

## Séminaire de restitution CCLEAR

Impact des conditions climatiques sur les infrastructures routières

# Expérimentation A75 : Premiers résultats sur le suivi d'une section autoroutière

03 février 2015

**B. Pouteau**

Eurovia management

[bertrand.pouteau@eurovia.com](mailto:bertrand.pouteau@eurovia.com)

**C. Mauduit**

CEREMA

[Caroline.Mauduit@cerema.fr](mailto:Caroline.Mauduit@cerema.fr)

**F. Hammoum**

IFSTTAR

[Ferhat.hammoum@ifsttar.fr](mailto:Ferhat.hammoum@ifsttar.fr)

# Sommaire

- Contexte & Objectifs
- Rappel sur l'instrumentation
- Méthode de collecte et stockage des données
- Exemples d'extraction & d'analyses de données
- Conclusions



# Contexte de l'étude

Besoins de connaissance sur le comportement d'une structure routière vis-à-vis de la variabilité climatique

Imprécisions de la part du fournisseur de la station météo

Signature de la convention de recherche IFSTTAR, CEREMA, DIR MC, EUROVIA en mars 2013

Souhait d'intégrer un suivi continu de l'instrumentation au projet (SMARTVIA avec système PEGASE)



# Objectifs

- Collecter des données *terrain*
  - Caractérisation des matériaux (voir rapport)
  - Réponse structurelle in situ sous climat rigoureux
    1. Interface :

Comportement thermomécanique de la couche de roulement avec le support
    2. Structure :

Profil thermique avec les saisons

Comportement sous l'effet combiné Climat + trafic
- Constituer des bases de données pour alimenter des simulations
  - Expérimentales >développement de nouveaux essais
  - Numériques >calage des modélisations



