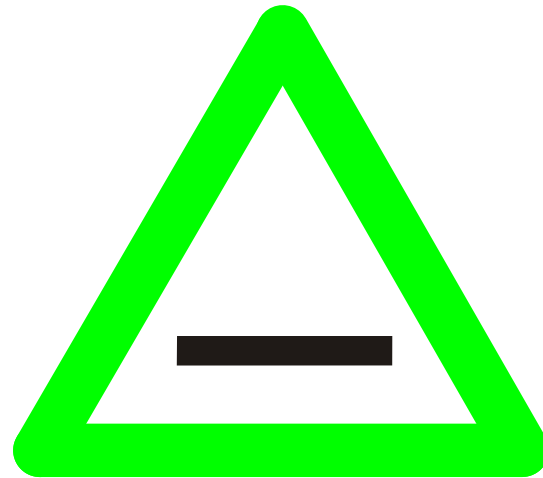
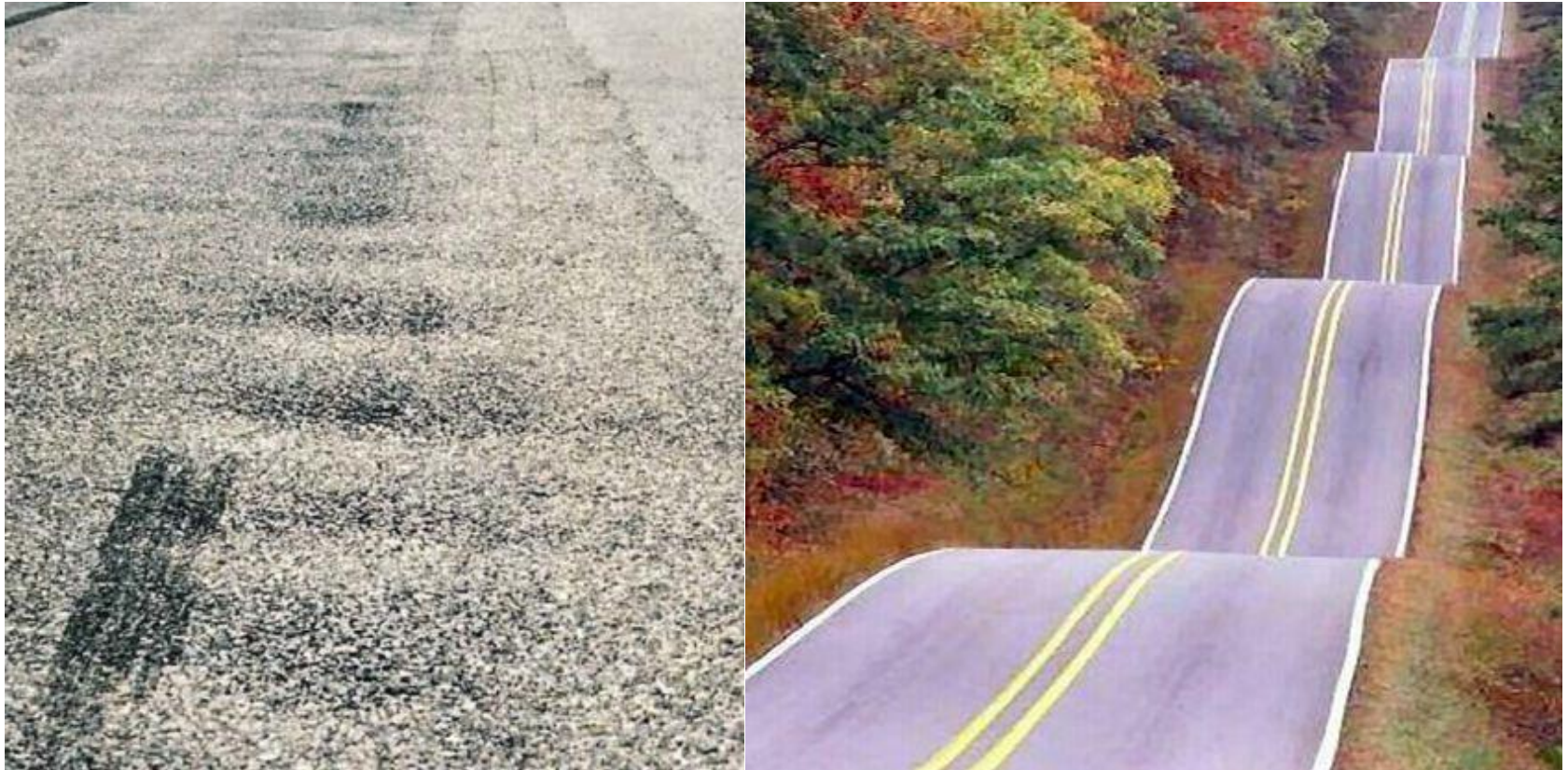


# Mesures de réception

Agir avant qu'il ne soit trop tard



# Planéité longitudinale



# Planéité longitudinale

Avantages d'un bon «confort de roulement» :

- Meilleure sécurité pour les usagers
- Réduction de consommation en carburant
- Réduction des vibrations pour les automobilistes
- Sollicitations dynamiques moins importantes → augmentation de la durée de vie des chaussées et des voitures



