

WEHNER ET SCHULZE

Retour sur les travaux du GT FAP

Romain LAFON
Routes de France



Groupe français Friction After Polishing (FAP)

- **Groupe utilisateurs de la machine Wehner et Schulze créé en 2009**
- **Rattachement IDRRIM en 2021 → GT FAP**
 - Rattaché au Comité Gestion de Patrimoine d'Infrastructures
- **7 entités membres**
- **2 à 3 réunions/an**
- **Objectifs**
 - Partage d'expérience
 - Harmonisation et amélioration des pratiques (essais, métrologie...)
 - Lien avec les groupes de normalisation (nationaux et CEN)



Groupe européen Friction After Polishing (FAP)

- **Démarche lancée en 2023**
 - Groupe Teams pour échanger/partager
 - Pilotage : Dermot Léonard (Highway Testing Laboratory – Irlande)
- **Sujets traités**
 - Questions techniques
 - Fabricants
 - Patins
 - Question répétabilité
 - Essais croisés
 - Norme européenne et groupe de travail
 - Propositions d'amélioration de l'essai
 - Plaque de référence en verre
 - Sujets recherche



Groupe européen Friction After Polishing (FAP)

- Recensement du nombre de machines
 - 22 machines
 - 17 Freundl et 5 APS
- Plaque de référence
 - Essais croisés sur nouvelle plaque de verre de référence (50 mesures avec 2 jeux de patins)
 - Participation du GT FAP (5 laboratoires)
 - Essais en cours, exploitation à venir



Workshop Friction After Polishing (FAP)

- **1st FAP Workshop à Cologne (BAST / Federal Highway Research Institute) les 20 et 21 novembre 2018**
 - Préparation des échantillons et procédure d'essais, défauts et potentiel de la machine, FAP dans les normes produits, objectifs de recherche
 - 3 présentations du GT Français
- **2nd FAP Workshop à Berlin (FGSV / Road and Transportation Research Association) les 11 et 12 février 2025**
 - Matériel, procédure d'essais granulats, essais de performance
 - 3 présentations du GT Français
 - Metrological control - A few insights into the running-in of the polishing cônes and the friction sliders - Minh Tan DO (Gustave Eiffel University)
 - New laboratory test method for assessing rolling resistance of asphalt mixes - Donatien DE LESQUEN (EIFFAGE)
 - Aggregates cross-tests - Romain LAFON (VINCI)