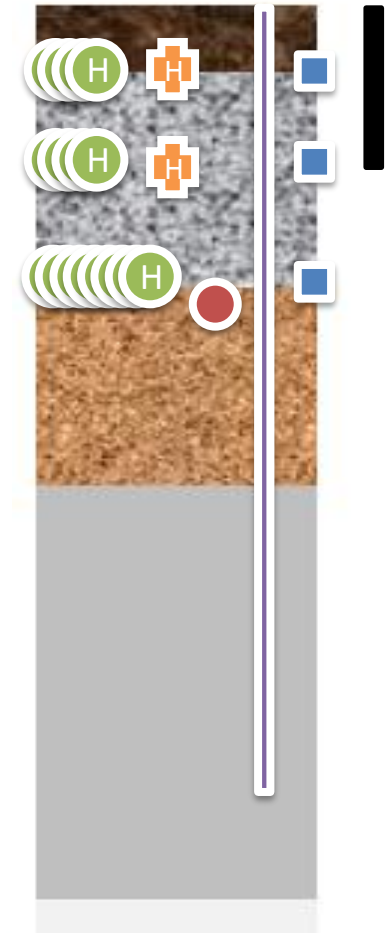
# Rappel de l'instrumentation



Sonde d'humidité



Sonde de température et capteurs de déformation



10 cm

- BBMa
- BBTM
- BBSG
- BBSG
- GB3
- GRH
- GPZC
- PF - MTLH



Capteur de déformation d'interface



Cryopedomètre

# Méthodes de collecte des données

- Canne cryopédomètre
- Sonde d'humidité

Station Météo

- Capteurs de déformation\*
- Sondes de température

QUANTUM

Lors des campagne FWD

PEGASE

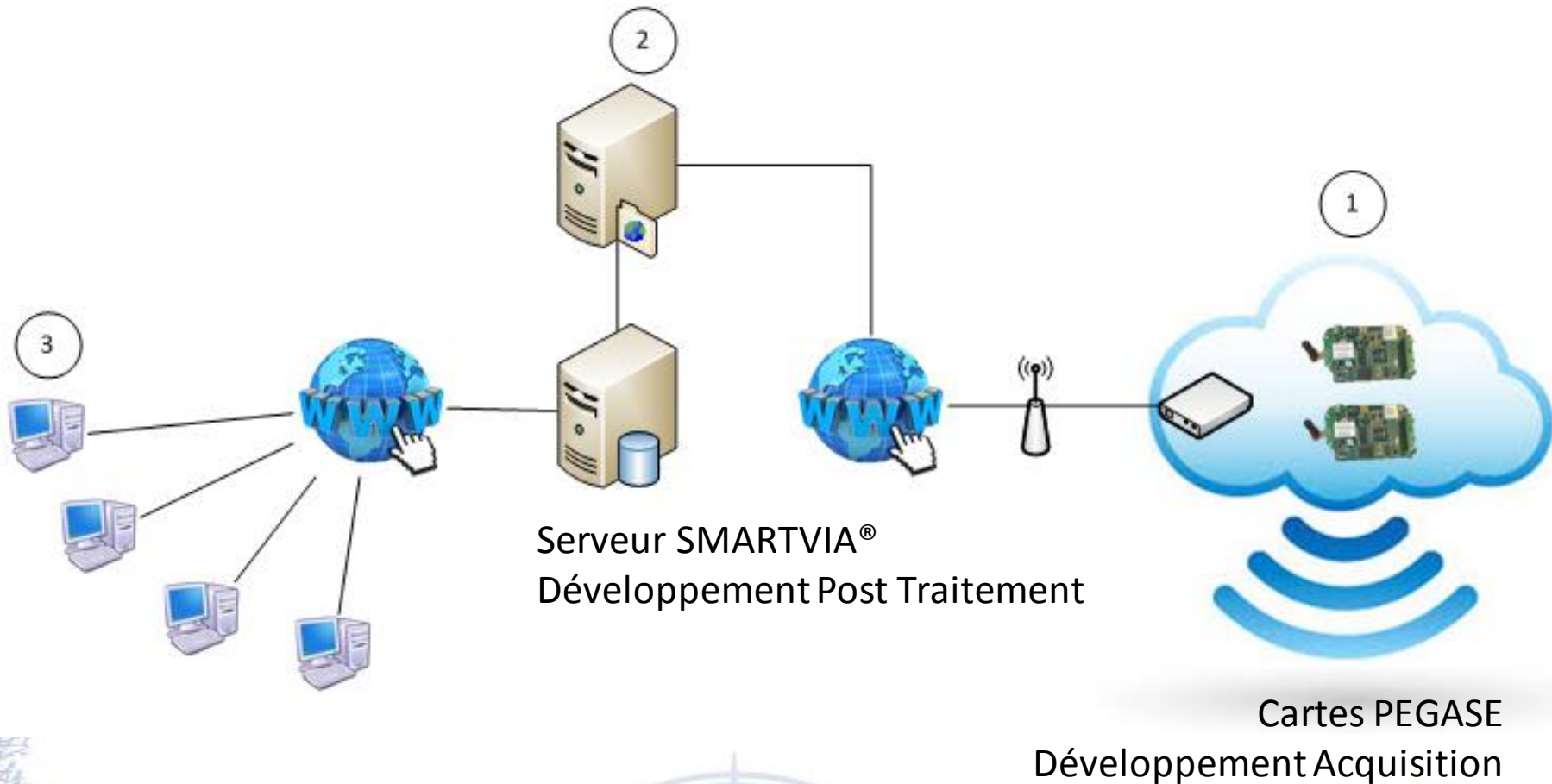
Suivi continu

\* TML et KYOWA





# Systeme de tele mesure



# Enregistrement des mesures

Développement d'un logiciel embarqué en C Objet avec PEGASE LIB

1

- 3 types de capteurs :
  - TML / KYOWA / PT100
  - Configuration des voies par cavaliers sur carte PEGASE

⇒ La donnée sera enregistrée brute sortie CAN et traduite en grandeur physique au niveau du serveur

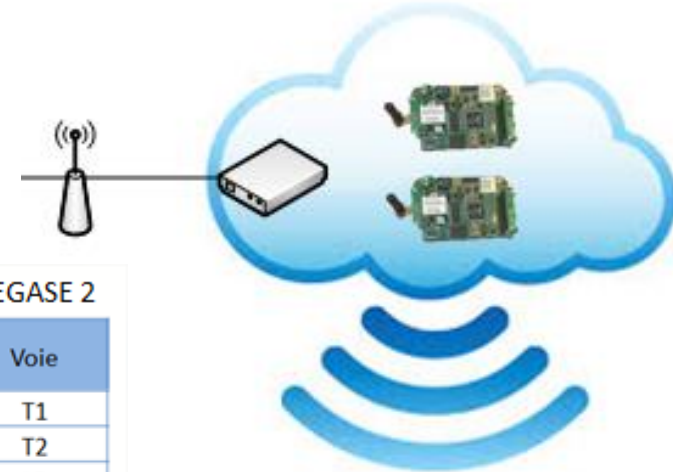
- Fréquence 500 Hz pour toutes les voies
- Envoi par 3G protocole FTP vers le serveur de données (OVH)