# Planéité longitudinale

## Appareils de mesure répandus en Suisse

Non profilométriques



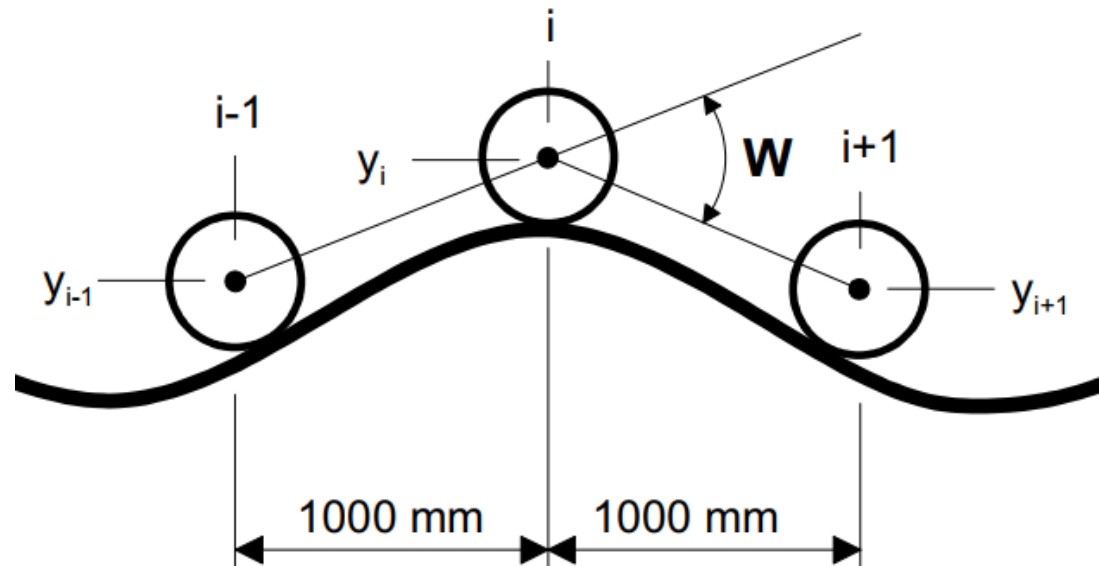
Profilométriques



# Normalisation - Valeurs d'état

Valeurs de planéité longitudinale selon norme VSS 40 517 :

- $s_w, W$
- NBO (NBO\_PO, \_MO et \_GO)
- IRI
- BLP (DBW et SBW)



# Normalisation – Mesures de réception

## Normes

- VSS 40 525, depuis 2018
- Norme précédente : SN 640 521c  
2003 – 2017



Forschung und Normierung im Strassen- und Verkehrswesen  
Recherche et normalisation en matière de route et de transports  
Ricerca e normalizzazione in materia di strade e trasporti  
Research and standardization in the field of road and transportation



Schweizer Norm  
Norme Suisse  
Norma Svizzera

**640 525**

Ersetzt / Remplace:

SN 640 511b:1984, SN 640 521c:2003

Ausgabe / Edition: 2017-12

## Objectifs VSS 40 525

- Obtenir la qualité requise à la réception de l'ouvrage
- Assurer un niveau minimal de qualité et de sécurité

## Caractéristiques de surface et valeurs d'état concernées par VSS 40 525

- Planéité longitudinale :  $W, s_w$ , NBO (PO, MO et GO)
- Planéité transversale :  $t_{\max}$
- Déformations localisées :  $T_{4m}$
- Qualité anti-dérapante :  $\mu$

→ Surfaces en enrobé bitumineux ou en béton

→ Mesures sont effectuées sur **la couche de roulement**

# Mesures de réception - Procédure



## Mesures de réception

En cas de non-respect des valeurs de réception, l'entreprise pourrait se voir infliger des pénalités ou devoir renouveler la ou les couche(s) mise(s) en œuvre.

Pourquoi attendre **la réception des travaux** pour vérifier la planéité longitudinale ?

