



La méthode profilométrique à Laser

Une alternative pour évaluer la
macrotexture des couches de
roulement

M. Jarfi Soufiane

Ingénieur études, recherches & suivi de la
qualité des travaux routiers/ LPEE-CERIT

SOUS LE THÈME

Quels rôles de l'infrastructure
routière dans le nouveau modèle
de développement économique
et social du Maroc ?

تحت شعار

أية مكانة لتطوير البنية التحتية
الطرقية في تنزيل النموذج
الجديد للتنمية الإقتصادية
و الإجتماعية بالمغرب ؟

10/12 Nov. 2022 - Dakhla

 jarfi@lpee.ma

- 1 • **Macrotecture d'une chaussée**
- 2 • **Evaluation de la macrotecture :**
• Méthode volumétrique à la tâche
• Méthode profilométrique à laser
- 3 • **Appareil utilisé dans la campagne de mesures**
- 4 • **Campagne de mesures**
- 5 • **Conclusion & recommandations**

1-Macrotexture d'une chaussée

1-Macrotexture d'une chaussée

Macrotexture + microtexture



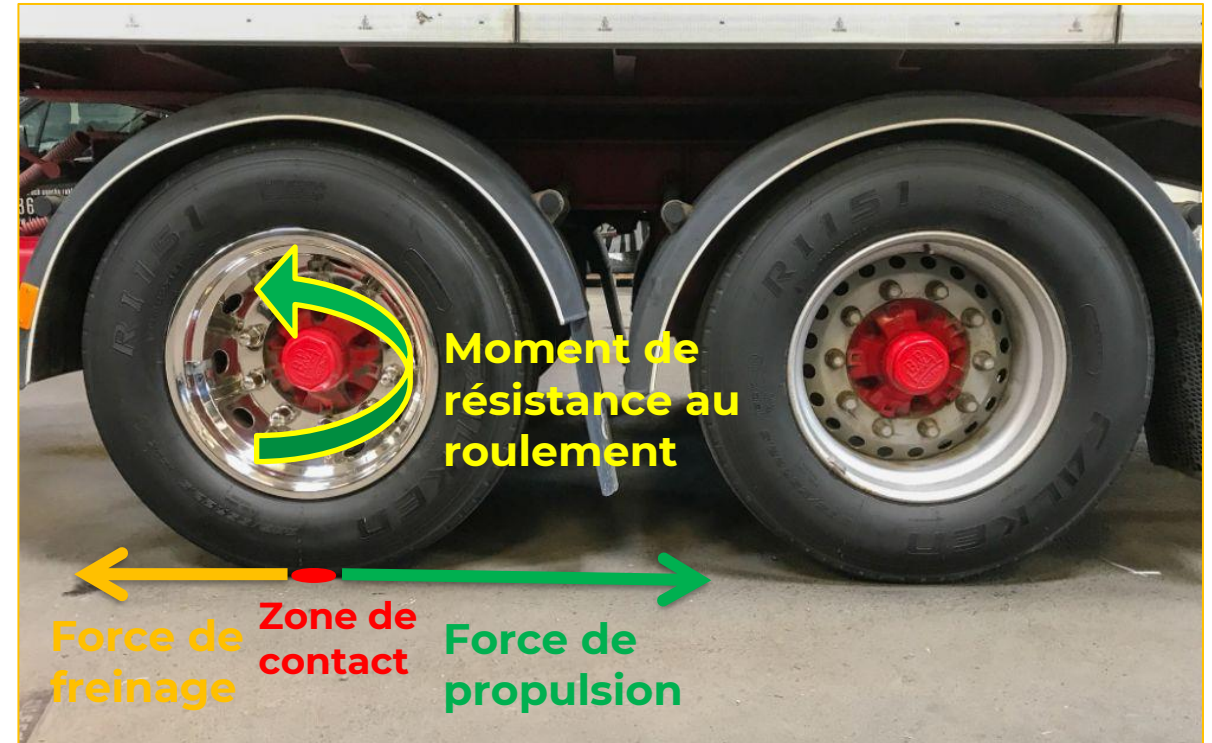
Adhérence pneus / chaussée



maintenir un véhicule sur la trajectoire voulue et de le freiner/accélérer quelles que soient les conditions de surface de la couche de roulement de la chaussée (humide – sèche)



