



Mesurer la déflexion des routes à la vitesse du trafic : une étude comparative.

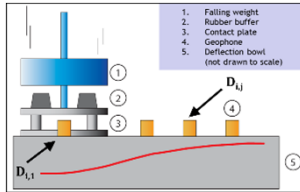
Carl Van Geem

Centre de Recherches Routières (CRR, Belgique)

Opzoekingscentrum voor de wegenbouw (OCW), Belgian Road Research Centre (BRRC)

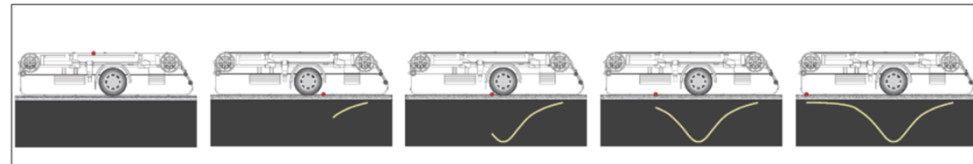


4 appareils différents : FWD, Curviamètre, TSD, Raptor



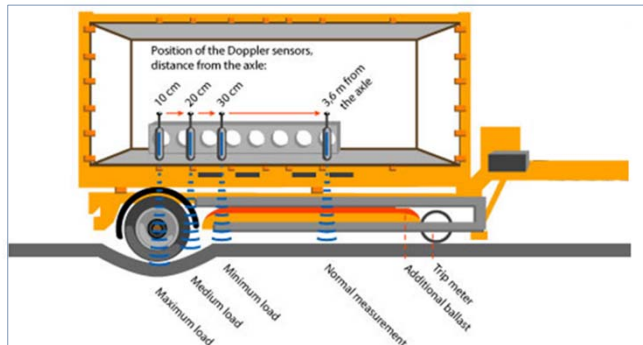
Défectomètre à masse tombante (FWD):
 application de force à 1 station (à l'arrêt),
 géophones mesurent à différentes distances,
 Mesure une accélération : double intégration (déflexions)
 Rapportage : 1 station par 100 m

FWD : analyse au niveau projet

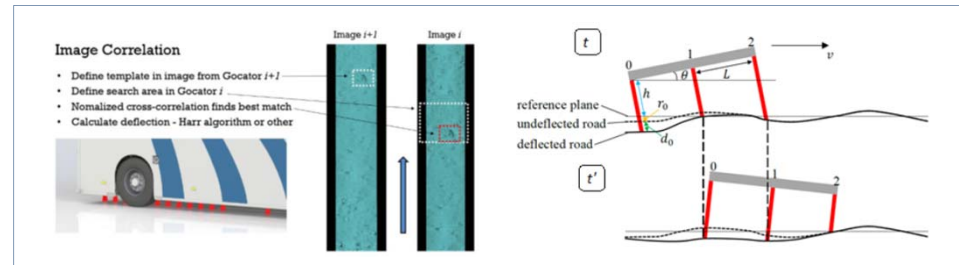


Curviamètre : application de charge par poids sur l'axe arrière,
 1 géophone mesure à un endroit fixe ce qui se passe lors du passage de la roue,
 Mesure d'accélération : double intégration (bassin de déflexion)
 Rapportage : 1 station par 5 m

Curviamètre : analyse réseau (lentement)
 & « projets de ± 15 km »



TSD:
 application de charge par poids sur l'axe arrière,
 Lasers Doppler mesurent à différentes distances
 Mesure de vitesse :
 peut être intégré afin d'obtenir des déflexions
 Rapportage d'une « moyenne » sur 10 m



Raptor:
 application de charge par poids sur l'axe arrière,
 Combinaison de 3 lasers pour 1 courbature à 1 endroit,
 Transformation en 8 déflexions sur demi bassin
 Rapportage d'une « moyenne » sur 10 m

Raptor et TSD : analyse/gestion réseau
 (actuellement l'analyse au niveau projet reste encore un sujet de recherche)

Route et sections utilisées pour cette étude comparative

1 tour : +/- 85 km
Raptor, TSD

Zone 3:
N718
3.2 km (0.0 – 3.2)
Raptor, TSD,
FWD, Curviameter

GPR 2GHz indique
un changement de
structure routière à
environ « km 2.5 »



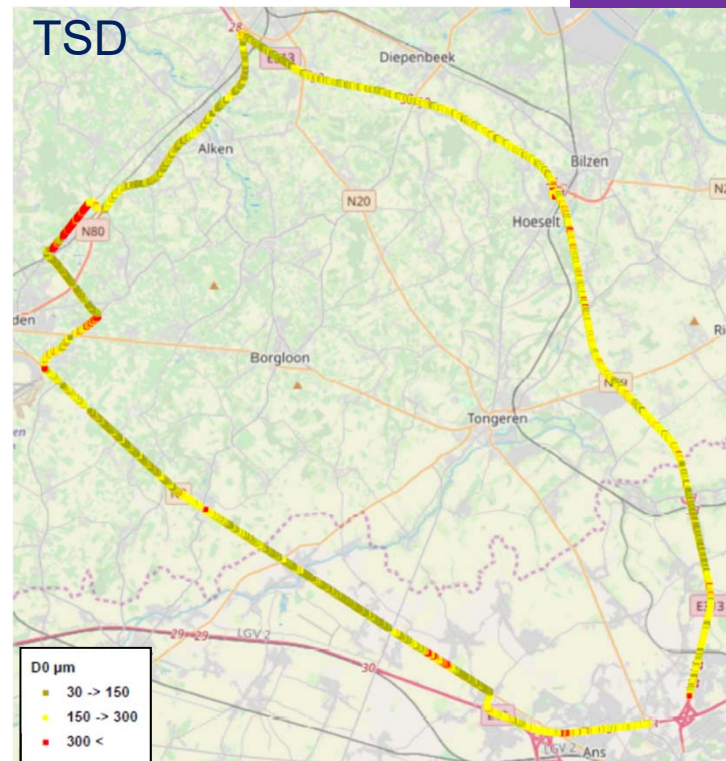
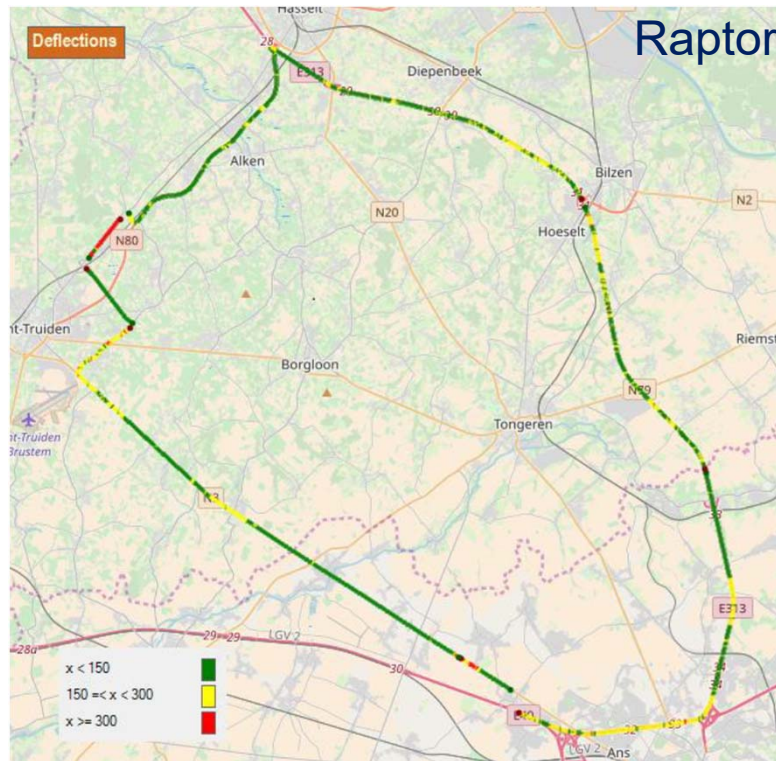
Zone 1:
A13/E313
12.1 km (88.0 – 100.1)
Raptor, TSD,
FWD, Curviameter