# Objectifs mandat de recherche

**Mandat de recherche 2016/325, publié en octobre 2021**

## **Objectifs**

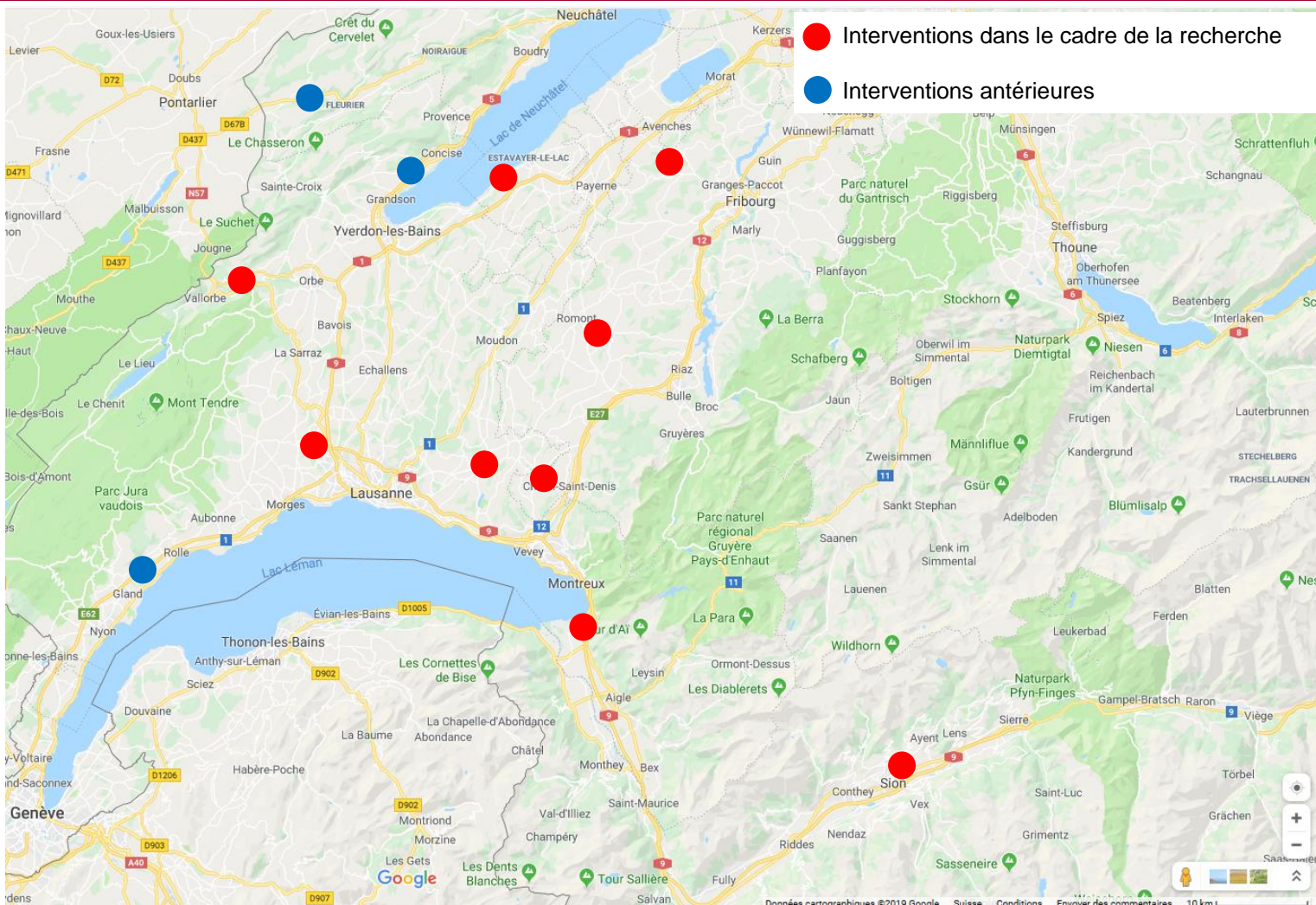
- Déterminer l'influence de la mise en œuvre d'une couche bitumineuse sur les valeurs d'état dans le domaine de la planéité longitudinale.
- Définir les valeurs seuils pour les couches bitumineuses sous-jacentes

## Normes et publications existantes

- VSS 40 525 : valeurs de réception pour les valeurs  $W$ ,  $s_w$ , NBO
- VSS 2016/322 : Propositions d'indices d'état I2 pour ensemble des valeurs d'état dont IRI, DBW et SBW
- LCPC/CEREMA (France) : recommandation de valeurs cibles NBO pour les couches sous-jacentes
- Canton du Jura : recommandation de valeurs cibles  $W$ ,  $s_w$  et NBO (conformité, alerte, refus) pour les couches sous-jacentes

	Conforme	Seuil d'alerte	Seuil de refus
Couche de liaison	$\leq 2.6$	2.7	2.8
Couche de base	$\leq 2.8$	2.9	3.3

# Plan de campagne de mesure



# Plan de campagne de mesure

- Effectuer les mesures de planéité longitudinale sur les sous-couches et la couche de roulement
- Evaluer chaque fois le gain obtenu en termes de valeurs d'état ( $W$ ,  $s_w$  et NBO)
- 13 tronçons, ~300 km de mesures, 6'000 valeurs  $s_{w50m}$

# Plan de campagne de mesure

## Répartition des tronçons par type de route

Type de route	Vitesse maximale d'utilisation du tronçon	Nombre de tronçons	Nom des tronçons
RGD	> 80 km/h	2	N1, N5
RP	60 – 80 km/h	6	RC177-T3 et -T4, RC 701, RC 726, RC 251, H10
RC	≤ 50 km/h	4	RC 2220, RC 2500, RC 1400, RC 1500
Piste	-	1	Piste aéroport de Sion

