

RELEVÉ DE L'ÉTAT DES ROUTES AU MOYEN D'APPAREIL DE MESURE D'UNI ET UTILISATION D'UN PARAMÈTRE POUR LA PROGRAMMATION DE L'ENTRETIEN ROUTIER PREVENTIF

par M^r DAHBI Abdelaziz
D^r Sc.

M^r GERARD LUC
Ing. Coopérant C.N.E.R.

1—Introduction

L'uni est, avec les caractéristiques de l'état de surface, l'un des paramètres les plus directement perceptibles par l'utilisateur. Il influe d'autre part sur le coût de circulation des véhicules. Sa relation avec le comportement structurel de la chaussée est plus difficile à mettre en évidence, mais il est clair qu'une relation existe entre l'évolution de l'uni est celle de l'état de la chaussée. Il ne faut donc pas s'étonner que certains pays et organismes aient fondé leurs méthodes de gestion du réseau sur ce paramètre.

Il existe pour sa mesure différents appareillages de même qu'il existe différents modes de traitement. C'est ce que nous examinerons dans la suite.

2—Définition de l'uni des revêtements routiers

L'Uni des chaussées est l'une des principales qualités superficielles essentielles qu'un réseau routier doit posséder. Pendant l'exécution de la chaussée et pendant sa vie utile le profil réel s'écarte de la ligne rouge établi par le projeteur et cela d'une manière plus ou moins aléatoire. Ces écarts sont dus :

- Soit à des défauts de réalisation
- Soit à des déformations des matériaux constituant la structure de chaussée sous l'effet de la circulation.

Ainsi on qualifie d'uni de chaussée, la régularité ou l'irrégularité de la surface de celle-ci. On dira qu'une chaussée a un bon uni si l'écart au profil théorique reste suffisamment faible. Le profil théorique dans ce cas est un profil moyen qui varie en fonction des caractéristiques de l'appareil de mesure.

3—Les appareils de mesure d'uni

3.1. Généralités :

La mesure de l'uni des revêtements de chaussées dépend de plusieurs paramètres dont nous citons :

- La nature des irrégularités longitudinales et transversales de la chaussée.

- La sensibilité plus ou moins grande des individus aux phénomènes vibratoires.
- Le principe de mesure des appareils
- La conception des véhicules

Les mesures d'uni effectuées sur la chaussée par les moyens actuels ne permettent pas d'intégrer à la fois tous ces éléments ils sont évalués :

- Soit indirectement par la cause, en cherchant à reconstituer le profil géométrique de la chaussée, par rapport à une référence qui est fonction du type de l'appareil de mesure.
- Soit directement par l'effet qu'il produit sur une roue circulant sur la chaussée, en mesurant les déplacements verticaux de celle ci.

Cette distinction nous permet de faire une classification des principaux appareils de mesure d'uni.

Il convient aussi de remarquer que les appareils de mesure d'uni sont divers et leur précision dépend de la longueur de la Bande passante en hertz de l'appareil. Ceci explique la conception des appareils pour des buts précis. D'ailleurs c'est l'un des problèmes posé pour l'interprétation des mesures et la comparaison de résultats de différents appareils.

Un véhicule qui roule à une vitesse V sur un profil présentant une dénivellation de longueur d'onde L se met en vibration à la fréquence $f = V/L$.

On obtient alors les valeurs suivantes :

Tableau : 1

Gamme des vitesses (Km/ h)	Longueur d'onde interessant la securité (m)	Longueur d'onde interessant le confort (m)
40 - 60	0,6 - 3,5	4 - 24
100 - 110	1,5 - 6	7,5 - 43
120 - 150	2 - 8	10 - 58
180 - 220	3 - 12	15 - 80

Dans la réalité ces fréquences sont amorties par les pneus et la suspension du véhicule. Ainsi, les petites longueurs d'ondes sont presque totalement amorties et les grandes longueurs d'onde ne sont ressenties qu'avec des vitesses de roulement assez élevées. Il reste la gamme de longueur d'onde qui varie entre 2 et 12 Hz

(3 - 20 m) qui provoque des vibrations non confortables pour l'usager et sa sécurité et qui augmentent fortement le coût d'exploitation des véhicules. Ces constatations apparaissent clairement dans la Norme Suisse de mesure d'uni (Grobe, 1969) qui distingue 2 vitesses de roulement et 3 longueurs de règle de mesure (Tableau 2). On peut remarquer aussi dans la deuxième partie du tableau un calcul de l'effet dynamique sur les véhicules calculé par Fiala (Grobe, 1969) par sa méthode approximative.

TABEAU 2

Valeurs limites de planéité (Norme suisse de 1969)							Effets Correspondants				
V	1	a	A ₂	A ₄	A ₈	h	f	b _s	b _f	k	P/F
	m	mm	mm	mm	mm	mm	Hz	m/S ²	m/S ²	-	%
144 Km/h = 42,2m/s	1	1	2				40	63,4	0,06	0,3	9
	6	2		3			6,7	3,5	0,8	12	11
	16	6			6		2,5	1,5	1,2	21	15
	32	8,5				+5 -12	1,2	0,5	0,5	9	8
72Km/h = 21,6 m/S	1	1,5	3				20	24	0,4	2,9	15
	6	2,7		4			3,3	1,2	0,7	12	9
	16	8			8		1,2	0,5	0,5	8,8	8
	32	10				+5 -15	0,6	0,15	0,15	2,8	2

A_2, A_4, A_8 : Dénivellations correspondant à une règle de 2, 4, 8 m de longueur

h : Ecart moyen des niveaux

f : Fréquence

b_s : Accélération sans amortissement

b_f : Accélération amortie

P/p : Diminution de pression des pneus

k : Coefficient de sensibilité

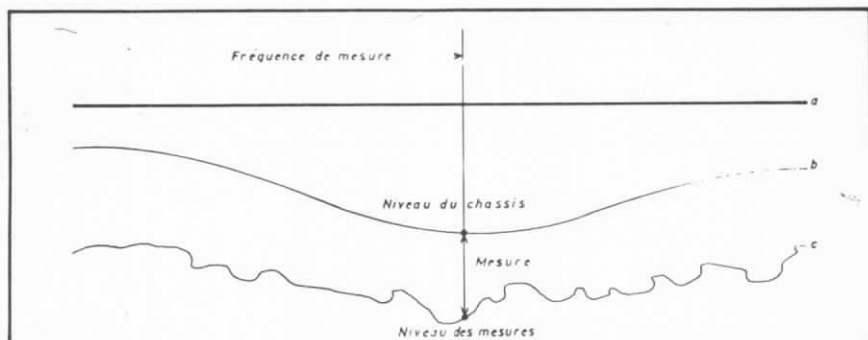
λ, a : Longueur d'onde et amplitude.

Dans ce qui suit nous donnons une description sommaire de quelques appareils de mesure utilisés pour les mesures du profil en long.

3.2. Appareils à référence géométrique

3.2.1. La règle de 3 mètres

Il s'agit d'une règle qui permet de mesurer la flèche d'une corde de 3 m au droit d'une dénivellation dont la longueur d'onde peut être inférieure ou supérieure à 3 m. On constate ici que les résultats sont indépendants de la vitesse à laquelle les essais effectués. La règle permet en générale de mesurer les dénivellées aléatoires dues à des conditions locales.



a : Profil en long théorique

b : Profil en long moyen

c : Profil en long réel

Fig 1 : Principe de fonctionnement des appareils de mesure d'uni.

La définition du profil moyen peut être faite si on considère une partie AA' du profil en long réel LL' dont la longueur de base est l. Le niveau moyen de la section AA' est alors :

$$y_m = \frac{1}{l} \int_A^{A'} y dx$$

Si on désigne par R le point de niveau au centre de la partie considérée AA', le profil moyen devient le lieu géométrique du point R, situé au centre de la base AA' à une altitude y , lorsque cette base se déplace sur la section LL' à considérer.

Il faut noter au passage que selon les pays il existe différentes longueurs de règles qui correspondent à des dénivellations de longueur d'onde précise.

3.2.2. Règles roulantes

Se sont des appareils à plusieurs roues qui permettent de mesurer la différence entre le profil moyen et le profil réel. C'est la gamme des appareils qui permet de mesurer les dénivellées périodiques dues en général à un mauvais réglage ou à une défectuosité du matériel de mise en œuvre. Ces déformations périodiques

sont les plus nuisibles pour les véhicules, car elles peuvent engendrer des phénomènes de résonance (HARDY, 1973).

En pratique nous nous trouvons en présence de trois profils comme c'est schématisé par la figure 1

- Le profil du revêtement enregistré par le palpeur des appareils mobiles.
- Le profil moyen rectifié par le chassis de l'appareil qui est le profil de référence.
- Le profil en long réel de la route.

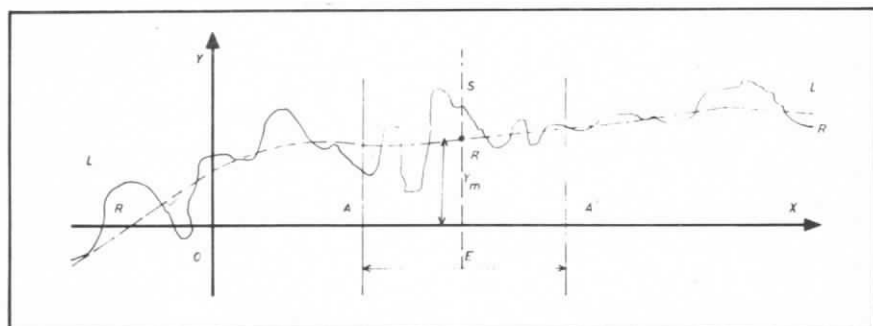


Fig 2 : Définition du profil moyen

Lorsque la longueur de base AA' est suffisamment élevée, le profil moyen coïncide presque avec le profil en long prescrit si l'on suppose que l'altitude est strictement respectée (Heleven 1981).

La fonction de transfert de ces appareils dépend de la longueur d'onde des irrégularités de surface et ne dépend qu'en partie de la vitesse à laquelle l'essai est effectué.

Dans cette gamme d'appareils on peut distinguer deux familles :

A—Règles roulantes à grande longueur

Dans cette catégorie on connaît le PROFILOGRAPHE DE CALIFORNIE et le VIAGRAPH LPC. Le principe de fonctionnement des deux appareils est le même à quelques différences de conception.

La comparaison des deux appareils est donnée par la figure 3 et le tableau 3 (NOLOT, 1971).

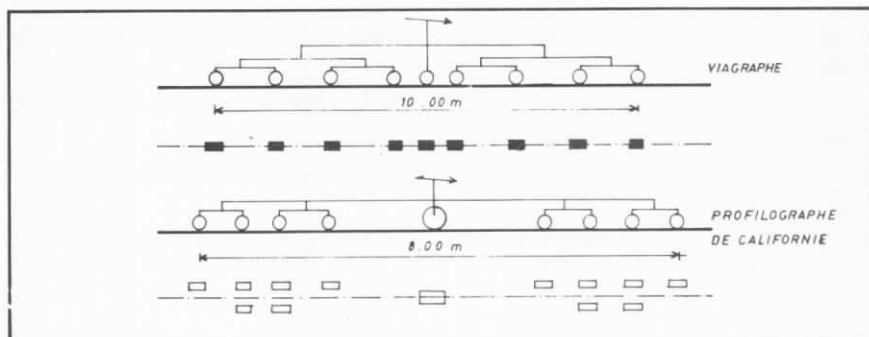


Fig 3 : Comparaison VIAGRAPHÉ - PROFILOGRAPHÉ

Tableau 3

CARACTERISTIQUES	VIAGRAPHÉ	PROFILOGRAPHÉ
1 - Longueur	10,00 m	8,00 m
2 - Système porteur	8 Roues en ligne equidistantes	2 Groupes de 6 roues aux extrémités
3 - Déplacement	Tracé par véhicule	Lent - opérateur à pied
4 - Depouillement	Graphique	Graphique
5 - Reglage	Nécessaire	Sans reglage

Il convient de remarquer que le viagraphe par sa conception de créer une ligne moyenne par l'étalement de ses huit roues sur la totalité de la longueur et par la possibilité de le tracter par véhicule offre une meilleure fiabilité et une bonne utilisation. Ces appareils présentent l'inconvénient d'être difficiles à manœuvrer, leur utilisation dans les courbures des profils en long et du tracé est limitée. Le dépouillement des graphiques est un travail fastidieux.

B—Règles roulantes de faible longueur

A notre connaissance il existe deux appareils : GALLOWAY de l'U.S.A. et le PLANOGRAPHE UT 02 de l'université polytechnique de Budapest - HONGRIE. Les deux appareils sont de 4 m de longueur et se démontent en trois parties transportables par un véhicule léger. La règle roulante est composée de 3 roues.

