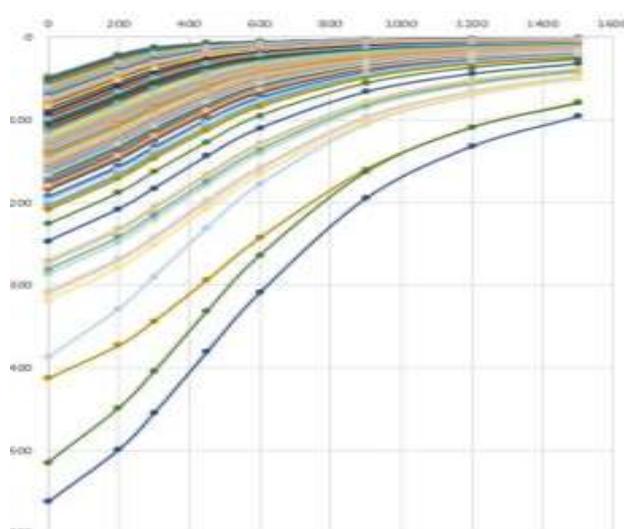


La mesure de déflexion à grand rendement aujourd'hui accessible.
Quel bénéfice pour les gestionnaires ?

Pascal TROTTIER / PAVEXPERT – Alain HEBTING / CEREMA

Nouveaux matériels



Quelles utilisations ?



- **Mesure dans le flot du trafic, jusqu'à 80 km/h**
 - Pas de gêne à l'utilisateur
 - Pas de contrainte d'exploitation spécifique (mesure de jour, sans protection nécessaire)
 - MAIS mesure par temps sec
- **Gestion de réseau**
 - Identification de zones faibles où concentrer les efforts de diagnostic précis
 - Priorisation de travaux
 - Suivi dans le temps
 - Estimation de la durée de vie résiduelle (moyennant l'utilisation d'un modèle)

Quels indicateurs?

Indicateurs internationaux (calés sur le FWD)

Indice	Formule	Paramètres	Unité	Indice	Formule	Paramètres	Unité
Indice de Courbure de Surface (SCI)	$SCI_r = D0 - Dr$	D0 = Déflexion à 0 pouces de la charge Dr = Déflexion à r pouces de la charge	mil	Shape Factor F1	$F_1 = \frac{D_0 - D_{24}}{D_{24}}$	Dr = Déflexion à r pouces de la charge	-
Indice de pente de déflexion (DSI)	$DSI_{r0-r} = Dr0 - Dr$	Dr0 = Déflexion à r0 pouces de la charge Dr = Déflexion à r pouces de la charge	mil	Facteur de forme F2	$F_2 = \frac{D_{12} - D_{36}}{D_{24}}$	Dr = Déflexion à r pouces de la charge	-
Pente Tangente (TS)	$TS_r = \frac{dD}{dr}$	dD = Différence des déflexions dr = Différence en distance	mil/pouces	Indicateur de courbure de base (BCI)	$BCI = D24 - D36$	Dr = Déflexion à r pouces de la charge	mil
Rayon de courbure (R1)	$R1_r = \frac{r^2}{[2D_0(1 - D_r/D_0)]}$	r = Distance de la charge D0 = Déflexion sous la charge Dr = Déflexion à une distance r de la charge	pouces	Indice de dommages à la base (BDI)	$BDI = D12 - D24$	Dr = Déflexion à r pouces de la charge	mil
Rayon de courbure (R2)	$R2_r = \frac{r^2}{[2D_0(D_0/D_r - 1)]}$	r = CG D0 = Déflexion sous la charge Dr = Déflexion à une distance r de la charge	pouces	Pente des déflexions (SD)	$SD_r = \frac{\tan^{-1}(D_0 - D_r)}{r}$	Dr = Déflexion à r pouces de la charge	-
Zone du bassin de déflexions (A)	$A = 6[1 + 2\left(\frac{D_{12}}{D_0}\right) + 2\left(\frac{D_{24}}{D_0}\right) + \frac{D_{36}}{D_0}]$	Dr = Déflexion à r pouces de la charge	-	Profil de zone sous chaussée (AUPP)	$AUPP = \frac{SD_0 - 2D_{12} - 2D_{24} - D_{36}}{2}$	Dr = Déflexion à r pouces de la charge r = Distance de la charge	mil

Quels indicateurs?