# Plan de campagne de mesure

## Répartition des tronçons par nombre de couches bitumineuses mesurées

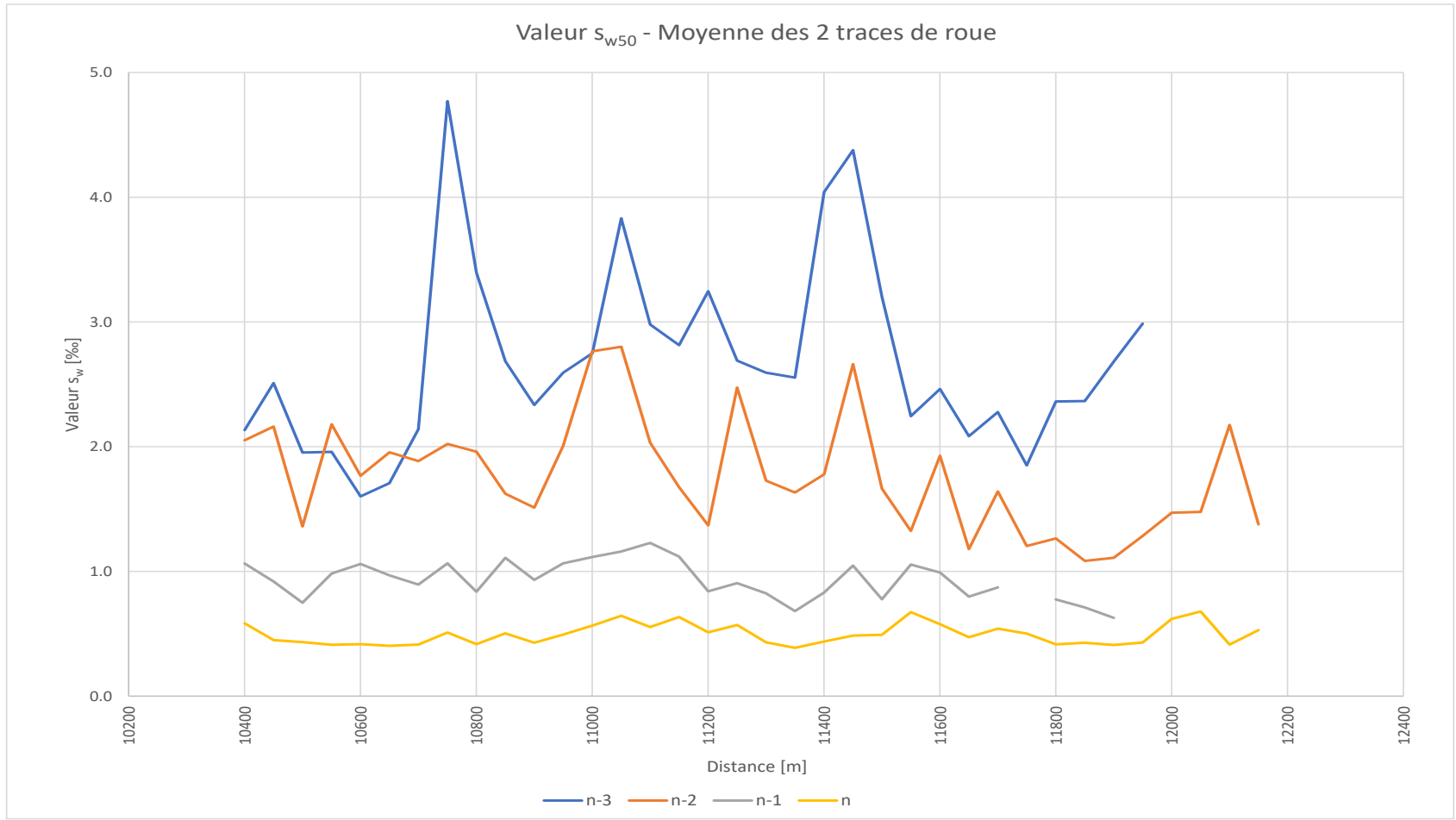
Nombre de couches mesurées	Nombre de tronçons	Nom des tronçons
2	7	RC2220, RC 2500, RC 1400, RC 1500, N1, RC 701 et H10
3	4	RC 177-T4, RC 726, RC 251, Piste aéroport de Sion
4	1	RC 177-T3
5	1	N5

# Dénominations des couches

- La couche N est toujours la couche de roulement
- N-1 est la couche en dessous la couche de roulement
- Etc.

# Résultats RC177

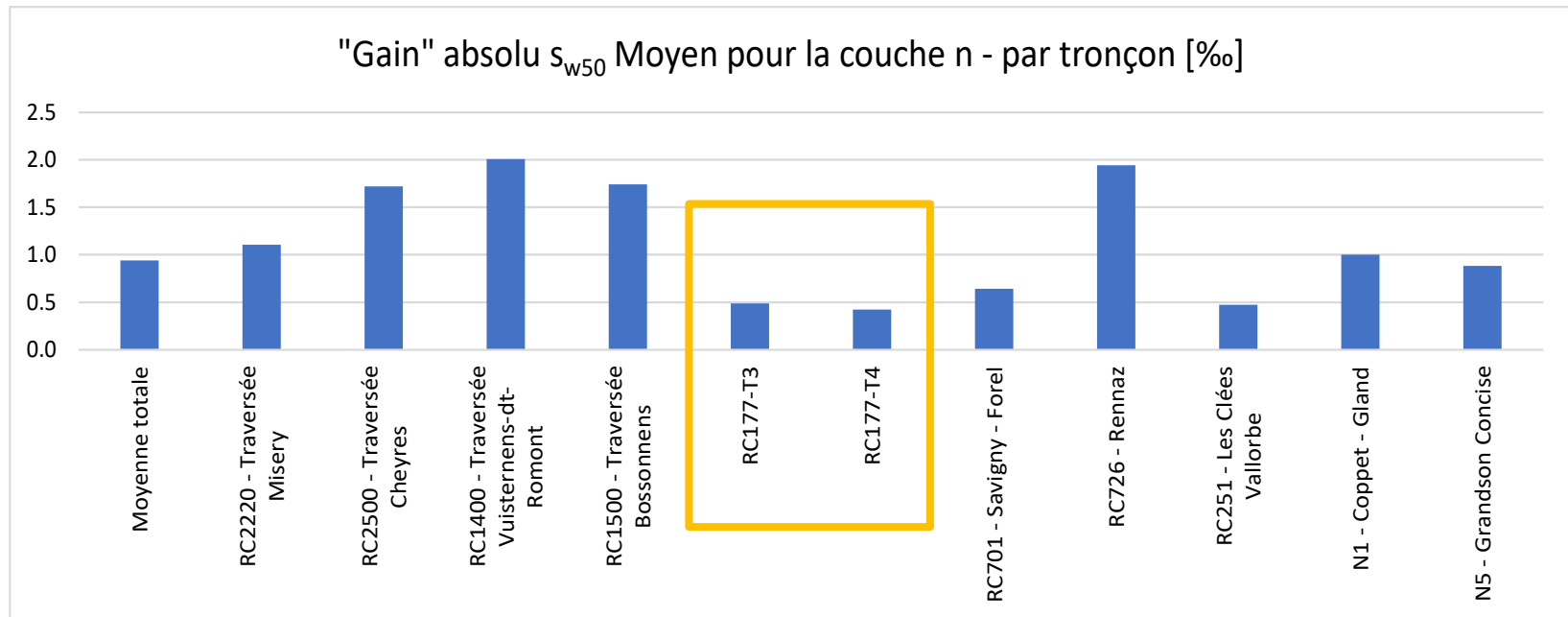
Exemple de résultats sur la RC177 avec valeurs  $s_w$  sur différentes couches (n-3 à n)