PEGASE 1	PEGASE 2
Voie	Voie
T12	T1
L12	T2
T13	L2
TML 44	T3
TML 45	L3
TML 46	T4
TML 47	L4
PT 100	PT100

CAN 16 bits signés  $\in [-32767, 32768]$

Pleine Echelle de tension  $\in [-5V, +5V]$

Facteur conversion **CAN > Tension**  $\approx 152,6 \mu V$





# Stockage et traitement des mesures

- Stockage

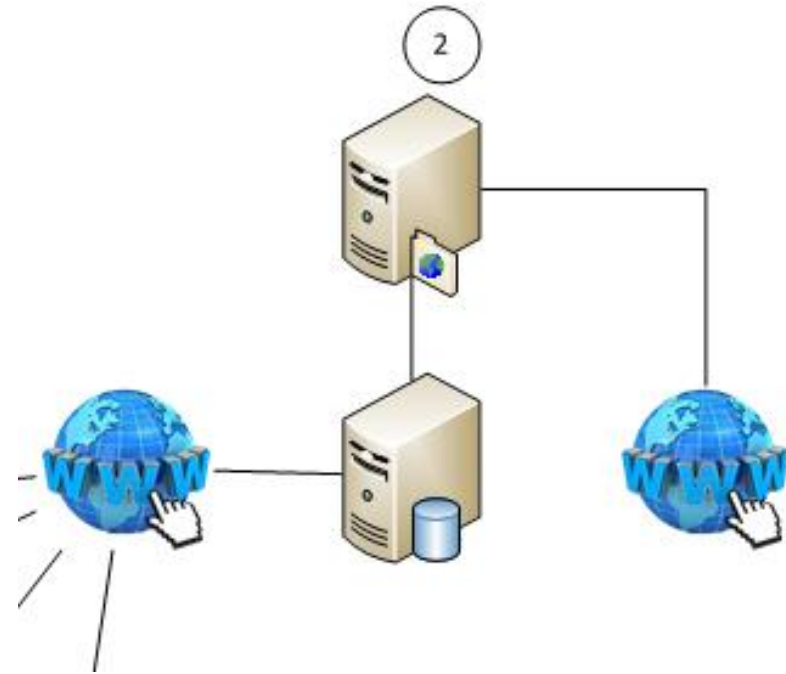
*Développement d'un logiciel sous LABVIEW 2012*

- Les fichiers reçus sur FTP sont déplacés et classés pour faciliter la recherche de données
- Mise à disposition de fichiers pour réaliser des traitements particuliers
- Suppression des fichiers corrompus

- Traitement

*Développement d'un logiciel sous LABVIEW 2012*

- Conversion CAN > Grandeur Physique
- Décimation & Filtre (voir rapport)
  - Température >  $T = 5$  minutes
  - Déformation >  $f = 500$  Hz / sur événement
- Envoi vers des bases de données SQL



# Extraction des données

## 1. Calibration /comparaison Quantum Labo / cartes Pegase

## 2. Filtrage des signaux

## 3. Détection des phases caractéristiques durant l'hiver

- Phase refroidissement à la surface sans trafic
- Phase refroidissement à la surface avec trafic

## 4. Détection des phases caractéristiques durant l'été

- Phase réchauffement à la surface sans trafic
- Phase réchauffement à la surface avec trafic

# Suivi de température : PT100-2

La sonde PT100-2 située à -9 cm (interface BBSG BBSG) de profondeur a été raccordée à la voie 8 de la carte PEGASE 23 le 1<sup>er</sup> Aout 2013