Evaluation de la contrainte de traction à la base de l'enrobé

$$\varepsilon = \alpha(DSI)^b$$

$$\varepsilon = \alpha'(SCI/300)^{b'} \quad \text{Rada (2016)}$$

Avec comme paramètres

Pour Rappel (1pouce= 2,54 cm)

AC Layer Thickness	Parameter	
	a	b
3-4 inches	66.96	0.9351
4-5 inches	62.567	1.0174
5-6 inches	64.660	1.0379
6-7 inches	71.646	1.0005
7-8 inches	74.381	0.9757
8-9 inches	76.458	0.9427
9-10 inches	77.802	0.9107
10-11 inches	77.868	0.8674
11-12 inches	76.861	0.8395
12-13 inches	75.154	0.8149
13-14 inches	72.194	0.778
14-15 inches	70.196	0.7824
15-16 inches	66.402	0.7525
3-6 inches (Thin)	69.100	0.9348
6-9 inches (Medium)	75.100	0.9532
9-16 inches (Thick)	75.170	0.8579

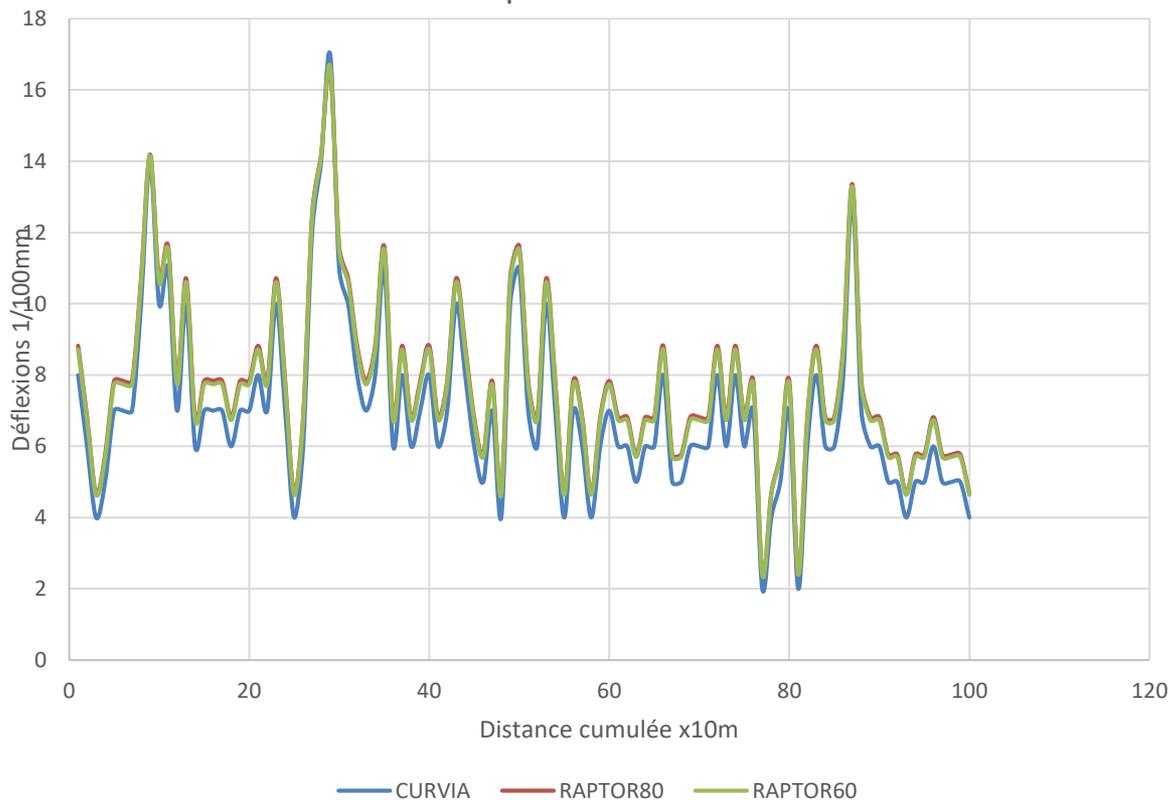
AC Layer Thickness	Parameter	
	a'	b'
3-4 inches	52.438	0.9620
4-5 inches	50.814	1.0200
5-6 inches	53.725	1.0240
6-7 inches	59.704	0.9870
7-8 inches	62.539	0.9520
8-9 inches	64.595	0.9120
9-10 inches	65.645	0.8820
10-11 inches	65.656	0.8373
11-12 inches	64.639	0.8103
12-13 inches	63.058	0.7895
13-14 inches	60.592	0.7479
14-15 inches	58.494	0.7594
15-16 inches	55.386	0.7285
3-6 inches (Thin)	57.818	0.9270
6-9 inches (Medium)	63.202	0.9350
9-16 inches (Thick)	62.538	0.8412