# Résultats

## Evolution en fonction de l'état sur couche n-1

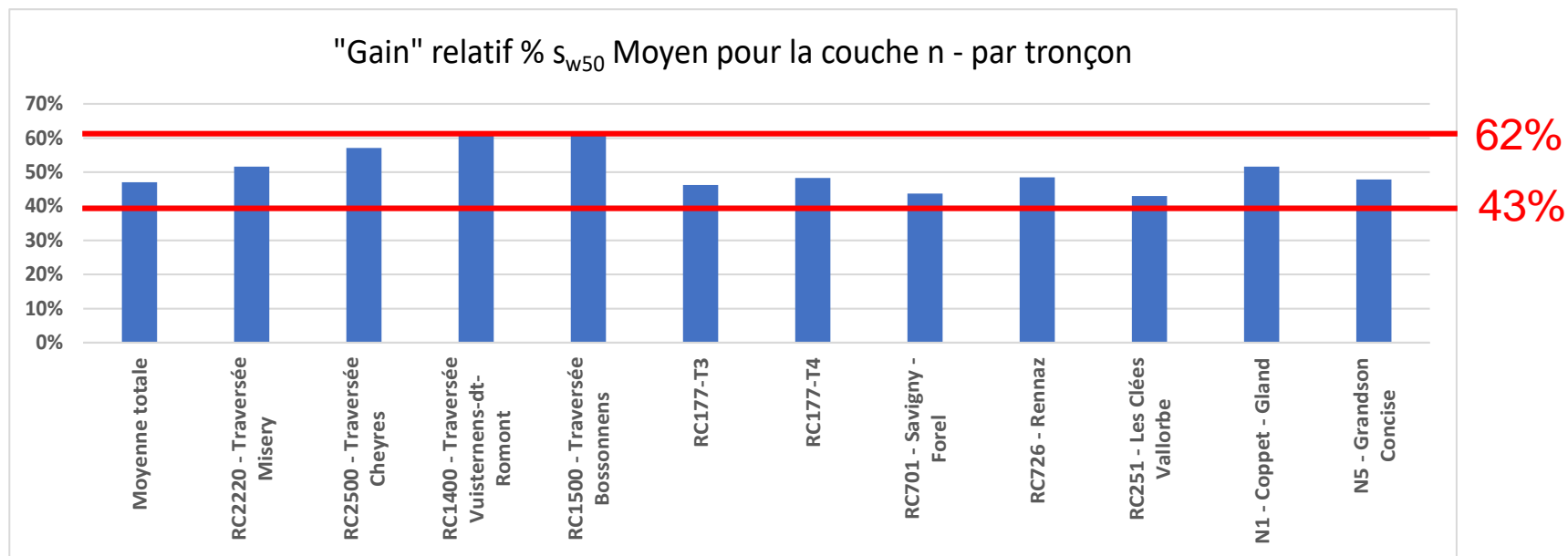
Gain pour la couche n – Gain absolu  $s_w$  :