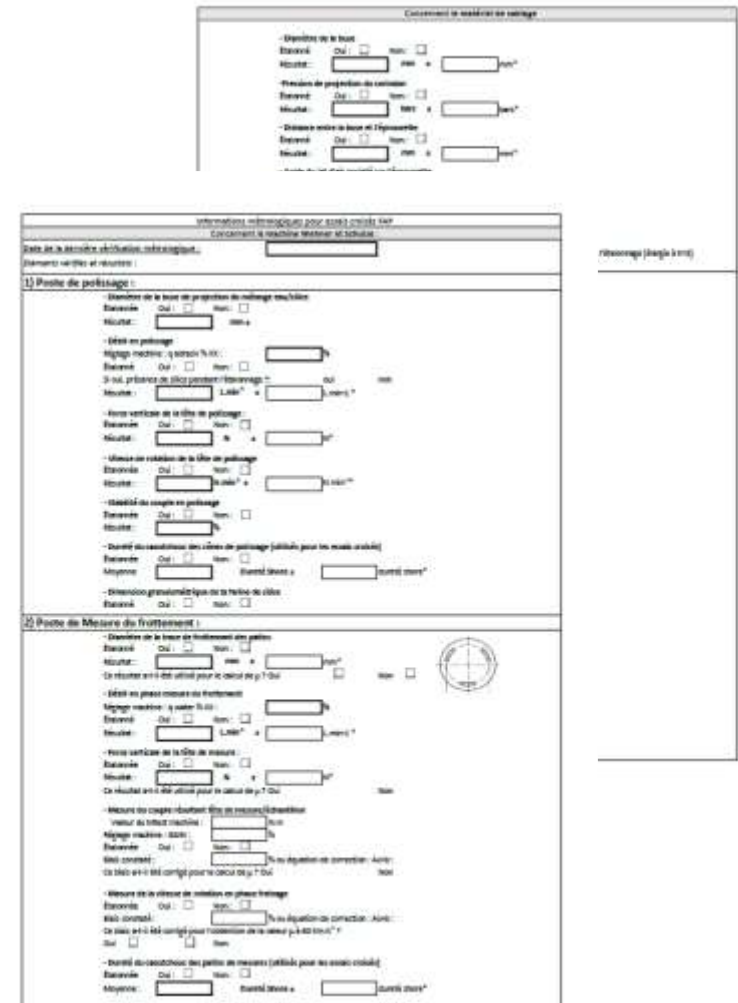


GT FAP : Essais croisés granulats

- **Contexte**
 - Machine Wehner et Schulze → essais sur granulats
 - Pas de norme existante
 - En 2016 GT FAP → 1^{ère} campagne sur granulats
 - Mode opératoire commun GT FAP
 - Depuis peu, certains pays regardent pour proposer un mode opératoire (sujet abordé lors du prochain Workshop FAP)
- **Objectifs**
 - Relancer une campagne d'essais pour anticiper éventuelle norme
 - Identifier les points d'attention et proposer des axes d'amélioration
 - Être force de proposition sur un éventuel projet porté par un autre pays

GT FAP : Essais croisés granulats

- **9 participants**
 - 7 « français » + Luxembourg + Espagne
- **Campagne de vérification métrologique des machines**
 - Poste de polissage (débit, force verticale, vitesse de rotation...)
 - Poste de mesure du frottement (débit, force verticale, couple...)
- **Source de matériaux**
 - Granulats des essais croisés EAPIC PSV (série 20 de 2021)
 - 3 niveaux de PSV différents : proche de 44, entre 50 et 52 et proche de 60



Informations métrologiques pour essais croisés EAPIC
 Conformément à la machine Wehner et Schulze

Date de la mesure et/ou de l'étalonnage: _____

Éléments vérifiés et résultats: _____

1) Poste de polissage :

- Débit de la buse de projection de mélange machine
 Etat: Oui Non
 Moyenne: _____ mm³ s⁻¹ Ecart: _____ mm³ s⁻¹

- Force verticale de projection de matière
 Etat: Oui Non
 Moyenne: _____ N Ecart: _____ N

- Vitesse de rotation de la buse de polissage
 Etat: Oui Non
 Moyenne: _____ tr/min Ecart: _____ tr/min

- Couple de couple de polissage
 Etat: Oui Non
 Moyenne: _____ Nm Ecart: _____ Nm

- Débit de recherche des cônes de polissage (utilisé pour les essais croisés)
 Etat: Oui Non
 Moyenne: _____ mm³ s⁻¹ Ecart: _____ mm³ s⁻¹

- Dimension granulométrique de la buse de la buse
 Etat: Oui Non

2) Poste de Mesure du frottement :

- Débit de la buse de polissage des pierres
 Etat: Oui Non
 Moyenne: _____ mm³ s⁻¹ Ecart: _____ mm³ s⁻¹

- Force verticale de la buse de polissage
 Etat: Oui Non
 Moyenne: _____ N Ecart: _____ N

- Vitesse de rotation de la buse de polissage
 Etat: Oui Non
 Moyenne: _____ tr/min Ecart: _____ tr/min

- Couple de couple de polissage des pierres
 Etat: Oui Non
 Moyenne: _____ Nm Ecart: _____ Nm

- Débit de recherche des cônes de mesure (utilisé pour les essais croisés)
 Etat: Oui Non
 Moyenne: _____ mm³ s⁻¹ Ecart: _____ mm³ s⁻¹