Gestion par
2 « districts » différents
du gestionnaire (AWV) :
88.0-92.7 & 92.7-100.1

**Objectif premier (et objet de cette présentation) :
un comparatif pour une application « réseau ».**

Raptor & TSD: tour complet

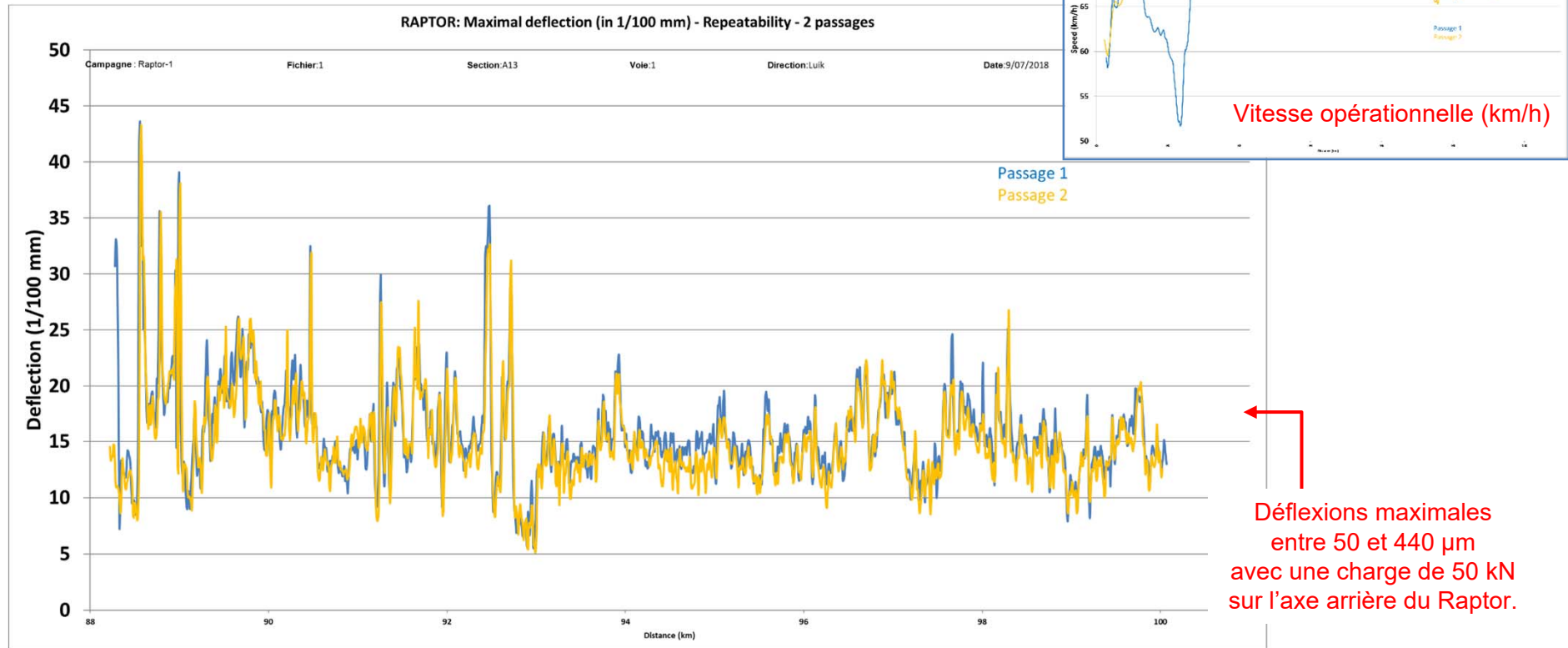
$D_{max} < 150$
 $150 < D_{max} \leq 300$
 $300 \leq D_{max}$



Vue globale de l'état actuel des routes (exprimé en déflexion maximale) :
« même » image avec Raptor ou TSD.