- 2 Roues de base
- 1 Roues palpeuse au milieu

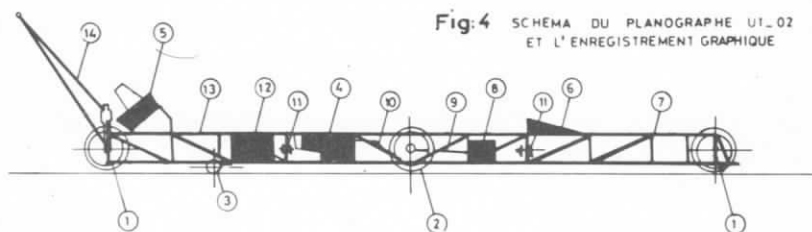
L'appareil est conçu pour les contrôles des travaux de chantier et la réception des revêtements de chaussées ainsi que pour l'étude des points singuliers. La fonction de transfert de cet appareil montre que les dénivellations ne sont prise en compte que pour la longueur d'onde inférieure à 8 m.

Le planographe UT-02 est équipé d'une électronique qui lui permet de :

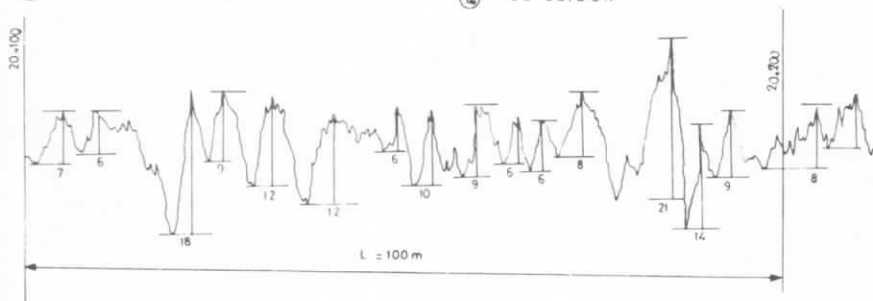
- Visualiser le nombre d'irrégularités chaque 100 m (cumul sur 10 m) dans les intervalles suivants : 4-7 m, 8-11 m, 12-15 m, ≥ 16 m
- Visualiser la vitesse de mesure
- Faire un marquage de peinture sur la chaussée pour des irrégularités limites (≥ 8 , ≥ 12 ou ≥ 16 mm)
- Donner un signal sonore chaque 100 m
- Enregistrer en continu les irrégularités sur papier millimétré.

La réception de l'uni des chaussées en Hongrie se fait par cet instrument (norme MSZ 07-3304-82) et l'utilisation de cumul chiffré des irrégularités facilite la tâche d'évaluation. Le papier millimétré est utilisé dans le cas de panne dans le système électronique ou pour les évaluations comparatives (fig. 4)

Fig.4 SCHEMA DU PLANOGAPHE UT-02 ET L'ENREGISTREMENT GRAPHIQUE



- | | |
|--|-------------------------------------|
| ① ROUE DE REFERENCE | ⑧ DISPOSITIF DE TRAÇAGE DE PEINTURE |
| ② ROUE PALPEUSE | ⑨ SUPPORT DE LA ROUE DE MESURE |
| ③ ROUE DE SUPPORT | ⑩ LEVIER ANGULAIRE |
| ④ INSTRUMENT DE MESURE ET D'ENREGISTREMENT GRAPHIQUE | ⑪ ECROU D'ATTACHE |
| ⑤ AFFICHAGE DIGITAL | ⑫ BATTERIE D'ALIMENTATION |
| ⑥ COMPTEUR DE VITESSE AVEC AFFICHAGE | ⑬ * POUTRE DE BASE |
| ⑦ DOUILLE D'ECARTEMENT | ⑭ LE GUIDON |



3.3. Appareils à référence inertielle

Ces appareils présentent tous par rapport aux appareils statiques l'avantage de permettre une plus grande facilité d'emploi et une vitesse de mesure nettement plus élevée. On peut distinguer ces appareils suivant leur fonction de transfert qui peut être connue (plate ou non) ou mal connue et dépend de plusieurs paramètres (appareillages montés sur véhicules classiques dont la fonction de transfert varie suivant le véhicule).

Nous décrivons ci-après deux appareils de ce type :

—Le profilomètre de la Général Motor Corporation : (léger, 1970)

L'appareil enregistre le mouvement de la masse de la remorque par un accéléromètre et le mouvement d'un ressort par l'intermédiaire d'un capteur de déplacement.

Soit x le déplacement de la masse par rapport à l'équilibre statique y l'élongation du ressort le profil de la chaussée à une référence horizontale quelconque s'écrit alors :

$$p = p_0 \int_0^t \int_0^t \ddot{x} dt^2 - y - V_0 t$$

On conçoit qu'un dispositif électronique soigné permet de déduire, des indications du capteur de déplacement et de l'accéléromètre, la valeur du profil de la partie plate de la fonction de transfert qui constitue la bande passante du système sera limitée vers les routes; celles de basses fréquences par la qualité de l'électronique associée et vers les hautes fréquences par la fréquence propre de la roue de mesure.

—L'analyseur de profil du L.C.P.C.

C'est un appareil qui a été réalisé d'après une idée russe (AFANASIEV, 1965) et comprend :

- Une roue palpeuse (R) et son bras (L) porte roue
- Une masse suspendue (M) créant une force d'application sur la roue, évitant son décollement par rapport au profil prospecté.
- Une référence de mesure composée d'un pendule horizontal.

Ces trois parties ont le même axe de rotation la mesure consiste alors à déterminer les déviations angulaires du bras porte-roue par rapport à la référence de mesure.

Pour que les oscillations du véhicule tracteur parcourant la chaussée ne perturbent pas la mesure, la position relative de (P) et de (L) doit être indépendante des mouvements du crochet d'attelage ou si l'on veut du centre de rotation commun O (voir figure 5). Cette condition de « découplage » mécanique s'obtient de la façon suivante (D. SADOUL, 1969) :

- Si l'on écrit l'énergie cinétique de la référence de mesure (pendule lent de masse m) soumise aux mouvements et avec:

α : oscillations du véhicule tracteur sur le même profil
 e : oscillations du véhicule tracé sur le même profil

En utilisant les équations de la grange

Il vient :

$$2T = m \left[A \left(\frac{dx}{dt} \right)^2 + B \left(\frac{de}{dt} \right)^2 + C \frac{d\alpha}{dt} \frac{de}{dt} \right]$$

La condition de découplages sera obtenue pour :

$$C \frac{d\alpha}{dt} \frac{de}{dt} = 0 \quad \text{qui entraîne } C = 0$$

Cette condition implique une géométrie particulière pour la référence de mesure. Des essais au blanc de vibration, ont montré que la condition du découplage est alors réalisée.

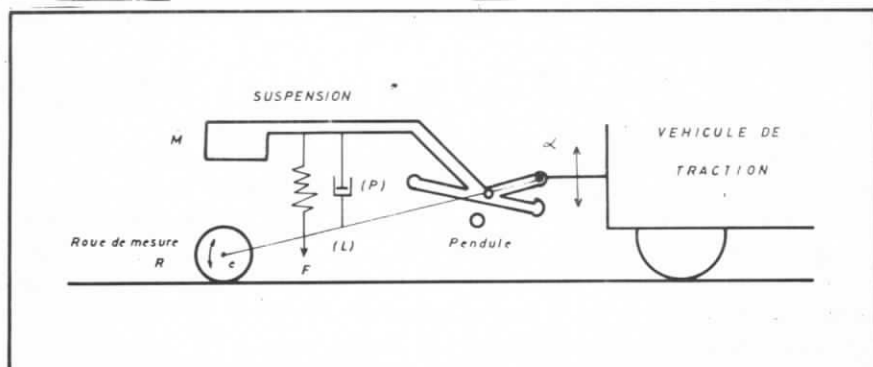


Fig. 5 : Schéma de l'analyseur de profil en long

3.4. Appareils à impulsions

La fonction de transfert de ces appareils est connue mais elle n'est pas plate. Dans cette catégorie on peut citer le Bump Intégrator du Bureau of public Roads aux U.S.A.

Cet appareil qui est de conception robuste permet de mesurer l'interaction entre un véhicule à une roue et la route. Il est composé de :

- Un châssis robuste pesant 350 kg.
- Une roue solidaire du châssis par l'intermédiaire de deux ressorts à lame unique.
- Deux amortisseurs
- Un câble liant la roue à un point du châssis ; ce câble est enroulé sur une poulie qui commande une tête magnétique d'un côté et un potentiomètre de l'autre côté. Les renseignements électriques sont donc transmis par ces deux appareils

soit à un enregistreur graphique soit à un compteur d'impulsion. Un autre compteur visualise le nombre de tour de la roue de mesure pour le calcul de la distance parcourue.

L'appareil permet ainsi de contrôler les moyennes et grandes longueurs d'onde de 1 m à 15 m et donne après le traitement de l'information, un indice moyen pour des sections de longueur variable. La méthode de traitement adoptée au Maroc sera décrite plus loin.

Nous avons donc pu voir qu'il y a une grande variété des appareils de mesure d'uni. Cette variété pose le problème important d'harmonisation des règles d'utilisation, des unités de mesure et des sections de mesure, qui devrait être résolu pour permettre une comparaison des performances des différents appareils de mesure d'uni.

L'appareil de mesure d'uni doit être adapté au problème que l'on cherche à résoudre et dans son utilisation être fiable et les mesures reproductibles.

Au Maroc on cherche à évaluer la qualité des chaussées pour trois objectifs :

- Satisfaire le confort et la sécurité de l'usager
- Faire des opérations rentables pour la collectivité
- Donner un support qui aide à la gestion du réseau pour l'administration.

Actuellement on est équipé d'un Bump Integrator et d'un Analyseur de profil APL-72. Le fonctionnement et l'expérience acquise avec ces deux appareils sera décrite au § 5.

4—Utilisation des mesures d'uni des chaussées

Dans les lignes qui suivent nous ne prétendons pas épuiser la question d'utilisation des mesures d'uni. Il s'agit là, en effet, d'un problème très vaste et assez complexe. Une description de l'utilisation de cet indice pour répondre aux trois objectifs mentionnés plus haut est nécessaire.

4.1. Applications des mesures d'Uni à la sécurité et au confort

4.1.1. Confort

Nombreux sont les chercheurs qui ont étudié les réactions humaines à des vibrations de fréquence et d'amplitude, données (Goldman, Helberg, Dirckman, sperling). Des résultats de leurs études on peut tirer les indications suivantes :

- Le seuil de perception du signal se situe entre 0,001 g et 0,015 g (g : accélération de la pesanteur)
- Le seuil de désagrément se situe entre 0,04 g et 0,1 g.

—La sensation devient intolérable et peut conduire à des désordres physiques pour des accélérations de l'ordre de 0,2 g.

Ces résultats sont valables pour des accélérations entretenues et pour une bande de fréquence s'étalant de 1 Hz à 50 Hz.

Des expériences ont été menées entre autres en R.F.A. par (SCHWADERER 1969) au LCPC (MEUNIER 1977) et en Hongrie (NEMESDY 1981) et permettent de donner un classement des routes en fonction du niveau de confort mesuré par des accéléromètre en plusieurs endroits dans le véhicules.

Le confort de l'usager est alors caractérisé par une fonctionnelle liée à la densité spectrale d'accélération verticale prise en un certain point du véhicule. Le critère est donc la détermination d'une certaine puissance absorbée par l'usager. On prendra donc comme critère de confort le coefficient A tel que :

$$A = \int_0^{\infty} \psi_v(\omega) |H_x(\omega)|^2 d\omega$$

avec $H(\omega)$: Fonction de transfert entre excitation route et accélération au niveau du siège.

En se basant sur le fait que les différents seuils d'inconfort en accélération sont relativement indépendant de la fréquence.

4.1.2. Sécurité

Les variations de la force dynamique verticale vont influencer sur l'adhérence longitudinale et transversale du véhicule. La variation de cette force est liée à une diminution de l'uni, c'est-à-dire à une augmentation de la densité spectrale du profil.

Lorsqu'un véhicule freine, la force mobilisée au sol (F) est égale au produit du coefficient de frottement longitudinal (μ) entre la roue et le sol, par la force verticale exercée par la roue sur le sol (R).

$$F = \mu \cdot R$$

Lorsque la roue se déleste (force dynamique négative) la force de freinage qu'elle diminue, alors que le couple au frein reste constant, ce qui provoque un ralentissement de la roue et à la limite un blocage.

Lorsque le véhicule suit une trajectoire courbe (virage) on sait que le coefficient de frottement transversal nécessaire pour fournir une réaction à la force centrifuge est une fonction de l'envirage du pneumatique croissant jusqu'à des valeurs de 7 à 15°.