Sécurité des usagers

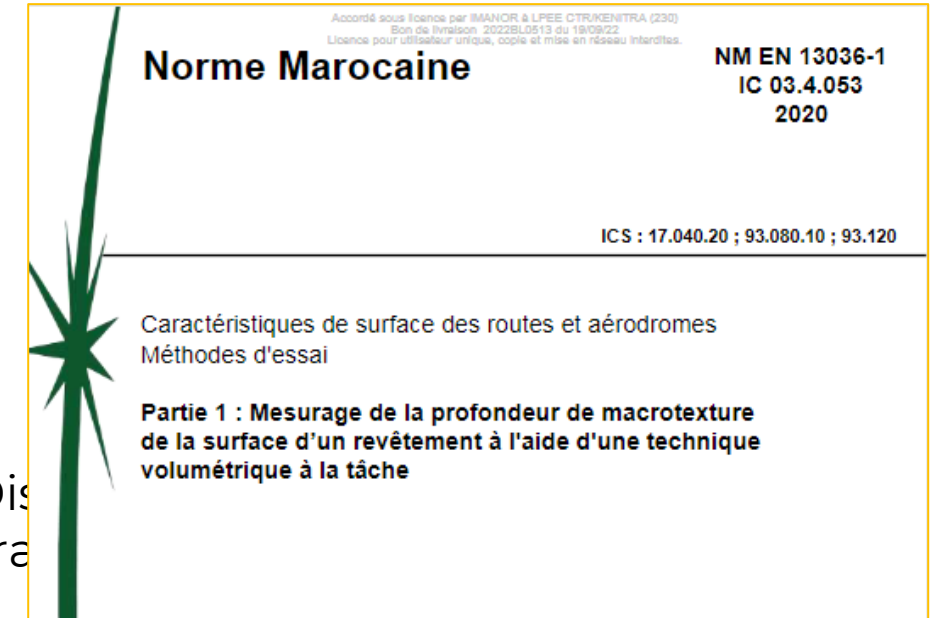
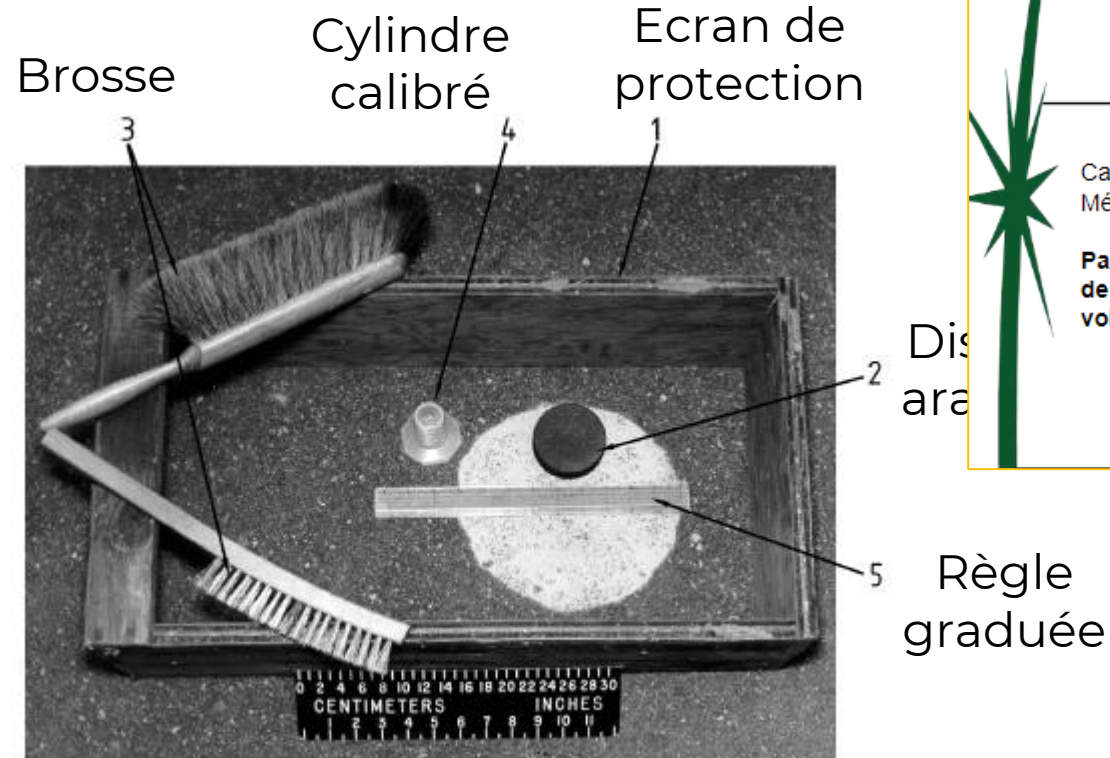