Répétabilité Raptor

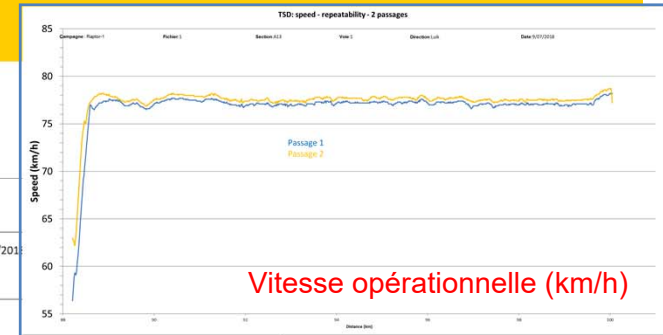
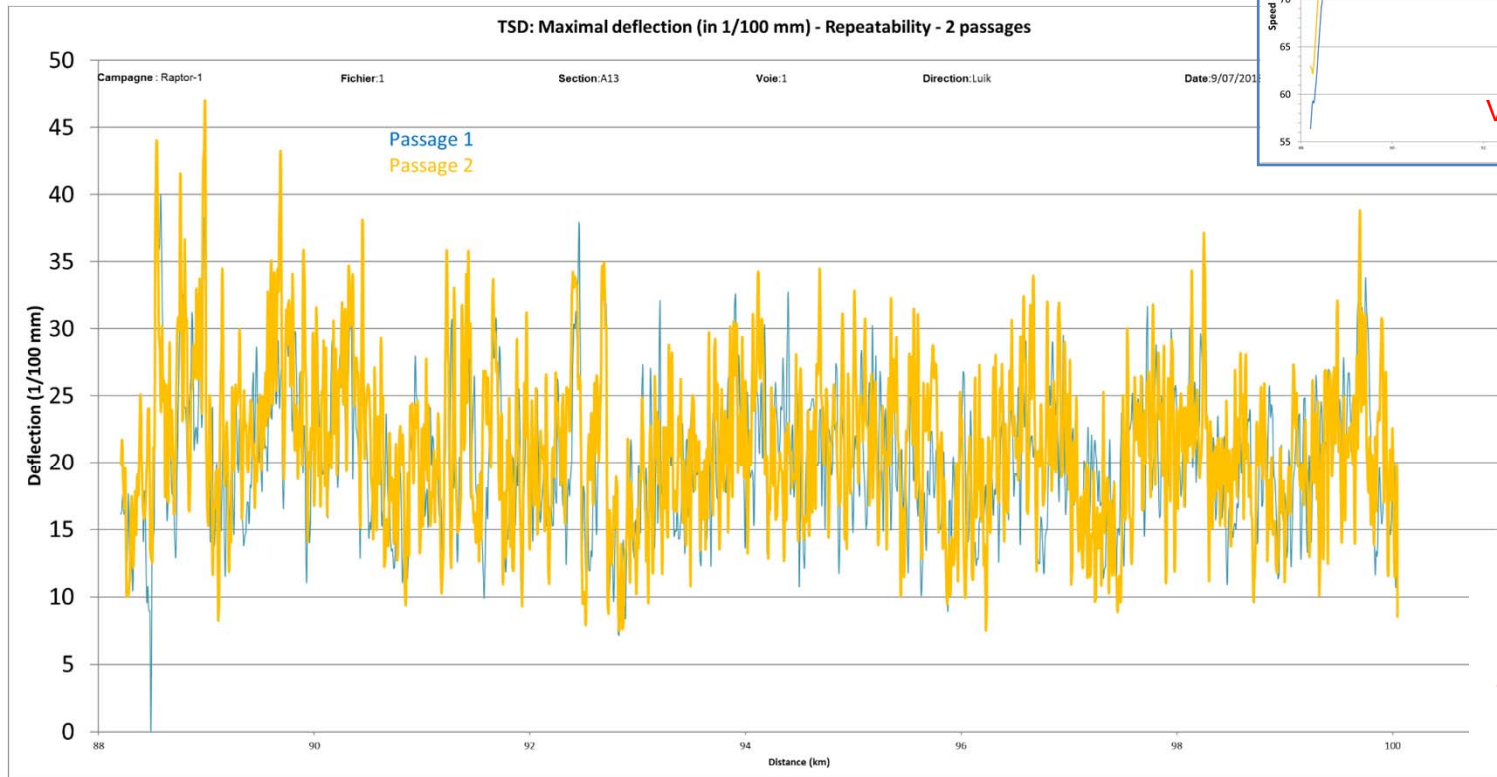
Zone 1



Raptor : bonne répétabilité (déflexion maximale)

Répétabilité TSD

Zone 1



Déflexions maximales entre 70 et 470 μ m avec une charge de 50 kN sur l'axe arrière du TSD.

TSD : bonne répétabilité (déflexion maximale)

A noter (1) : effets température et vitesse sur déflexions

Ces effets sont étudiés (ici quelques exemples) mais elles compliquent la comparaison entre appareils !

Température

Espagne (1997), facteurs de correction :

- Surface avec peu de fissures et épaisseur de la couche bitumineuse d'au moins 10 cm :
 $C_t = 200 / (3.t + 140)$,
- Surface avec beaucoup de fissures :
 $C_t = (2.t + 160) / (3.t + 140)$,
- Beaucoup de fissures et épaisseur < 10 cm :
 $C_t = 1$.

COST 336 (FWD),
module élastique :

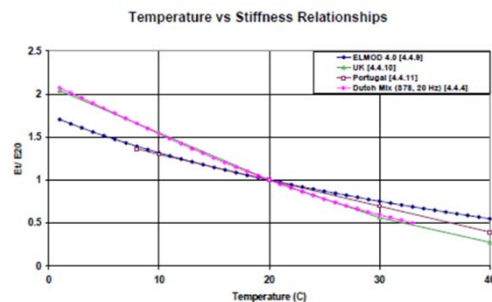
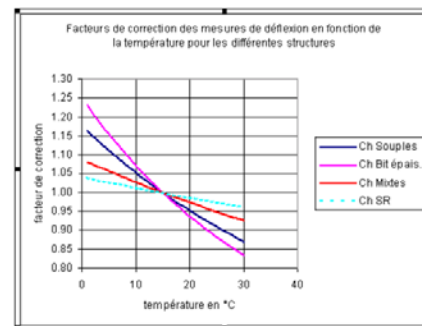


Figure 4-11 Examples of temperature-stiffness relationships

France (Kobisch, 2008),
déflexions :



Vitesse de la charge

cf. Espagne, 1994 – sur site expérimental
(routes flexibles et semi-rigides)

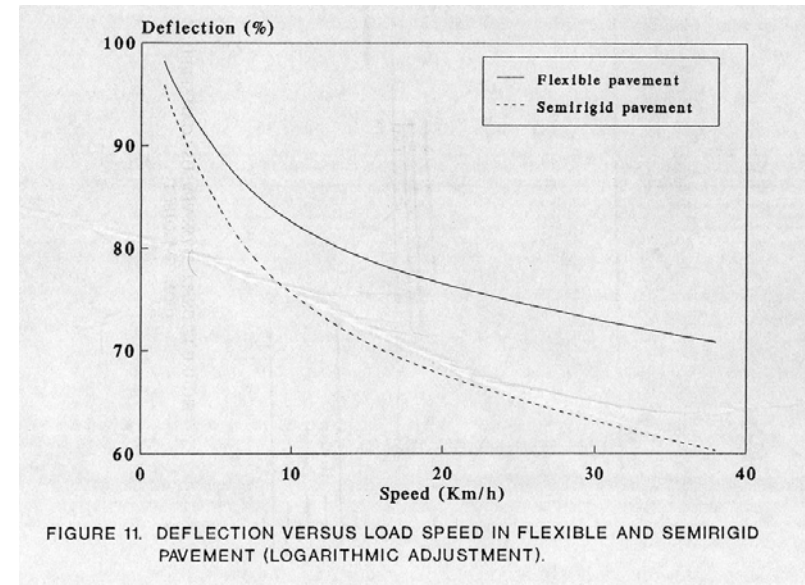


FIGURE 11. DEFLECTION VERSUS LOAD SPEED IN FLEXIBLE AND SEMIRIGID PAVEMENT (LOGARITHMIC ADJUSTMENT).