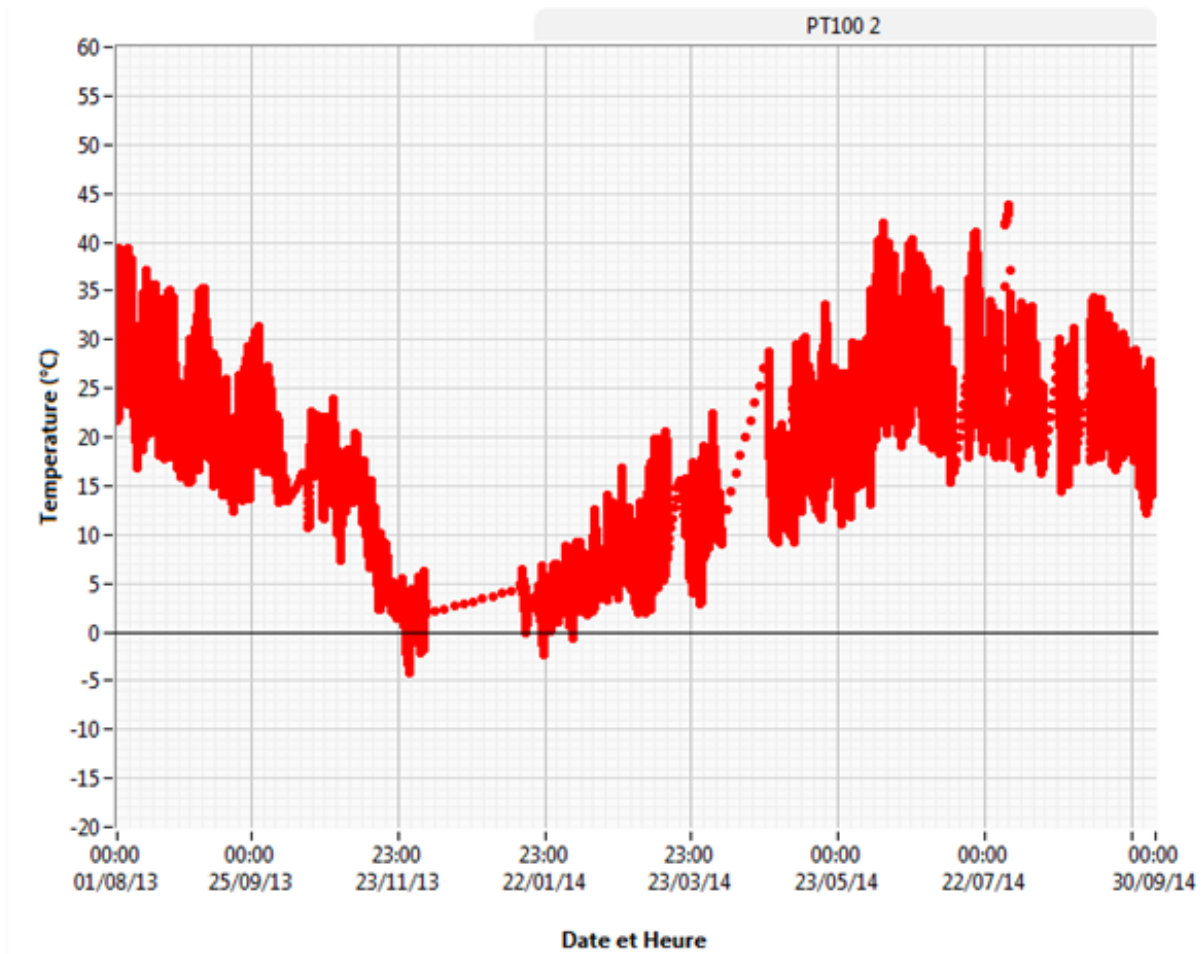
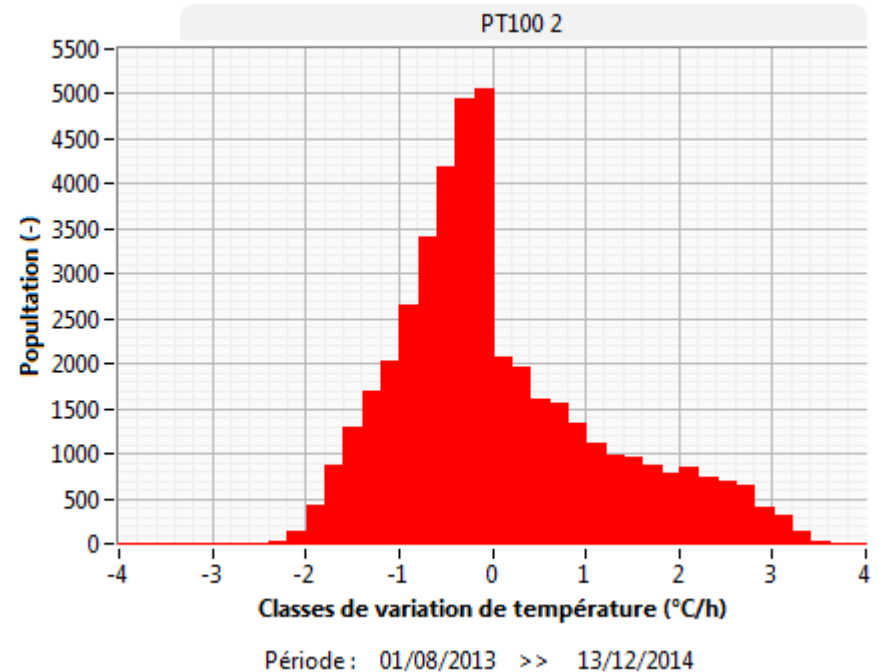
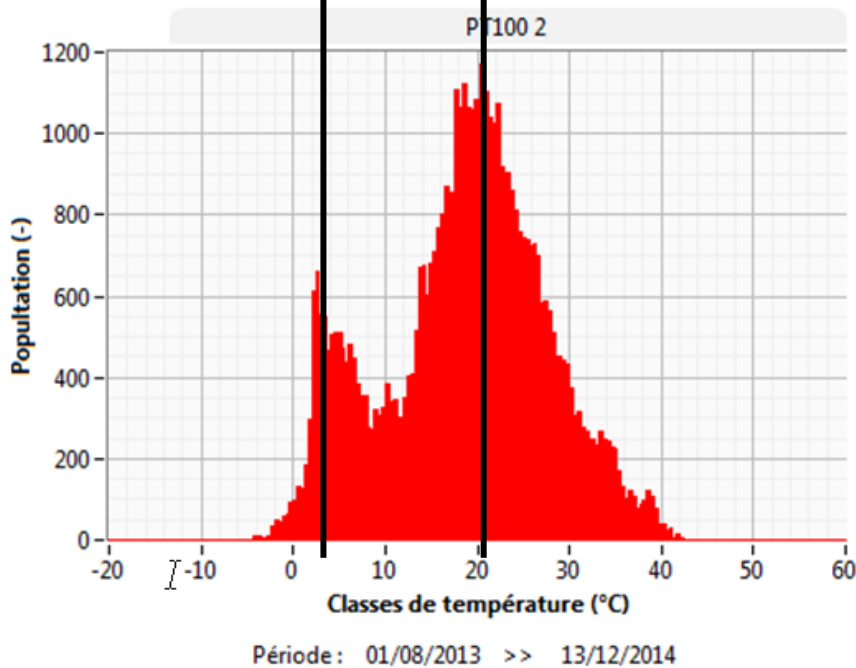