Essais comparatifs

Sens 1 – Structure bitumineuse épaisse

- **Comparaison des valeurs sur 13 Kms- Sens 1**

Comparaison Valeurs Déflexions



- **Moyenne des différences**

- 0,747

- **Ecart type**

- 0,12

- **Erreur quadratique moyenne**

- 0,60

- **Si valeurs**

- avec pondération + 0,75

- **Moyenne des différences**

- 0,0025

- **Ecart type**

- 0,12

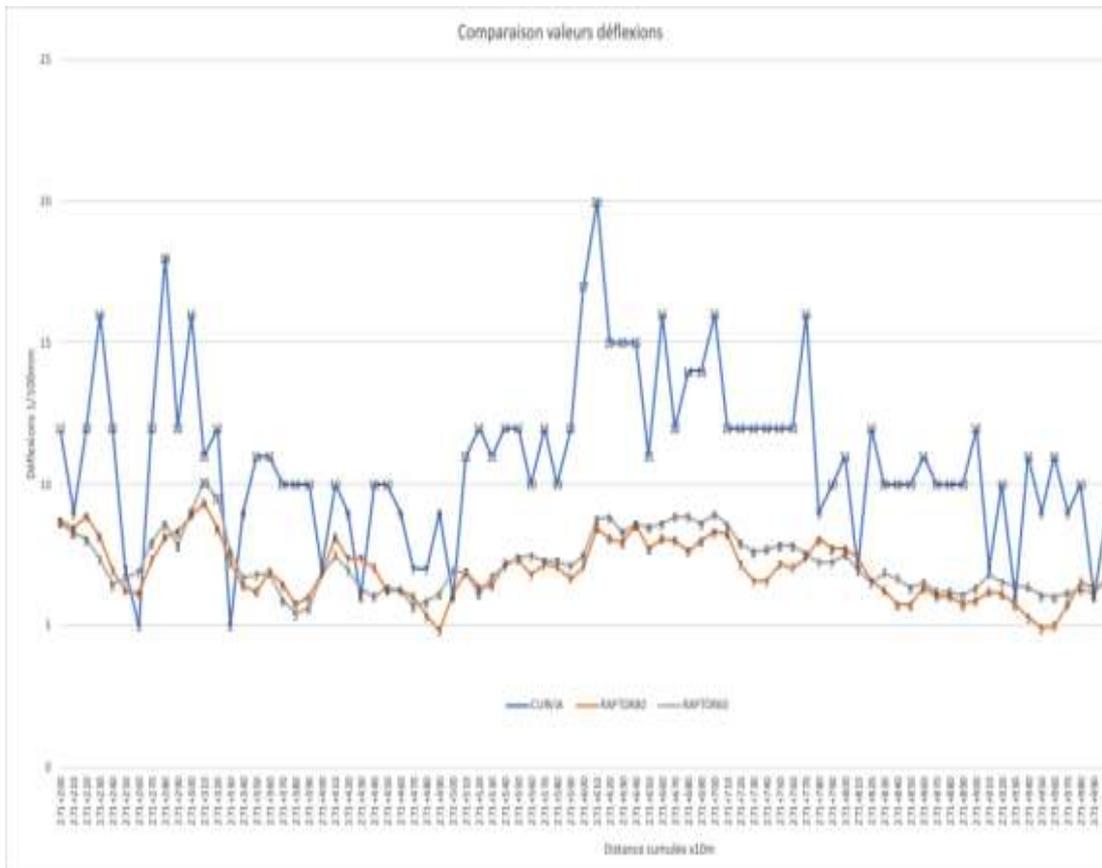
- **Erreur quadratique moyenne**

- 0,04

Essais comparatifs

Sens 2 - Structure bitumineuse épaisse

- **Comparaison des valeurs sur 13 Kms- Sens 2**



- **Moyenne des différences Curviamètre/Raptor 80Km/h**

- 1,56

- **Ecart type**

- 2,29

- **Moyenne des différences Curviamètre/Raptor 60Km/h**