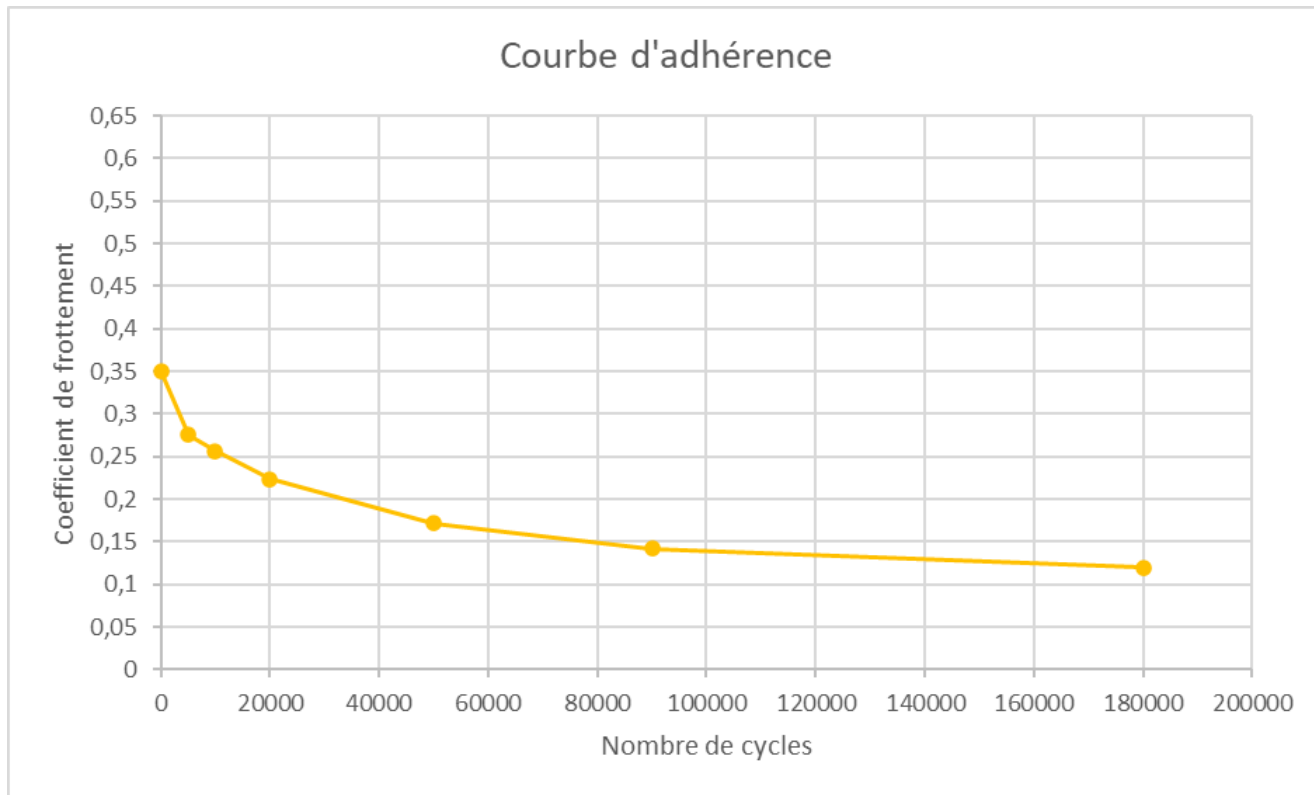
GT FAP : Essais croisés granulats

- **Protocole d'essai**
 - Remplir le formulaire de vérification métrologique
 - Préparation des granulats : tamisage à 10 mm et déplatage à la grille à fente de 7,2 mm
 - Réalisation de deux mosaïques de granulats par source de granulats (selon la recette propre à chaque laboratoire)
 - Prise de photo des mosaïques avant essai
 - Réaliser l'essai de polissage et de frottement selon préconisation de la NF EN 12697-49 avec :
 - Mesure de la plaque de verre avant essai
 - Mesure du frottement à 0, 5 000, 10 000, 20 000, 50 000, 90 000 et 180 000 passes
 - Mesure de la plaque de verre après essai
 - **Prise de photo des mosaïques après essai**