A noter (2) : différences entre les conditions des essais

appareil	charge	moyen de chargement	vitesse	moment
Curviamètre	65 kN (13 t)	sur l'axe arrière	18 km/h (constante)	la nuit
FWD	(env.) 65 kN (dans ce cas)	masse tombante	à l'arrêt (simule « 60 km/h »)	la nuit
Raptor	50 kN (10 t)	sur l'axe arrière	± 70 km/h (variable)	en journée (en été)
TSD	50 kN (10 t)	sur l'axe arrière	± 74 km/h (variable)	en journée (en automne)

Ainsi :

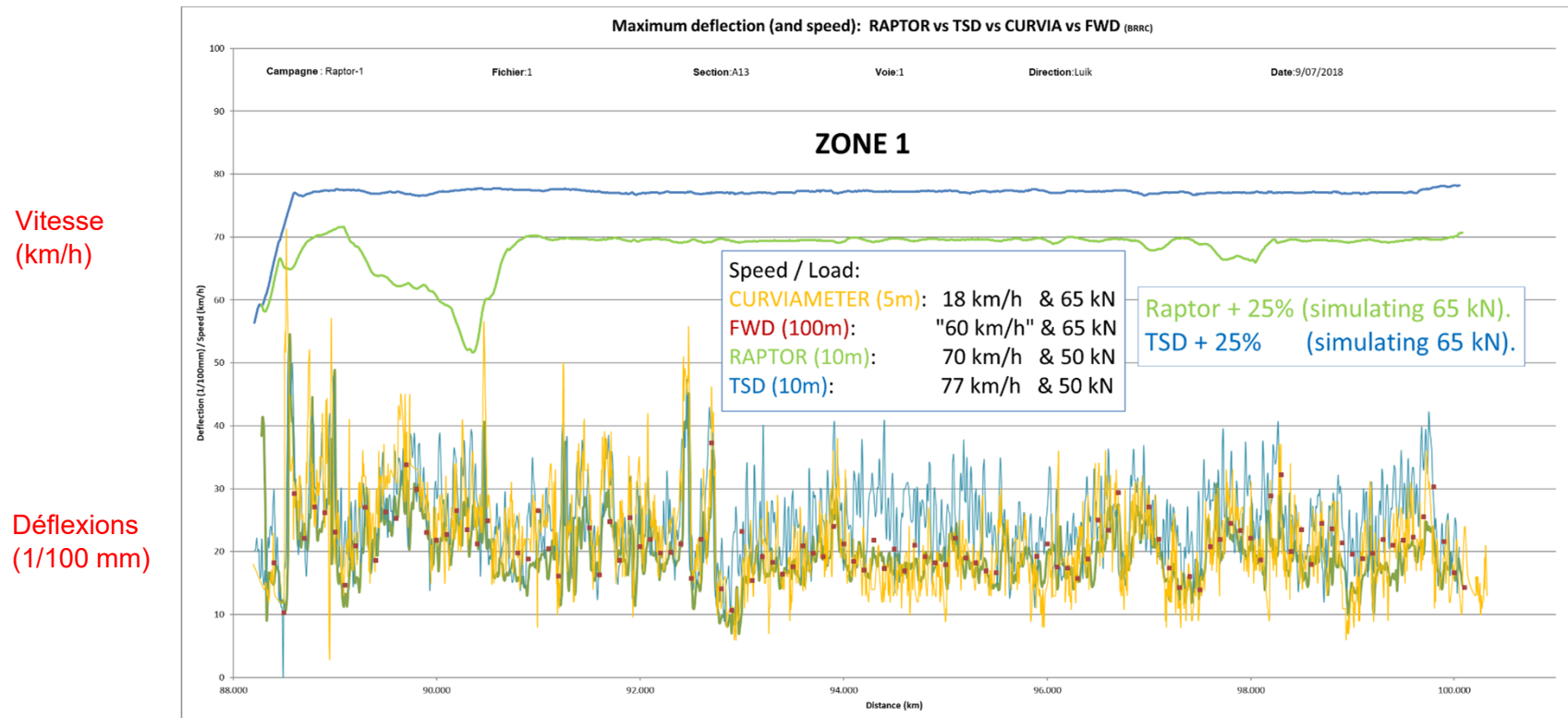
- Nous avons multiplié les déflexions du Raptor et du TSD par un facteur « 1.25 ».
- 1.25 (≈ 65/50) semble un bon facteur pour arriver à de jolis graphiques : nous n'avons pas cherché une explication très scientifique...

Comparaison déflexions maximales

Note :

Curvi metre fait 1 mesure par 5 m

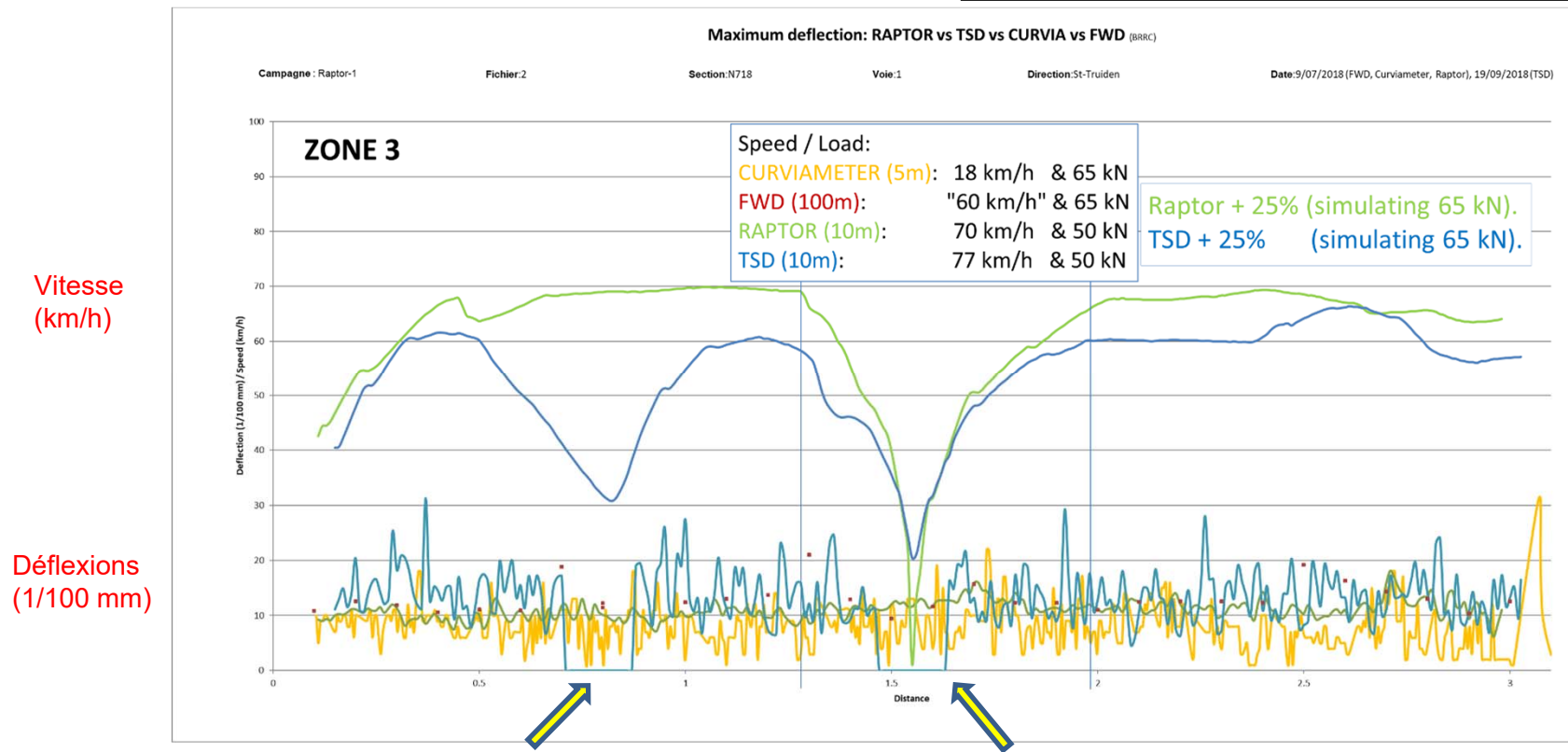
Raptor en TSD rapportent 1 valeur « moyennée » par 10 m



Grosso modo les mêmes tendances dans les variations de la déflexion maximale.