Une variation aléatoire de l'effort dynamique exercé par la roue sur le sol, entraîne pour un braquage constant, une oscillation de la trajectoire du véhicule autour de la trajectoire idéale.

On peut conclure alors, que la variation de la force d'application des roues sur la chaussée peut entraîner une chute de la

réaction de freinage disponible, un blocage des roues lorsque le glissement est amorcé, et en virage, une variation aléatoire de l'angle de dérive obligeant le conducteur à corriger sa trajectoire. On rappelle que la fréquence maximale à laquelle un être humain peut corriger un phénomène est de l'ordre de 3 Hz.

D'après l'expérience française il a été constaté (LUCAS, 1980) que :

- La distance d'arrêt peut augmenter de 30 % lorsque l'uni décroît de « très bon » à « très mauvais », dans la gamme des longueurs d'onde inférieures à 13 mètres.
- Sur autoroute, le taux d'accidents passe de 33 à 80 pour 10^8 véhicules par an par km lorsque l'uni décroît de « très bon » à « moyen ».
- Certains défauts localisés suffisent pour provoquer un décollement des roues du véhicule.

4.2. Applications des mesures d'uni pour l'établissement d'un diagnostic du réseau

On peut constater deux tendances :

A—Définition d'un indice global de viabilité

B—Intégration de la note uni comme élément d'appréciation.

A• Pour la première tendance, depuis l'essai AASHO en 1961, certains pays comme la Belgique, la Hongrie, la Suisse, la Yougoslavie utilisent ou utilisaient pour l'évaluation de leur réseau routier, un indice global de viabilité (PSI Présent Serviceability Index) à partir de la mesure d'uni obtenue avec le profilomètre AASHO ou le Bump Intégrator. La formule de calcul a été adaptée ainsi que les seuils d'appréciation ont été évalués selon les cas des pays.

— Formule du PSI de l'essai AASHO

C'est une combinaison mathématique de valeurs déterminées à partir de certaines mesures, physiques, sur l'état superficiel des chaussées.

chaussées souples :

$$PSI = 5,05 - 1,91 \log (1 + \overline{SV}) - 0,01 \sqrt{C+P} - 1,38 \overline{RD}^2$$

chaussées rigides :

$$PSI = 5,41 - 1,80 \log (1 + \overline{SV}) - 0,03 \sqrt{C+P}$$

où :

$\overline{SV}$: Variance de la pente dans les deux frayées de roues, mesurée au profilomètre AASHO ou Chloé.

$C + P$: Mesure de la fissuration et de l'étendue des réparations exprimée en parties pour 1.000 de surface revêtue.

$\overline{RD}$: Mesure de la profondeur d'ornièrè dans les frayées de roues.

Les notations du PSI se font comme suit :

P S I	APPRECIATION
0 - 1	très mauvais
1 - 2	mauvais
2 - 3	passable
3 - 4	bon
4 - 5	très bon

—Expérience de la Belgique

Le service Infrastructure des Routes de Belgique, pour l'entretien de son réseau, fait le relevé de l'état des routes au moyen du Bump Intégrator, et utilise une formule dérivée du PSI de l'essai AASHO (formules en unités métriques simplifiées).

chaussées souples :

$$\text{PSI} = 11,683 - 3,90 \log \text{RI}$$

chaussées en béton

$$\text{PSI} = 12,846 - 4,27 \log \text{RI}$$

Cet indice de viabilité est calculé pour des tronçons de 500 m. L'échelle d'appréciation est la suivante :

$\text{PSI} > 3,5$: très bon
 $3,5 > \text{PSI} > 2,5$: bon
 $2,5 > \text{PSI} > 1,5$: médiocre
 $< 1,5$: mauvais

Si le $\text{PSI} < 2$ la route doit être réparée

Si le $\text{PSI} < 1,5$ réfection ou renouvellement de la route.

Depuis 1967 ce service établit des cartes d'état du réseau routier en s'appuyant sur ces indices.

—Expérience de la Yougoslavie

L'Institut de Génie civil utilise depuis longtemps le Bump Intégrator pour évaluation d'un indice de viabilité du réseau routier. La formule utilisée est :

$$PSI = 5,00 - 0,015 RI - 0,140 \log RI$$

Cette formule d'après les expériences de cet institut offre une corrélation satisfaisante est le critère adapté est le suivant :

R I (cm / Km)	Appréciation de l'uni	Confort
95	non déformé	très bon
118	satisfaisant	bon
116	peu déformé	
229	déformé	moyen
300	très déformé	
521	inacceptable	mauvais
		très mauvais

—Expérience du TRRL

Le laboratoire anglais (Transport and Road Research Laboratory) effectue depuis longtemps des mesures au Bump. Le critère adopté par ce laboratoire donne six catégories d'uni :

Catégorie	R I cm / km	Appréciation uni
1	RI < 159	très bon
2	159 < RI < 198	bon
3	198 < RI < 238	moyen
4	238 < RI < 284	mediocre
5	284 < RI < 318	mauvais
6	318 < RI < 397	très mauvais

—Modèle HDM

Le modèle HDM (Highway Design and Maintenance standards Model) est un modèle qui est fait pour étude économique des projets routiers pour pays en développement. Ce modèle qui sera détaillé dans le chapitre suivant - utilise une autre classification des valeurs RI :

R I (mm / km)			RI moyenne(mm)	Appréciation
1 500	-	2 500	2 000	Bon
2 500	-	3 500	3 000	Moyen
3 500	-	4 500	4 000	Mediocre
4 500	-	6 500	5 500	Mauvais
6 500	-	9 000	8 000	Precaire

B• En ce qui concerne la deuxième tendance on trouve la France, contrairement aux autres pays, ne détermine pas un PSI, mais intègre la note d'uni obtenue à partir de mesures APL, comme élément d'appréciation, dans l'objectif d'entretien assigné.

Pour définir les besoins en entretien on peut se baser sur les mesures du PSI en attribuant à chaque valeur limite de PSI une nature d'entretien pour répondre aux objectifs suivants :

- Conserver et adapter la structure
- Conserver les conditions générales de sécurité et de confort
- Conserver les qualités superficielles intrinsèques des revêtements.

La méthode Française répond à ces trois objectifs par la caractérisation de l'état de la chaussée en considérant une série d'indicateurs d'état quantifiés :

- Déflexion
- Uni
- Adhérence
- Dégradations

4.3. Applications des mesures d'uni pour la construction et l'entretien routier

La gestion d'un réseau routier est une tâche complexe qui dépend de plusieurs facteurs. Jusqu'à présent de nombreux travaux de recherche ont été effectués en U.S.A., en Europe et en Australie sur le comportement des chaussées à normes élevées alors qu'on a fait que peu de travaux pour les chaussées à caractéristiques

inférieures, dont celles des pays en développement. Dans ce domaine le modèle HDM de la Banque Mondiale tente d'apporter des éléments de réponse.

HDM qui est un modèle de prévision du coût total pour la collectivité, et du coût à l'utilisateur, concernant la construction et l'entretien des routes est composé de cinq sous-programmes (SP) :

- SP de prévision de trafic
- SP de prévision de construction
- SP de prévision des dégradations et de l'entretien
- SP de prévision du coût d'utilisation des véhicules
- SP de prévision des coûts et bénéfices exogènes.

Le sous-programme de prévision des dégradations et de l'entretien détermine l'état de surface de la route à partir des paramètres initiaux de conception, de l'état de celle-ci, du volume et de la composition du trafic, du climat et de la politique d'entretien. Les dégradations peuvent être déterminées, pour les chaussées revêtues ou non et **s'expriment en termes d'uni mesuré au Bump Intégrator et de profondeur d'ornièrè**. Ce sous programme traite de deux structures :

- Routes en terre
- Routes avec enduit superficiel bicouche et couche de base stabilisée au ciment.

On sait qu'au Maroc on ne construit pas de route en terre, même pour les routes économiques (Mesiane, 1983) et que les structures avec couche de base stabilisée au ciment n'existe que sur quelques kilomètres de la RP 2. Ceci fait du programme HDM étudié pour des conditions d'un pays d'Afrique de l'Est (Kenya) un modèle pour qu'il soit applicable nécessite une adaptation à chaque pays en fonction du trafic et compte tenu des conditions locales de ce pays (voir une communication donnée à ce sujet). Il convient à ce sujet de noter que pour ce modèle et les modèles anglo-saxons, l'uni mesuré au Bump Intégrator (ou avec des appareils similaires), constitue une caractéristique primordiale et déterminante pour la définition de la viabilité et la remise en état des chaussées.

5—Expérience marocaine dans le domaine de mesure d'uni et approche d'une définition de méthodologie d'entretien préventif :

Au Maroc, le cahier des prescriptions communes pour les travaux routiers courant en vigueur prescrit l'utilisation de la règle de 3 m à toutes les phases des travaux, à savoir :

—Travaux de terrassements :

Remblai et déblai en rocher et en terrain meuble :

- Profil de la plate forme ± 3 cm
- Profil de la plateforme devant recevoir une couche de forme prévue au CPS ± 5 cm
- Talus non revêtus ± 10 cm

—Structure de chaussée :

Nature	Type de mesure	COUCHE DE (cm)				FREQUENCE
		fondation	base	liaison	roulement	
Assises non traitées	sens longitudinal	± 3	$\pm 1,5$	-	-	Une mesure tous les 100 ml
Assises traitées	sens longitudinal	-	$\pm 1,5$	$\pm 0,8$	$\pm 0,5$	Chaque jour et en fin de chantier et à chaque emplacement désigné par l'ingénieur Subdivisionnaire
	sens transversal	-	± 2	± 1	$\pm 0,7$	

On ne sait pas très bien si ce genre de mesure est effectué ou non. Un mode opératoire doit préciser la mesure la fréquence et la présentation de ces mesures.

L'uni transversal (mesuré par transversoprofilographe) est une mesure qui n'est effectué que sur des tronçons expérimentaux. Il faut signaler en passage que le L.P.E.E. avait acquis un viagraphpe avec lequel des mesures, ont été effectué sur tronçons expérimentaux et sur une section de l'autoroute qui présentait des problèmes d'uni à cause de la mise en œuvre.

Un effort doit être fait dans ce domaine pour donner au service gestionnaire un outil simple à manipuler et à transporter et fiable dans ces mesures pour pouvoir suivre les travaux et réceptionner les chantiers.

Le C.N.E.R. depuis une année est équipé de deux appareils de mesure qui sont destiné à faire des mesures systématiques à grand rendement mais selon les besoins on peut les transformer en mesures ponctuelles pour réception des chantiers. Il s'agit d'un Bump Intégrator et d'un APL-72. Dans ce qui suit nous donnons un résumé des travaux effectués cette année avec ces deux engins.

5.1. Bump intégrator

Le principe de mesure de l'appareil est basé sur la comparaison des déplacements verticaux relatifs de la roue de mesure par rapport au châssis porte roue. Ces mouvements sont transmis sous deux formes :

a) Sous forme de pulsation par l'intermédiaire d'une tête magnétique qui se trouve dans un petit tambour rotatif solidaire. Le mouvement de cette tête est transmis à l'aide d'un câble métallique souple qui relie l'axe de la roue à ce tambour. Un ressort circulaire à l'intérieur du tambour assure une tension constante sur le câble. Le mouvement vertical relatif est ainsi transformé en une rotation du tambour et par la suite à une ouverture et fermeture de la tête magnétique. Les pulsations sont ainsi enregistrées.

b) Sous forme de variation du courant par l'intermédiaire d'un potentiomètre à 10 tours. Le même principe décrit en « a » est utilisé pour transformer le mouvement vertical en variation du courant. Cette variation du courant permet de tracer en continu les déformations verticales de la route.

Il convient de remarquer que pour un usage courant et à grand rendement, on utilise essentiellement les informations données par le compteur d'impulsion et que l'enregistrement graphique ne sert qu'à localiser les caractéristiques des tronçons et de connaître les longueurs d'ondes des déformations. Ceci peut être envisagé pour le contrôle de réception des chantiers.

La distance parcourue est également relevée par un compte tours indiquant le nombre de tours de la roue de mesure.

5.1.1. Calcul du coefficient de planeité :

Chaque impulsion transmise par la tête magnétique correspond à un déplacement vertical de valeur bien déterminée.

Le coefficient de planeité « RI : Roughness Index » est la somme de tous les déplacements verticaux de la roue de mesure par rapport au châssis.

La valeur du coefficient par 100 m est donnée par la formule suivante :

$$RI = \frac{100 \cdot a \cdot n}{2L}$$

où :

a : est la valeur de l'unité d'impulsion de l'appareil utilisé.

n : est la valeur du nombre d'impulsions relevées sur une longueur déterminée « L » en mètre.