2-Evaluation de la macrotexture

2-Evaluation de la macrotexture d'une chaussée – méthode volumétrique à la tache

- **Norme de la méthode** : NM EN 13036-1 / NF EN 13036-1

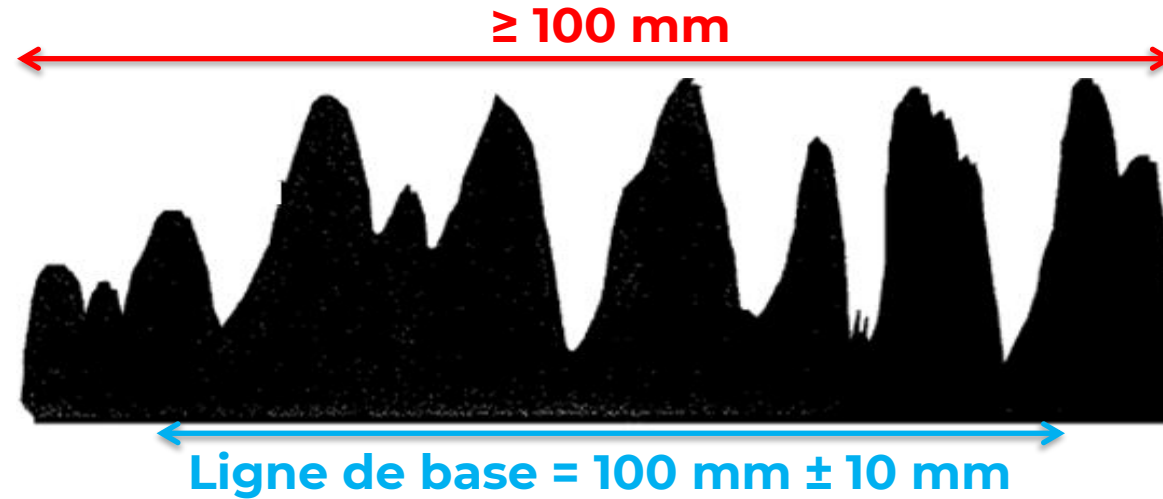
- **Appareillage** :



- **Consommable** : Billes de verre calibrées pour que 90% au moins de la masse passe au tamis de 0.25 mm et soit retenue par celui de 0.18 mm

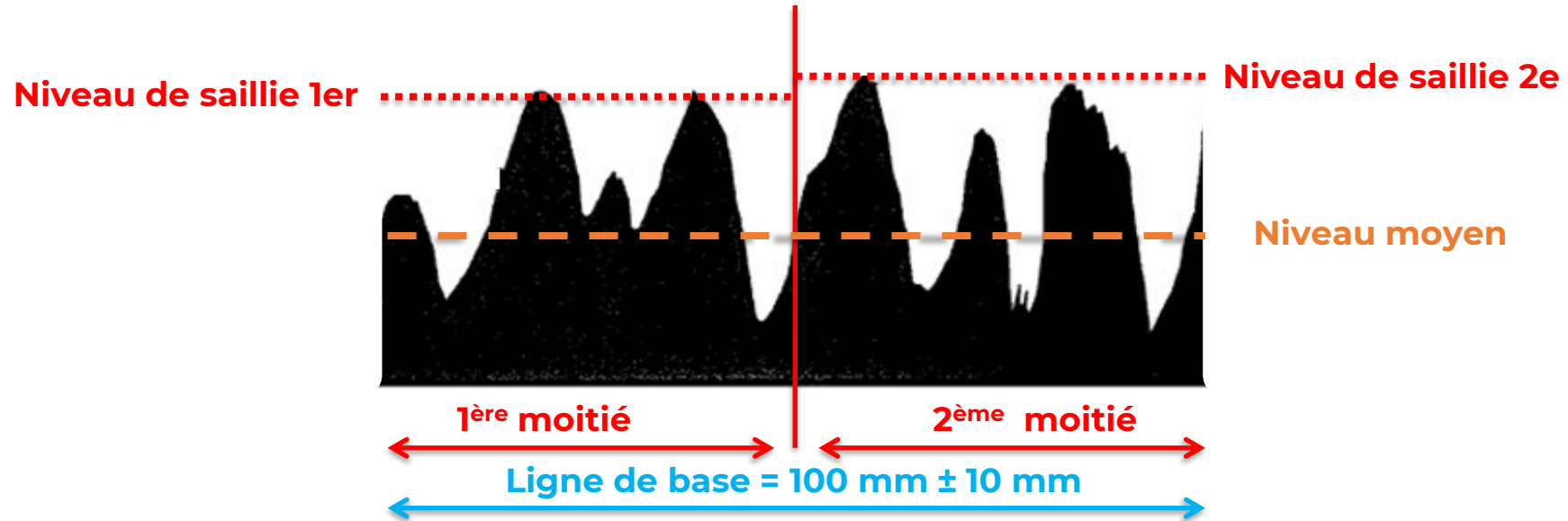
2-Evaluation de la macrotexture d'une chaussée – méthode profilométrique à laser

- **Principe de méthode** : Le rayon laser de l'appareil de mesure explore, en continu et selon un trajet prédéfini, la surface de la chaussée pour avoir un profil dont la longueur ≥ 100 mm. Ceci permettra de délimiter une **ligne de base** qui a une longueur de **100 mm \pm 10 mm** et sur laquelle le calcul de la profondeur moyenne du profil PMP sera effectué.



