 320 m sera représenté par celui d'une section de 200m) d'où l'importance de choisir des sections de 200m au départ.

B/ Mesures à effectuer.

Les mesures qui ont été effectuées sur l'ensemble des sections étaient celles qui rentrent en ligne de compte dans l'élaboration des différents quantificateurs d'uni exprimés en unité standard IRI, et consistent en :

- Relevé topographique
- Mesure de l'uni au Bump Integrator
- Mesure de l'uni à l'APL
- Mesure de l'uni au nouveau APL.

1) Relevé topographique :

le relevé topographique a été exécuté sur l'ensemble des sections choisies, avec un pas de cinquante (50) cm et à 1,2m du bord de la chaussée, pour coïncider avec le frayé de passage des roues des mesures au Bump Integrator et à l'APL.

2) Mesures d'uni :

Les mesures d'uni ont été effectuées aux endroits du relevé topographique et consiste en :

- Mesures au Bump Integrator à la vitesse de 32 Km/h
- Mesures à l'APL à la vitesse de 72 Km/h
- Mesures avec le nouveau APL aux vitesses respectives 25Km/h, 72Km/h et 50Km/h.

C/ Traitement des données.

1) Relevé topographique :

Les données du relevé ont été utilisées pour le calcul du IRI (International Index) topographique (IRIT) à partir du programme informatique établi par la Banque Mondiale.

2) Traitement des mesures effectuées au Bump Integrator :

Le traitement des mesures effectuées au Bump Integrator a permis d'aboutir aux quantificateurs suivants :

- Coefficient de planéité : RI
- Coefficient Internationale d'uni : IRIBUMP obtenu à partir de la corrélation établi lors de l'expérience internationale de l'uni.

3) Traitement des mesures effectuées à l'APL :

Le traitement des mesures effectuées à l'APL de 72 Km/h a permis d'obtenir les quantificateurs d'uni suivants :

- Note en petite longueur d'onde : OC
- Note en moyenne longueur d'onde : OM
- Note en grande longueur d'onde : OG

4) Traitement des mesures effectuées à l'APL importé :

Les traitements des mesures effectuées à l'APL aux vitesses de 72 Km/h ont fait aboutir aux quantificateurs d'uni :

- Coefficient CAPL 25
- Coefficient de planéité
- Quantificateur international d'uni IRIN obtenu directement à partir du signal APL : IRIN

Le tableau ci-dessous récapitule les différents quantificateurs d'uni utilisés dans le cadre de la présente étude.

Notation des quantificateurs

Quantificateur	Désignation	Appareil de mesure	V.Km/h
BUMP	Coefficient de planéité RI	BUMP	32
IRIBUMP	IRI obtenu par la corrélation recommandée par la Banque Mondiale	BUMP	32
OC	La note d'uni en petite longueur d'onde	APL	72
OM	La note d'uni en moyenne longueur d'onde	APL	72
OG	La note d'uni en grande longueur d'onde	APL	
CAPL	Quantificateur d'uni obtenu à partir de l'APL importé à la vitesse de 25 Km/h	APL	25
CP 2,5N	CP 2,5N obtenu par l'APL importé	APL	72
IRIN	IRI obtenu directement à partir du signal	APL	72
IRIT	IRI obtenu directement à partir du relevé topographique	Relevé topographique	

Le tableau ci-dessous récapitule les meilleurs corrélations entre les quantificateurs obtenus avec les équations de régression correspondantes.

Equations de regressions retenues

Quant.1	Quant.2	Coefficient correlation	Equation de regression
IRIT	BUMP	0,87926	$IRIT = 0,004212 \text{ BUMP } (0,8752)$
IRIT	OC	-0,8770	$LN(IRIT) = -0,1749.OC + 2,2826$
IRIT	OM	-0,8153	$LN(IRIT) = -0,1439.OM + 2,22197$
IRIT	CAPL	0,86500	$IRIT = 0,28256.CAPL + 0,2665$
IRIT	IRIN	0,90004	$IRIT = 0,9512 + 1,01135$
IRIT	CP25 N	0,90685	$IRIT = 0,07105 \text{ CP25N } + 1,10883$
IRIT	IRIBUMP	0,87949	$IRIT = 1,1410.IRIBUMP (0,98332)$
BUMP	OC	0,96745	$LN(BUMP) = -0,19384.OC + 8,88614$
BUMP	OM	0,90827	$LN(BUMP) = -0,16106.OM + 8,82632$
BUMP	CAPL	0,91527	$BUMP = 207,4706.CAPL (0,98749)$
BUMP	IRIN	0,96668	$BUMP = 1048,0609.IRIN (0,82886)$
BUMP	CP25N	0,97724	$BUMP = 112,8737.CP25N (0,85371)$
BUMP	IRIBUMP	1,00000	$BUMP = 635,5257 \text{ IRIBUMP } (1,12360)$
OC	OM	0,91253	$OC = 0,80759.OM + 0,41686$
OC	CAPL	-0,9184	$OC = -4,9457 \text{ LN}(CAPL) + 17,90734$
OC	IRIN	-0,9638	$OC = -4,1249 \text{ LN}(IRIN) + 9,75567$
OC	CP25N	-0,9646	$OC = -4,20578 \text{ LN}(CP25N) + 20,6816$
OC	IRIBUMP	-0,9674	$OC = -5,42529 \text{ LN}(IRIBUMP) + 12,0079$
OM	CAPL	-0,9236	$OM = -5,61984 \text{ LN}(CAPL) + 20,2575$
OM	IRIN	-0,9402	$OM = -4,5464 \text{ LN}(IRIN) + 10,8043$
OM	CP25N	-0,8981	$OM = -4,4246 \text{ LN}(CP25N) + 22,0188$
OM	IRIBUMP	-0,9082	$OM = -5,7553 \text{ LN}(IRIBUMP) + 12,9627$
CAPL	IRIN	0,965782	$CAPL = 5,74126 \text{ IRIN } (0,76121)$
CAPL	CP25N	0,92626	$CAPL = 0,84527 \text{ CP25N } (0,75)$
CAPL	IRIBUMP	0,89931	$CAPL = 4,05703 \text{ IRIBUMP } (0,95318)$
IRIN	CP25N	0,97949	$IRIN = 0,077015 \text{ CP25N } (0,99795)$
IRIN	IRIBUMP	0,96668	$IRIN = 0,621275 \text{ IRIBUMP } (1,26674)$
CP25N	IRIBUMP	0,97724	$CP25N = 8,240653 \text{ IRIBUMP } (1,25690)$

Conclusion

L'Expérience Internationale de l'uni, et les essais effectués par la Banque Mondiale montrent que les mesures d'uni à partir de divers appareils sont compatibles et peuvent être comparables. Le choix d'une échelle standard de l'uni exprimé en IRI (International Roughness Index) est le moyen de communiquer et d'évaluer ce quantificateur indépendamment des appareils des mesures.

L'étude menée par le CNER en utilisant les appareils de meure dont il dispose, a permis de dégager de très bonnes corrélations entre les divers quantificateurs d'uni provenant du Bump Integrator et de l'APL. Ainsi le quantificateur IRI peut être utilisé comme échelle standard commune aux deux appareils, offrant ainsi un premier avantage de quantification et de communication basées sur IRI, et un deuxième avantage pour une utilisation du matériel disponible.