Figure 29 : Valeur de température filtrée moyennée par moyenne glissante sur 9 points sur l'ensemble de la période disponible (Aout 2013 – Septembre 2014)

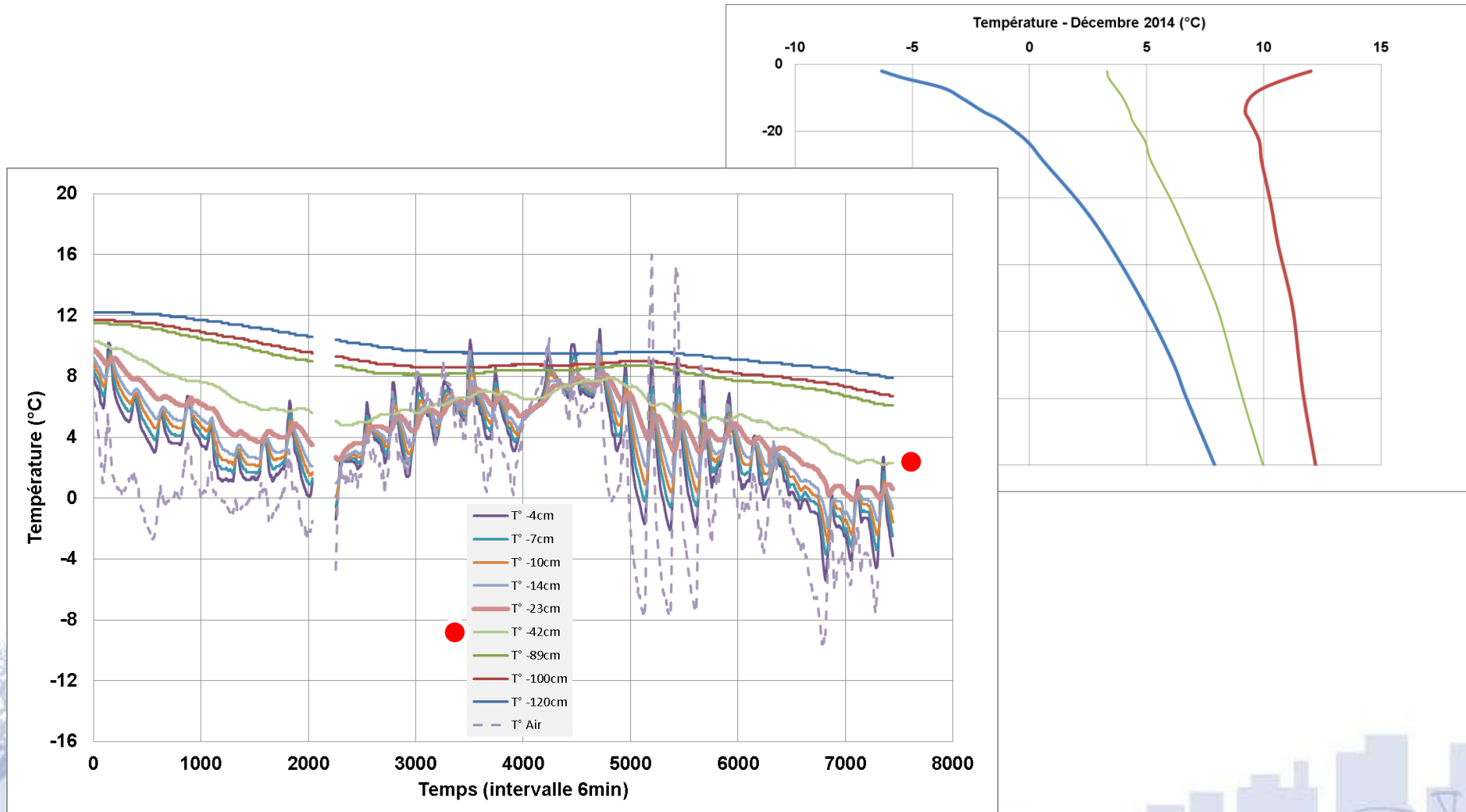
# Suivi de température : PT100-2

3°C      20°C



# Résultats obtenus

## Profil thermique (décembre 2014):



La variabilité diurne affecte une épaisseur de 32 cm de la structure (4 couches)

# Résultats obtenus

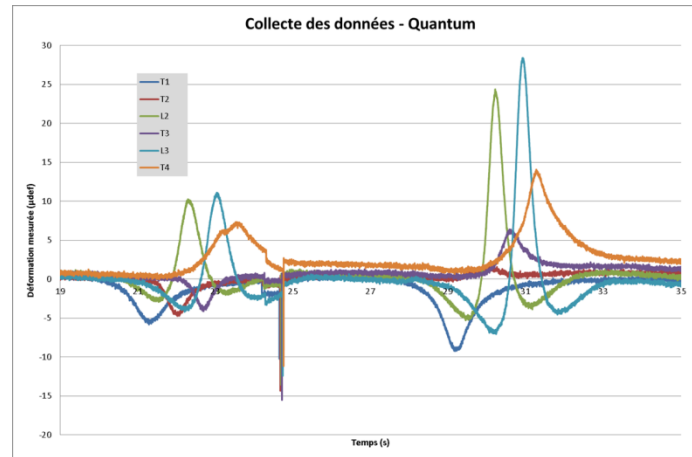
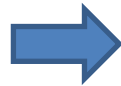
## Comparaison Quantum / Cartes Pégase