2-Evaluation de la macrotexture d'une chaussée – méthode profilométrique à laser

- **Principe de méthode** : Le rayon laser de l'appareil de mesure explore, en continu et selon un trajet prédéfini, la surface de la chaussée pour avoir un profil dont la longueur ≥ 100 mm. Ceci permettra de délimiter une **ligne de base** qui a une longueur de **100 mm \pm 10 mm** et sur laquelle le calcul de la profondeur moyenne du profil PMP sera effectué.



- **Profondeur moyenne du profil PMP** : Après subdivision de la ligne de base en deux moitiés égales et détermination du niveau du pic le plus élevé de chaque moitié, la PMP est la différence entre les deux niveaux de saillie moyennés arithmétiquement et le **niveau moyen**

$$\frac{\text{Niveau de saillie (1er)} + \text{Niveau de saillie (2e)}}{2} - \text{Niveau moyen}$$

2-Evaluation de la macrotexture d'une chaussée – méthode profilométrique à laser

- **Profondeur de texture équivalente PTE** : terme employé quand on utilise la profondeur moyenne du profil (PMP) pour évaluer la profondeur moyenne de texture (PMT) en recourant à l'équation de transformation : **$PTE = 0.2 \text{ mm} + 0.8 \times PMP$**

$$PTE \approx PMT$$



3-Appareil utilisé dans la campagne de mesure

3-Appareil utilisé dans la campagne de mesures

❖ Caractéristiques de l'appareil

Caractéristique	Valeur	Exigence de la NF EN ISO 13473-1
Résolution Verticale	0.01 mm	<0.05 mm
Résolution horizontale	0.2 mm	<1 mm
Plage de mesures / verticalement	+5/-15	20 mm
Trajectoire de la mesure	Circulaire	-
Circonférence de la mesure	400 mm	>100 mm
Durée du test	6 s	-



3-Appareil utilisé dans la campagne de mesures

❖ Constituants de l'appareil

Antenne GPS

Clavier fléché

Connecteur USB

Prise chargeur

Bouton ON/OFF

Ecran LCD



3-Appareil utilisé dans la campagne de mesures

❖ Principe de la mesure

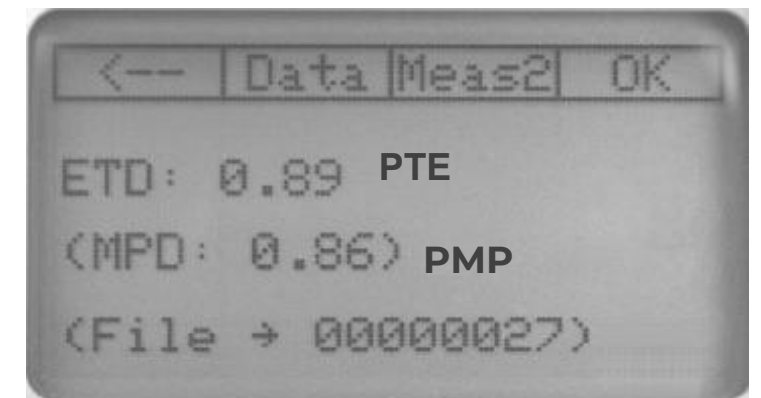
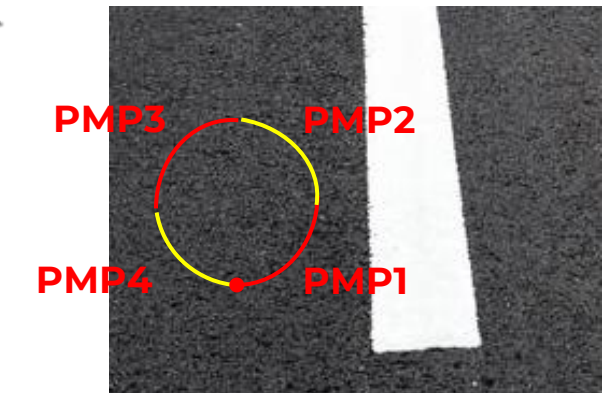
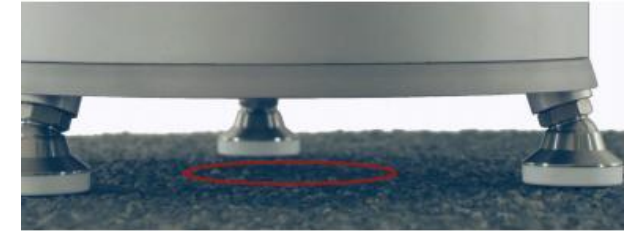
- Ligne de base de mesure : 100 mm
- Longueurs de la ligne de mesure (circonférence): 400 mm
- Une rotation \longrightarrow moyenne de 4 Valeurs de profondeur moyenne du profils PMP

