

Nicolas Bueche

Ingénieur civil diplômé EPF

Assistant au Laboratoire des Voies de Circulation (LAVOC) dans le domaine de la réalisation et de la maintenance des voies de circulation

Performances des Enrobés à Module Elevé comportant du recyclé

La présente étude s'inscrit au cœur d'un large programme européen de recherche intitulé "NR2C - New Road Construction Concept" qui a pour objectif de s'interroger quant aux innovations nécessaires afin de subvenir aux besoins du futur, le tout en consultant les professionnels de la route ainsi que les usagers.

Le but de cette étude spécifique est le développement de sous-couches à hautes performances comprenant un fort taux de recyclage, ceci dans une optique de diminution des coûts de construction et de maintenance. Ainsi, suite à une étude de formulation, différentes planches d'essai comprenant jusqu'à 40 % de matériaux recyclés ont été construites au LAVOC. Sur ces planches, des essais en vraie grandeur sont ensuite menés à l'aide d'un simulateur de trafic permettant de reproduire le passage d'un essieu de camion à la charge souhaitée. Une première phase d'essais de fatigue est actuellement entrain d'être menée, ceci avec pour objectif d'atteindre les premiers signes d'endommagement de la chaussée. A ces essais de fatigue va succéder une seconde phase de sollicitation de la chaussée sous cycles sévères à basses températures pouvant aller jusqu'à -10°C.

Le projet étant actuellement en cours, nous présentons ici la démarche et le concept général de la recherche, mais également les premiers résultats obtenus en laboratoire ainsi que ceux issus des essais en vraie grandeur sur une section à fort taux de recyclage pour laquelle l'endommagement a été atteint lors des essais de fatigue.



Performances des Enrobés à Module Elevé comportant du recyclé



BUECHE Nicolas – Journée Technique EPFL - LAVOC
13 Septembre 2006





Table des matières

- **Introduction**
- **Buts de la recherche**
- **Formulation et essais en laboratoire**
- **Pose et instrumentation**
- **Sollicitations de la chaussée**
- **Acquisition de données et mesures spécifiques**
- **Autres essais sur les matériaux**
- **Premiers résultats et suite du projet**

Journée Technique LAVOC
13 Septembre 2006



Introduction

Journée Technique LAVOC
13 Septembre 2006



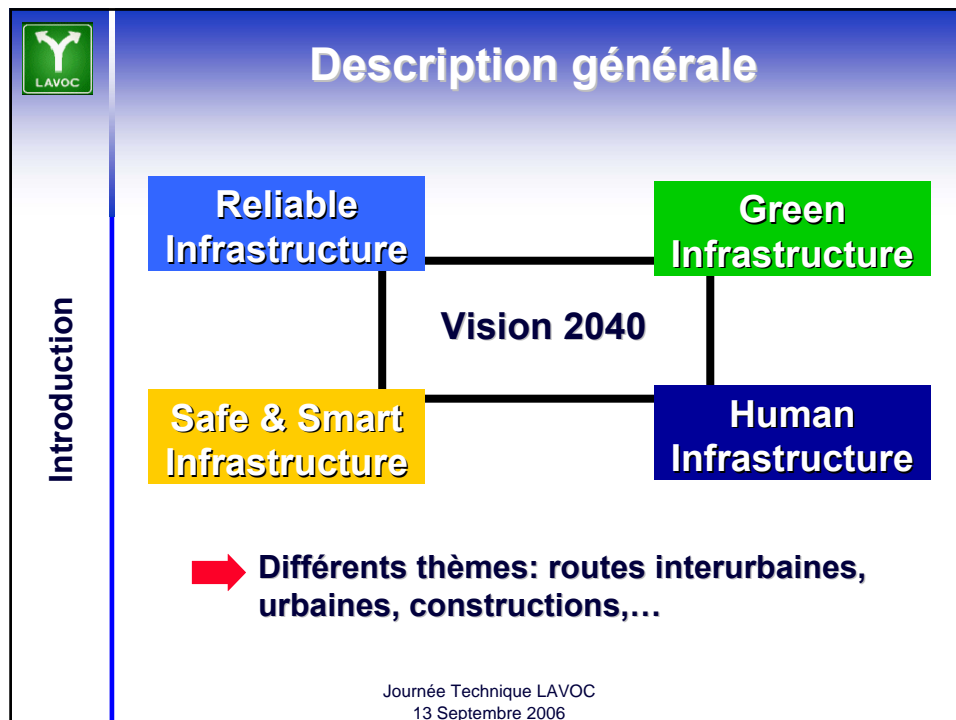
Projet de recherche européen




New Road Construction Concept

→ Quels développements sont nécessaires afin de subvenir aux besoins du futur ?


Journée Technique LAVOC
13 Septembre 2006





Buts de la recherche

Journée Technique LAVOC
13 Septembre 2006



Buts WP2: Routes interurbaines

Buts de la recherche

- **Contribution à une vision de la route sur le long terme en fournissant des informations sur:**
 - **Etat de l'art**
 - **Projets de recherche innovants dans le domaine des routes interurbaines**
- **Sélection de différents projets de recherche spécifiques afin de répondre aux besoins prioritaires des routes interurbaines**

Journée Technique LAVOC
13 Septembre 2006



Recherche spécifique LAVOC

Buts de la recherche

- **Innovation 2.1:**
Techniques de construction de chaussées à faibles coûts de construction et de maintenance
- **Partie A:**
Développement de sous-couches à hautes performances comprenant un fort taux de recyclage




→ Réduction des coûts de construction et maintenance

→ Utilisation de matériaux recyclés

→ Hautes performances et bon comportement à long terme

Journée Technique LAVOC
13 Septembre 2006



Formulation et essais en laboratoire

Journée Technique LAVOC
13 Septembre 2006

Formulation




- **Formulation analytique basée sur:**
 - BRRC-Software PradoWin
 - Vérification de maniabilité-compactibilité
- **Deux formulations :**
 - **Matériaux belges:** premiers essais de laboratoire
 - **Matériaux suisses:** sur la base des résultats de la première étude et pour essais en vraie grandeur




Journée Technique LAVOC
13 Septembre 2006

Formulation




- **Exigences:**
 - même teneur en liant totale (avec/sans RA)
 - courbes granulométriques similaires
- **3 formulations différentes à tester:**

	491	496	499
	Swiss mix	Swiss mix	Swiss mix
	0%	25%	40%
	5.8%	5.8%	5.8%
fract. Granul. 11/16	19.5%	15.1%	11.3%
fract. Granul. 8/11	15.0%	17.4%	13.9%
fract. Granul. 4/8	23.7%	16.3%	12.9%
0/4	29.3%	17.2%	14.5%
filler	12.41%	4.50%	0.00%
dry aggregate from RA		29.5%	47.4%