# Résultats

## Evolution en fonction de l'état sur couche n-1

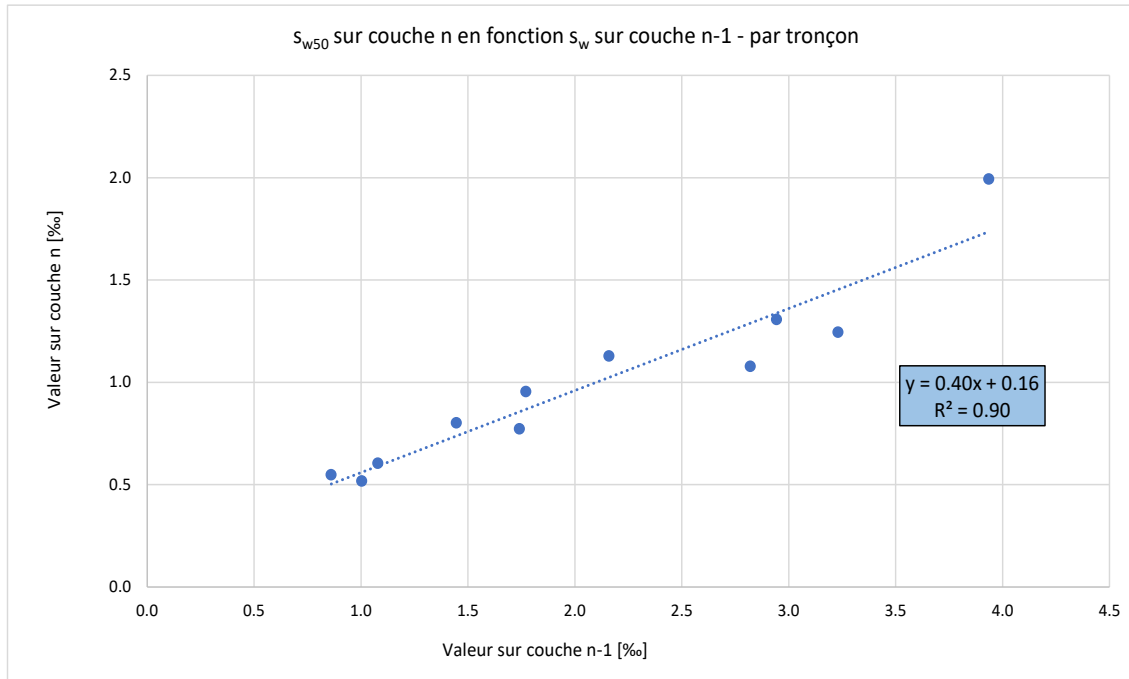
Gain pour la couche n – Gain relatif  $s_w$  :



# Résultats

## Evolution en fonction de l'état sur couche n-1

Gain pour la couche n – Corrélation linéaire :

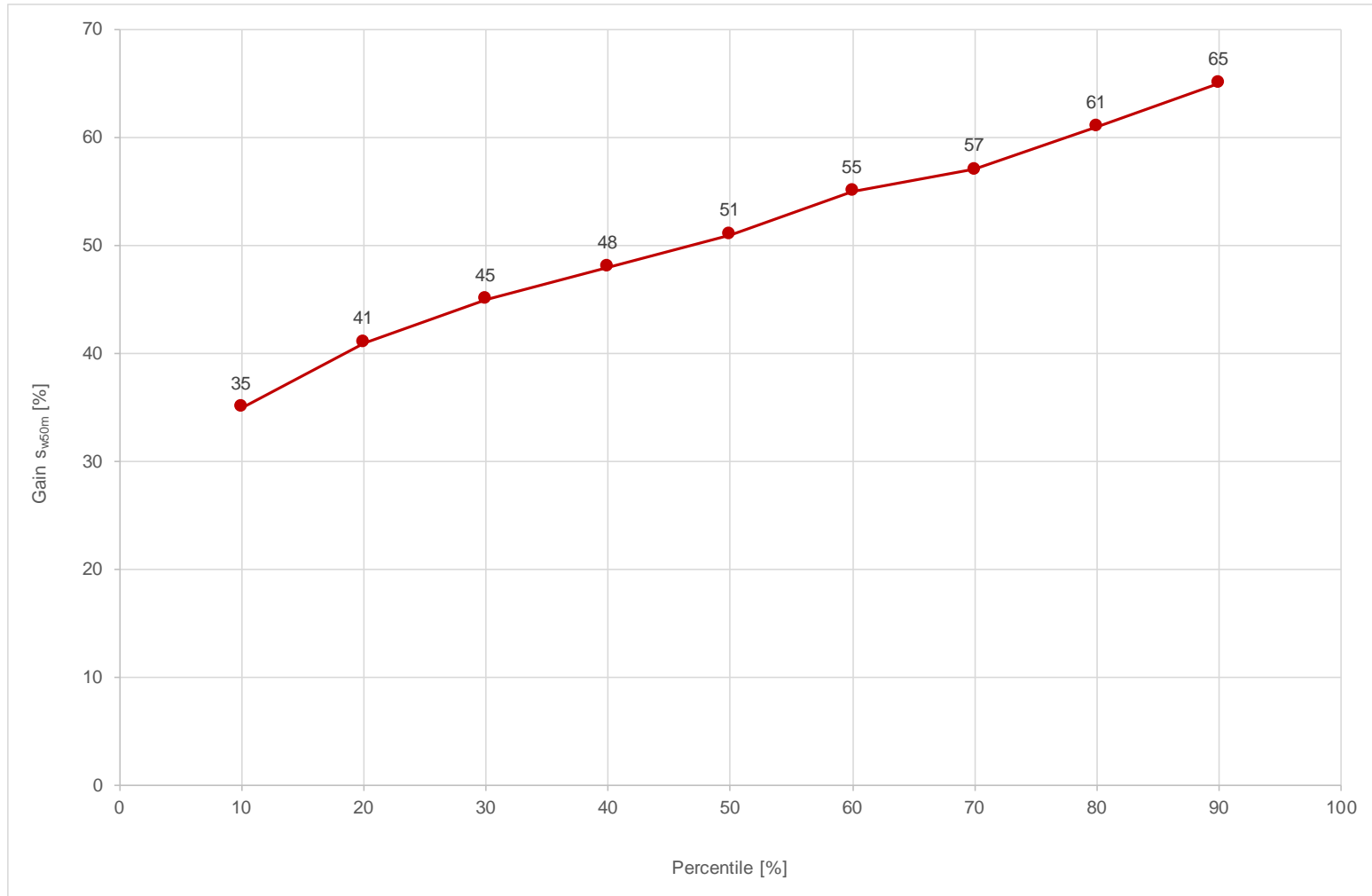


Gain pour la couche n –  
Corrélations linéaires

Valeur d'état	R <sup>2</sup>
$s_{w50m}$	0.90
$IRI_{20m}$	0.97
$NPO_{20m}$	0.91
$NMO_{100m}$	0.94
$NGO_{20m}$	0.99
$DBW_{50m}$	0.80
$SBW_{50m}$	0.82