$$\underline{\text{PMP (rotation) = Moy (PMP1; PMP2; PMP3; PMP4)}}$$

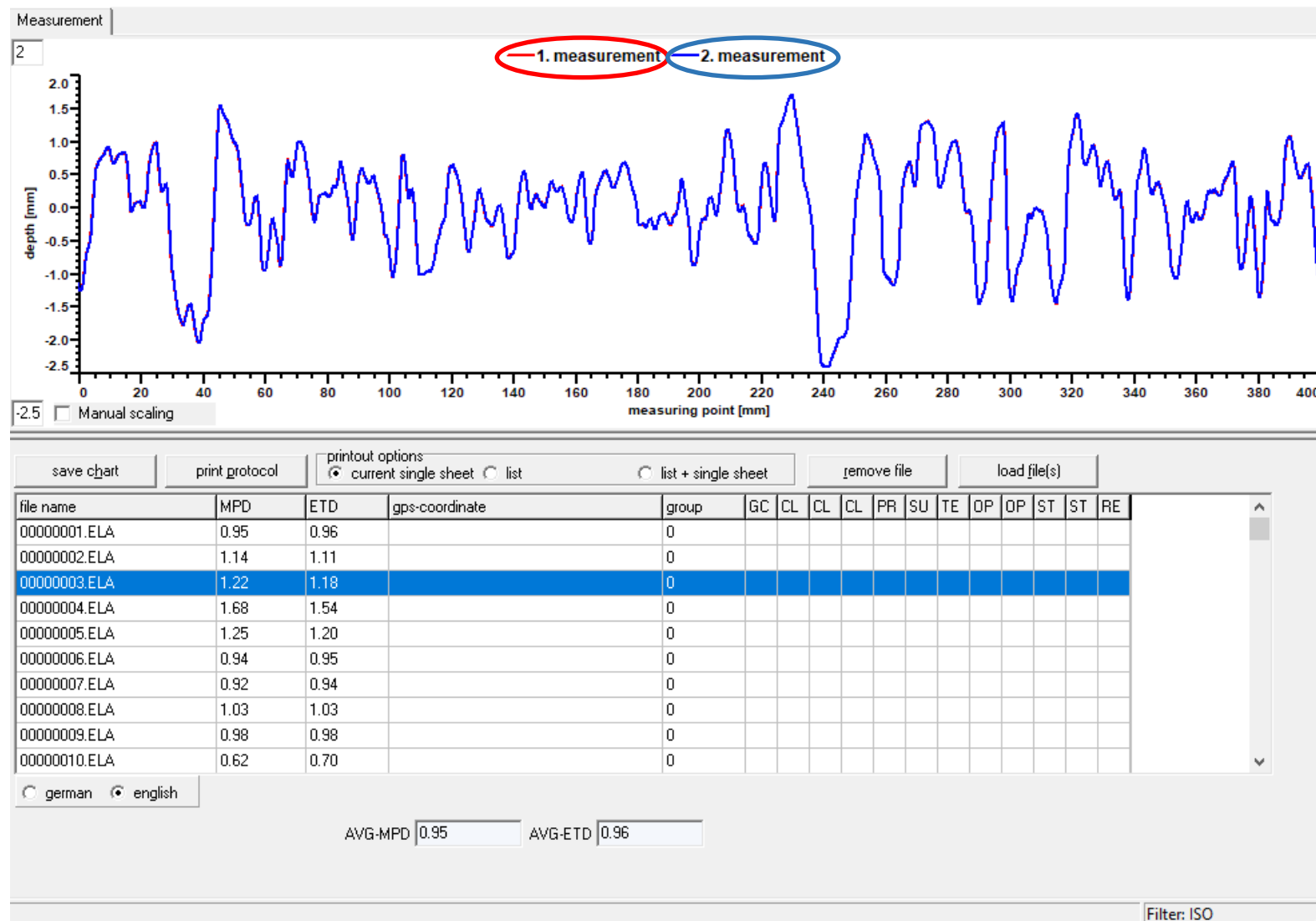
- Chaque mesure \longrightarrow moyenne de 2 rotations

$$\underline{\text{PMP (mesure) = Moy (PMP (rotation1); PMP (rotation2))}}$$

- $\underline{\text{PTE = 0.8 * PMP + 0.2}}$



❖ Représentation graphique



❖ Points de vigilance



L'évaluation de la macrotecture d'une surface avec l'appareil de mesure nécessite que cette surface soit :