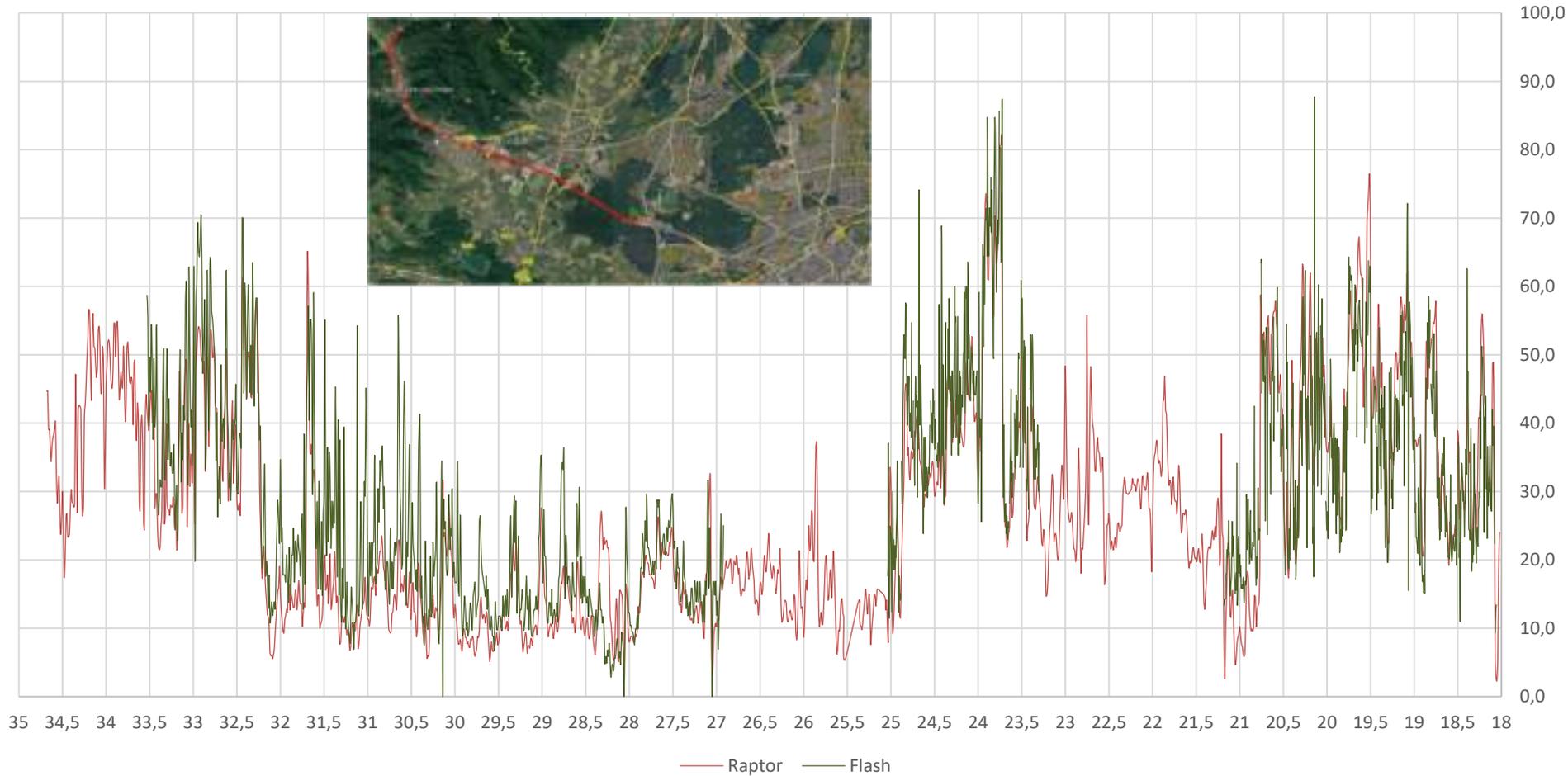
- 1,33

- **Ecart type**

- 2,31

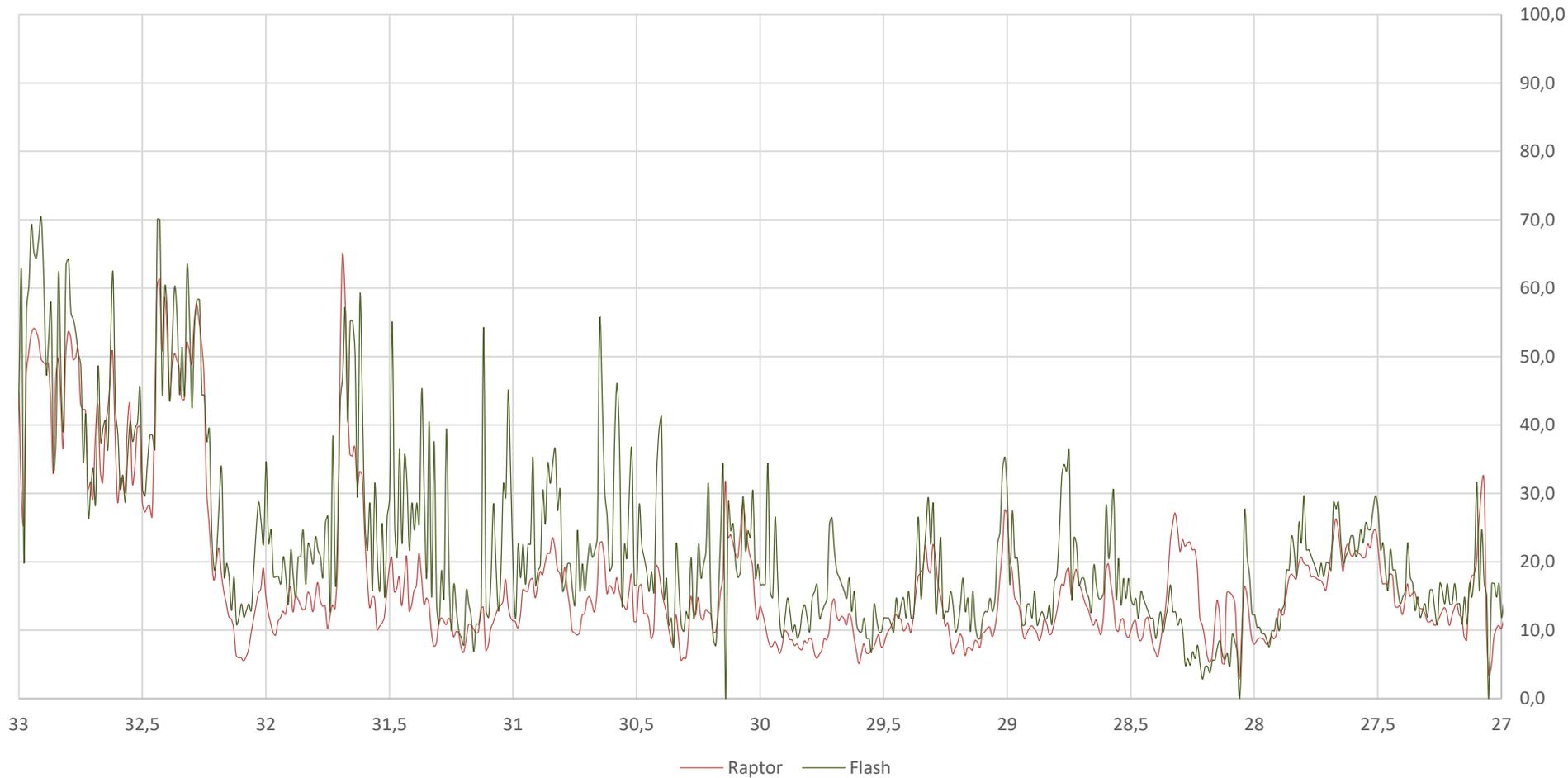
Démonstration – Raptor 2018

Comparaison Raptor-Flash complète



Démonstration – Raptor 2018

Comparaison Raptor-Flash
RN66 - PR 33 - 27



Projet DVDC

- Thème 1 – Mécanismes de dégradation des chaussées
 - Retour d'expérience sur les mécanismes de dégradation des chaussées
 - Sol support et assainissement
 - Interfaces
 - Fatigue et vieillissement des matériaux
 - Dégradations hivernales
- Thème 2 – Caractérisation de l'état du réseau
 - Retour d'expérience sur la connaissance de l'état du réseau
 - **Méthodes de mesure et d'auscultation *in situ***
 - Indices structurels
- Thème 3 : Évaluation de la durée de vie résiduelle