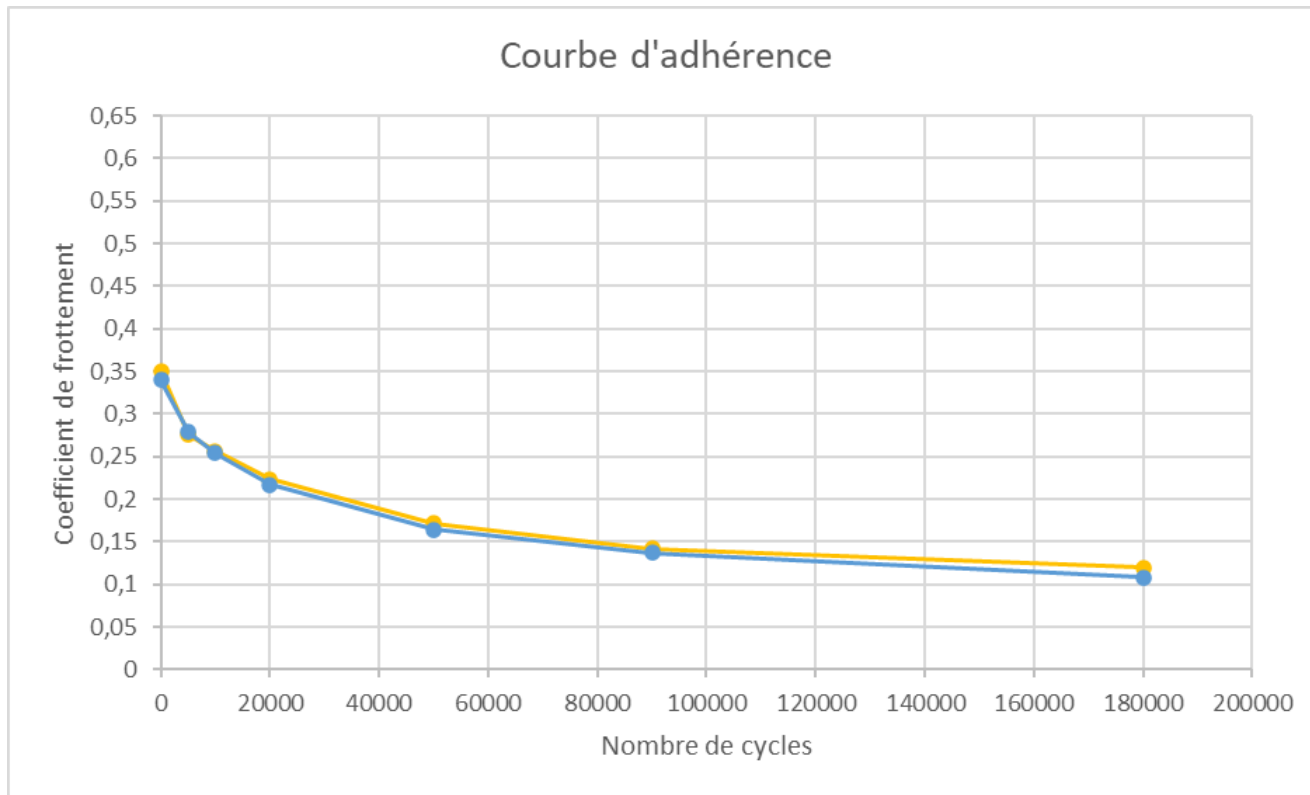
GT FAP : Essais croisés granulats

- **Résultats bruts**
 - **Laboratoire « X » - Eprouvette 1**



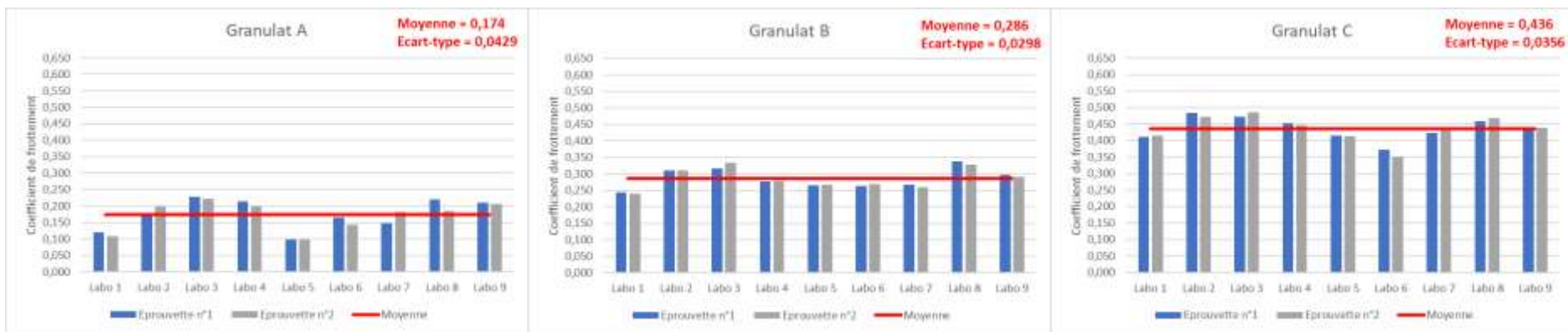
GT FAP : Essais croisés granulats

- Résultats bruts
 - Laboratoire « X » - Eprouvette 2



GT FAP : Essais croisés granulats

- **Analyse statistique des valeurs bruts à 180 000 cycles**
 - **Tous les laboratoires - Toutes les éprouvettes - Tous les granulats**



– Traitements statistiques

Mandel h et Mandel k, Cochran, Grubbs → aucun laboratoire écarté (trop de dispersion)

$$r = 0,042 \text{ et } R = 0,127$$