- Aussi sèche que possible
- Exempte de matériaux parasites, notamment les matériaux optiquement actifs tels que les billes de verre et quelques minéraux.

4-Campagne de mesure



Objectif



Comparaison entre
les résultats



❖ Consistance de la campagne

- **Etape 1 :** Marquer (par une craie ou un marqueur) les points de mesure conformément à la cadence demandée par le cahier de charge du chantier ;
- **Etape 2 :** Prendre les mesures en utilisant le profilmètre ;
- **Etape 3 :** Effectuer les mesures, au niveau des mêmes points, par la méthode volumétrique à la tâche (essais de contrôle pour le chantier).

Méthode volumétrique à la tâche

PK	POINT N°	PMT	PMP	PTE
PK 26+320	36	0.88	0.93	0.95
PK 26+300	37	1.07	0.92	0.94
PK 26+280	38	0.88	0.97	0.97
PK 26+260	39	0.76	0.72	0.77
PK 26+240	40	0.93	0.66	0.73
PK 26+220	41	0.96	0.79	0.83
PK 26+200	42	0.86	0.63	0.71
PK 26+180	43	0.93	0.67	0.74
PK 26+160	44	1.13	0.87	0.89
PK 26+140	45	0.98	0.9	0.92
PK 26+120	46	0.78	0.71	0.77

Méthode profilmétrique à laser

❖ Consistance de la campagne

Les deux sections objets de de cette campagne sont les suivants :

Section N°	1	2
Nombre de voies	3	2
Longueur (ml)	1 006	985
Type de la couche de roulement	BBME 0/14	BBME 0/14
Nombre de mesures (par méthode)	230	100