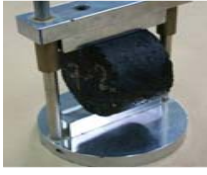

13 Septembre 2006

Essais en laboratoire

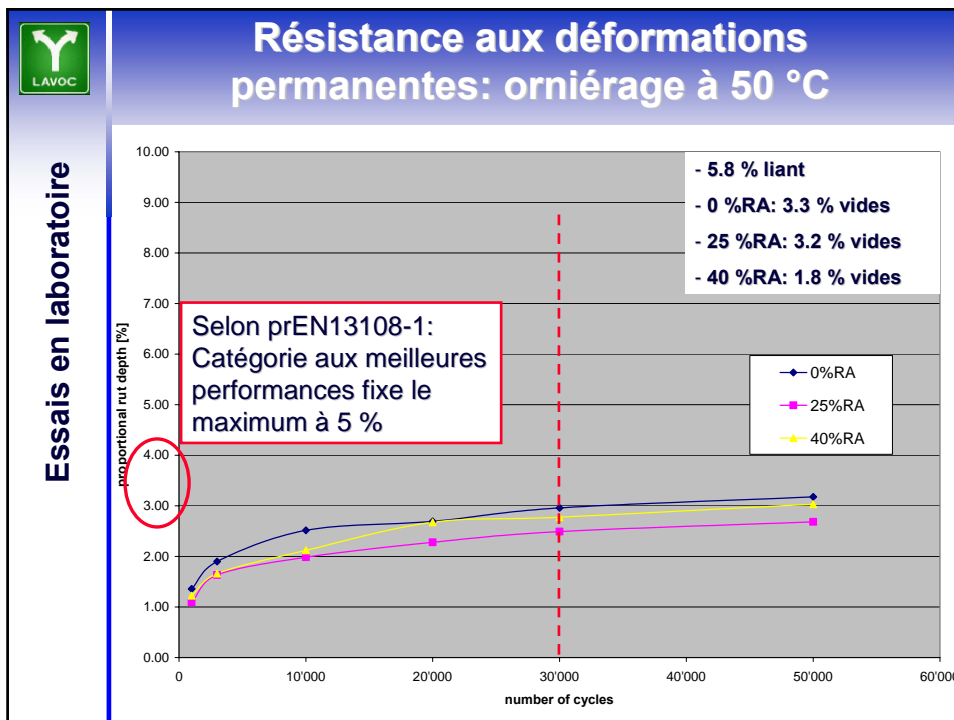


Premiers essais effectués (BRRC)


- **Résistance aux déformations permanentes**
 - orniérage
 - à 50 °C et 30'000 cycles
- **Sensibilité à l'eau**
 - essai de traction indirecte
 - avant et après conditionnement
- **Module de rigidité**
 - essai de flexion deux points
 - entre -20 and 30 °C
- **Résistance à la fatigue**
 - Essai de flexion deux points
 - 15 °C, 10 Hz, contrainte contrôlée

Journée Technique LAVOC
13 Septembre 2006



Essais en laboratoire



Sensibilité à l'eau par essai de traction indirecte (ITS)


- **ITS: Indirect Tensile Strength**
 - **Conditionnement: 72 h à 40 °C (EN 12697-12)**
 - **Ratio ITSR=ITS_{avec cond.}/ITS_{sans cond.}**

Mélanges suisses			
%RA	%liant	%vides (hydro)	ratio ITSR [%]
0	5.8	3.7	96
25	5.8	5	95
40	5.8	6	101

- **Ratios ITS élevés → faible sensibilité à l'eau**
- **Pas d'observation d'effet négatif lié à la forte quantité de RA**
- **Exigence pré-norme suisse: ITSR ≥ 70 %**

Journée Technique LAVOC
13 Septembre 2006

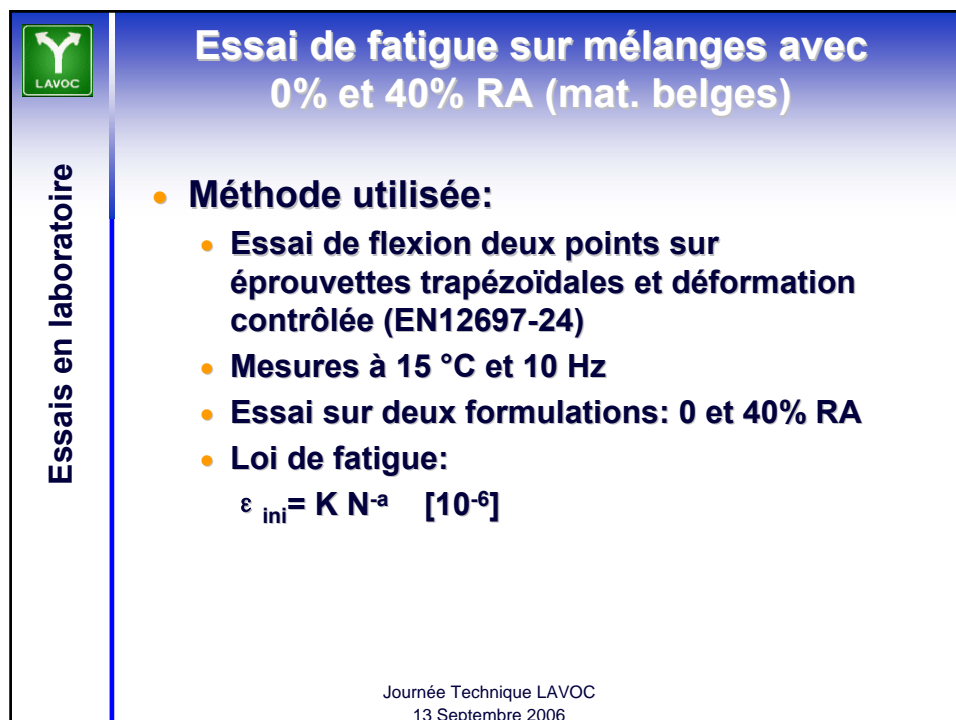
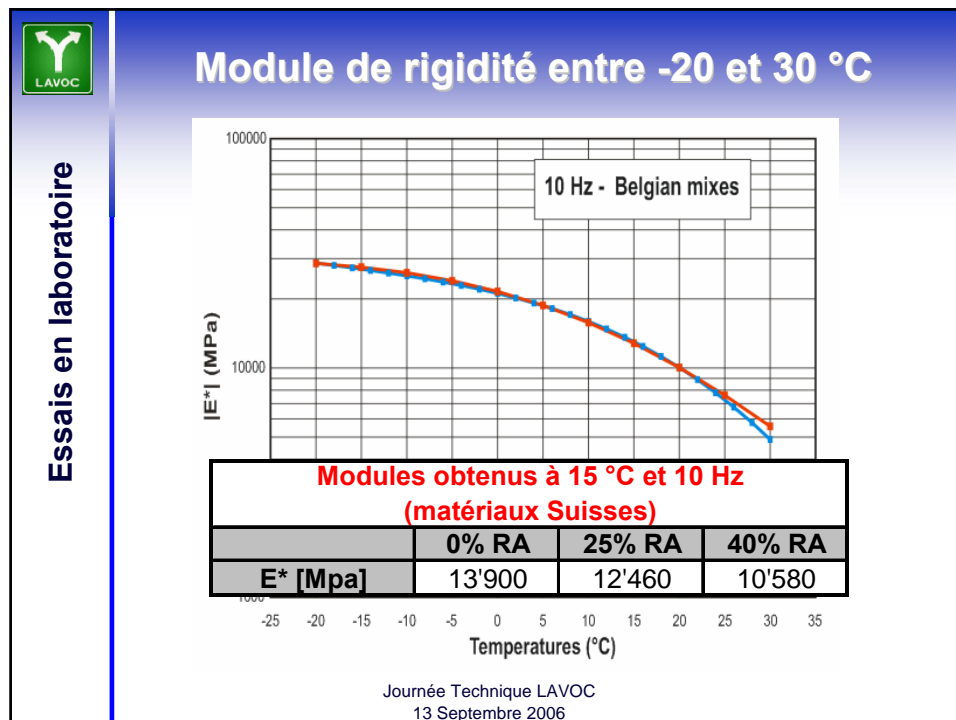
Essais en laboratoire