La valeur du coefficient de planeité est donnée en mm/km et correspond à la somme des déplacements verticaux rapportée à la distance parcourue. Dans nos campagnes cette valeur est calculée chaque 500 m.

5.1.2. Chaîne de traitement informatique du C.N.E.R. :

Pendant les mesures un opérateur relève les valeurs d'impulsion et le compteur de longueur à partir de l'appareil placé dans le

véhicule de traction. Il procède au même temps à un relevé visuel qui sert à localiser les sections et aide à l'interprétation des résultats. Ces renseignements sont indiqués sur des fiches types.

Le premier programme de la chaîne de traitement est le programme de saisie. La saisie de données se fait à partir des consoles de l'ordinateur. Le programme stocke ces valeurs dans des fichiers prêts à traiter.

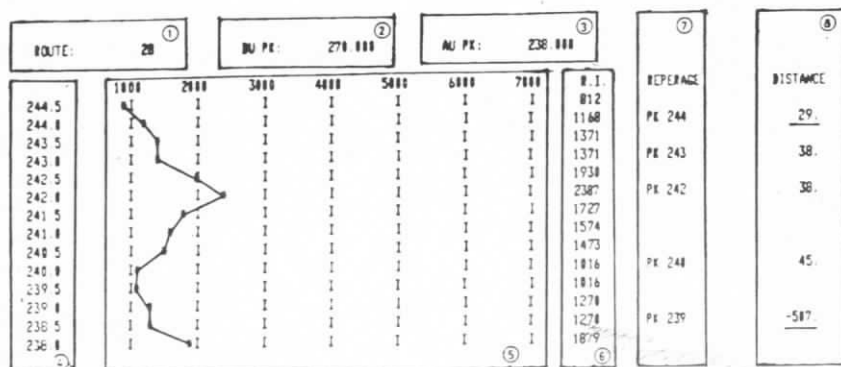
Le programme de traitement calcule les coefficients de planéité chaque 500 m et imprime les résultats sous forme graphique en indiquant les points repères et leurs distances à partir de la dernière mesure (figure 6).

Un autre programme de la chaîne cumule les valeurs du coefficient de planéité sur toute la longueur d'une section et calcule et imprime un histogramme de répartition de ce coefficient. Au même temps il conserve ces données sur fichier pour calculer à la fin du traitement de toutes les routes un histogramme global de l'ensemble des routes auscultées.

Un programme « CARTO » nous permet à partir des fichiers du coefficient de planéité de tracer une route du territoire national en indiquant avec des couleurs différentes les valeurs de coefficient de planéité.

1—Interprétation des listings

fig. 6



- 1—Numéro de la route
- 2—PK début des mesures
- 3—PK fin des mesures
- 4—Point kilométrique donné par l'appareil (pas de mesure 500 m)
- 5—Représentation graphique des résultats
- 6—Indice de planéité (RI) calculé par troncçon de 500 m
- 7—Les points de repère (Borne kilométrique)
- 8—Distances des points repère par rapport au point kilométrique donné par l'appareil

exemple :

- + 29 : signifie que la borne 244 est située à 29 m après la mesure de l'appareil au PK 244,0.
- 507 : signifie que la borne 239 est située à 507 m avant la mesure de l'appareil au PK 238,5.

L'ensemble de ces résultats est conservé sur fichier prêt à être stocké dans la Banque de données Routières du C.N.E.R.

Pour des traitements rapides nous utilisons un microordinateur portable (Epson Hx-20) qui permet de faire la saisie et le traitement à la fin des mesures in-situ. Au même temps les valeurs initiales du Bump sont stocké sur minicassette de cet ordinateur pour des traitements ultérieurs.

Les résultats de la campagne de cette année 1983 sur près de 4.500 km nous a permis de faire une idée sur l'état de notre réseau routier principal. On se basant sur le résultat des calculs statistiques de la figure 7 et 8, on peut dire que notre réseau est « assez bon » du point de vue uni. Seulement (37,1 % des valeurs RI sont supérieurs à la valeur de 3.500). Cependant l'interprétation de ces résultats et **le calage des seuils** reste un travail à faire sur les bases de données de notre réseau et nos conditions locales. **Le danger d'une adaptation de seuil** des pays étranger peut se résumer par les figures 9 à 13 données en annexe. On peut remarquer par exemple que pour la catégorie « Bon » et la catégorie « Mauvais » le réseau national marocain présente :

Mauvais	Bon	Critère
20,1 %	43,6 %	BCEOM (classe A)
7,6 %	39,5 %	HDM
27,6 %	24,8 %	RFA
19,2 %	26,2 %	Belge
55,3 %	23,7 %	TRRL

INTEGRATEUR DE CHOCS - ROUTES PRINCIPALES - 1983

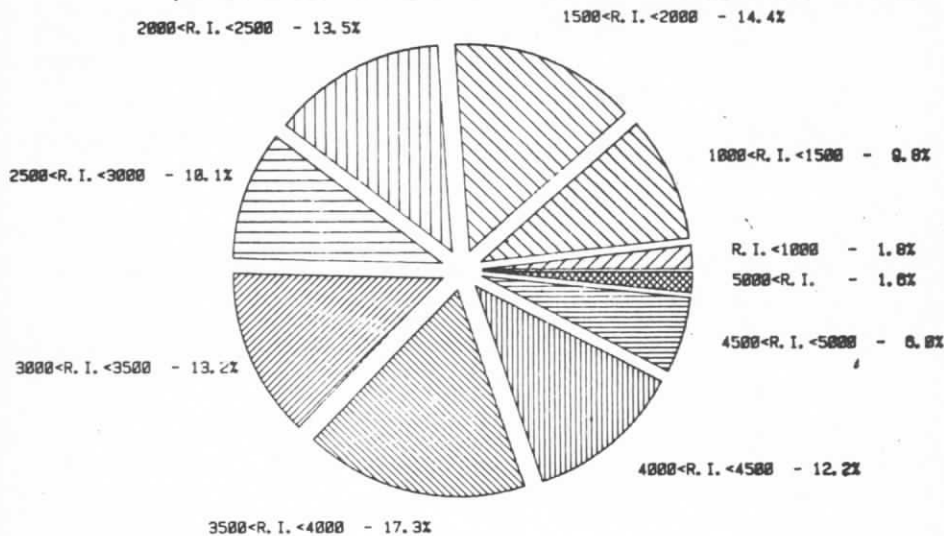


FIG. 47

INTEGRATEUR DE CHOCS - AUTOROUTE - 1983

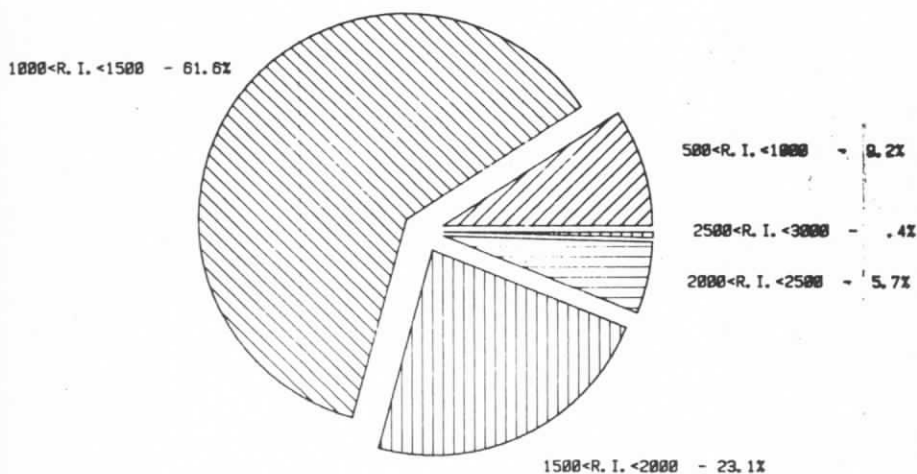


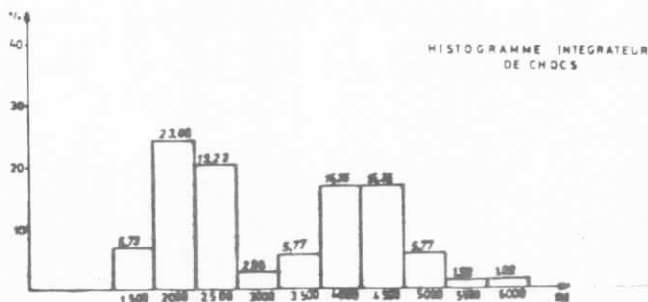
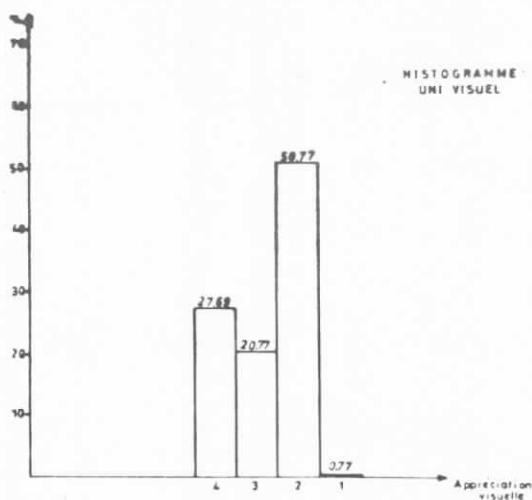
FIG. 8

Nous avons entrepris une étude de comparaison des valeurs uni Bump Integrator et des appréciations visuelles de 8 sections de routes. Ceci nous a permis de trouver une correspondance claire et nette entre ces deux variables. Un exemple de la RP 38 est donnée par la figure 14.

Nos recherches dans ce sens sont en cours, ce qui empêche de vous en communiquer les résultats.

RP.38

PK 52 - PK 0



5.2. APL-72

C'est un appareil qui a été conçu pour effectuer des mesures systématiques sur le réseau routier français (10.000 km de mesures par an) (Autret, Boulet, 1983). Le principe de mesure a été décrit dans le chapitre 3.3. Au cours de cette année nous nous sommes intéressés au traitement et à l'élaboration de programmes informatiques.

Le signal enregistré par l'APL peut être traité de différentes manières. Il représente en quelque sorte le profil dynamique de la route. Si on considère le profil réel de la route, on peut lui assigner une fonction inconnue $x(t)$. La fonction de transfert de la chaîne de mesure peut être représentée par une autre fonction $Y(t)$. Le signal enregistré sera donc le résultat d'une transformation linéaire du signal qui résulte dans un signal mesuré $F(t)$. C'est ce signal qui sera traité.

Pour l'APL 72 nous connaissons deux types de traitement en application actuellement :

- Une approche française utilisant les densités spectrales
- L'approche belge assimilant le signal APL en quelque sorte un signal viagraphie

5.2.1 L'approche française

On utilise un calculateur analogique qui procède comme suit :

Le signal APL est injecté dans une batterie de trois filtres en parallèle :

Un filtre grandes ondes, ondes moyennes, petites ondes. Ainsi, le signal est divisé en trois gammes qui correspondent aux longueurs d'ondes de 1-3,3 m / 3,3 / 13 m / 13-40 m. En admettant que le véhicule a fait les mesures à une vitesse, constante de 72 km/h.

Ensuite chaque signal est élevé au carré et intégré sur une longueur fixe (200 m).

On dispose donc de trois valeurs du type

$$E \approx \int_0^T |F(t)|^2 dt$$

Ceci est la représentation de l'énergie spectrale contenue dans chaque bande.

Dans une première approche, en France le signal était traité sur un calculateur analogique qui donnait en sortie des courbes de densité spectrale.

Avec ces courbes des niveaux d'énergie ont été défini pour les trois gammes (1-3 m / 3-13 m / 13 m / 13-40 m). Des « classe d'uni » ont été par la suite affectée à chaque gammes d'onde :

Classe d'uni	CANALIS BONDÉS			Appréciation
	1-3,3 m	3,3-13 m	13-40 m	
10	12	4	14	TRES BON
9	26	26	51	
8	48	66	110	
7	84	130	203	
6	144	235	370	
5	240	400	595	
4	400	640	950	
3	660	1020	1540	
2	1080	1650	1850	
1				TRES MAUVAIS

A présent on compare les valeurs obtenus par le système de filtrage et d'intégration embarqués dans le véhicule à ces niveaux pour affecter la note correspondante au tronçon mesuré.

Si on connaît l'énergie spectrale on peut aussi introduire la notion de demi-flèche qui représente une route équivalente en ondulation de hauteur f qui ne sera probablement pas dépassée sur la route réelle.

Cette approche permet un traitement immédiat dans le véhicule de mesure, grâce à un micro-ordinateur embarqué (chaîne de traitement française avec microordinateur Apple II).

Les résultats des mesures faites par notre APL sont présentés en annexe 1.