 - Modèle de dégradation des structures
 - Aspects probabilistes
 - Cas des couches de surfaces

Essais croisés DVDC



Défectographe Flash

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1er passage											
2ème passage											
3ème passage											
4ème passage											
5ème passage											
6ème passage											
7ème passage											



TSDDs



FWD



Aigle3D



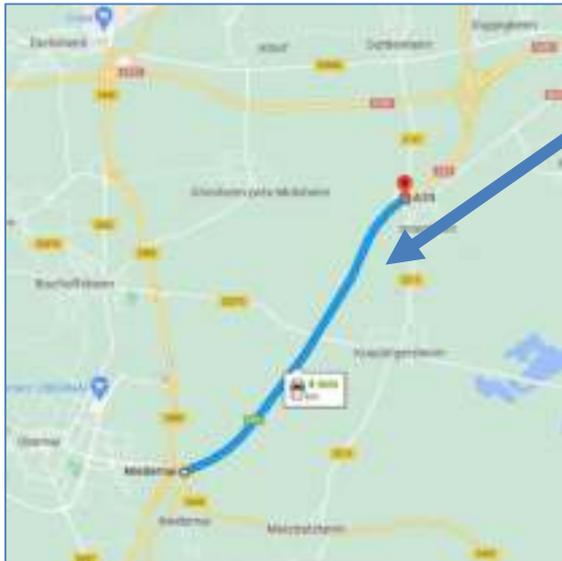
CereMap3D



Radar3D

Sections du projet DVDC

Section pour la répétabilité



Itinéraire complet (168 km)

A35 :

- Bitumineux et hydraulique

RN83 :

- Bitumineux et hydraulique

RD422 :

- Souple

RD500 :

- Enrobé à module élevé

RD1422 :

- Renforcé par géogrille

RN4 :