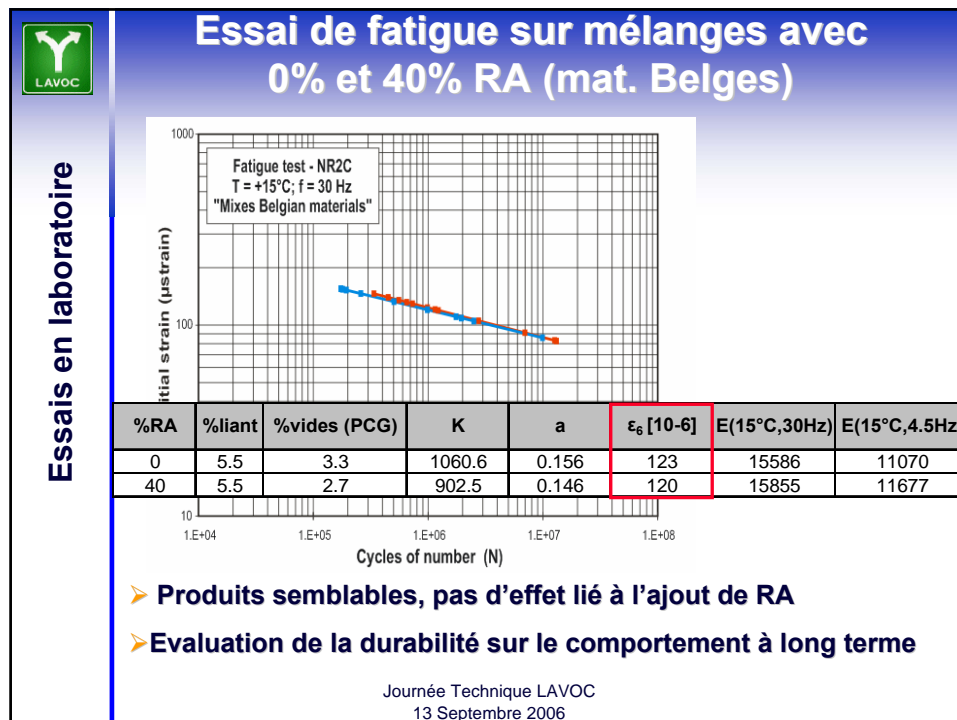


Détermination du module de rigidité

- **Méthode utilisée:**
 - **Essai de flexion deux points sur éprouvettes trapézoïdales (EN12697-26)**
 - **Variation de température: -20 à 30 °C**
 - **Variation de la fréquence: 1 à 30 Hz**

Journée Technique LAVOC
13 Septembre 2006






Essai en vraie grandeur à la halle fosse

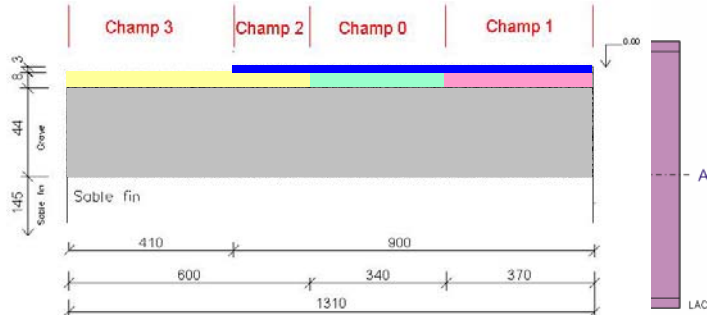
Journée Technique LAVOC
13 Septembre 2006



Pose



Etapes de pose


Champ 3 | Champ 2 | Champ 0 | Champ 1



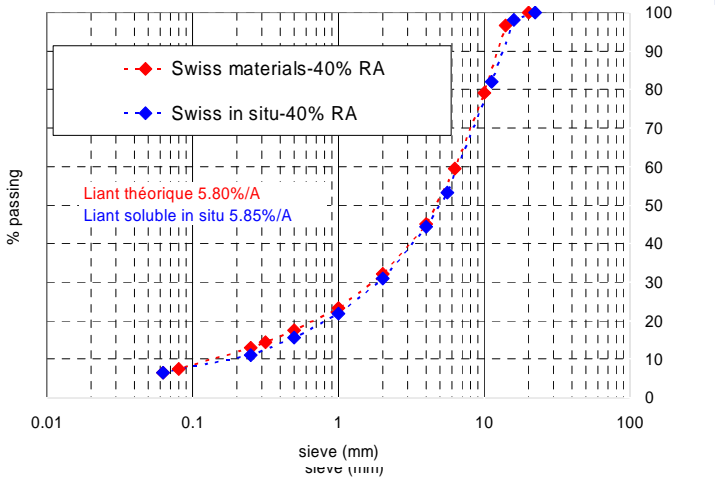



Journée Technique LAVOC
13 Septembre 2006

Pose




Comparaison entre formulation théorique et réelle



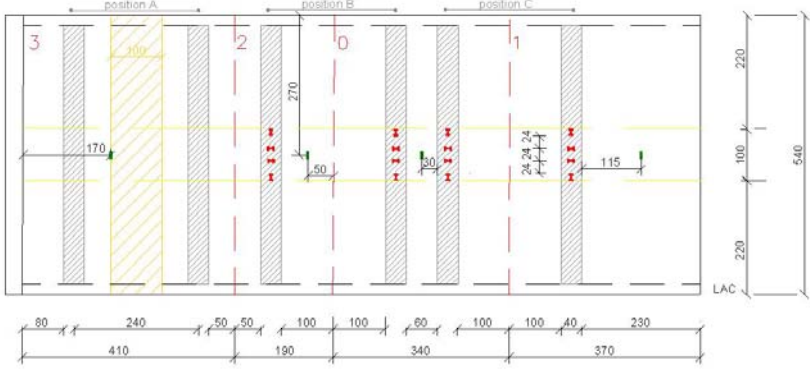
Journée Technique LAVOC
13 Septembre 2006