Mandel h et Mandel k, Cochran, Grubbs → 1 laboratoire écarté

$$r = 0,011 \text{ et } R = 0,083$$

Mandel h et Mandel k, Cochran, Grubbs → 1 laboratoire écarté

$$r = 0,017 \text{ et } R = 0,075$$

GT FAP : Essais croisés granulats

- Résultats corrigés**
 - Dans la norme NF EN 12697-49, résultats exprimés en μ_{FAP}
 - Calcul de μ_{FAP} et impact sur les données

Coefficient de frottement à 60 km/h

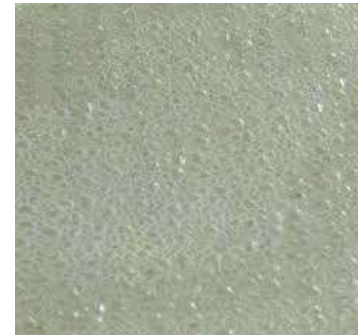
$$\mu_{FAP} = \mu_m$$



$$\mu_{km} + \mu_{ref}$$

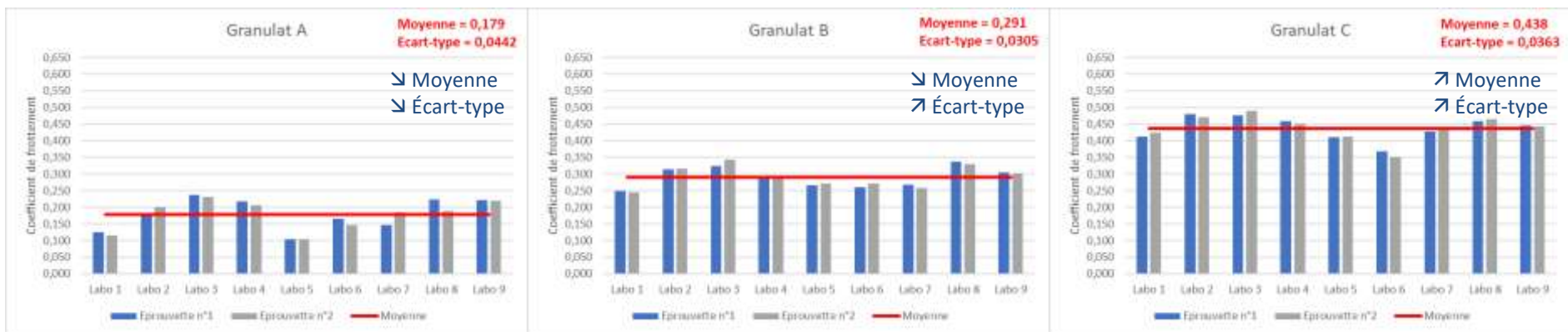
Moyenne avant et après
mesure frottement