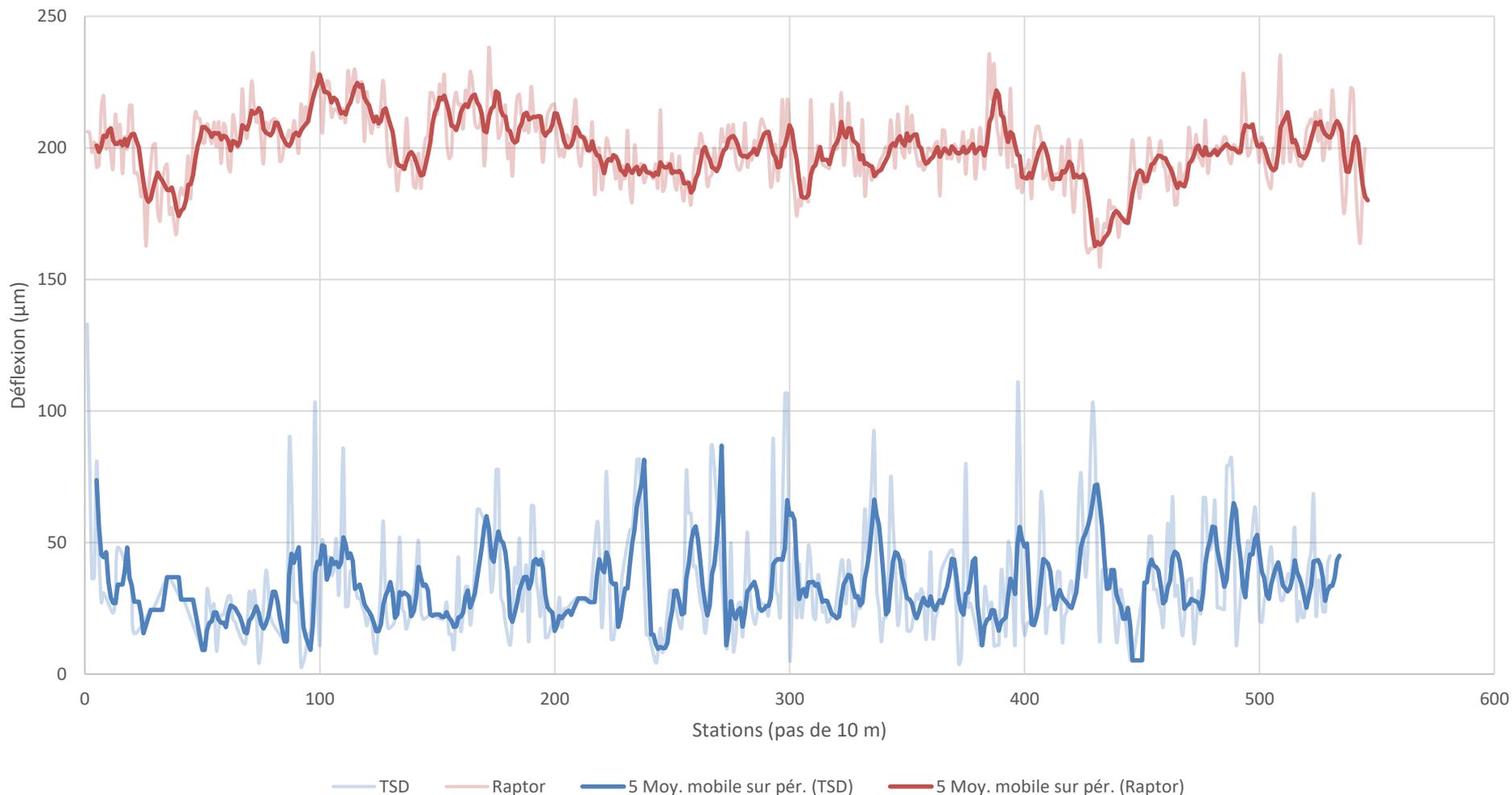
- Route historique

A351 :