Comparaison déflexions maximales

Note :
 Curviametre fait 1 mesure par 5 m
 Raptor en TSD rapportent 1 valeur « moyennée » par 10 m



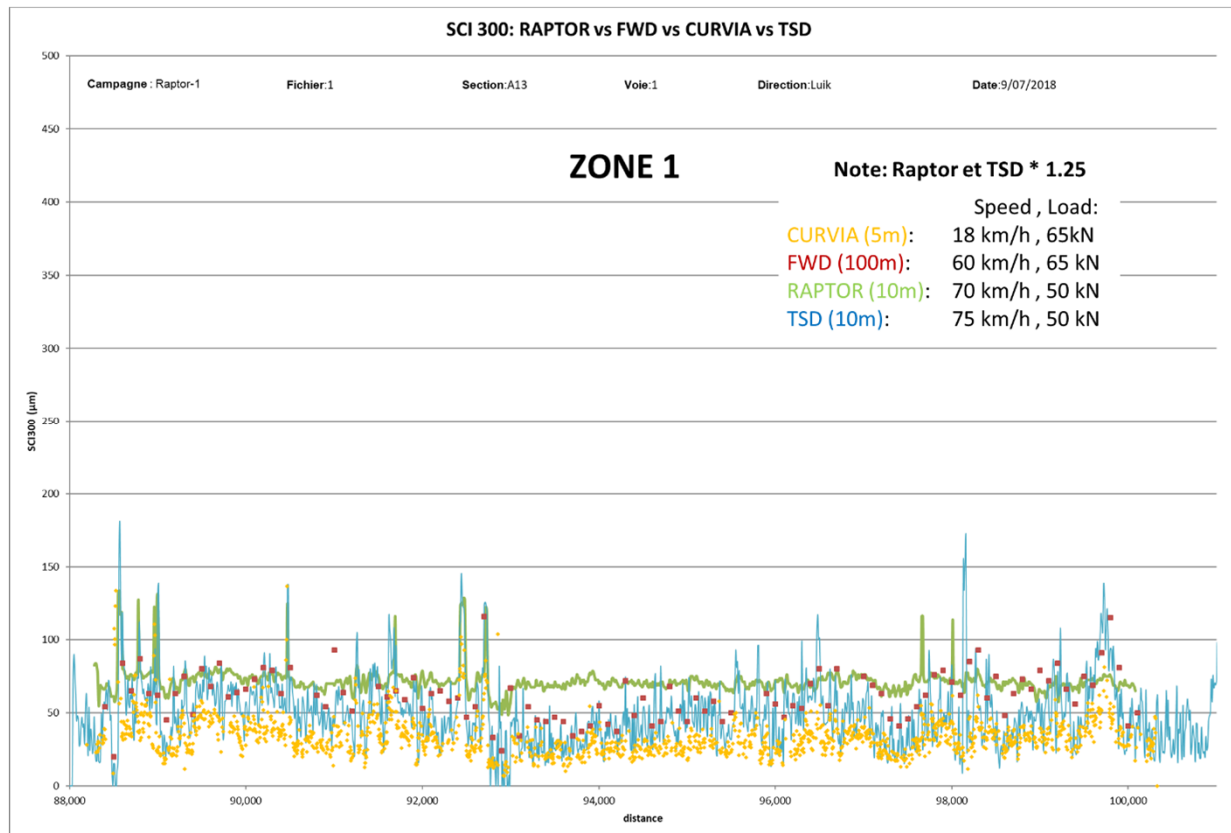
Données de mesure du TSD manquent quand la vitesse devenant « très faible » (c'est un seuil à déterminer par l'utilisateur : mesure de sécurité).

Carrefour avec feux à km 1,600...

Une variation lente de vitesse ne semble pas influencer le résultat des mesures.

Comparaison D(0) – D(300)

« SCI(300) »



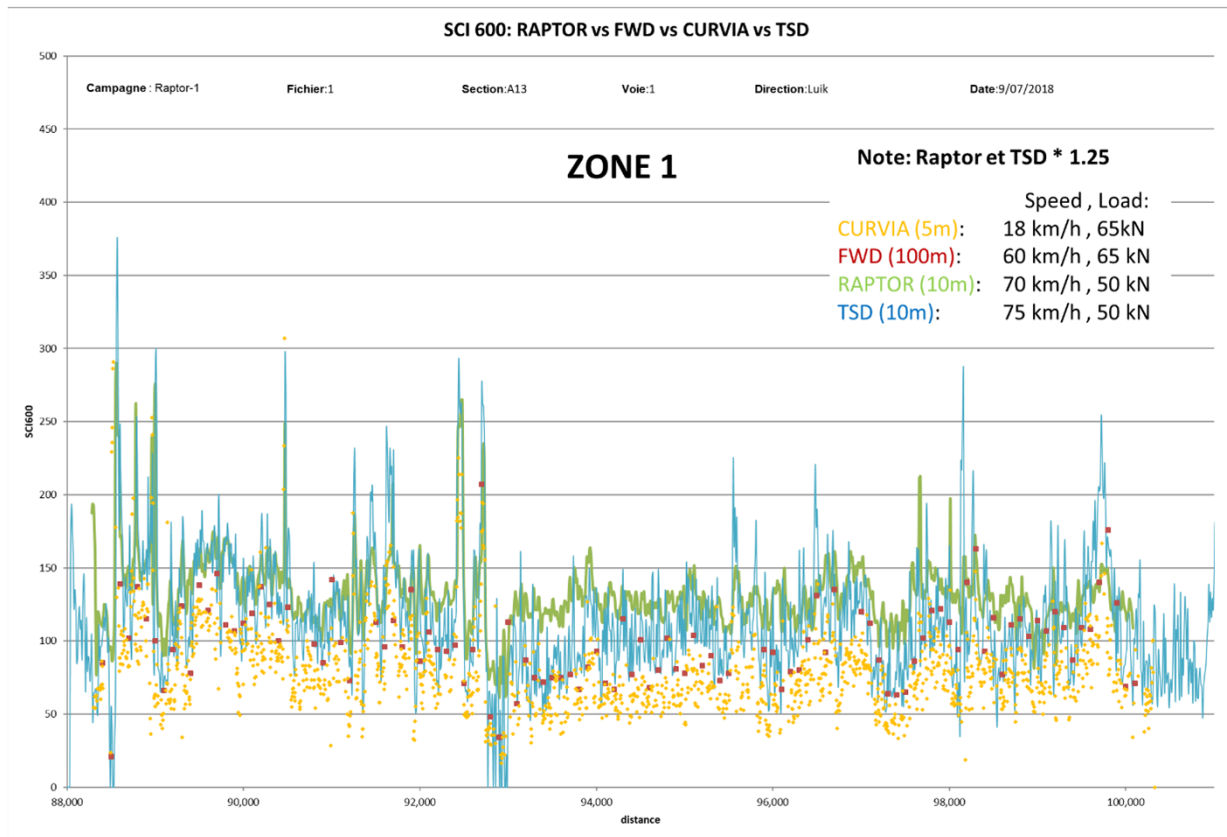
Pour ce graphique nous avons pris les valeurs rapportées de D(0) et D(300) et nous avons calculé D(0)-D(300).