Instrumentation



Pose de capteurs aux interfaces

Niveau B: Sur EME




Mesure de différents paramètres:

- Déformations horizontales I
- Déformations verticales ●
- Température |

Journée Technique LAVOC
13 Septembre 2006


Instrumentation




Type de capteurs utilisés

- **Types de capteurs:**
 - Déf. horizontales: kyowas
 - Déf. verticales: LVDT
 - Températures: Pt100
- **Nombre de capteurs:**

Interface	Kyowas	LVDT	Pt100
Grave-EME	30	4	4
EME-AC MR	16	-	3
Surface	-	-	4




Journée Technique LAVOC
13 Septembre 2006




Sollicitations de la chaussée

Journée Technique LAVOC
13 Septembre 2006



Caractéristiques de l'orniéreur

Sollicitations

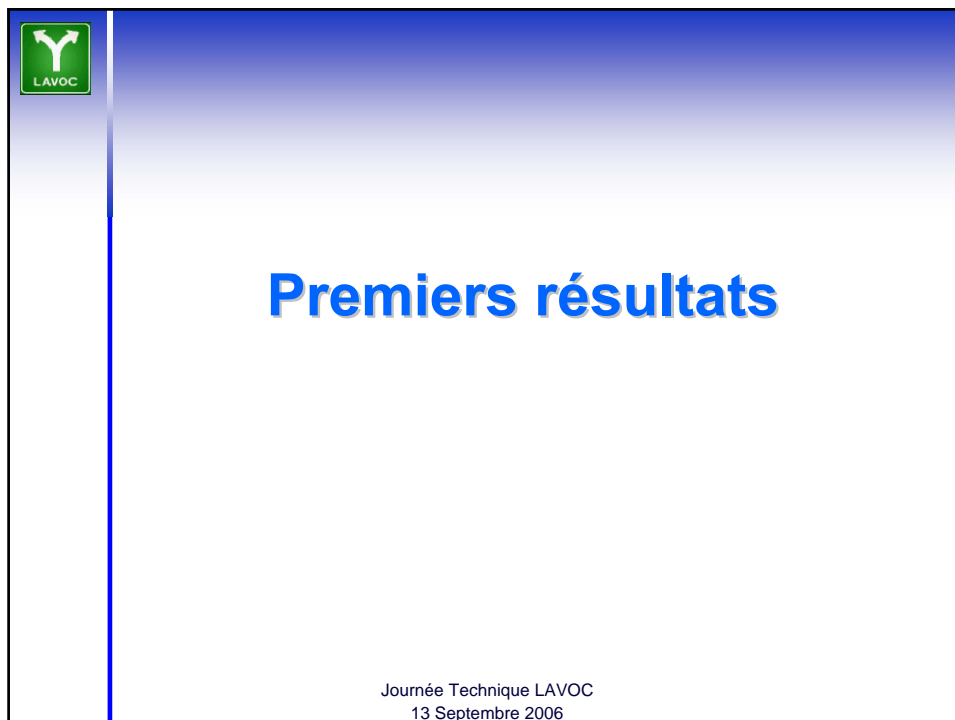
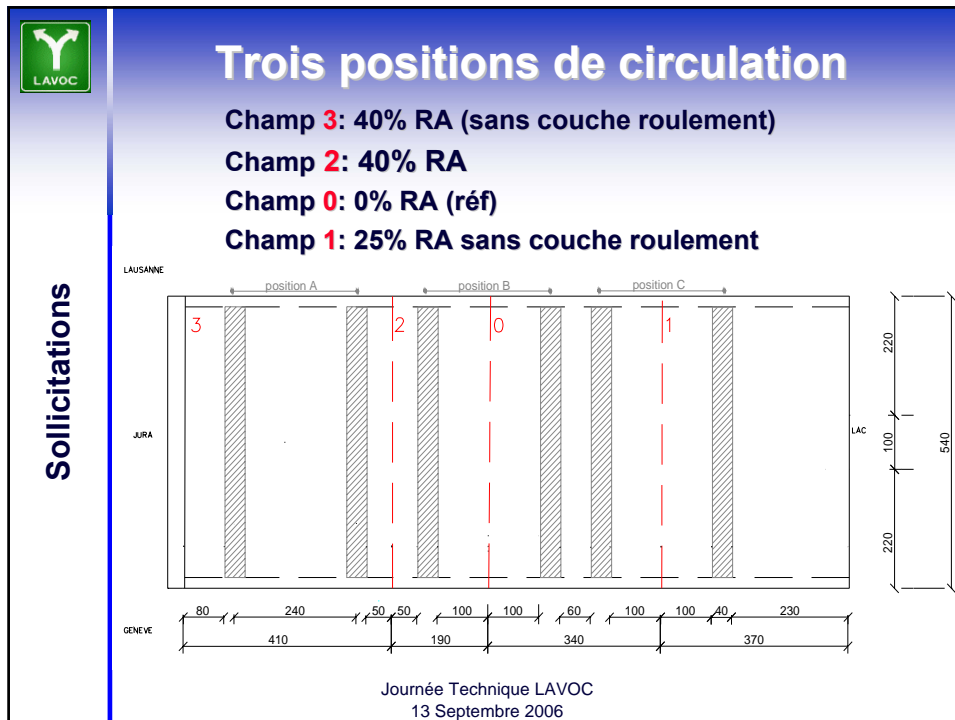


- Charge: 12 to.
- Pneus: super-single
- Pression: 0.8 MPa
- Vitesse: ≈ 12 km/h
2s/passage
1'800 pass./heure


Programme de test:

- Essais de fatigue à 15 °C pour environ 300'000 passages
- Cycles sévères à $T_{air} = -5$ à -10 °C (env. 80'000 passages)