- Bitumineux neuf

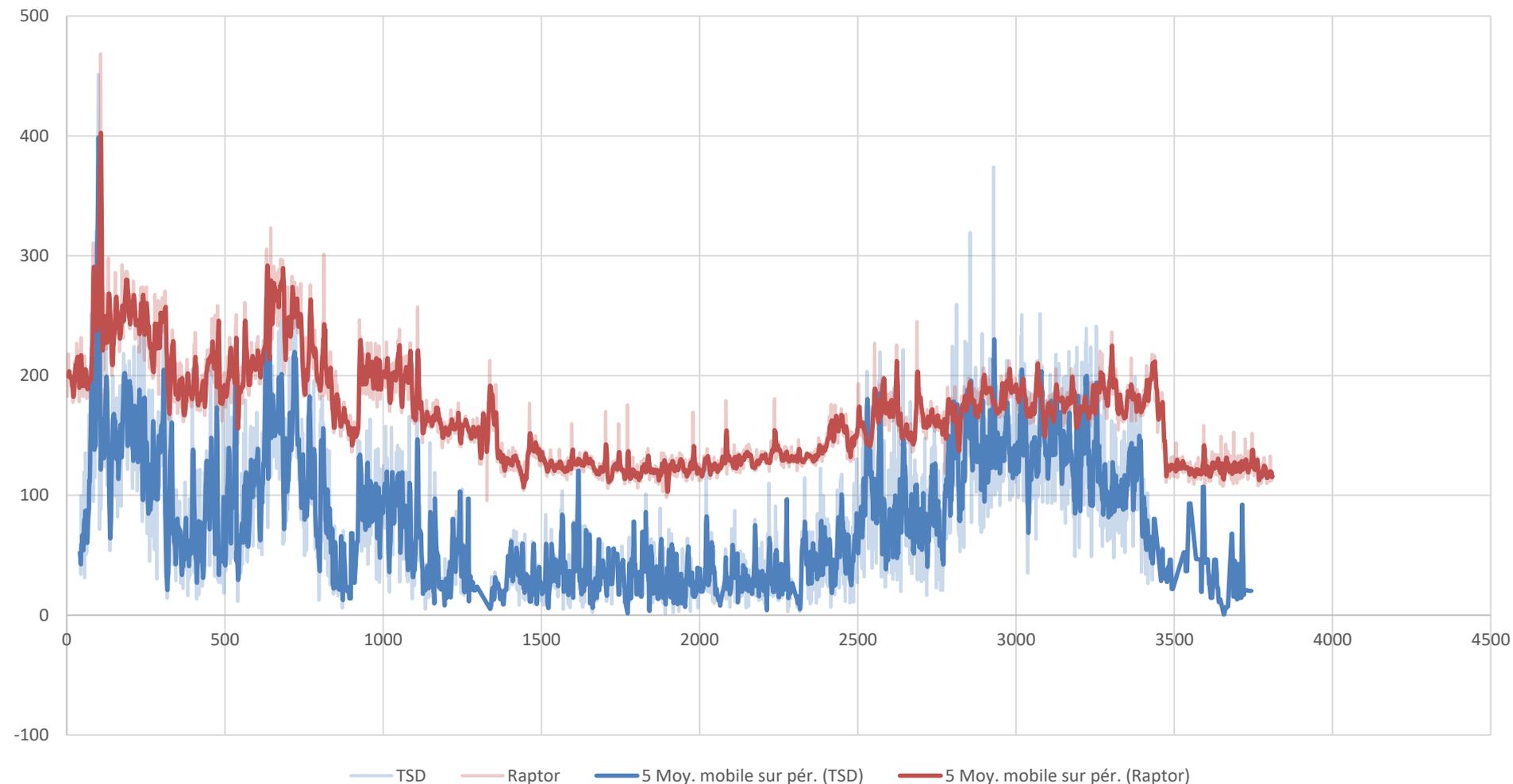
Exemples de résultats – analyse en cours

A35 – Sud -> Nord



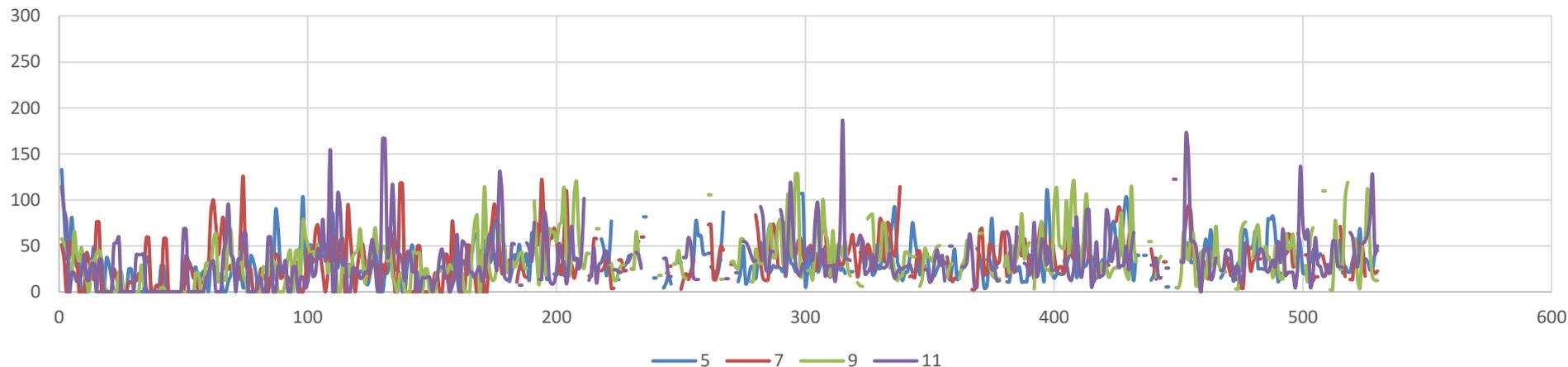
Exemples de résultats – analyse en cours