# Résultats

## Méthode des percentiles



# Résultats

## Evolution en fonction de l'état sur couche n-1

### Gain pour la couche n – Méthodes de percentiles

	Percentile (= «Risque»)								
Percentiles	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%
Gain $s_{w50m}$	35%	41%	45%	48%	51%	55%	57%	61%	65%

### Valeurs cibles pour la couche n-1 – Méthodes de percentiles

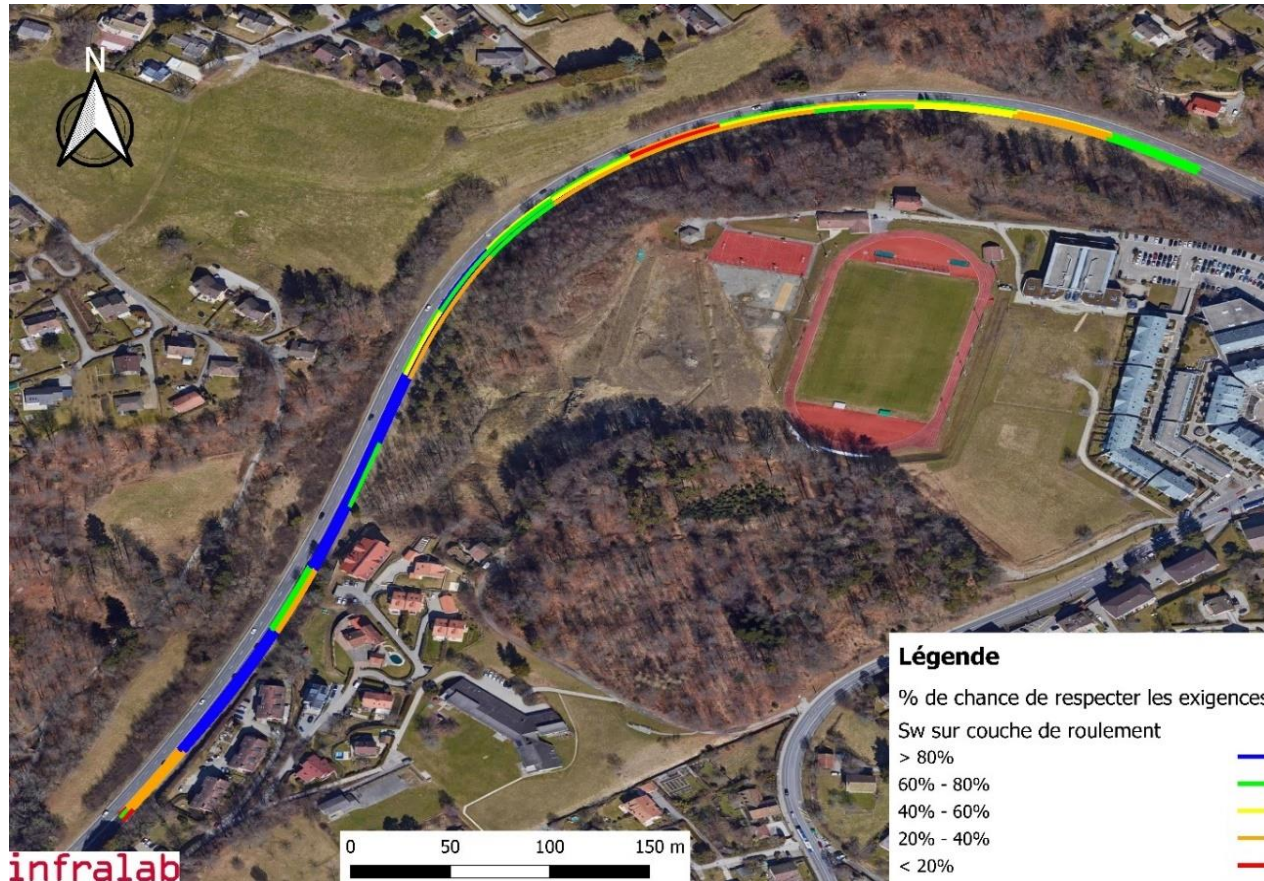
		Percentiles					Percentiles			
Vitesse d'utilisation	Valeur de réception sur couche n selon VSS 40 525	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%
> 80 km/h	1.4	2.1	2.4	2.6	2.7	2.9	3.1	3.3	3.6	4.0
60 - 80 km/h	1.8	2.8	3.1	3.3	3.5	3.7	4.0	4.2	4.6	5.2
≤ 50 km/h	2.2	3.4	3.8	4.0	4.3	4.5	4.8	5.2	5.6	6.3