Le signal $F(t)$ est en même temps enregistré sur bande magnétique. On dispose donc de l'ensemble des mesures pour effectuer éventuellement un traitement ultérieur.

Une critique peut être faite à cette approche surtout dans le contexte de notre pays :

- Comme la chaîne de traitement comprend des filtres analogique la vitesse de mesure doit être maintenue quasi. Constante sur tout le trajet. Si on ne respecte pas cette contrainte, une grande partie des résultats sera rejeté.

5.2.2. L'approche belge

Le signal APL est enregistré sur bande magnétique et traité au laboratoire.

Après mesure, la bande est lue et via au convertisseur A/D le signal est échantillonné à distance fixe, la valeur e_i (V) du signal est converti en une dimension métrique (mm) a_i en utilisant le rapport amplitude/ signal de l'APL.

Ensuite les valeurs a_i sont lissés sur un tronçon de longueur L (J) mesures (Base)

$$A_L = \frac{1}{J} \sum_{k=0}^{J-1} a_k$$

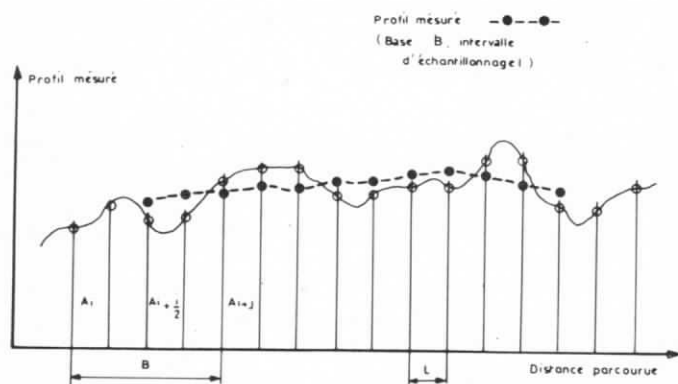
Ceci représente le profil moyen à hauteur du point J/2. On calcule maintenant l'écart entre a et A en valeur absolue S

On glisse la base d'un point et on procède au même calcul pour couvrir une zone égale à la longueur du tronçon standard sur lequel on définira le coefficient de planéité : CP

$$CP = \left[\sum_{j=1}^n S_j * \frac{L}{n} \right] * \frac{1}{L}$$

On définit donc le CP comme une surface (mm²) par unité de longueur (km). Cette surface a un facteur d'échelle près est la surface entre le signal APL et le profil moyen de ce signal pour une base donnée.

En Belgique on utilise des bases de 2,5, 10, 40 m (fig. 14).



$$i = 1, 2, \dots, n$$

$$J = \frac{B}{L}$$

$$\bar{A}_i + \frac{1}{2} = \frac{1}{J+1} \sum_{k=0}^J A_{i+k}$$

fig. 14

PROCESSUS DU CALCUL DE LA MOYENNE GLISSANTE
REALISE SUR LE SIGNAL DU PROFIL MESURE

(CRR 1981)

Ce traitement n'est pas très rapide mais peut être rendu indépendant de la vitesse de mesure puisqu'aucun élément analogique n'est utilisé. Aussi, le choix des bases de lissage reste totalement libre.

La transformation que subit le signal APL par ce traitement digital restitue des CP qui ne sont pas cumulatifs ce qui signifie qu'on ne réalise pas un filtrage parfait pour les différentes gammes d'ondes.

Les résultats sont présentés sous formes de graphiques et d'histogrammes en annexe 2 et 3.

Au C.N.E.R. on dispose actuellement d'une version APL-72 sans chaîne de traitement selon l'option française.

Une chaîne d'exploitation selon le procédé belge est fonctionnelle. Un exemple de sortie est donnée en annexe 4.

En même temps nous travaillons, en collaboration avec l'EMI sur un procédé de filtrage digital qui devrait nous permettre de traiter le signal APL, de le filtrer et de rendre le traitement compatible avec des vitesses variables.

Aussi à t'on construit un interface d'échantillonnage du signal APL à des distances variables.

Ceci nous permettra de varier les traitements pour des nécessités de recherche et d'utiliser la même chaîne informatique pour faire des traitements APL 25 pour les buts de contrôle de chantiers.

Le traitement APL 25 consiste à mesurer à une vitesse de 6 m/sec. Et de cumuler les écarts mesurés par l'APL chaque 0,25 m sur une distance de 25 mètres. Un exemple du traitement APL-25 est donnée en annexe 5

5.3. Approche d'une définition de méthodologie d'entretien préventif :

5.3.1. Principe :

Les études effectuées sur la mesure d'uni ont montré que l'uni **est un bon indicateur de déformation d'une chaussée**. Cette constatation admise par la plupart des pays (OCDE, AIPCR) offre la possibilité d'envisager l'utilisation de ce paramètre pour la détermination des besoins en entretien.

Les moyens disponibles dans notre pays pour résoudre ce problème ne permettent pas l'utilisation systématique de plusieurs appareils de mesure (défléctographe, APL, Bump,...). On a donc un choix à faire entre les appareils de mesure pour établir un diagnostic relativement rapide en vue de l'entretien routier.

Si on connaît le coût de l'auscultation pour différents appareils (pour 1 km : Bump = 53 DH, APL-72 = 173 DH, Déflécto = 570 DH) et leur capacité, de mesure : (déflécto : 2 km/h, APL : 72km/h, Bump : 32 km/h) on s'aperçoit vite qu'il faut s'orienter plutôt vers l'utilisation du paramètre uni.

Cependant il faut rappeler que les mesures d'uni à elles seules ne peuvent apporter une réponse satisfaisante à ce problème, car dans le comportement d'une chaussée, il y a une interaction de plusieurs paramètres.

La méthode du relevé visuel qu'on a développé au C.N.E.R. constitue un support à partir duquel, il devient possible d'analyser en connaissance de cause, les variations de l'uni.

La méthodologie d'auscultation du réseau national doit être bâtie autour des paramètres suivants :

- Relevé visuel annuel
- Mesure de l'uni en continu
- Détermination des priorités
- Opérations d'investigations

5.3.2. Mesure de l'uni

Dans ce domaine nous avons les moyens d'opérer systématiquement sur l'ensemble du réseau national. Le Bump Intégrator instrument robuste et dont le coût d'utilisation est de trois fois inférieur à celui de l'APL constitue la base de cette opération. L'APL appareil sophistiqué offre cependant plus de possibilité pour les besoins des études et recherches que nous menons au Centre et son utilisation pour des besoins de routine ne peut être envisagée qu'après une connaissance approfondie de ses capacités et mesures.

La mesure d'uni doit être faite systématiquement deux fois par an pendant la saison sèche et humide. Pour le suivi du réseau nous avons fixé la position de la roue de mesure au milieu du véhicule tracteur et les mesures seront faites toujours sur les mêmes traces. Le relevé visuel effectué en même temps que les mesures d'uni facilite leur repérage.

5.3.3. Détermination des priorités

L'auscultation effectuée avec le relevé visuel et la mesure d'uni constitue un premier classement des tronçons basé sur des considérations techniques. La prise en compte de la politique d'entretien du pays et des réalités budgétaires économiques et sociales permettent d'adapter ce classement et de déterminer les priorités à prendre en considération.

5.3.4. Opérations d'investigations

Il s'agit d'une auscultation plus fine et partant plus coûteuse des sections sélectionnées en première priorité. On utilise alors la mesure du comportement mécanique, la déflexion. Cette mesure qui est une des données de base des modèles du dimensionnement des chaussées ne peut être utilisée seule ; on doit procéder à une évaluation d'état par des sondages et le relevé de dégradations. Les informations historique des routes basé de donnés SELSY du C.N.E.R. nous permet d'avoir des informations complémentaires trafic, sol, climat, dates et natures d'interventions, etc... La méthode préconise :

- Un relevé de dégradation de tout le tronçon considéré
- Des mesures de déflexion en continu avec le déflectographe Lacroix. Si la section est longue on procède à un échantillonnage en se basant sur l'historique et le relevé des dégradations.
- Une auscultation pathologique par des sondages.
- Le nombre de sondage doit être déterminé après consultation du fichier informatique de l'historique de la section et après les mesures de déflexion.