Journée Technique LAVOC
13 Septembre 2006



Premiers résultats

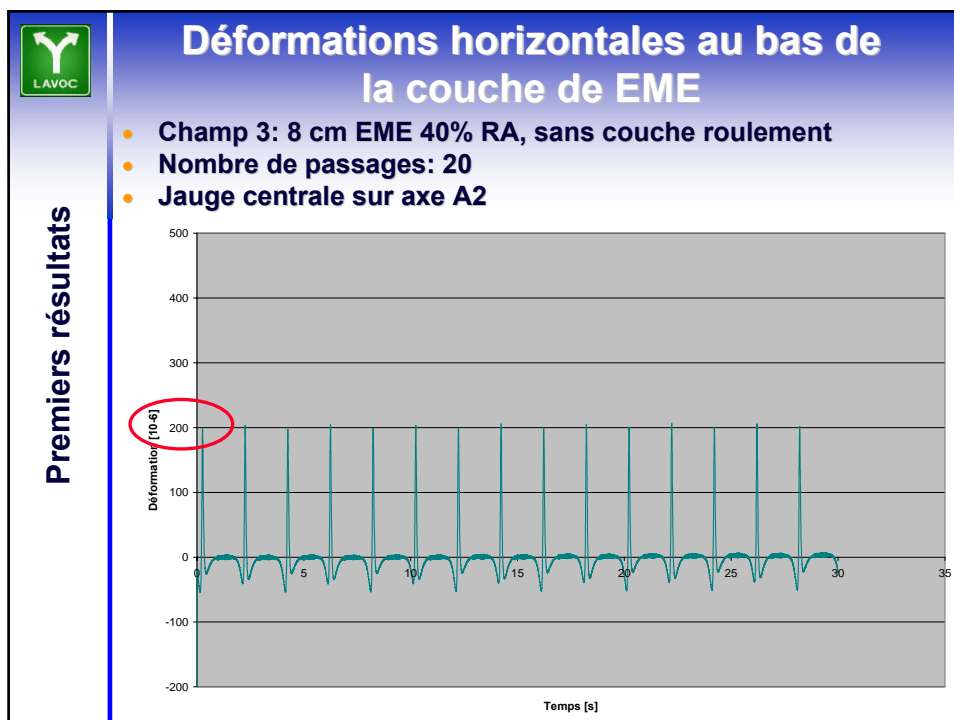


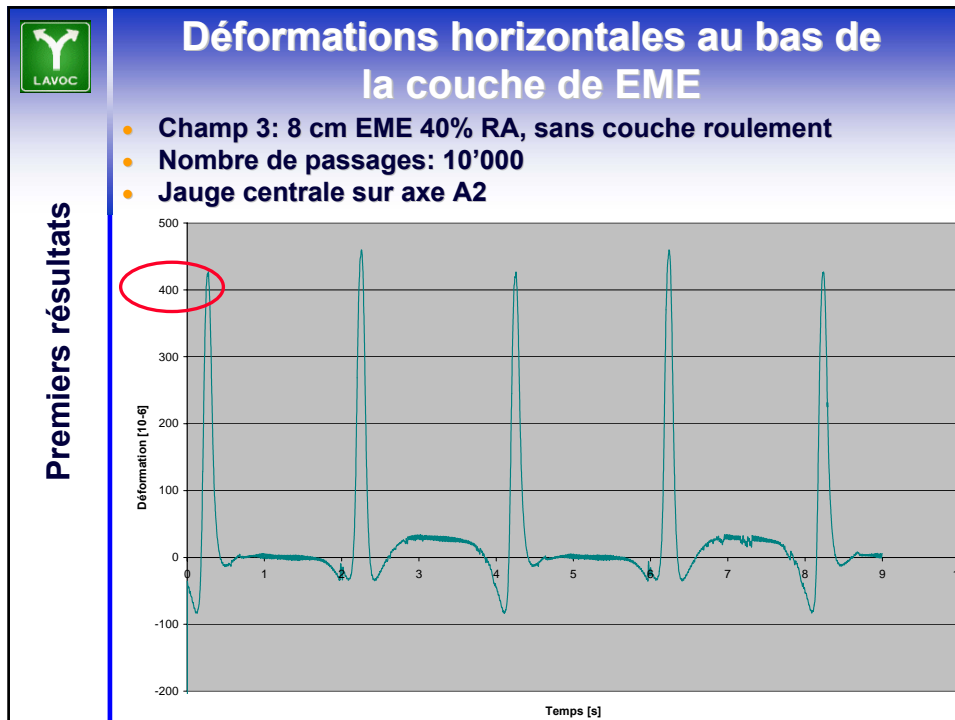
Mesures effectuées

- **Mesures en continu:**
 - Déformations horizontales au bas des couches
 - Déflexions en surface (poutre spécifique avec capteurs LVDT)

- **Mesures et essais ponctuels:**
 - Relevé du profil en travers
 - 3 campagnes de mesures FWD
 - Nucléodensimètre
 - 3 Campagnes de carottages