	Conforme	Seuil d'alerte	Seuil de refus
Valeurs seuls JU → Couche de liaison	≤ 2.6	2.7	2.8

# Résultats

## Evolution en fonction de l'état sur couche n-1

Représentation des risques – exemple de rendu :



# Résultats

## Conclusions

- Couche n-1 : résultats consistants  
→ **Définition de valeurs cibles pour mesures sur couche n-1**
- Couche n-2 et n-3 :
  - Forte dispersion des gains des couches sous-jacentes
  - Faible quantité de données→ **Pas de définition de valeurs cibles pour mesures sur couche n-2 et n-3**
- Influence du type de pose
  - Pose de la couche n : vis calée
  - Pose des couches sous-jacentes (n-1, n-2) :
    - Soit méthode à la poutre virtuelle avec palpeur à Ultrasons
    - Soit méthode «3D», avec transmission des coordonnées x, y, z de la couche à poser au finisseur→ **Faible quantité de données pour définir influence**

# Résultats

## Proposition de valeurs cibles pour mesures sur couche n-1



## Mise en pratique et perspectives

- A la suite de ce projet de recherche (> 2021), des mesures avant et après la pose de la couche de roulement ont été effectuées sur plusieurs axes cantonaux, notamment dans le Canton de Vaud
- Ces mesures ont permis d'avoir un outil de décision important pour anticiper les problèmes à partir de la planéité longitudinale sur couche n-1
- Le Canton de Vaud a publié les valeurs seuils  $W$  et  $s_w$  pour la couche n-1 et n-2 dans un document technique (Chapitre VRT-2 - Construction routière)

Couche		W	$s_w$
		[‰]	[‰]
Couche de roulement	n	14	1.8
Couche de liaison	n-1		2.6
Couche de base	n-2		3.4

- Intégration des valeurs seuils (d'acceptation, d'alerte et de refus) pour la couche n-1 dans la norme VSS 40 525. Révision de la norme est prévue prochainement.

# Petite anecdote ..... pour terminer

## La route avec la meilleure planéité longitudinale

### Most Even Road

- Concours dans une conférence européenne ERPUG en 2017
- Fournir le tronçon de route de 2km avec la meilleure planéité

### 2017 COMPETITION, THE MOST EVEN ROAD EXPRESSED IN IRI

# Competition!

And the winner is.....



	Belgium	Denmark	Sweden	Netherlands	France	
Mean	0,55	0,52	0,45	0,44	0,41	mm/m
Std	0,07	0,07	0,07	0,03	0,06	

Deliver a 2000-meter-long profile from a road,  
20-meter average IRI calculated with same  
implementation

## Petite anecdote ..... pour terminer

### La route avec la meilleure planéité longitudinale

- Valeurs IRI – pas de 20m

	Belgium	Denmark	Sweden	Netherlands	France	
Mean	0,55	0,52	0,45	0,44	0,41	mm/m
Std	0,07	0,07	0,07	0,03	0,06	

- RC 177, tronçon T3 et T4

Tronçon	Sens	IRI gauche		IRI droit	
		moyenne	ecart type	moyenne	ecart type
T3 (1.855km)	Positif	0.56	0.17	0.74	0.28
	Négatif	0.62	0.21	0.87	0.37
T4 (1.44km)	Positif	<b>0.48</b>	<b>0.22</b>	0.64	0.29
	Négatif	0.57	0.37	0.77	0.48

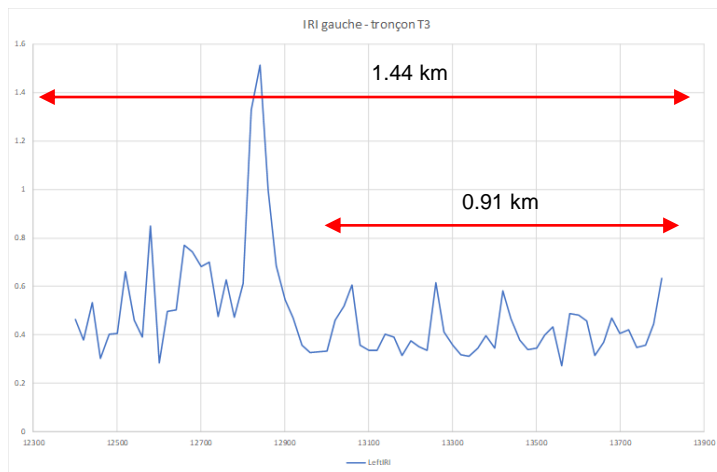
# Petite anecdote ..... pour terminer

## La route avec la meilleure planéité longitudinale

- Valeurs IRI – pas de 20m

	Belgium	Denmark	Sweden	Netherlands	France	
Mean	0,55	0,52	0,45	0,44	0,41	mm/m
Std	0,07	0,07	0,07	0,03	0,06	

- Tronçon T4



Tronçon	IRI gauche	
	moyenne	ecart type
T4 (1.44km)	0.48	0.22
T4 (0.91 km)	<b>0.40</b>	<b>0.09</b>

- Planéité équivalente au meilleur tronçon de la compétition!
- Mais sur 910 m seulement...

**Merci de votre attention**



[robert.braber@infralab.ch](mailto:robert.braber@infralab.ch)

[\*\*www.infralab.ch\*\*](http://www.infralab.ch)

---

**infralab**