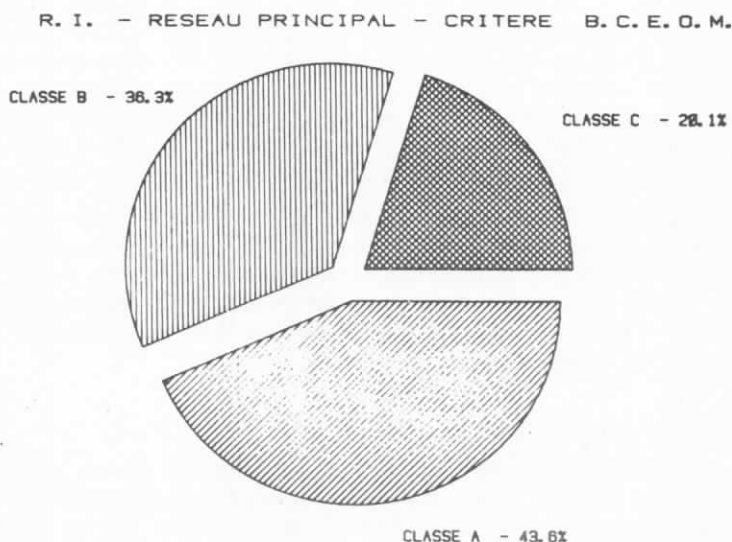


FIG. 8

R. I. - RESEAU PRINCIPAL - CRITERE H. D. M.
BON - 39.5%

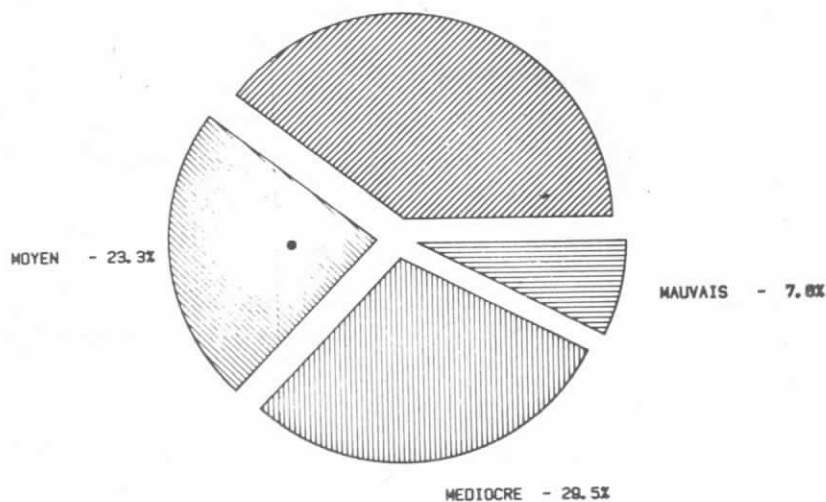


FIG 10

R. I. - RESEAU PRINCIPAL - CRITERE RFA

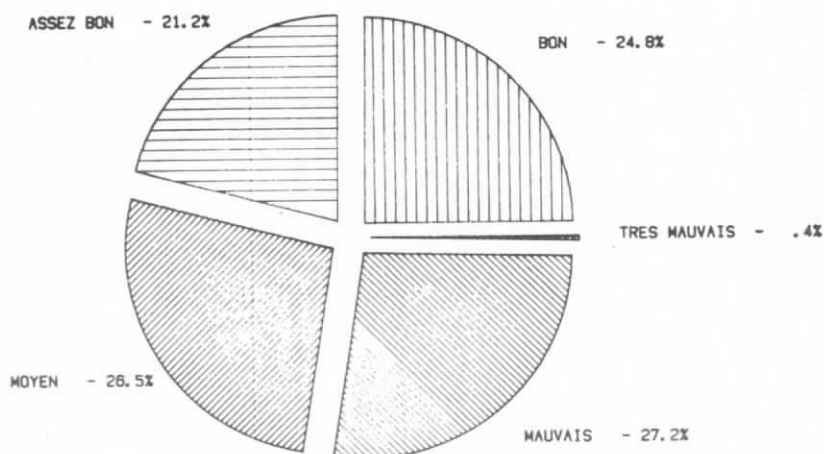


FIG 11

R. I. - RESEAU PRINCIPAL - CRITERE BELGE
BON - 26.2%

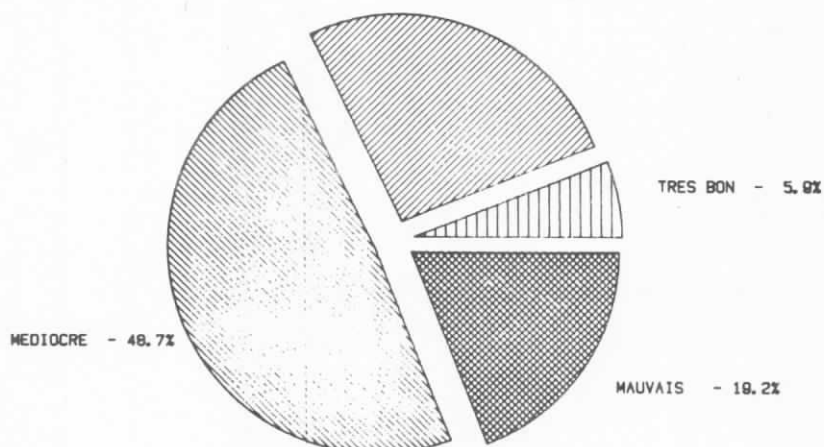


FIG. 12

R. I. - RESEAU PRINCIPAL - CRITERE TRRL
TRES MAUVAIS - 28.9%

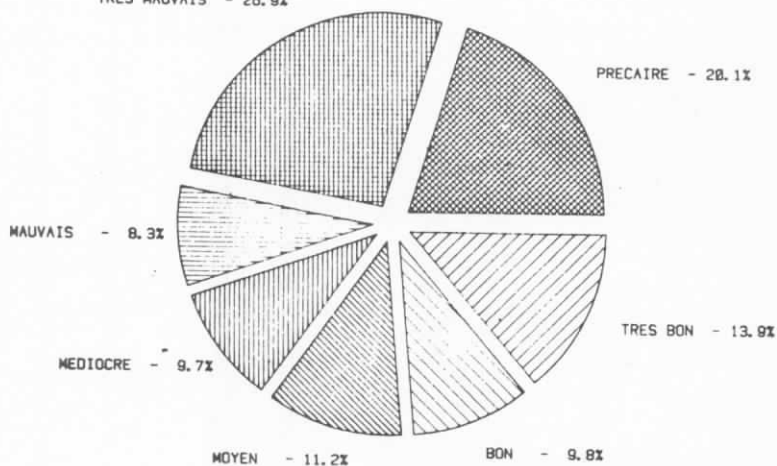


FIG. 13

ANNEXE 1

**APL - 72 : TRAITEMENT SUR MICROORDINATEUR
LES MESURES ONT ETE FAITES AVEC L'APPAREIL MAROCAIN SUR
10 KM DE LA RN 10**

SECTION : C.U.M.A.U.

EXPLOITATION

A. P. L.

CLIENT : CUNAG

POSSIBLE : 3150

ITINERAIRE : SIGNAL 20 REM HARGO
 DATE DES MESURES : 05 / 10 / 82

DEPARTEMENT : 70
 ROUTE NATIONALE : 10
 P.M. DEPART : 8
 P.M. ARRIVEE : 10
 VOIE TESTEE (N) : 1
 NATURE DE LA COUCHE TESTEE : MOULEMENT
 VITESSE DE BASE (KM/H) : 072
 VITESSES DE SEUIL (KM/H) : 065 - 080
 NUMERO DE SECTION : 9901

MODE D'EXPLOITATION : AP + BZ + +

NUMEROTATION DES VOIES DE 1 A 4 DE DROITE A GAUCHE DANS LE SENS DE CIRCULATION

O = V.S.P.L. U = B.A.U.
 9 = VOIE 1 A CONTRE SENS DE CIRCULATION
 8 = VOIE 2 A CONTRE SENS DE CIRCULATION

L'ECHELLE DE TRAITEMENT UTILISEE EST L'ECHELLE STANDARD

* SORTIE NON VALUEE PAR LE MESUREUR

DIS.	VIT. KM/H	EVENTEMENT	C V	1 - 3 M.	3,3 - 13 M.	13 - 60 M.
DIS.	VIT. KM/H	EVENTEMENT	C V	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
0	72,6	DIVERS				
	72,7					
	72,8					
	72,9					
1	72,6					
	72,7					
	72,8	ENTREE D'AGGLOMERATION				
	72,9	P.R.				
2	72,6					
	72,7					
	72,8					
	72,9					
3	72,6	INTERSECTION				
	72,7					
	72,8					
	72,9					
4	72,6					
	72,7					
	72,8					
	72,9					
5	72,6	OUVRAGE D'ART				
	72,7					
	72,8					
	72,9					
6	72,6					
	72,7					
	72,8					
	72,9					
7	72,6					
	72,7					
	72,8					
	72,9					
8	72,6					
	72,7					
	72,8					
	72,9					
9	72,6					
	72,7					
	72,8					
	72,9					

HISTOGRAMME DES VALEURS A . P . . . - UNI

INTERVALE : 20 INCH CENTRE HA PA
SECTION : 1 9995

NOBRE DE MESURES VALIDEES : 175
KILOMETRAGE CORRESPONDANT : 35.0

			--- GAMME 1 M A 3,3 M ---											NOMBRE DE MESURES
% CUMULE PAR CLASSES	NOMBRE DE MESURES	% PAR CLASSES	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
0.00	1	0	1	0.00										1
1.14	1	2	1	1.14										2
13.71	1	22	1	12.57										3
37.14	1	41	1	23.43										4
48.00	1	19	1	10.00										5
73.14	1	44	1	25.14										6
82.29	1	16	1	9.14										7
86.00	1	10	1	5.71										8
92.57	1	8	1	4.57										9
100.00	1	13	1	7.43										10

MOYENNE ALGERIENNE DES NOTES : 5.64 MOYENNE DE L'ENERGIE : 201.3 NOTE CORRESPONDANTE : 5 ECART TYPE : 163.5

			--- GAMME 5,3 M A 13 M ---											NOMBRE DE MESURES
% CUMULE PAR CLASSES	NOMBRE DE MESURES	% PAR CLASSES	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
0.00	1	0	1	0.00										1
0.00	1	0	1	0.00										2
1.14	1	2	1	1.14										3
7.43	1	11	1	6.29										4
23.43	1	28	1	18.00										5
48.00	1	44	1	25.14										6
73.14	1	43	1	24.57										7
86.00	1	19	1	10.00										8
89.14	1	0	1	5.14										9
100.00	1	14	1	10.86										10

MOYENNE ALGERIENNE DES NOTES : 6.73 MOYENNE DE L'ENERGIE : 162.8 NOTE CORRESPONDANTE : 6 ECART TYPE : 143.5

			--- GAMME 13 M A 40 M ---											NOMBRE DE MESURES
% CUMULE PAR CLASSES	NOMBRE DE MESURES	% PAR CLASSES	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
0.00	1	0	1	0.00										1
0.00	1	0	1	0.00										2
0.57	1	1	1	0.57										3
5.14	1	8	1	4.57										4
10.29	1	9	1	5.14										5
25.14	1	26	1	14.46										6
42.29	1	10	1	17.14										7
57.71	1	27	1	15.43										8
68.00	1	18	1	10.29										9
100.00	1	56	1	32.00										10

MOYENNE ALGERIENNE DES NOTES : 7.91 MOYENNE DE L'ENERGIE : 147.8 NOTE CORRESPONDANTE : 7 ECART TYPE : 205.3

ANNEXE 2

EXEMPLE DE TRAITEMENT DE DEUX PROFILS ET LEURS SOMMES

C.N.E.R. TRAITEMENT A.P.L.

ROUTE: 33
DU PK: 0.000 AU PK: .534

DATE TRAITEMENT: 14/12/83
DATE DE MESURE: 10/10/83

DE	A	CP40	CP10	CP2.5	D40	D10
I 0.000 I	.100 I	299. I	374. I	81. I	0.1	293. I
I .100 I	.200 I	301. I	375. I	81. I	0.1	294. I
I .200 I	.300 I	298. I	373. I	81. I	0.1	292. I
I .300 I	.400 I	298. I	372. I	80. I	0.1	292. I
I .400 I	.500 I	299. I	374. I	81. I	0.1	293. I
I .500 I	.600 I	299. I	374. I	81. I	0.1	293. I

SYNTHESE ET POINTS EXTREMES

CP-40 MAXI : 301. AU PK: .100
CP-40 MINIM : 298. AU PK: .300
CP-10 MAX : 375. AU PK: .100
CP-10 MINIM : 372. AU PK: .300
CP-2.5 MAX : 81. AU PK: .100
CP-2.5 MINIM : 80. AU PK: .300

MOYENNE DLS CP-40 : 299. ECART TYPE: 1.
MOYENNE DES CP-10 : 374. ECART TYPE: 1.
MOYENNE DLS CP-2.5: 81. ECART TYPE: 0.

HISTOGRAMME CP-40

(50	I	I	I	I	I	I	I	I
(100	I	I	I	I	I	I	I	I
(150	I	I	I	I	I	I	I	I
(200	I	I	I	I	I	I	I	I
(250	I	I	I	I	I	I	I	I
(300	*****							
(350	*****	I	I	I	I	I	I	I
(400	I	I	I	I	I	I	I	I
(450	I	I	I	I	I	I	I	I
(500	I	I	I	I	I	I	I	I
(550	I	I	I	I	I	I	I	I
(600	I	I	I	I	I	I	I	I
(650	I	I	I	I	I	I	I	I
(700	I	I	I	I	I	I	I	I
(750	I	I	I	I	I	I	I	I
(800	I	I	I	I	I	I	I	I
(850	I	I	I	I	I	I	I	I
(900	I	I	I	I	I	I	I	I
(950	I	I	I	I	I	I	I	I
(1000	I	I	I	I	I	I	I	I
)1000	I	I	I	I	I	I	I	I

HISTOGRAMME CP-10

(50	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(100	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(150	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(200	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(250	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(300	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(350	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(400	=====								
(450	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(500	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(550	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(600	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(650	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(700	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(750	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(800	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(850	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(900	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(950	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(1000	1	1	1	1	1	1	1	1	1
)1000	1	1	1	1	1	1	1	1	1

HISTOGRAMME CP-2.5

(50	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(100	=====								
(150	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(200	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(250	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(300	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(350	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(400	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(450	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(500	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(550	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(600	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(650	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(700	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(750	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(800	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(850	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(900	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(950	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(1000	1	1	1	1	1	1	1	1	1
)1000	1	1	1	1	1	1	1	1	1

	DL	A	CP40	CP10	CP2.5	D40	D10
I	0.000 I	.100 I	317. I	222. I	19. I	96. I	203. I
I	.100 I	.200 I	317. I	222. I	19. I	95. I	202. I
I	.200 I	.300 I	316. I	221. I	19. I	95. I	202. I
I	.300 I	.400 I	316. I	221. I	19. I	95. I	202. I
I	.400 I	.500 I	316. I	221. I	19. I	95. I	202. I
I	.500 I	.600 I	320. I	223. I	19. I	96. I	204. I

SYNTHESE ET POINTS EXTREMES

CP-40 MAXI : 320. AU PK: .500
CP-40 MINIM : 316. AU PK: .400
CP-10 MAX : 223. AU PK: .500
CP-10 MINIM : 221. AU PK: .400
CP-2.5 MAX : 19. AU PK: .500
CP-2.5 MINIM : 19. AU PK: .400

MOYENNE DES CP-40 : 317. ECART TYPE: 1.
MOYENNE DES CP-10 : 222. ECART TYPE: 1.
MOYENNE DES CP-2.5: 19. ECART TYPE: 0.

HISTOGRAMME CP-40

(50	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(100	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(150	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(200	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(250	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(300	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(350	*****								
(400	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(450	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(500	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(550	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(600	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(650	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(700	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(750	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(800	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(850	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(900	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(950	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(1000	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(1000	I	I	I	I	I	I	I	I	I

HISTOGRAMME CP-10

(50	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(100	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(150	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(200	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(250	=====								
(300	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(350	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(400	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(450	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(500	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(550	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(600	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(650	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(700	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(750	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(800	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(850	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(900	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(950	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(1000	1	1	1	1	1	1	1	1	1
>1000	1	1	1	1	1	1	1	1	1

HISTOGRAMME CP-2.5

(50	=====								
(100	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(150	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(200	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(250	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(300	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(350	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(400	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(450	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(500	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(550	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(600	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(650	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(700	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(750	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(800	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(850	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(900	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(950	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(1000	1	1	1	1	1	1	1	1	1
>1000	1	1	1	1	1	1	1	1	1

	DL	A	CP40	CP10	CP2.5	D40	D10
I	0.000 I	.100 I	398. I	413. I	82. I	0. I	331. I
I	.100 I	.200 I	393. I	408. I	82. I	0. I	326. I
I	.200 I	.300 I	394. I	409. I	82. I	0. I	327. I
I	.300 I	.400 I	401. I	412. I	82. I	0. I	330. I
I	.400 I	.500 I	383. I	401. I	81. I	0. I	320. I
I	.500 I	.600 I	394. I	409. I	83. I	0. I	327. I

SYNTHESE ET POINTS EXTREMES

CP-40 MAXI : 401. AU PK: .300
 CP-40 MINIM : 383. AU PK: .400
 CP-10 MAX : 413. AU PK: 0.000
 CP-10 MINIM : 401. AU PK: .400
 CP-2.5 MAX : 83. AU PK: .500
 CP-2.5 MINIM : 81. AU PK: .400

MOYENNE DLS CP-40 : 394. ECART TYPE: 6.
 MOYENNE DES CP-10 : 409. ECART TYPE: 4.
 MOYENNE DES CP-2.5: 82. ECART TYPE: 0.