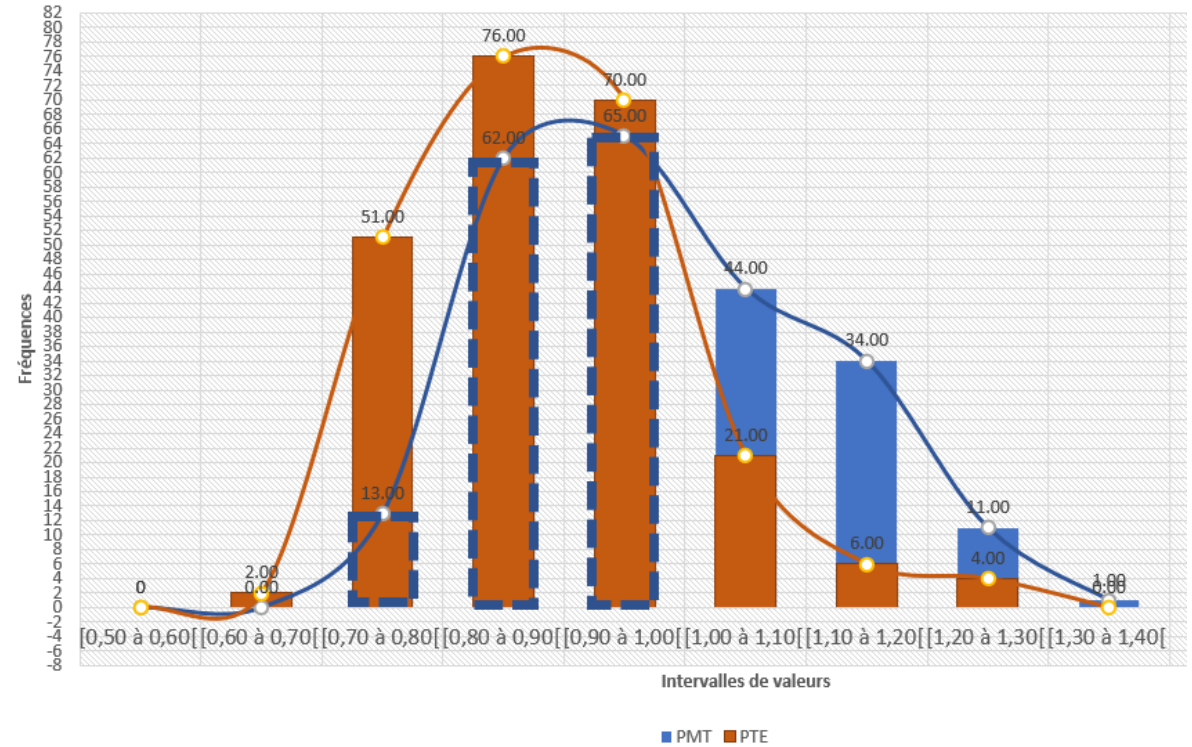
❖ Résultats

Le dépouillement des résultats obtenus par chaque méthode a fait ressortir les valeurs maximales, moyennes, minimales, les écarts types et les représentations graphiques {Fréquence ; Intervalle de valeurs} comme détaillés ci-dessous :

Section 1

Grandeur	PMT	PTE
Maximum	1.32	1.29
Moyenne	0.97	0.89
Minimum	0.74	0.67
Ecart-type	0.1251	0.1096

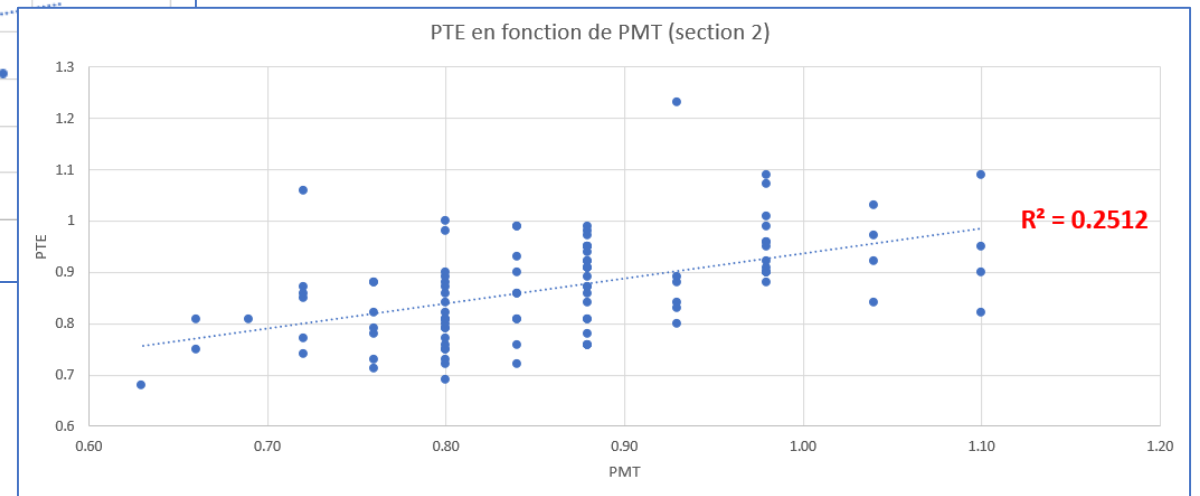
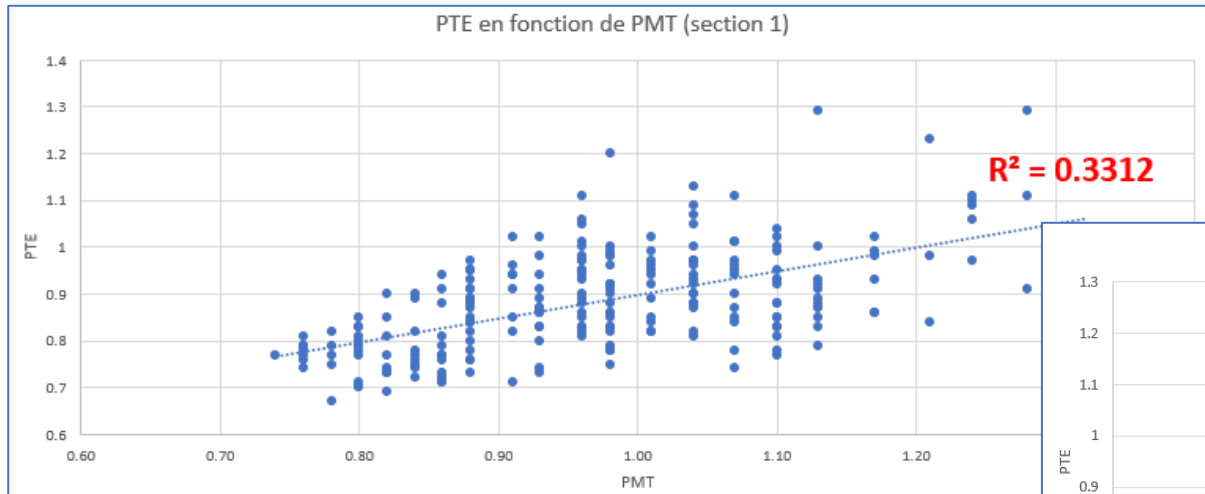
Max, Moy, Min et écart-type des résultats obtenus