Journée Technique LAVOC
13 Septembre 2006





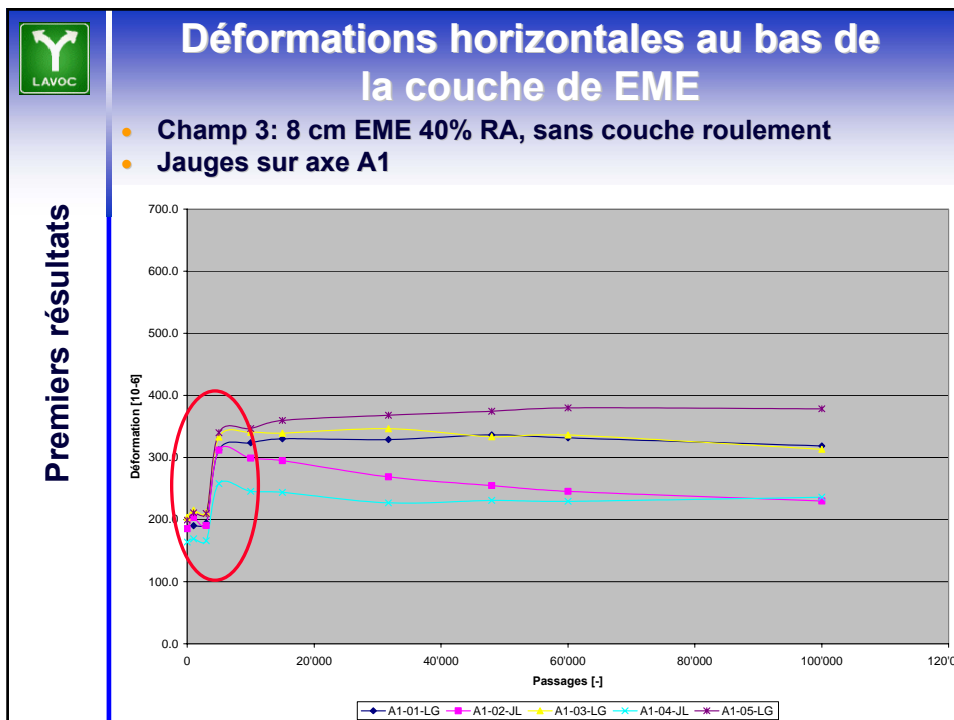
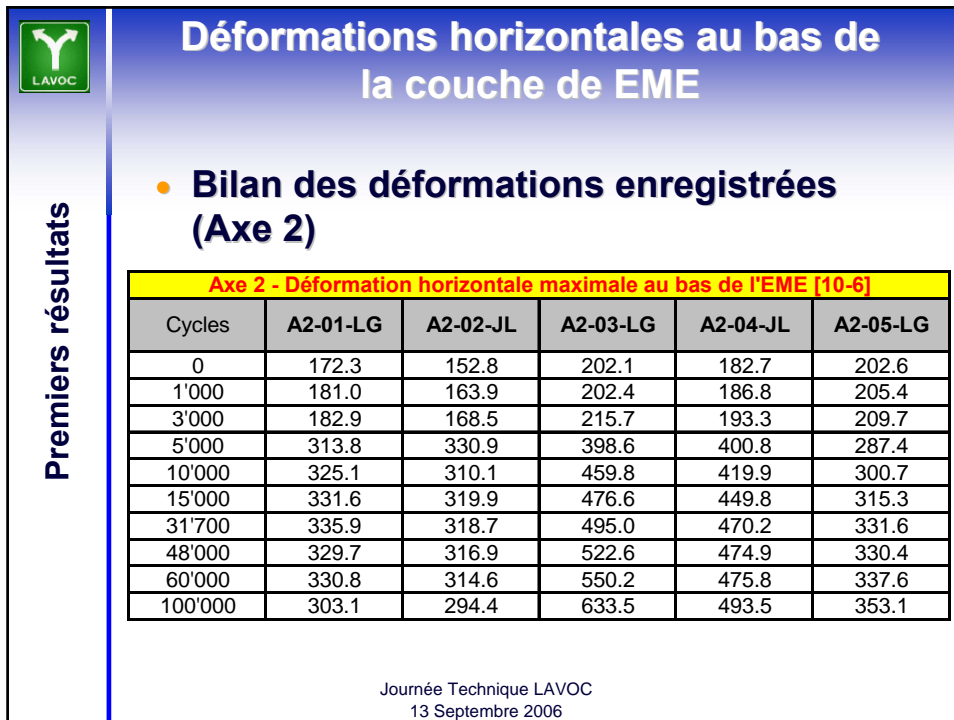
Premiers résultats

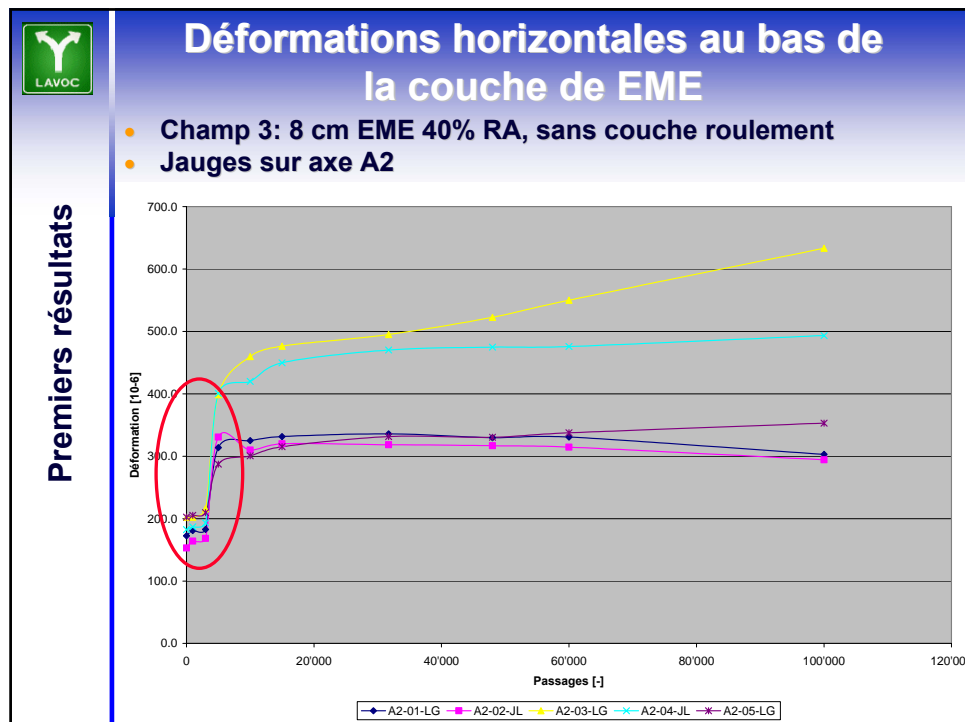
Déformations horizontales au bas de la couche de EME