HISTOGRAMME CP-40

(50	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(100	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(150	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(200	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(250	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(300	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(350	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(400	#####								I
(450	#####	I	I	I	I	I	I	I	I
(500	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(550	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(600	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(650	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(700	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(750	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(800	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(850	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(900	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(950	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(1000	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(1000	I	I	I	I	I	I	I	I	I

HISTOGRAMME CP-10

(50	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(100	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(150	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(200	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(250	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(300	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(350	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(400	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(450	=====								
(500	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(550	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(600	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(650	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(700	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(750	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(800	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(850	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(900	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(950	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(1000	I	I	I	I	I	I	I	I	I
)1000	I	I	I	I	I	I	I	I	I

HISTOGRAMME CP-2.5

(50	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(100	=====								
(150	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(200	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(250	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(300	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(350	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(400	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(450	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(500	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(550	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(600	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(650	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(700	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(750	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(800	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(850	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(900	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(950	I	I	I	I	I	I	I	I	I
(1000	I	I	I	I	I	I	I	I	I
)1000	I	I	I	I	I	I	I	I	I

T RAITEMENT BELGE (CRR)

ANALYSE DE PROFIL EN LONG

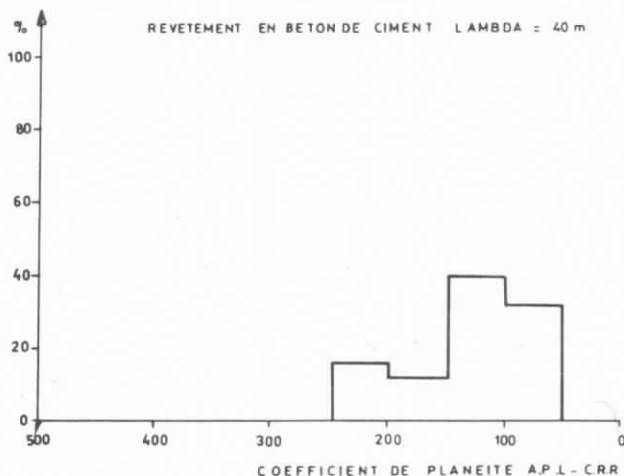
CRR-LCPC-RWL

13.09.77

E4: - LIEGE--->NAMUR: KM 21 ---> KM 26

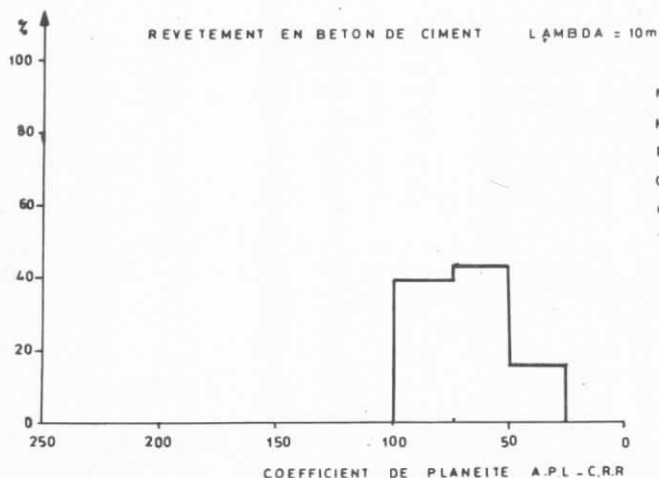
RESULTATS CRR

P.K.	2,5M			1,25M		
	D	G	CP	D	G	CP
21.2	24	28	26	18	21	23
21.4	25	30	28	18	23	21
21.6	20	28	24	14	21	18
21.8	18	26	22	13	19	16
22	20	23	22	15	18	17
22.2	23	27	25	17	20	19
22.4	19	23	21	14	18	16
22.6	24	28	26	16	19	18
22.8	34	40	37	26	30	28
23	33	40	37	25	28	27
23.2	32	40	36	25	29	27
23.4	46	46	46	36	33	35
23.6	46	47	47	35	34	35
23.8	39	40	40	31	30	31
24	37	39	38	32	31	32
24.2	34	38	36	28	31	30
24.4	34	36	35	28	29	29
24.6	39	40	40	33	31	32
24.8	32	36	34	27	30	29
25	27	35	31	23	28	26
25.2	32	34	33	26	28	27
25.4	31	35	33	28	30	29
25.6	37	39	38	28	30	29
25.8	24	26	25	16	19	18
26	28	25	27	19	18	19



NOMBRE TOT = 25
 MOYENNE = 129
 ECART = 49
 CP MIN = 77
 CP MAX = 236
 $\% > 500 \text{ CP} = 0$

ESSAIS CROISES SEPTEMBRE 1977 : SECTION 6



NOMBRE TOT = 25
 MOYENNE = 68
 ECART = 14
 CP MIN = 44
 CP MAX = 91
 $\% > 250 \text{ CP} = 0$

ESSAIS CROISES SEPTEMBRE 1977 : SECTION 6

ANNEXE 4

TRAITEMENT C.N.E.R.

DC	A	CP40	CP10	CP2.5	D40	D10
I 0.000 I	.100 I	41. I	10. I	4. I	31. I	6. I
I .100 I	.200 I	100. I	25. I	10. I	75. I	15. I
I .200 I	.300 I	157. I	38. I	13. I	119. I	22. I
I .300 I	.400 I	200. I	50. I	21. I	150. I	29. I
I .400 I	.500 I	254. I	62. I	25. I	193. I	36. I
I .500 I	.600 I	209. I	69. I	20. I	219. I	41. I
I .600 I	.700 I	311. I	75. I	31. I	236. I	44. I
I .700 I	.800 I	326. I	79. I	33. I	247. I	47. I
I .800 I	.900 I	325. I	79. I	33. I	246. I	47. I
I .900 I	1.000 I	315. I	78. I	32. I	237. I	46. I
I 1.000 I	1.100 I	297. I	73. I	30. I	224. I	43. I
I 1.100 I	1.200 I	272. I	66. I	27. I	206. I	39. I
I 1.200 I	1.300 I	237. I	58. I	24. I	180. I	34. I
I 1.300 I	1.400 I	189. I	45. I	19. I	144. I	27. I
I 1.400 I	1.500 I	137. I	33. I	13. I	104. I	19. I
I 1.500 I	1.600 I	70. I	19. I	0. I	59. I	11. I
I 1.600 I	1.700 I	20. I	5. I	2. I	15. I	3. I
I 1.700 I	1.800 I	43. I	10. I	4. I	33. I	6. I
I 1.800 I	1.900 I	101. I	25. I	10. I	77. I	15. I
I 1.900 I	2.000 I	155. I	30. I	16. I	116. I	22. I
I 2.000 I	2.100 I	205. I	50. I	21. I	155. I	30. I
I 2.100 I	2.200 I	240. I	61. I	25. I	100. I	35. I
I 2.200 I	2.300 I	207. I	70. I	29. I	217. I	41. I
I 2.300 I	2.400 I	313. I	75. I	31. I	237. I	44. I
I 2.400 I	2.500 I	326. I	70. I	33. I	248. I	46. I
I 2.500 I	2.600 I	332. I	80. I	33. I	251. I	48. I
I 2.600 I	2.700 I	321. I	70. I	32. I	244. I	46. I
I 2.700 I	2.800 I	299. I	73. I	30. I	226. I	43. I
I 2.800 I	2.900 I	270. I	56. I	27. I	204. I	39. I
I 2.900 I	3.000 I	231. I	57. I	23. I	174. I	33. I
I 3.000 I	3.100 I	180. I	46. I	19. I	142. I	27. I
I 3.100 I	3.200 I	136. I	33. I	14. I	103. I	19. I
I 3.200 I	3.300 I	80. I	19. I	8. I	61. I	11. I
I 3.300 I	3.400 I	22. I	5. I	2. I	17. I	3. I
I 3.400 I	3.500 I	42. I	10. I	4. I	32. I	6. I
I 3.500 I	3.600 I	102. I	24. I	10. I	78. I	14. I
I 3.600 I	3.700 I	159. I	38. I	16. I	120. I	23. I
I 3.700 I	3.800 I	206. I	50. I	21. I	156. I	29. I
I 3.800 I	3.900 I	247. I	61. I	25. I	106. I	36. I
I 3.900 I	4.000 I	200. I	69. I	29. I	211. I	41. I
I 4.000 I	4.100 I	309. I	76. I	31. I	233. I	45. I
I 4.100 I	4.200 I	325. I	79. I	32. I	247. I	46. I
I 4.200 I	4.300 I	329. I	79. I	33. I	250. I	46. I
I 4.300 I	4.400 I	325. I	79. I	32. I	246. I	47. I
I 4.400 I	4.500 I	305. I	73. I	30. I	231. I	43. I
I 4.500 I	4.600 I	273. I	66. I	27. I	207. I	39. I
I 4.600 I	4.700 I	235. I	57. I	23. I	177. I	34. I
I 4.700 I	4.800 I	186. I	46. I	19. I	140. I	27. I
I 4.800 I	4.900 I	133. I	33. I	14. I	100. I	19. I
I 4.900 I	5.000 I	77. I	19. I	0. I	58. I	11. I

	DL		A	CP40	CP10	CP2.5	D40	D10	
1	5.000	I	5.100	I	22. I	5. I	2. I	17. I	3. I
1	5.100	I	5.200	I	42. I	10. I	4. I	31. I	6. I
1	5.200	I	5.300	I	102. I	25. I	10. I	77. I	14. I
1	5.300	I	5.400	I	159. I	30. I	16. I	121. I	22. I
1	5.400	I	5.500	I	211. I	51. I	21. I	140. I	30. I
1	5.500	I	5.600	I	252. I	61. I	25. I	192. I	36. I
1	5.600	I	5.700	I	205. I	69. I	28. I	216. I	41. I
1	5.700	I	5.800	I	309. I	76. I	31. I	233. I	45. I
1	5.800	I	5.900	I	320. I	79. I	33. I	241. I	46. I
1	5.900	I	6.000	I	325. I	79. I	33. I	245. I	47. I
1	6.000	I	6.100	I	318. I	78. I	32. I	241. I	45. I
1	6.100	I	6.200	I	304. I	74. I	30. I	230. I	44. I
1	6.200	I	6.300	I	295. I	66. I	27. I	209. I	39. I
1	6.300	I	6.400	I	234. I	56. I	23. I	178. I	33. I
1	6.400	I	6.500	I	189. I	46. I	19. I	143. I	27. I
1	6.500	I	6.600	I	134. I	32. I	13. I	101. I	19. I
1	6.600	I	6.700	I	75. I	19. I	8. I	57. I	11. I
1	6.700	I	6.800	I	20. I	5. I	2. I	15. I	3. I
1	6.800	I	6.900	I	43. I	11. I	4. I	33. I	6. I
1	6.900	I	7.000	I	101. I	25. I	10. I	76. I	15. I
1	7.000	I	7.100	I	156. I	38. I	16. I	118. I	22. I
1	7.100	I	7.200	I	200. I	50. I	21. I	150. I	30. I
1	7.200	I	7.300	I	254. I	62. I	25. I	192. I	37. I
1	7.300	I	7.400	I	280. I	69. I	29. I	219. I	40. I
1	7.400	I	7.500	I	314. I	75. I	31. I	238. I	44. I
1	7.500	I	7.600	I	320. I	80. I	33. I	240. I	47. I
1	7.600	I	7.700	I	326. I	79. I	33. I	246. I	47. I
1	7.700	I	7.800	I	315. I	77. I	32. I	230. I	45. I
1	7.800	I	7.900	I	296. I	73. I	30. I	223. I	43. I
1	7.900	I	8.000	I	271. I	66. I	27. I	204. I	39. I
1	8.000	I	8.100	I	234. I	57. I	23. I	178. I	33. I
1	8.100	I	8.200	I	180. I	45. I	19. I	143. I	26. I
1	8.200	I	8.300	I	136. I	33. I	13. I	103. I	19. I
1	8.300	I	8.400	I	77. I	19. I	8. I	57. I	11. I
1	8.400	I	8.500	I	20. I	5. I	2. I	15. I	3. I
1	8.500	I	8.600	I	45. I	11. I	4. I	34. I	6. I
1	8.600	I	8.700	I	103. I	25. I	10. I	79. I	15. I
1	8.700	I	8.800	I	156. I	39. I	16. I	110. I	23. I
1	8.800	I	8.900	I	205. I	51. I	21. I	154. I	30. I
1	8.900	I	9.000	I	249. I	61. I	25. I	180. I	36. I
1	9.000	I	9.100	I	287. I	70. I	29. I	217. I	41. I
1	9.100	I	9.200	I	312. I	75. I	31. I	236. I	44. I
1	9.200	I	9.300	I	320. I	79. I	32. I	249. I	46. I
1	9.300	I	9.400	I	333. I	81. I	33. I	252. I	48. I
1	9.400	I	9.500	I	321. I	77. I	32. I	244. I	45. I
1	9.500	I	9.600	I	301. I	73. I	30. I	228. I	43. I
1	9.600	I	9.700	I	270. I	66. I	27. I	204. I	39. I
1	9.700	I	9.800	I	230. I	57. I	23. I	173. I	33. I
1	9.800	I	9.900	I	185. I	45. I	19. I	140. I	27. I
1	9.900	I	10.000	I	135. I	33. I	14. I	102. I	19. I