Moyenne des 50 dernières
mesures de frottement



GT FAP : Essais croisés granulats

- **Analyse statistique des valeurs corrigées μ_{FAP} à 180 000 cycles**
 - **Tous les laboratoires - Toutes les éprouvettes - Tous les granulats**



– Traitements statistiques

Mandel h et Mandel k, Cochran, Grubbs → aucun laboratoire écarté (trop de dispersion)

$$r = 0,041 \text{ et } R = 0,131$$

Mandel h et Mandel k, Cochran, Grubbs → 1 laboratoire écarté

$$r = 0,013 \text{ et } R = 0,083$$

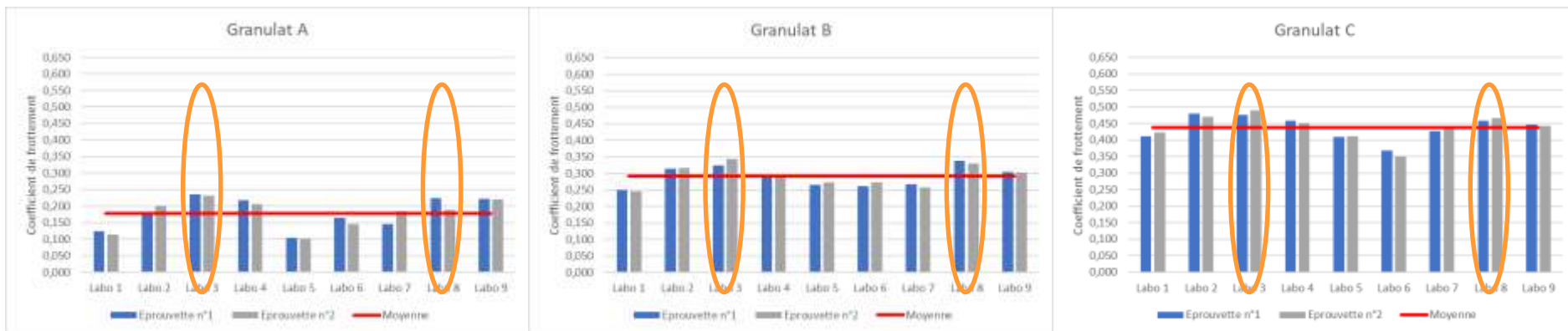
Mandel h et Mandel k, Cochran, Grubbs → 1 laboratoire écarté

$$r = 0,016 \text{ et } R = 0,074$$

→ Impact sur r et R limité

GT FAP : Essais croisés granulats

- Analyse statistique des valeurs à 180 000 cycles**
 - Dispersion plus grande sur le granulat A (plus faible PSV, peu représentatif des matériaux utilisés en couches de roulement)**
 - Valeurs les plus hautes obtenues toujours par les mêmes machines**
 - Un laboratoire a des valeurs plus faibles sur granulat C**



GT FAP : Essais croisés granulats

• Traitements des données : actions réalisées

– Correction de couple pour frottement

- Prise en compte de la droite de corrélation propre à chaque machine
- Réalisé sur 5 machines seulement (population limitée pour traitement statistique)