Raptor:

- Un graphe « plus aplatie », probablement à cause de l'origine des déflexions (calculées à l'aide d'un model de route).
- Ici on voit une occasion pour un développement d'interprétations innovantes de données de laser outre les déflexions estimées...

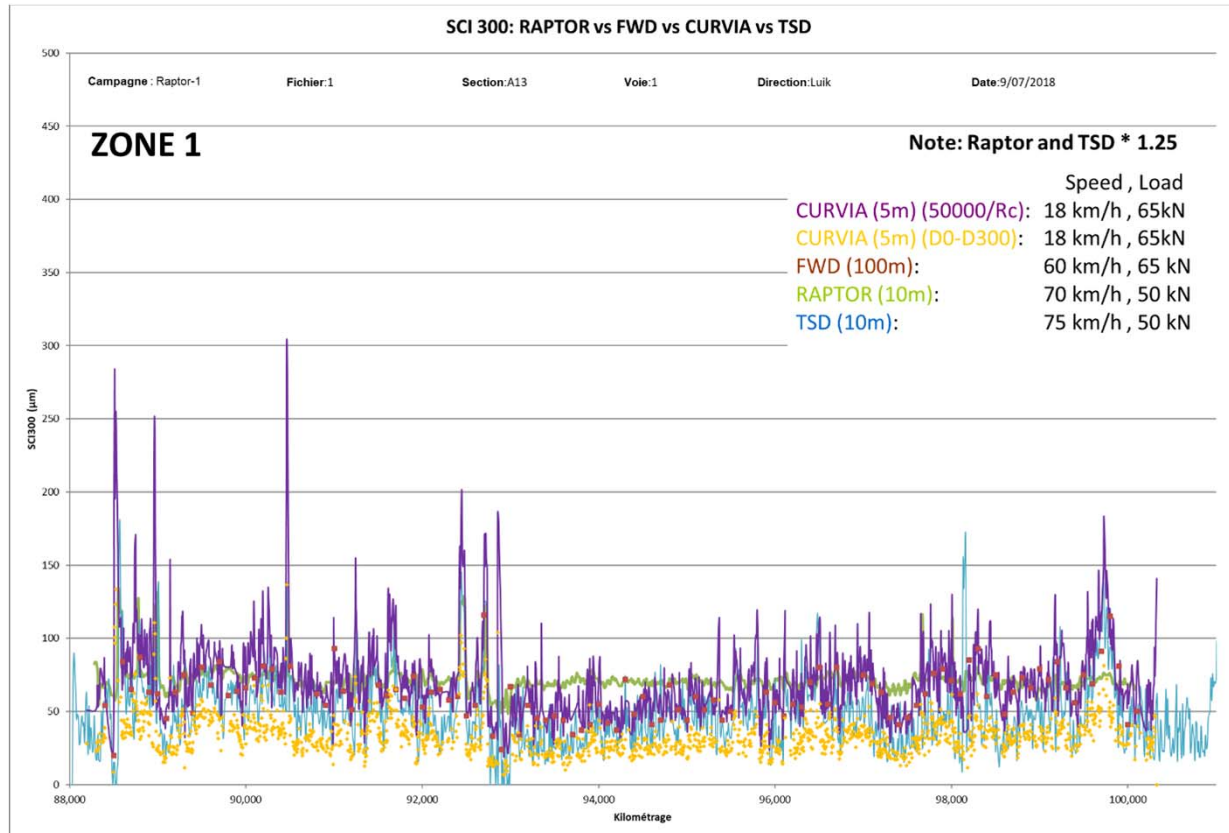
Comparaison D(0) – D(600)

« SCI(600) »



Pour ce graphique nous avons pris les valeurs rapportées de D(0) et D(600) et nous avons calculé D(0)-D(600).

Rayon de courbure (Curviamètre) vs. SCI(300) (FWD, TSD, Raptor)



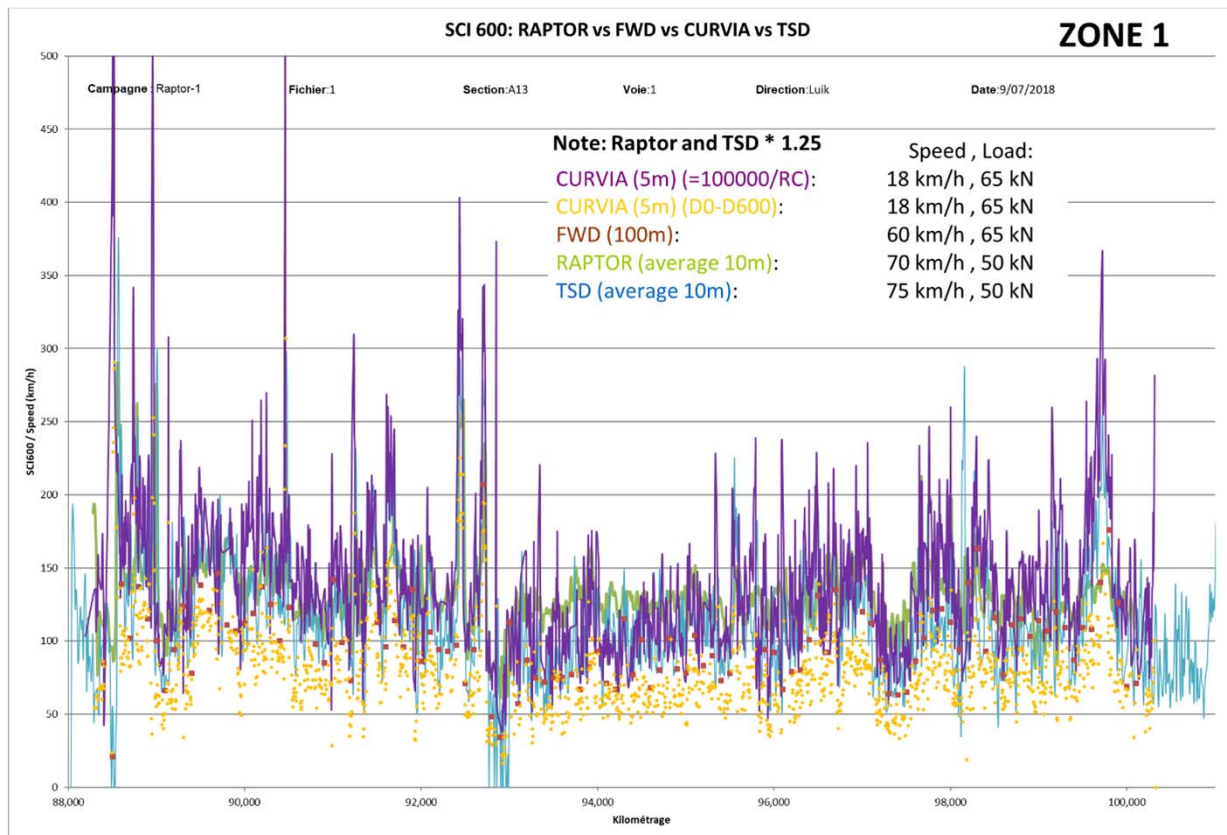
Pour ce graphique :

rayon de courbure
rapporté par Curviamètre

vs.

