



Le génie pour l'industrie

LA RÉHABILITATION DES CHAUSSÉES MUNICIPALES : LES ÉTAPES DE RÉALISATION DE PROJET

Michel Vaillancourt, ing. Ph.D
Professeur ÉTS



21 au 23 novembre

22^e CONGRÈS

INFRA 2016

L'innovation et l'intégration des compétences au service des collectivités



Palais des congrès de Montréal

Plan

- Introduction
- Investigation
 - Réseau
 - Projet
 - Paramètres de conception
 - Causes des dégradations
 - Outils d'auscultation
 - Analyse et diagnostic
- Choix des solutions
 - Conception de réfection et réhabilitation de chaussées

Cadre des travaux

- Travaux portant sur la réhabilitation des infrastructure souterraine
 - Réseau d'égout
 - Réseau d'aqueduc

= Reconstruction de la chaussée

- Travaux portant sur la réhabilitation du réseau routier
 - = Reconstruction de la chaussée
 - = Réhabilitation de la chaussée

Investigation des chaussées

- Deux niveaux d'investigation
 - Niveau réseau - Niveau projet

2 caméras numériques
(abords de route)

GPS
(localisation)

1 caméra numérique
(chaussée)

**Profilomètre
inertiel (IRI)**

LCMS
*(orniérage et
fissuration)*



Investigation - Réseau

Relevé détaillé de l'état du réseau

Par des relevés

- De profilomètre
- De FWD
- D'imagerie

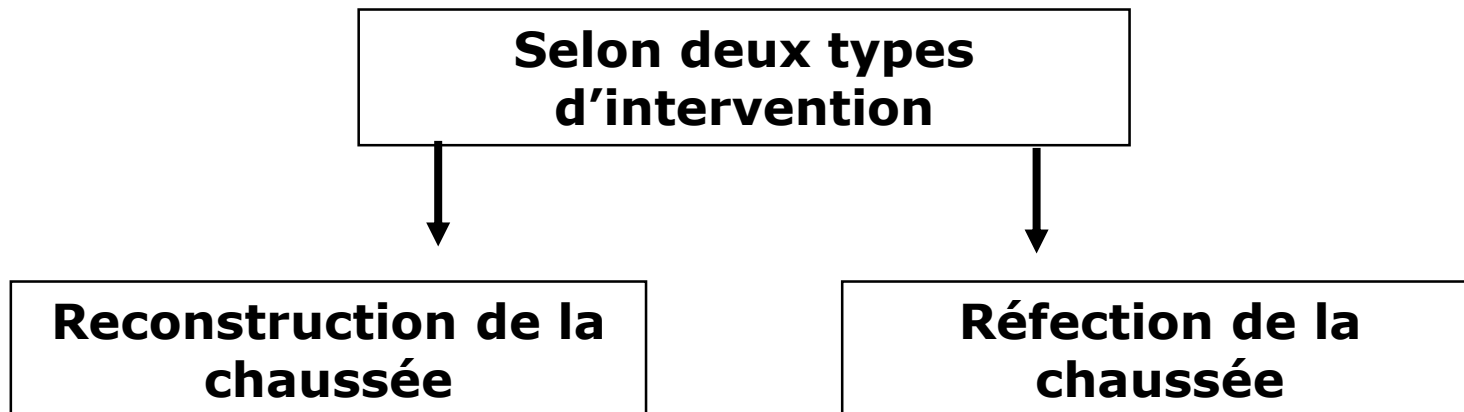


Investigation - Réseau



Investigation - Projet

- Doit permettre de poser un diagnostic sur les causes des dégradations (souvent l'âge)
- Doit permettre d'établir les paramètres mécaniques résiduels (sur quoi on réhabilite)



Détermination des paramètres de conception

- La reconstruction et la réfection des chaussées vont nécessiter une investigation différente
- Cas d'une reconstruction
 - Étude géotechnique routière conventionnelle
 - Étude exhaustive pour un portrait détaillé
- Cas d'une réfection
 - Relevé visuel et auscultation non-destructive
 - Étude partielle