→ Impact sur r et R reste faible

– Données par type de machine

- Suppression de la machine APS dans le traitement statistique

→ Pas d'amélioration notable de r et R

- Pas d'impact sur le type de machine



GT FAP : Essais croisés granulats

- **Traitements des données : actions réalisées**



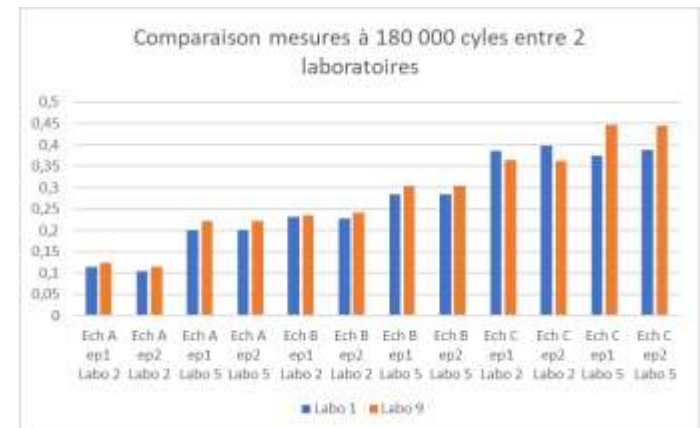
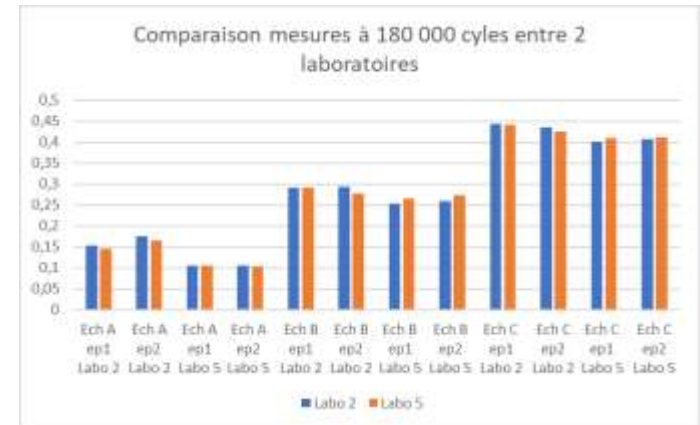
- **Echange d'éprouvettes entre laboratoires**

- Mesure sur éprouvette polie par un autre laboratoire
- 2 séries réalisées
- Peu de différences observées entre les mesures effectuées par les laboratoires

→ Mesure du frottement semble mieux maîtrisée

- Différence plus importante sur les granulats A

→ Pourrait expliquer des différences de polissage plus importantes avec le granulat A (plus « tendre »)



GT FAP : Essais croisés granulats

- **Conclusions**
 - **Plusieurs points satisfaisants**
 - Bonne accoutumance de l'essai
 - Procédure adaptée et utilisée par tous les laboratoires sans difficulté
 - Partie frottement semble mieux maîtrisée
 - Pas de différence notable constatée entre les 2 types de machines (Freundl et APS)
 - **Points de vigilance**
 - Reproductibilité à l'état brut peu satisfaisante
 - Partie polissage semble moins maîtrisée

GT FAP : Essais croisés granulats

- **Pistes de réflexion et d'amélioration**

- **Critère de validité**

- Aucune valeur éliminée lors de l'analyse
 - Mise en place un critère de validité des mesures comme dans la norme NF EN 12697-49 (<0,03 entre deux éprouvettes) ?

→ Quelques valeurs éliminées (notamment sur granulat A ce qui améliore la reproductibilité)...

- **Influence du polissage**

- Résultats proches à l'état initial (0 cycles) et beaucoup plus dispersées à l'état final (r et R fortement diminués)
 - État des roulements des cônes de polissage ?
 - Influence de la masse de la tête de polissage ?

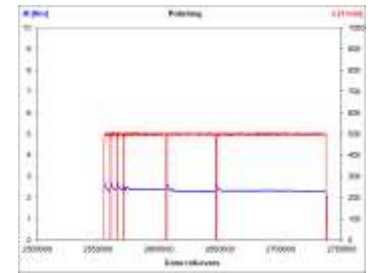


GT FAP : Essais croisés granulats

- **Pistes de réflexion et d'amélioration**

- **Evolution du moment lors du polissage**

- Examen détaillé des courbes pour déceler d'éventuels différences de polissage entre les laboratoires (niveau, stabilité...)
 - Essais de vérification métrologique en dynamique du couple



- **Dispersion du frottement sur une seule machine**

- Mesure de frottement de toutes les éprouvettes par un seul laboratoire
 - Correction par une machine « référence » pour amélioration de la reproductibilité



- **Mode de préparation des échantillons**

- Examen des photos des échantillons (analyse d'image ?)
 - Travail sur la réalisation des mosaïques à faire
 - Impact sur le polissage et les mesures de frottement à évaluer



Merci de votre attention

Romain LAFON

VINCI CONSTRUCTION

Centre de Recherche – 22, rue Thierry Sabine – 33700 MERIGNAC

romain.lafon@vinci-construction.com