Mesure combinées déflexion/signaux des jauges - 3 passages au ralenti - Enregistrement sur Quantum

Mesures combinées déflexion/signaux des jauges - 3 passages au ralenti - Enregistrement sur le système Pégase-Smartvia



Vue du déflectographe  
(Aix-en-provence)



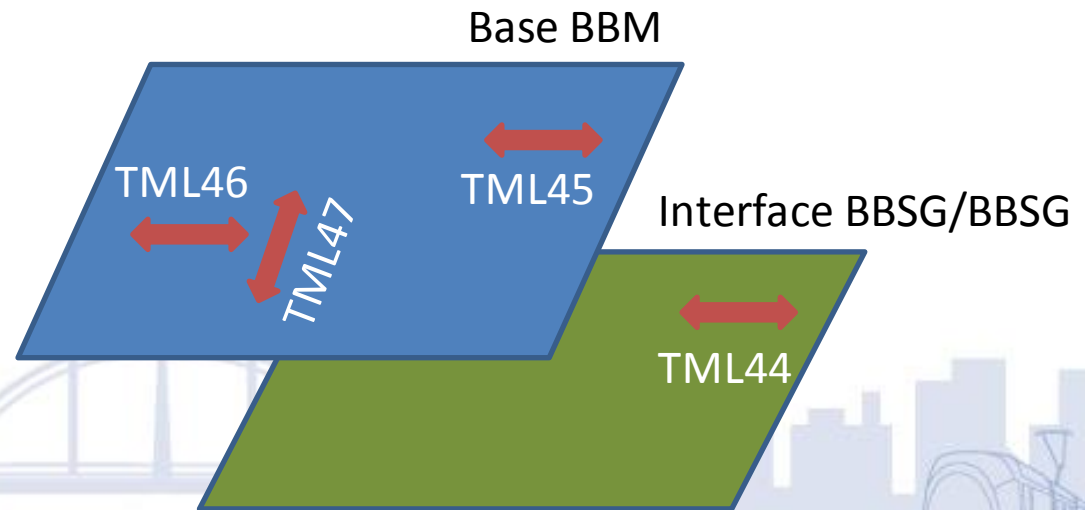
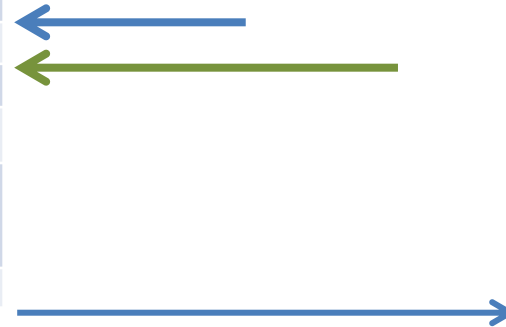
Comparaison Quantum / Pégase-Smartvia