Paramètres de conception d'une reconstruction

- Conception routière conventionnelle basée sur
 - le trafic
 - le climat
 - les matériaux
 - la capacité portante des sols d'infrastructure
 - la durée de vie espérée

On connaît généralement assez bien les paramètres mécaniques des matériaux de chaussée neuve

Paramètres de conception d'une réfection

- Détermination de l'état de la chaussée
 1. Relevé visuel
 - Quantité et nature des dégradations
 2. Caractérisation des matériaux
 - Échantillonnage superficiel
 - Épaisseur du pavage
 - Granulométrie de la fondation
 3. Propriétés mécaniques résiduelles
 - Couche de pavage – Fondation –
Sous-fondation

Paramètres de conception d'une réfection

1. Relevé visuel



Paramètres de conception d'une réfection

2. Caractérisation des matériaux de la chaussée (en place et en laboratoire)

- Épaisseur des couches (stratigraphie)
 - Par carottage de la chaussée
- Échantillonnage de la fondation et sous-fondation de façon manuelle
 - Granulométrie (comportement)
 - Proportion de particules fines dans la fondation (gélivité)
 - Teneur en eau

Paramètres de conception d'une réfection

3. Propriétés mécaniques résiduelles

- Détermination de valeurs objectives plutôt que d'une appréciation subjective
- Modules résilients ou élastiques des matériaux de chaque couche de la structure (enrobé et granulaire)
 - Résistance en pointe et indice de pénétration
 - Mesure de déflection et rétro-calcul

Outils d'auscultation

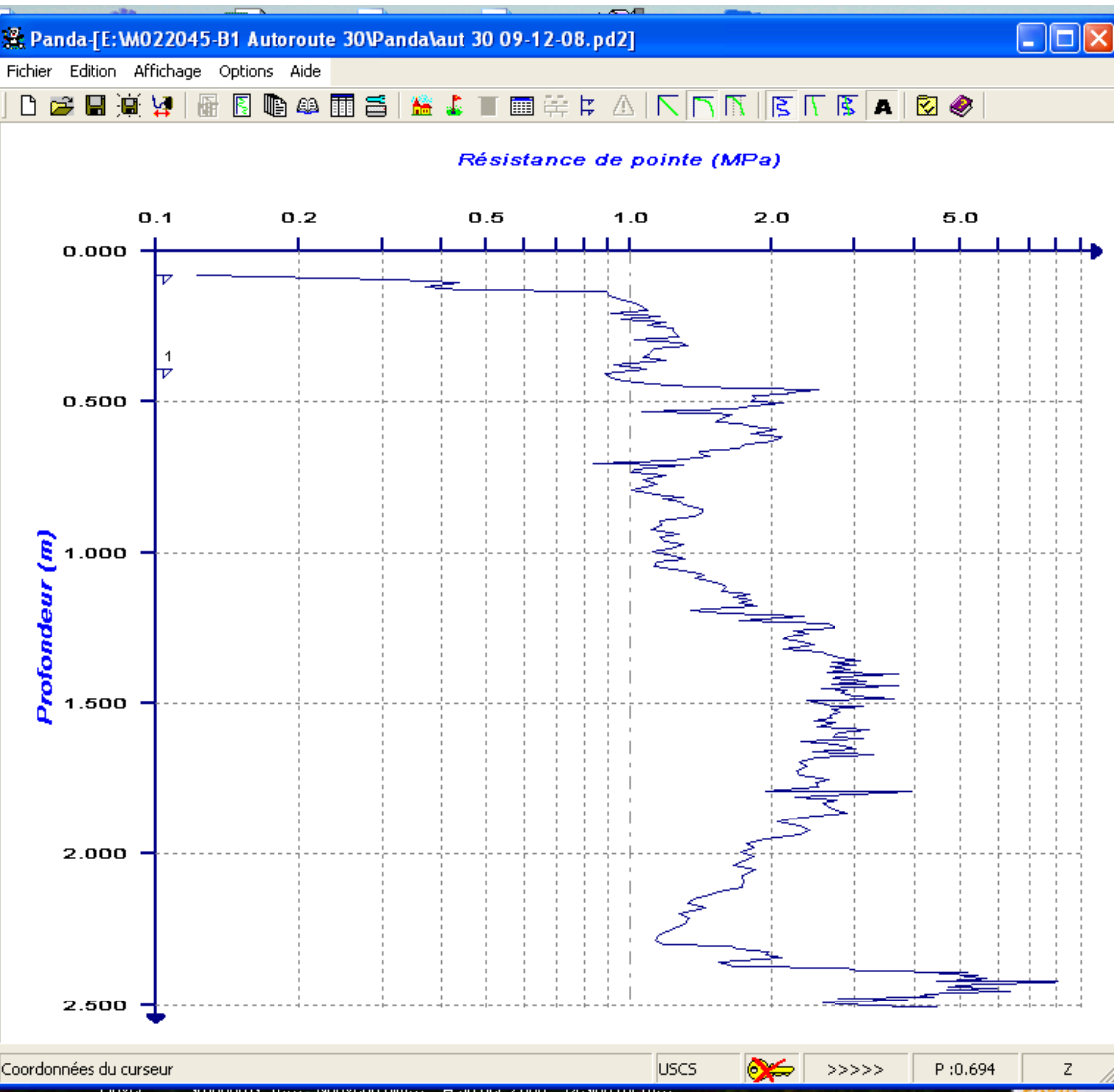
- Utilisation d'outils portatifs à l'échelle du problème
 - Économique (peu de mobilisation)
 - Rapide (outils informatisés qui donnent rapidement la réponse)
 - Non destructif
 - Pénétrromètre dynamique
 - Déflectomètre portatif
 - Déflectomètre à masse tombante