Fréquences des intervalles de valeurs obtenues par les deux méthodes

❖ Analyse

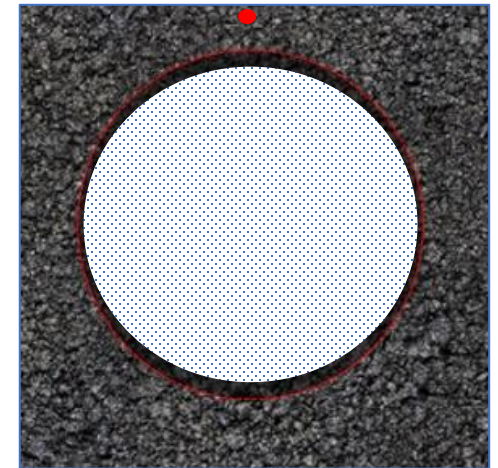
Ces résultats montrent aussi qu'il n'y a pas de corrélation affine entre les deux grandeurs PMT et PTE (ou PMP)



❖ Analyse

Cette absence de corrélation affine entre les deux grandeurs peut être due à:

- Les imprécisions induites par la méthode de référence (étalage imparfait; détermination du diamètre...);
- La base de chaque méthode:
 - Méthode volumétrique: Tâche assimilable à un disque;
 - Méthode profilométrique: Circonférence.



❖ Analyse

Les écarts entre les valeurs caractéristiques (min, moy, max) présentées par les deux méthodes et les plages de résultats sont très comparables et montrent que les PMT et PTE sont liés par la surface sujet de mesures et approximativement équivalentes dans la représentation et l'évaluation de sa macrotexture dans sa globalité.

Grandeur	PMT	PTE	PTE - PMT
Maximum	1.32	1.29	-0.03
Moyenne	0.97	0.89	0.08
Minimum	0.74	0.67	0.07

Section 1

Grandeur	PMT	PTE	PTE - PMT
Maximum	1.10	1.23	0.13
Moyenne	0.86	0.87	0.01
Minimum	0.63	0.68	0.05

Section 2

5-Conclusions et recommandations

❖ Conclusion

- La méthode volumétrique à la tâche était et est toujours la méthode de référence mais
 - Vulnérable à l'action des vents
 - Temps d'essai relativement élevé
 - Risque d'imprécision (opérateur humain + surface de contact patin/chaussée)
- Evolution technologique et normative **➔** Apparition de plusieurs appareils qui adoptent la méthode profilmétrique à laser
- D'après ce qui précède, la méthode profilmétrique à laser peut constituer une bonne alternative pour évaluer la macrotexture des chaussées

❖ Recommandations

- Pour les chantiers prévoyant la réalisation d'une planche de référence de l'enrobé, il est recommandé :
 - de réaliser les mesures de la hauteur au sable au niveau de cette planche en utilisant les deux méthodes, analyser les écarts obtenus et adopter la méthode profilmétrique comme essai de recevabilité des lots courants de chantiers tout en prenant en considération les résultats de l'analyse réalisée;
 - En cas de litige, faire recours à la méthode de référence.
- Bien lire & respecter les instructions des guides d'utilisation des appareils de mesure

تحت الرعاية السامية لحامى الجلالة الملك محمد السادس
Ο ΞΟΛΞ ΞΗΗΞΙ | Θ.Θ | ΛΙΛΛΞΟ ΞΗΗΞΑ ΓΞΧΞΑ Λ ΞΘ ΘΞΞΘ
SOUS LE HAUT PATRONAGE DE SA MAJESTÉ LE ROI MOHAMMED VI

11^{ème} المؤتمر الوطني للطرق
ΞΟ.Λ. Ξ.Θ.Ξ | ΞΘΞΛ
Congrès National de la Route

MERCI

SOUS LE THÈME

Quels rôles de l'infrastructure
routière dans le nouveau modèle
de développement économique
et social du Maroc ?

تحت شعار

أية مكانة لتطوير البنية التحتية
الطرقية في تنزيل النموذج
الجديد للتنمية الاقتصادية
و الاجتماعية بالمغرب ؟

10 / 12
نوفمبر NOV
DAKHLA 2022

الداخلة
DAKHLA