« D(0)-D(300) » calculé.

Rayon de courbure (Curviamètre) vs. SCI(600) (FWD, TSD, Raptor)



Pour ce graphique :

rayon de courbure
rapporté par Curviamètre

vs.

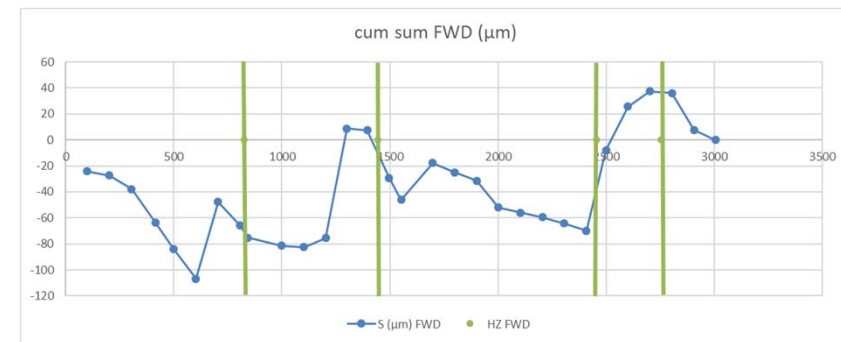
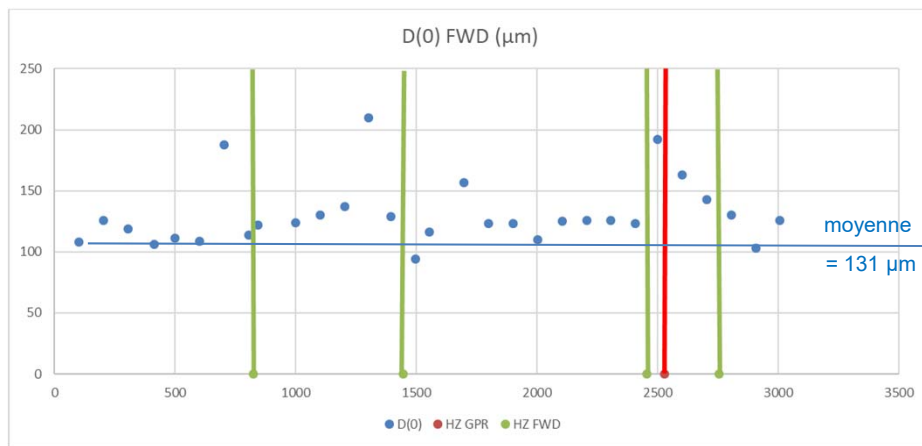
« D(0)-D(600) » calculé.

Raptor, TSD: leurs SCI(300), SCI(600), « bassin de déflexion calculé »,...
méritent une étude plus approfondie (car similitudes avec RC, SCI's de Curviamètre et FWD).

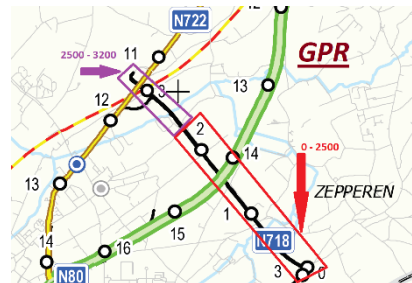
Découpe en segments homogènes

(zone 3)

FWD: « ça a l'air très homogène »...



Segment 3.2-2.5:
 Pont au dessus d'une route
 Pont au dessus du chemin de fer
 Pont au dessus de la rivière



cf. GPR

Début (m)	Fin (m)
100	805
843	1394
1496	2408
2500	2702
2804	3006

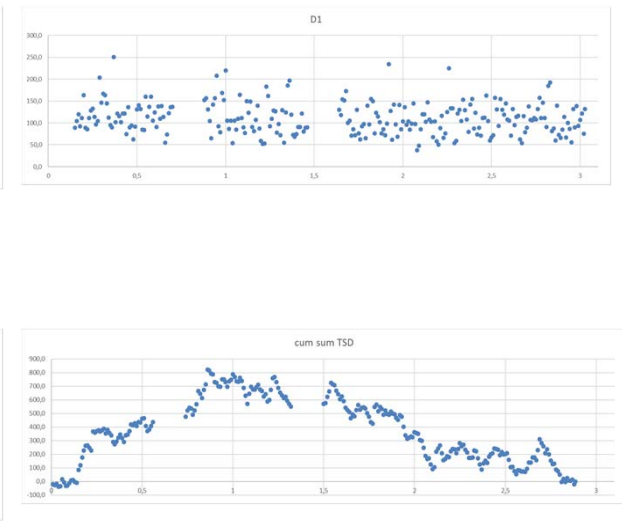
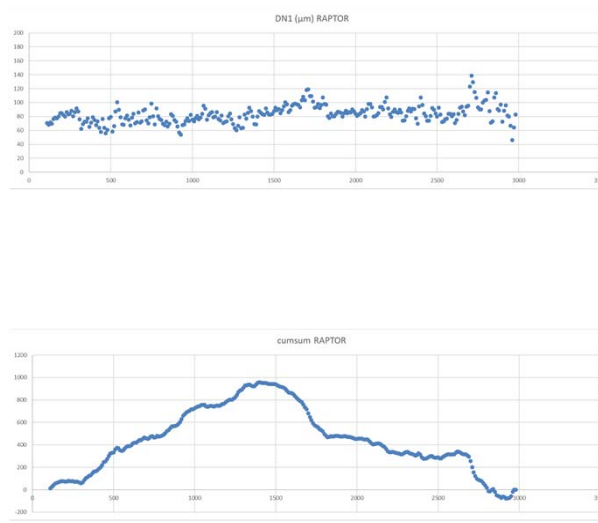
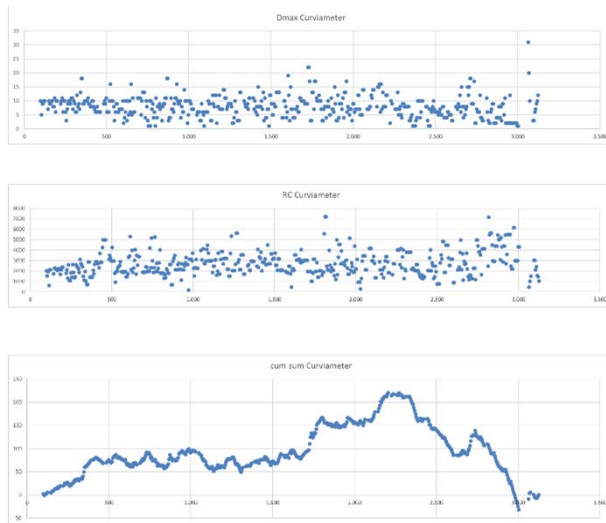
Découpe en segments homogènes