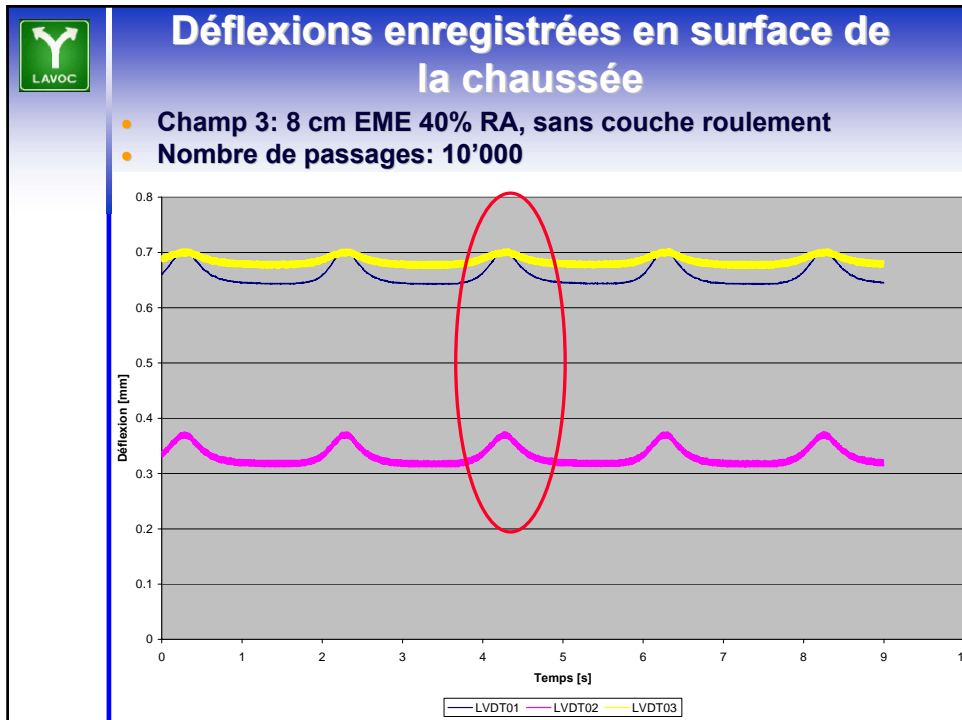
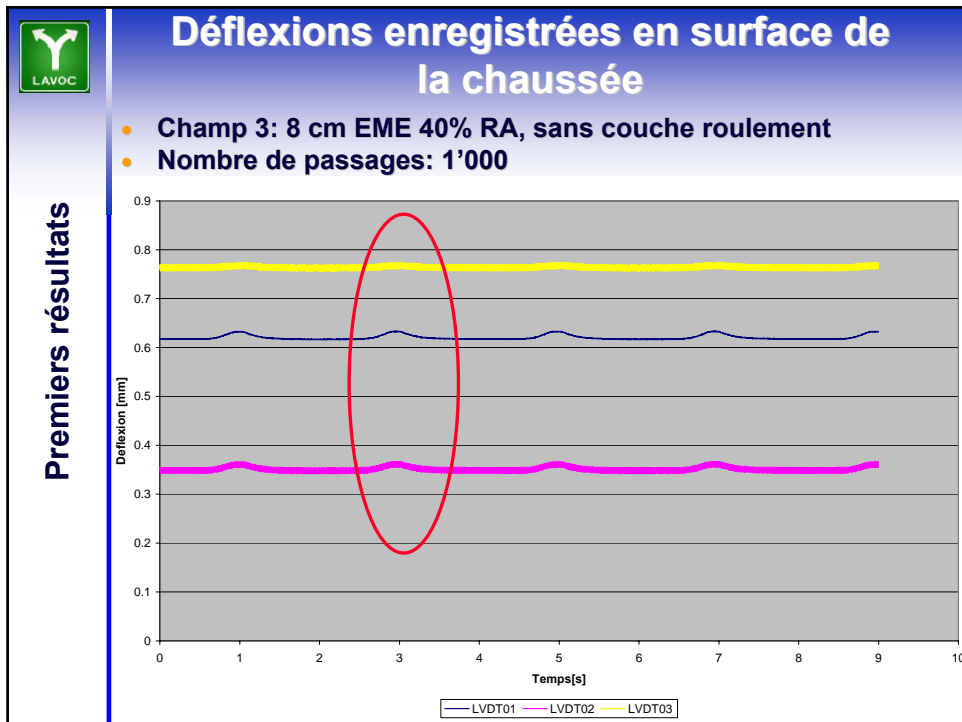
- **Bilan des déformations enregistrées (Axe 1)**

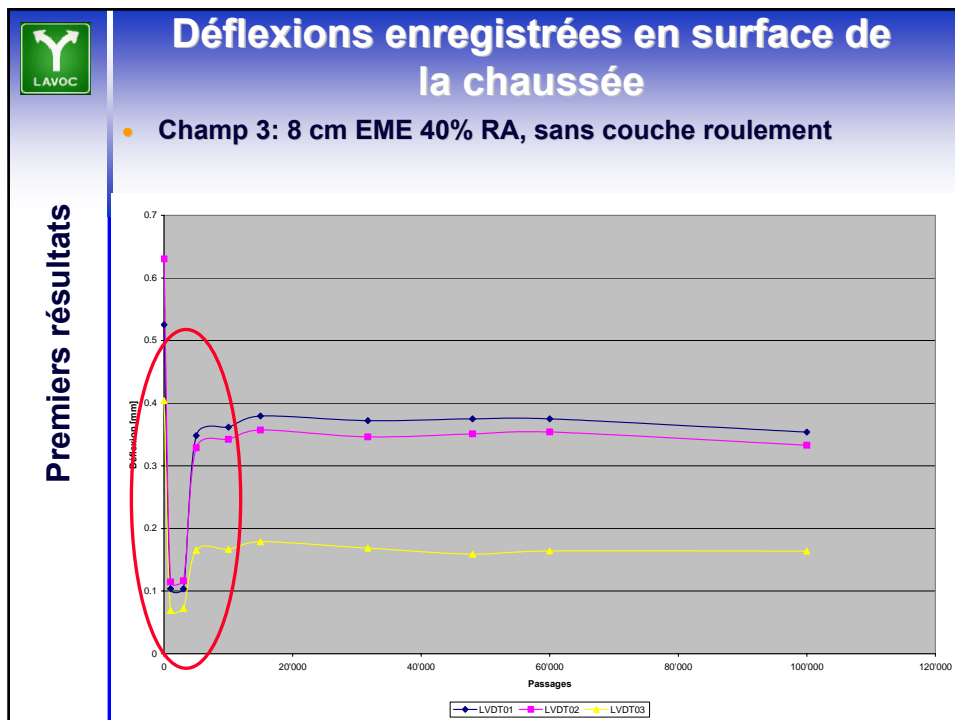
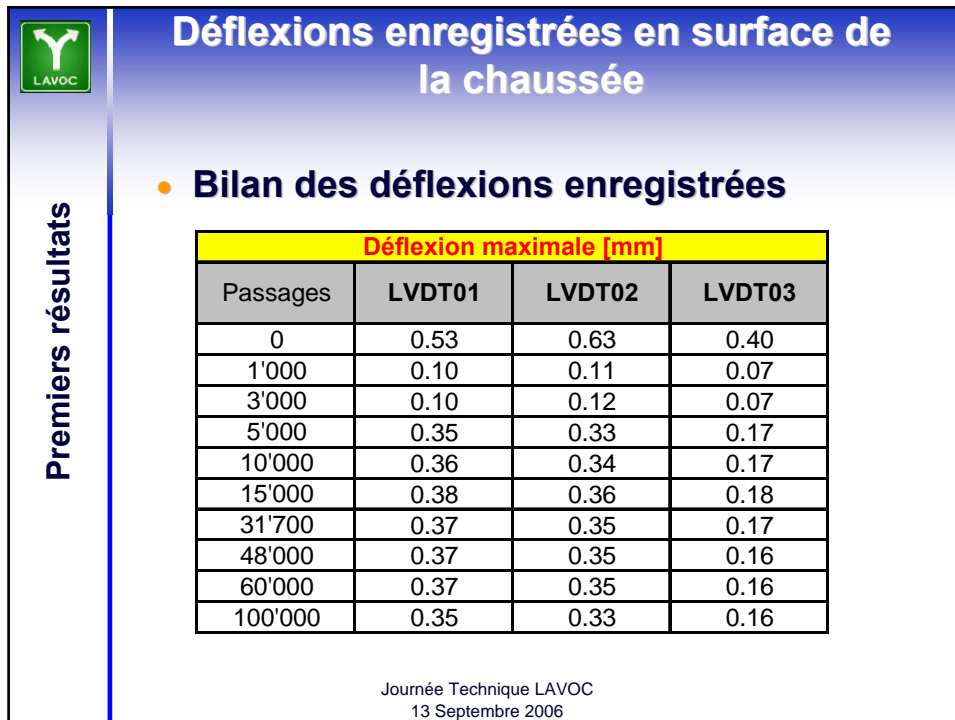
Axe 1 - Déformation horizontale maximale au bas de l'EME [10-6]					
Cycles	A1-01-LG	A1-02-JL	A1-03-LG	A1-04-JL	A1-05-LG
0	-	185.5	203.8	163.8	199.0
1'000	190.3	203.2	215.1	169.2	210.9
3'000	194.7	190.6	211.3	166.0	209.8
5'000	312.4	311.9	332.9	257.9	339.9
10'000	323.7	298.9	340.6	245.4	346.7
15'000	330.2	294.9	339.3	243.9	359.7
31'700	328.8	268.7	346.4	226.8	367.9
48'000	336.3	254.7	333.5	230.9	374.4
60'000	331.5	245.5	336.1	229.6	379.8
100'000	318.6	230.0	313.3	236.0	378.4