# Résultats obtenus

## Interfaces :

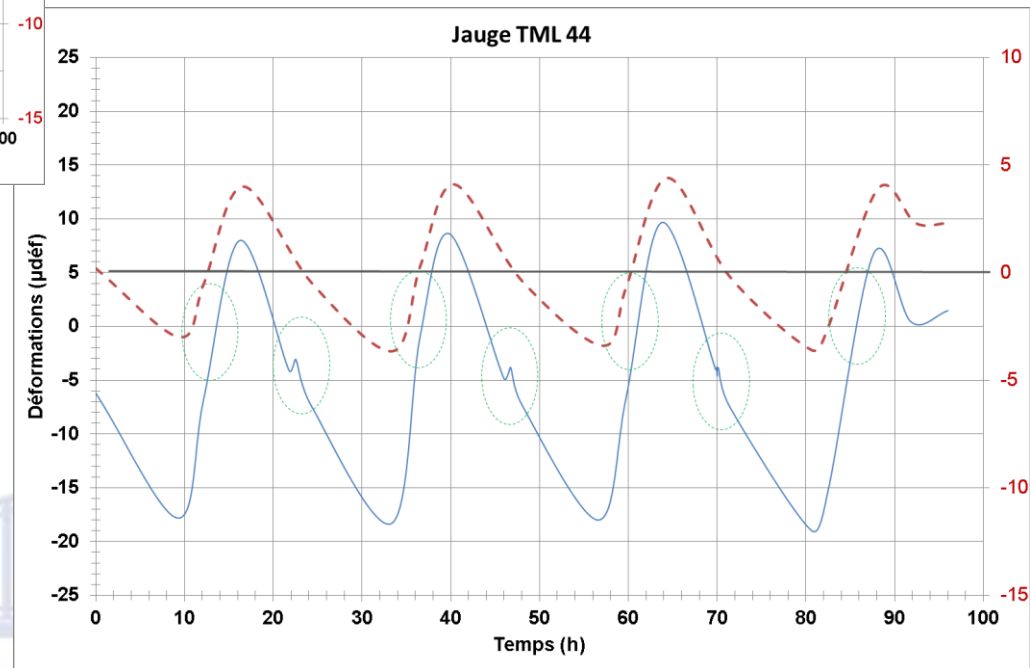
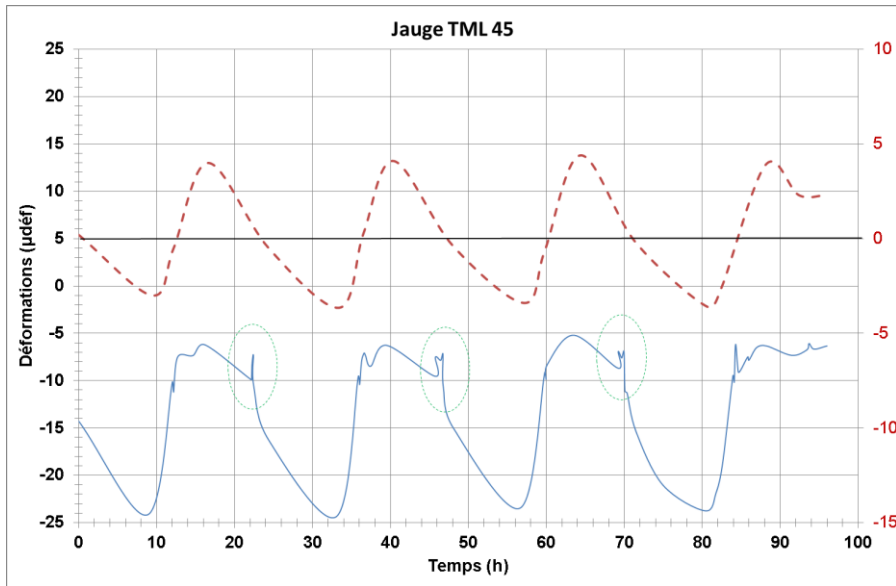
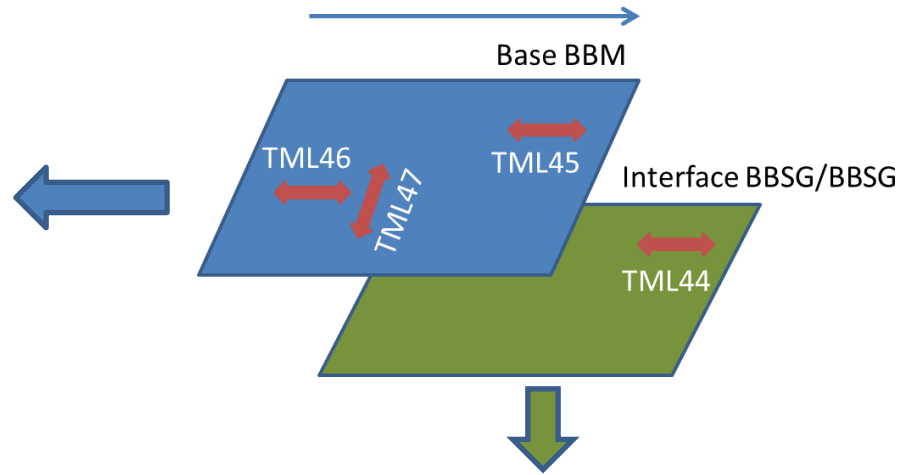
Couches	Structure future section expérimentale PR 124 à 124+200
Couche de roulement	4 cm de BBMa 0/10 classe3 au liant modifié
Couche de liaison	5 cm de BBSG en purge
Couche de base	8 cm de BBSG en purge
Grave reconstituée humidifiée	12 cm supposé
Grave pouzzolane chaux	25 cm
Couche de forme traitée	35 cm supposé