A35 et RN83 – Sud -> Nord



Répétabilité – Sud -> Nord – analyse en cours

TSD

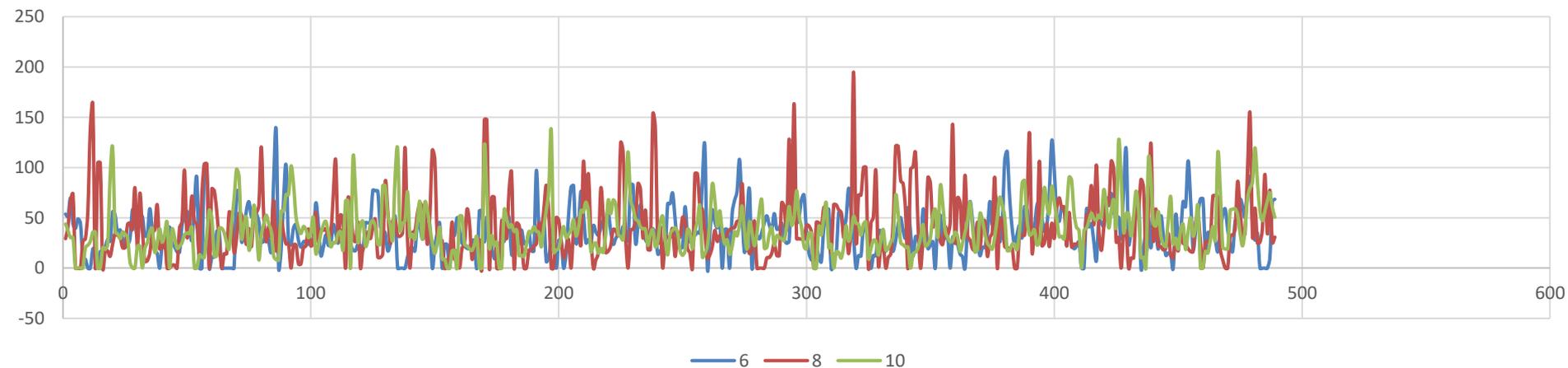


Raptor

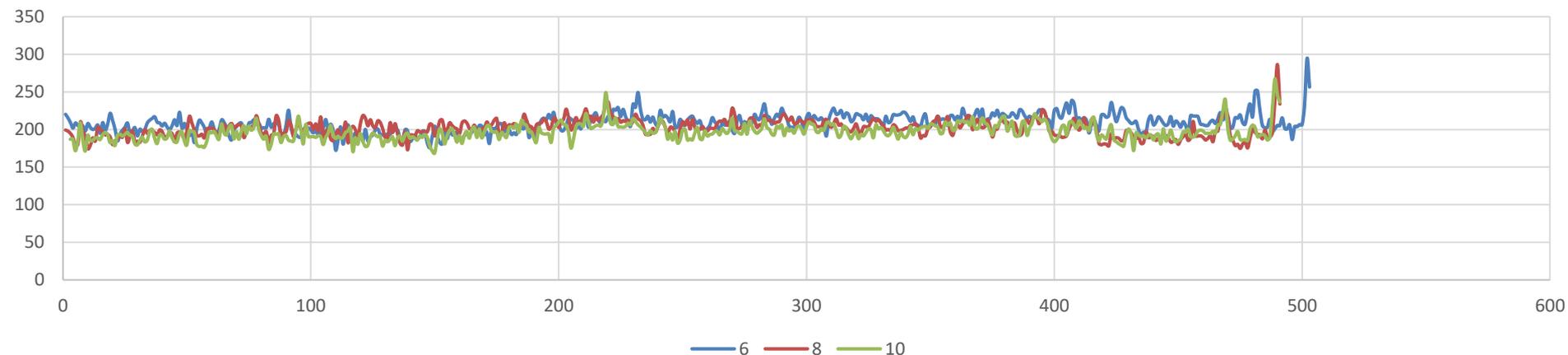


Répétabilité – Nord -> Sud – analyse en cours

TSD



Raptor



Quelques observations à ce stade

Quelques opérations restent à faire :

- Recalage géographique des mesures (des décalages sont observés)
- Correction en température
- Correction liée au chargement (roule simple/roues jumelées)
- Comparaison à des appareils de référence (Flash, FWD)

Observations :

- Détection de zones homogènes **similaires** entre appareils
- Sensibilité de la mesure **variable** entre appareils
- Ordre de grandeur **variable** entre appareils

Quelques éléments de réflexion

Pistes de réflexion :

- Ecart systématique entre les mesures des deux appareils de l'ordre de 150 μm qui pourrait venir des méthodes de calibrage et des principes de mesure
 - Nécessité de modéliser la charge totale et la configuration des véhicules avec Alize LCPC
 - Analyses des formes de bassin
- Comparaison possible des autres indicateurs fournis :
 - BCI, LLI, SCI
 - Modules de surface
 - Autres...

Le travail est à poursuivre et sera présenté dans un livrable du projet DVDC ainsi qu'au séminaire de clôture à venir.

Arrivée du Raptor au Cerema

Calendrier

- Livraison prévue fin mars 2023
- Matériel opérationnel au second semestre 2023

Deux volets

- Développement méthodologique
 - Référentiels et doctrines techniques
- Opérationnel
 - Alimentation d'indicateurs de suivi
 - Gestion de réseau



Merci de votre attention

Pascal TROTTIER
PAVEXPERT

07 86 72 38 80 - ptrottier@pavexpert.com

Alain HEBTING
CEREMA

06 64 53 87 66 - alain.hebting@cerema.fr