Outils d'auscultation

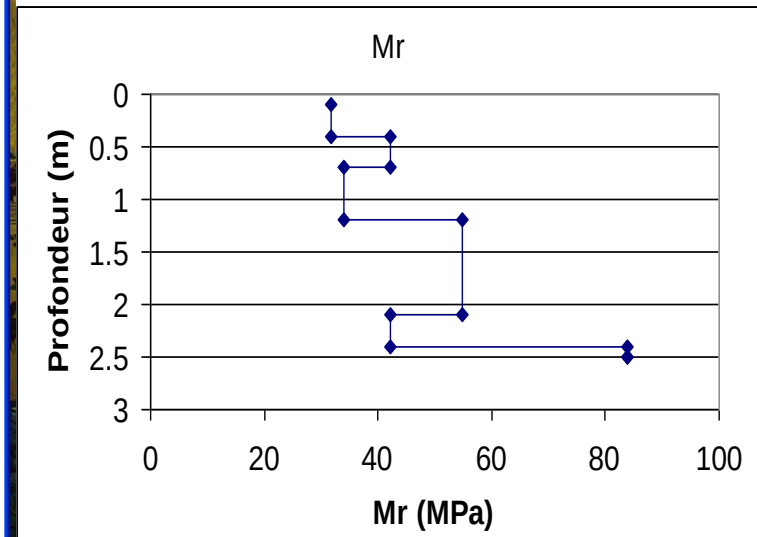
- Pénétromètre dynamique à énergie variable PANDA



Outils d'auscultation



- Pénétrogramme



Outils d'auscultation

- Déflectomètre à masse tombante



Analyse et diagnostic

- Étude de la chaussée existante pour la conception de la réfection
 - Recherche de données historiques
 - Structure, âge, réfection (rarement disponible)
 - Relevé visuel et auscultation non destructive
 - Nombre d'années de service supplémentaires envisagé
 - Trafic : Résidentiel – Commercial – Industriel