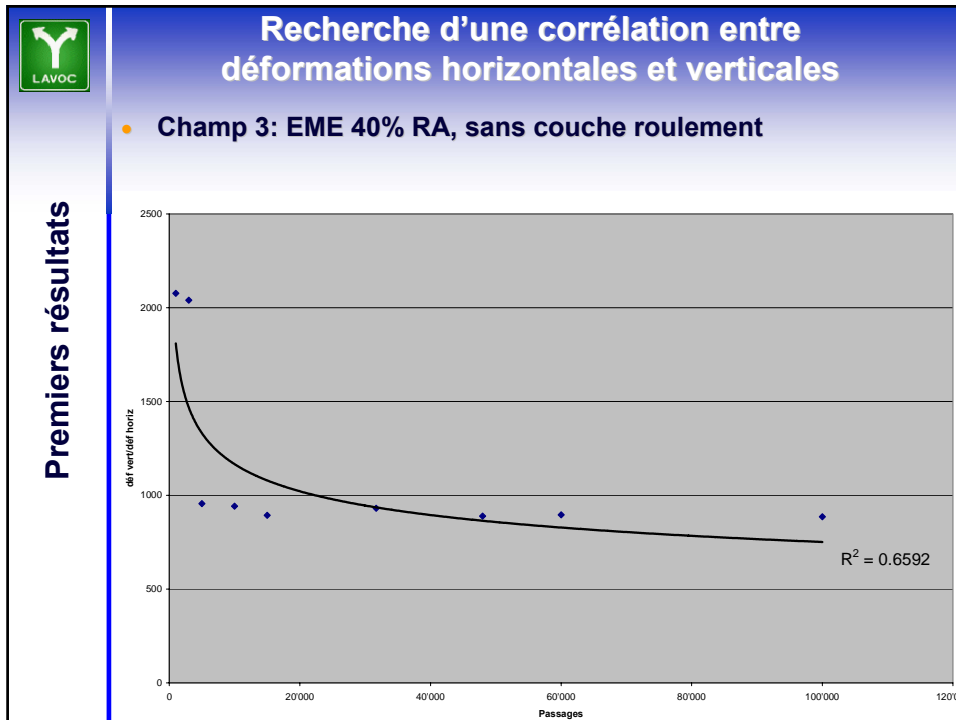
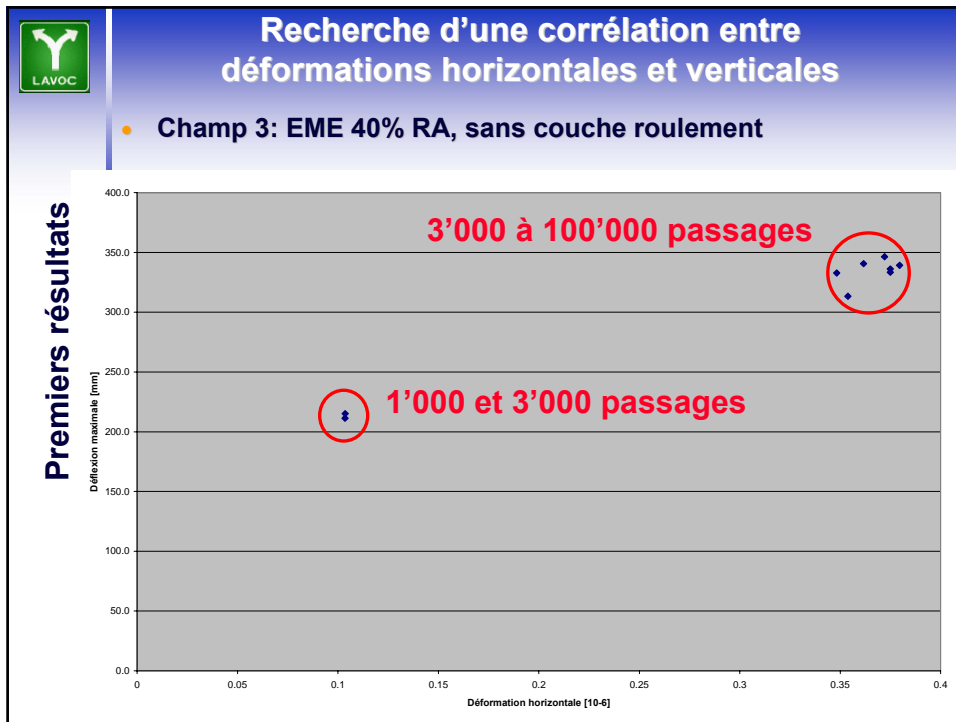
Journée Technique LAVOC
13 Septembre 2006















Conclusions et suite du projet

Journée Technique LAVOC
13 Septembre 2006



Premières conclusions

Conclusions

- **Rupture prématurée de la section 40% RA sans couche de roulement sous fortes sollicitations**
 - Charge importante: 12 tonnes
 - Pas de trancanage
 - Température de 15 °C
- **Endommagement réussi de la chaussée**

Journée Technique LAVOC
13 Septembre 2006



Suite du projet

Suite du projet

- **Poursuite des essais de fatigue sur les autres champs**
- **Suite aux essais de fatigue, sollicitations couplées avec basses températures:**
 - 12 jours par champ
 - 2 premiers jours à 10 et 5 °C
 - 10 jours entre 0 et -10 °C

Journée Technique LAVOC
13 Septembre 2006



Merci de votre attention...



Journée Technique LAVOC
13 Septembre 2006