DE	A	CP40	CP10	CP2.5	D40	D10
I 10.000 I 10.100 I	77. I	19. I	9. I	60. I	11. I	
I 10.100 I 10.200 I	21. I	5. I	2. I	16. I	3. I	
I 10.200 I 10.300 I	43. I	10. I	4. I	33. I	6. I	
I 10.300 I 10.400 I	104. I	25. I	10. I	79. I	15. I	
I 10.400 I 10.500 I	160. I	38. I	16. I	121. I	23. I	
I 10.500 I 10.600 I	207. I	50. I	21. I	157. I	30. I	
I 10.600 I 10.700 I	250. I	61. I	25. I	189. I	36. I	
I 10.700 I 10.800 I	282. I	69. I	29. I	213. I	41. I	
I 10.800 I 10.900 I	300. I	76. I	31. I	232. I	45. I	
I 10.900 I 11.000 I	323. I	79. I	33. I	244. I	46. I	
I 11.000 I 11.100 I	327. I	79. I	33. I	249. I	47. I	
I 11.100 I 11.200 I	324. I	79. I	32. I	245. I	47. I	
I 11.200 I 11.300 I	303. I	73. I	30. I	230. I	43. I	
I 11.300 I 11.400 I	274. I	66. I	27. I	200. I	39. I	
I 11.400 I 11.500 I	235. I	57. I	23. I	178. I	34. I	
I 11.500 I 11.600 I	185. I	45. I	19. I	140. I	27. I	
I 11.600 I 11.700 I	132. I	32. I	13. I	99. I	19. I	
I 11.700 I 11.800 I	75. I	19. I	8. I	57. I	11. I	
I 11.800 I 11.900 I	21. I	5. I	2. I	16. I	3. I	
I 11.900 I 12.000 I	26. I	6. I	2. I	20. I	3. I	

SYNTHESE ET POINTS EXTREMES

CP-40 MAXI : 333. AU PK: 9.300
 CP-40 MINIM : 20. AU PK: 8.400
 CP-10 MAX : 81. AU PK: 9.300
 CP-10 MINIM : 5. AU PK: 8.400
 CP-2.5 MAX : 33. AU PK: 9.300
 CP-2.5 MINIM : 2. AU PK: 11.800

MOYENNE DES CP-40 : 208. ECART TYPE: 102.
 MOYENNE DES CP-10 : 50. ECART TYPE: 25.
 MOYENNE DES CP-2.5: 21. ECART TYPE: 10.

HISTOGRAMME CP-40

(50	*****	I	I	I	I	I	I	I
(100	*****	I	I	I	I	I	I	I
(150	*****	I	I	I	I	I	I	I
(200	*****	I	I	I	I	I	I	I
(250	*****	I	I	I	I	I	I	I
(300	*****	I	I	I	I	I	I	I
(350	*****	I	I	I	I	I	I	I
(400	I	I	I	I	I	I	I	I
(450	I	I	I	I	I	I	I	I
(500	I	I	I	I	I	I	I	I
(550	I	I	I	I	I	I	I	I
(600	I	I	I	I	I	I	I	I
(650	I	I	I	I	I	I	I	I
(700	I	I	I	I	I	I	I	I
(750	I	I	I	I	I	I	I	I
(800	I	I	I	I	I	I	I	I

HISTOGRAMME CP-10

(50									
(100									
(150		I	I	I	I	I	I	I	I
(200		I	I	I	I	I	I	I	I
(250		I	I	I	I	I	I	I	I
(300		I	I	I	I	I	I	I	I
(350		I	I	I	I	I	I	I	I
(400		I	I	I	I	I	I	I	I
(450		I	I	I	I	I	I	I	I
(500		I	I	I	I	I	I	I	I
(550		I	I	I	I	I	I	I	I
(600		I	I	I	I	I	I	I	I
(650		I	I	I	I	I	I	I	I
(700		I	I	I	I	I	I	I	I
(750		I	I	I	I	I	I	I	I
(800		I	I	I	I	I	I	I	I
(850		I	I	I	I	I	I	I	I
(900		I	I	I	I	I	I	I	I
(950		I	I	I	I	I	I	I	I
(1000		I	I	I	I	I	I	I	I
)1000		I	I	I	I	I	I	I	I

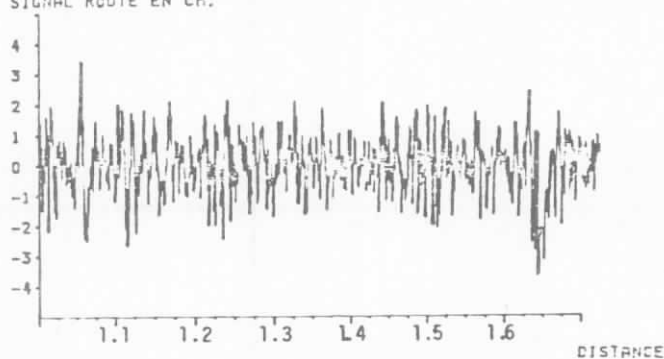
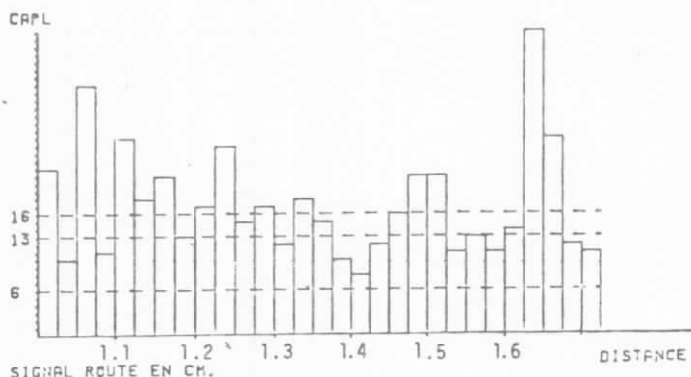
HISTOGRAMME CP-2.5

(50									
(100		I	I	I	I	I	I	I	I
(150		I	I	I	I	I	I	I	I
(200		I	I	I	I	I	I	I	I
(250		I	I	I	I	I	I	I	I
(300		I	I	I	I	I	I	I	I
(350		I	I	I	I	I	I	I	I
(400		I	I	I	I	I	I	I	I
(450		I	I	I	I	I	I	I	I
(500		I	I	I	I	I	I	I	I
(550		I	I	I	I	I	I	I	I
(600		I	I	I	I	I	I	I	I
(650		I	I	I	I	I	I	I	I
(700		I	I	I	I	I	I	I	I
(750		I	I	I	I	I	I	I	I
(800		I	I	I	I	I	I	I	I
(850		I	I	I	I	I	I	I	I
(900		I	I	I	I	I	I	I	I
(950		I	I	I	I	I	I	I	I
(1000		I	I	I	I	I	I	I	I
)1000		I	I	I	I	I	I	I	I

SECTION NUMERO : 010814068204

GRO3-GRO4 GAUCHE

RESULTATS DES PR 1.001 A 1.726



Feuille de résultats de mesures APL 25
pour une section de 225 m

Bibliographie :

- **HARDY**, Les moyens de contrôle de la planéité. Bit. Inf. 27/1973.
- 2• HELEVEN**. Notions sur l'uni de surface, communication interne de la division infrastructure, Belgique.
- 3• DOYEN - CHAVET - HELEVEN**. Relevé de l'état des routes au moyen du Bump Intégrator, Ministère des travaux publics - Service Infrastructure des routes.
- 4• NOLOT**, L'uni des chaussées sur l'autoroute A 6, Bull. liaison. P et C. n° 54 - 1971.
- 5• LEGER**, L'uni des revêtements routiers, Bull. liaison P. et C. n° 49 1970.
- 6• LEGER**, L'uni des chaussées, recyclage - formation continue fascicule 4. R.G.R.A., mai 1969.
- 7• SADOUL**, Analyseur dynamique de profil en long Bull. liaison Labo. P. et C. n° 37 - 1969.
- 8• Dickman**, Influence des vibrations mécaniques verticales sur l'homme, Int. Z. angew. Physiol. Arbeits - Physiolog - Bd 16 (1957) 55-19-69.
- 9• GOLDMAN**, Revue des réponses subjectives aux mouvements vibratoires du corps humain dans la gamme de fréquence 1 à 70 Hz, Institut de recherche Médicale Navale, Bethesda (Maryland 1948).
- 10• SCHWADERER**, Considération sur l'état de l'uni des chaussées, strasse und Tiefban, 6 (1969).
- 11• HELBERG - SPERLING**, Recherche sur le comportement dynamique des voitures de chemin de fer. Organ für Fortschritte im Eisenbahn wegon Bd 96 (1941).
- 12• AFANASIEV**, L'analyse du microprofil des routes, Revue : Les Routes (U.R.S.S.), n° 9 (1965).
- 13• LUCAS-VIANO**, Mesure systématique de l'uni sur le réseau routier, l'APL à grand rendement - version 1978 Bull. liaison Labo P. et Ch, n° 101, 1979.
- 14• ROUQUES - LUCAS-VIANO**, Mesure systématique de l'uni sur le réseau routier, l'APL de routine . Bull. liaison labo. P. et Ch. n° 81, 1976.
- 15• LUCAS**, Application pratiques de l'analyseur dynemiue à l'uni des chaussées. Bull. liaison P. et Ch. n° 65, 1973.
- 16• LUCAS**, Caractéristiques de surface des chaussées. Etat actuel des travaux en France. Bull. liaison P. et Ch. n° 110, 1980.

- 17•** MEZIANE, Route économique. Etude de conception récentes au Maroc. XVII^{ème} Congrès Mondial de la route - SYDNEY 1983.
- 18•** LUCAS, Applications pratiques de l'analyseur dynamique à l'uni des chaussées. Bull. liaison P. et Ch. n° 65, 1973.
- 19•** LUCAS, Résultat des mesures de l'uni des revêtements routier. Bull. liaison P. et Ch. n° 57, 1972.
- 20•** TESSONNEAU, Utilisation de l'analyseur de profil en long (APL) pour le contrôle, la mise en œuvre et la surveillance des autoroutes Rhône - Alpes Bull. Liaison P. et Ch. n° 88, 1977.
- 21•** AMBRUS KA'LMA'N, Untersuchung des dreiradstrassenunebenheitsmessgerätes Vom Typ UT-02 V^e conférence routière de Budapest - 1982.
- 22•** Nemesdy Forin, Utad és autópályák pályaszukezete Müszaki könyvkiaadó, 1971.
- 23•** SIDÒ, YÀGHY, RÀCZ, Messwagenuntersuchungen der Oberflächeneigenschaften der Fahrbahndecke und Erfahrungen der Vermessung der Inländischen Strassennetzes. V^e conférence routière de Budapest - 1971.
- 24•** MSZ 07 - 3304 - 82, A hosseirànyu pàlyaegyene Hensèg mérése mozgóbáziso mërökerèkkel.
- 25•** GORSKI, Etude de l'uni longitudinal des revêtements routiers. CRR, CR 15/81.
- 26•** AUTRET - BOULET, Utilisation des mesures d'uni avec l'APL pour déterminer les besoins en entretien d'un pays en développement. Conférence africaine des Routes - IRF, Libreville 1982.
- 27•** PAPA AMATH DIENÛ Recherche d'un paramètre d'uni des chaussées et méthodologie d'utilisation en vue de la programmation de l'entretien routier préventif dans les pays en développement Thèse de Docteur - Ingénieur en Génie-civil ENPC, Déc. 1981.
- 28•** O.C.D.E., Renforcement des chaussées, rapport C 10, 1976.
- 29•** A.I.P.C.R., Rapport du comité de glissance et de l'uni, Mexico 1975.