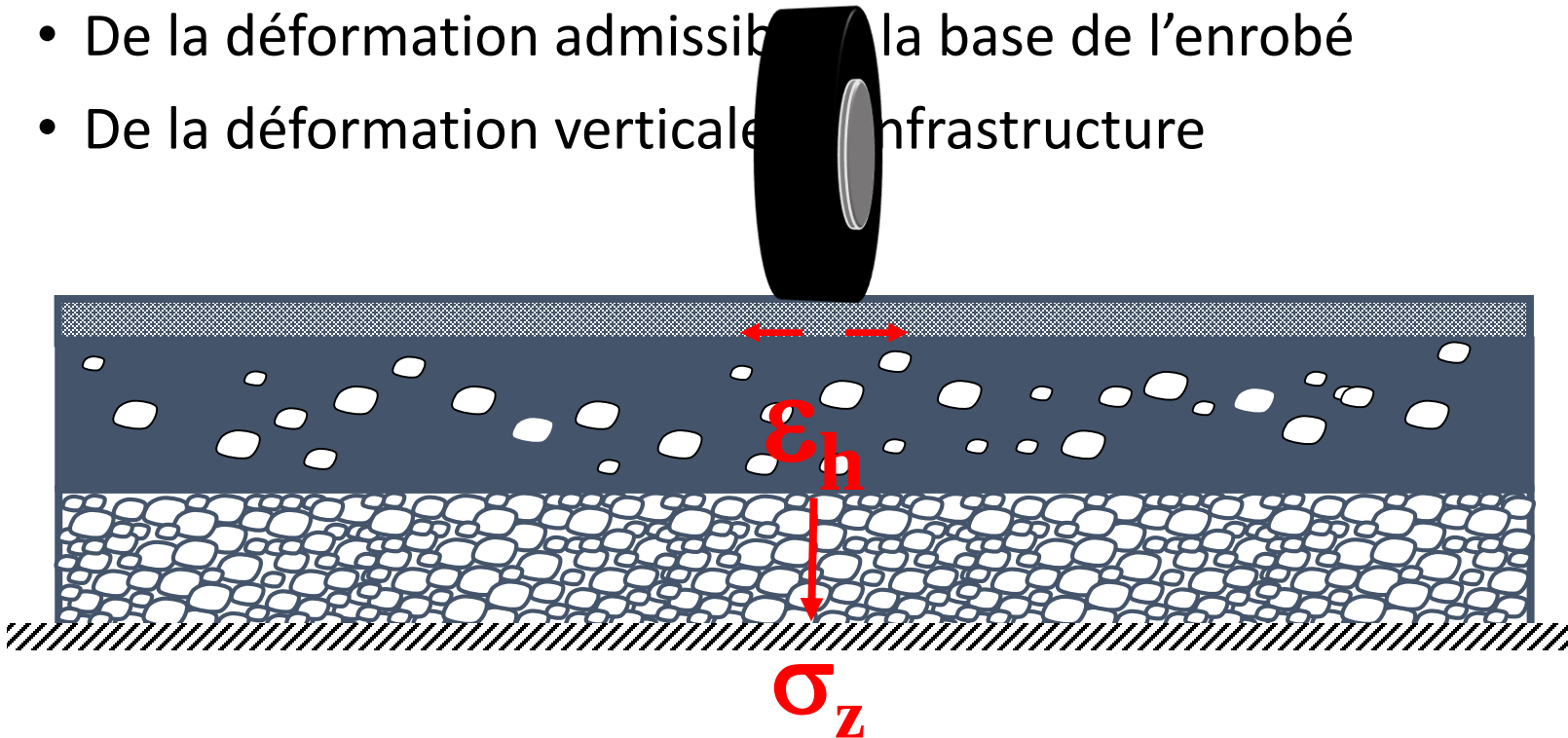
Outils de conception mécanistes empiriques



Modèle mécaniste -empirique

Performance en fonction

- De la déformation admissible à la base de l'enrobé
- De la déformation verticale de l'infrastructure



Exemple

- Chaussée résidentielle quelque part dans une municipalité québécoise
 - Relevé sommaire → État global
 - Carottage et échantillonnage
 - Essais de pénétration dynamique
 - Essais de laboratoire
 - Analyse des résultats
 - Conception