(zone 3)

Curviamètre

Raptor

TSD



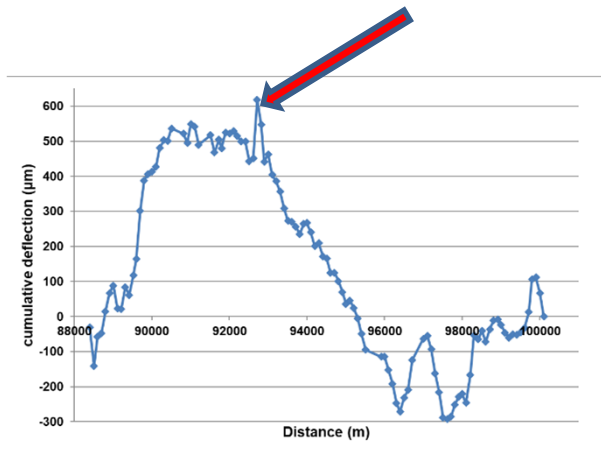
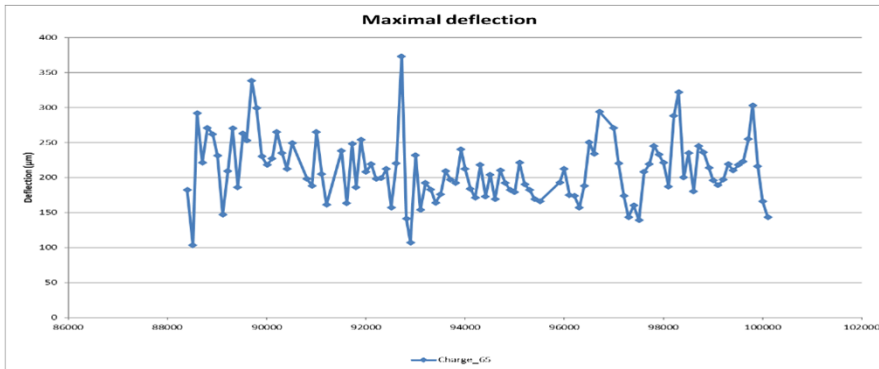
Grande similitude entre les 3 graphiques « cum sum » : donc **mêmes conclusions sur l'homogénéité de la structure routière**

(Tous : situation plutôt homogène...)

Découpe en segments homogènes

(zone 1)

FWD



cf. districts

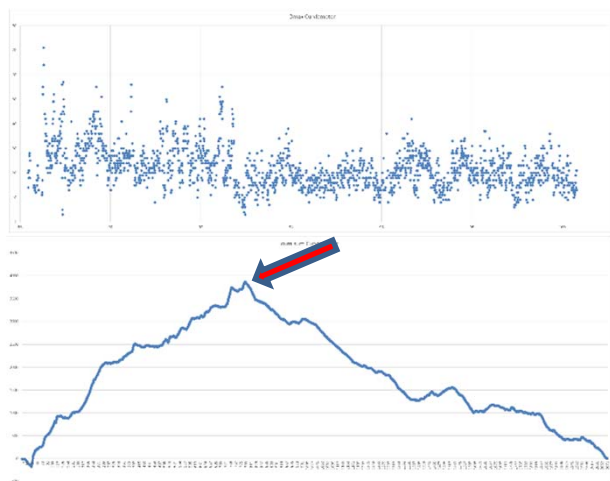
1 GPR zone

Début (m)	Fin (m)
88400	90309
90410	92615
92716	96403
96505	97100
97203	97507
97611	98306
98410	99901
100004	100106

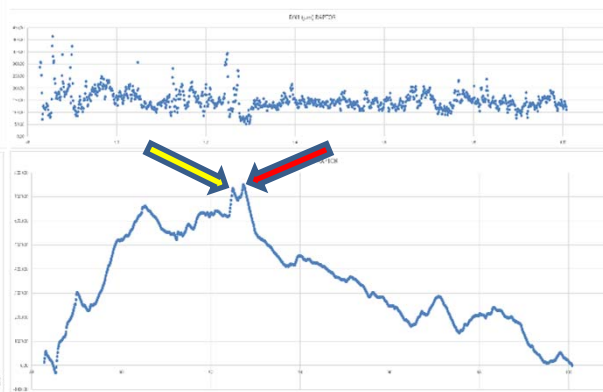
Découpe en segments homogènes

(zone 1)

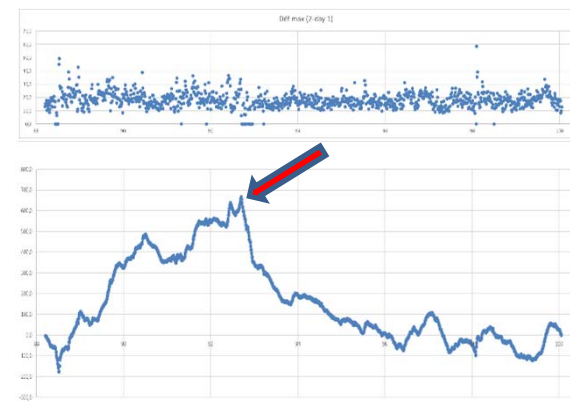
Curviamètre



Raptor



TSD



Rapporté par CRR:

Début (km)	Fin (km)
88,180	89,942
89,947	92,745
92,750	96,147
96,152	98,879
98,884	100,327

districts →

Rapporté par Dynatest:

Début (km)	Fin (km)
0,1	4,53
4,54	11,85

→

Grande similitude entre les 3 graphiques « cum sum » : donc **mêmes conclusions sur l'homogénéité de la structure routière**

Remerciements

- **Les équipes de**

- **Dynatest (Raptor)**
- **BASt (TSD)**
- **CRR (Curviamètre, FWD)**



- **Personnes de contact :**

- **Søren Rasmussen** **SRasmussen@dynatest.com**
- **Dirk Jansen** **jansen@bast.de**
- **Carl Van Geem** **c.vangeem@brrc.be**

Merci de votre attention

Dr. Carl Van Geem

Chercheur senior

Centre de Recherches Routières (CRR)

Opzoekingscentrum voor de wegenbouw (OCW), Belgian Road Research Centre (BRRC)

Boulevard de la Woluwe 42

B-1200 Bruxelles (Belgique)

+32 10 23 65 22

c.vangeem@brrc.be