Stage Master R. Sullivan, 2014

# Résultats obtenus

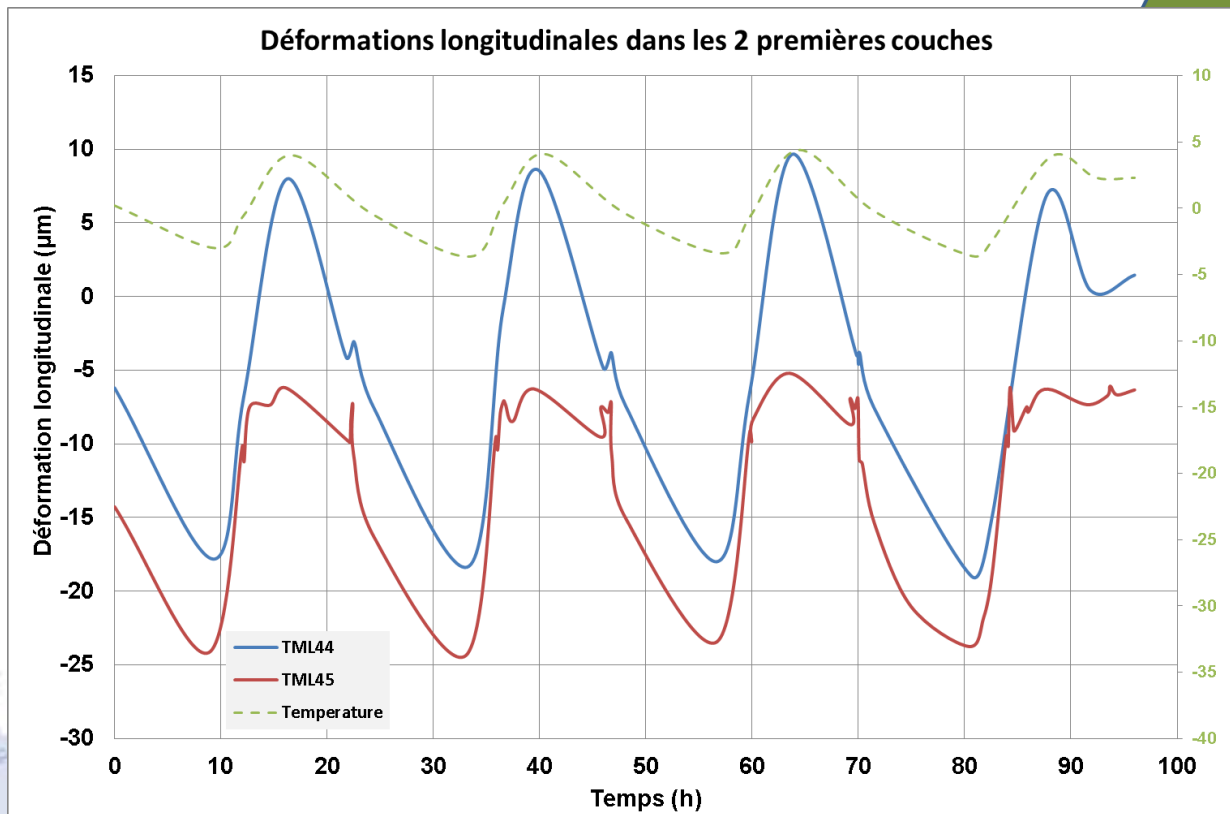
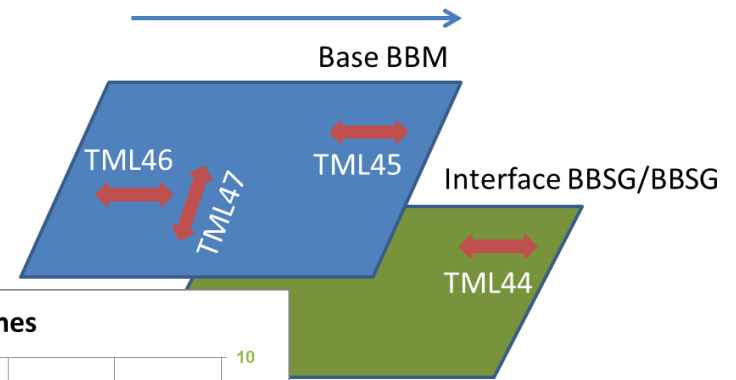
## Interface :



Stage Master R. Sullivan, 2014

# Résultats obtenus




Interface :



Stage Master R. Sullivan, 2014



# Exemple d'exploitation


Rétro calcul terrain

	TML 44 	TML 45 	TML 47 
Coef. de dilatation ( $\cdot 10^{-6}K^{-1}$ )	35,5	24,8	35,9
Coef. de contraction ( $\cdot 10^{-6}K^{-1}$ )	35,4	23,6	25,3

Mesure laboratoire

Tableau 2 : Résultats de mesure de dilatation thermique.

Nature de la couche	Référence des échantillons	Coefficient de dilatation thermique ( $K^{-1}$ )
Roulement 	C3/1 – 14 055 03 C3/1 – 14 055 04	$19,9 \pm 4,1$
Liaison 	C3/1 – 14 055 06 C3/1 – 14 055 10	$24,7 \pm 4,3$

 La jauge TML 44 est placée à l'interface Roulement liaison

Stage Master R. Sullivan, 2014

C. Mauduit, G. Fourre, Traitement des Jauges TML – Octobre 2014

[www.ifsttar.fr](http://www.ifsttar.fr)

# Conclusions

- La variabilité diurne affecte une épaisseur de 32 cm soit 4 couches de la chaussée
- Les mesures de déformation aux interfaces ne montrent pas un différentiel important (hypothèse de couches collées)
- Lors de la phase de dégel, la dilatation à la base du BBM ne varie pas.
- **Perspectives** (convention de recherche IFSTTAR, CEREMA, DIR MC, EUROVIA)
  - Compléter le suivi des données de température
  - Finaliser les logiciels de post traitement des données de déformation