Exemple

- Relevé sommaire → État global



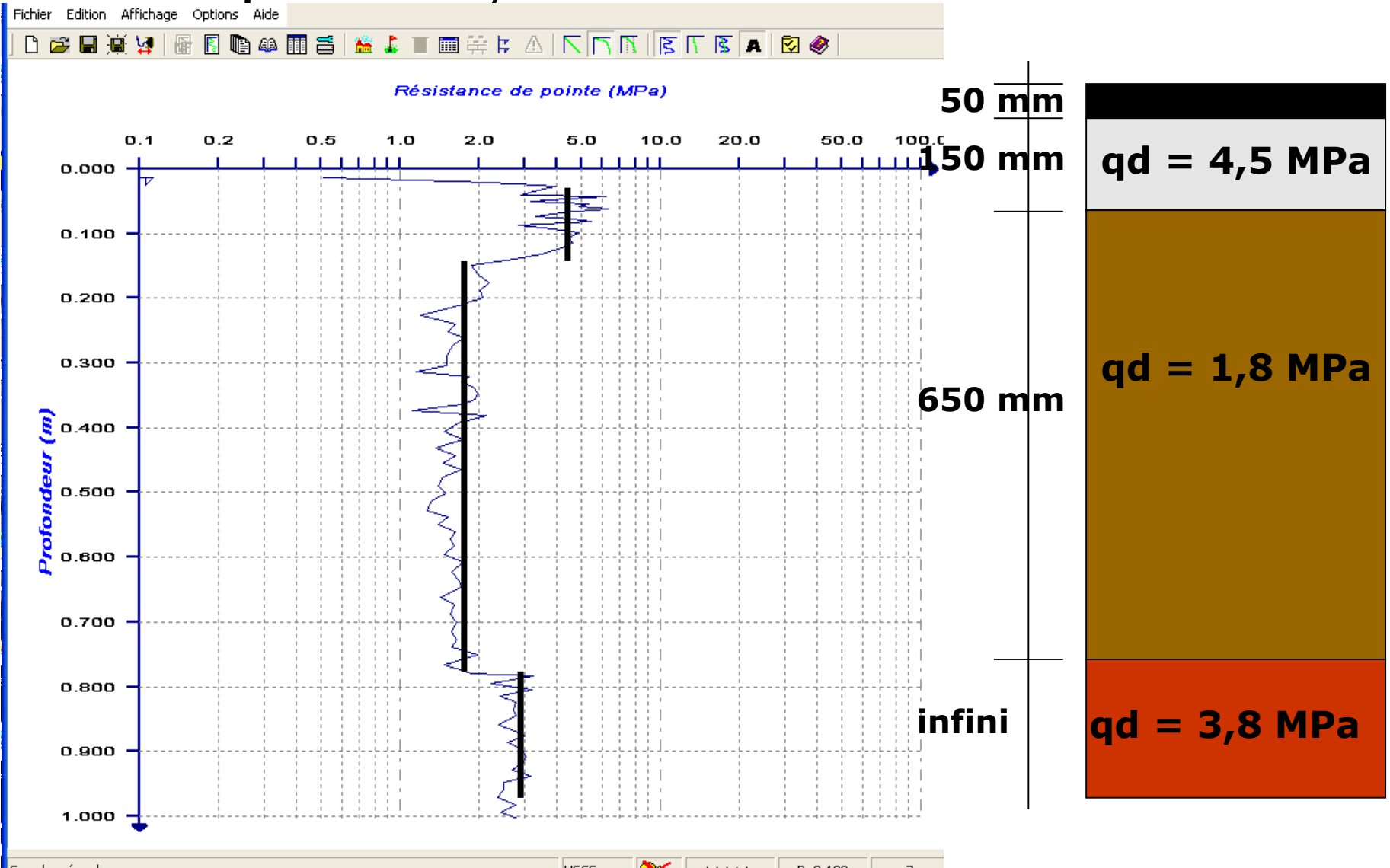
Exemple

Essais de pénétration dynamique - FWD

Carottage et échantillonnage

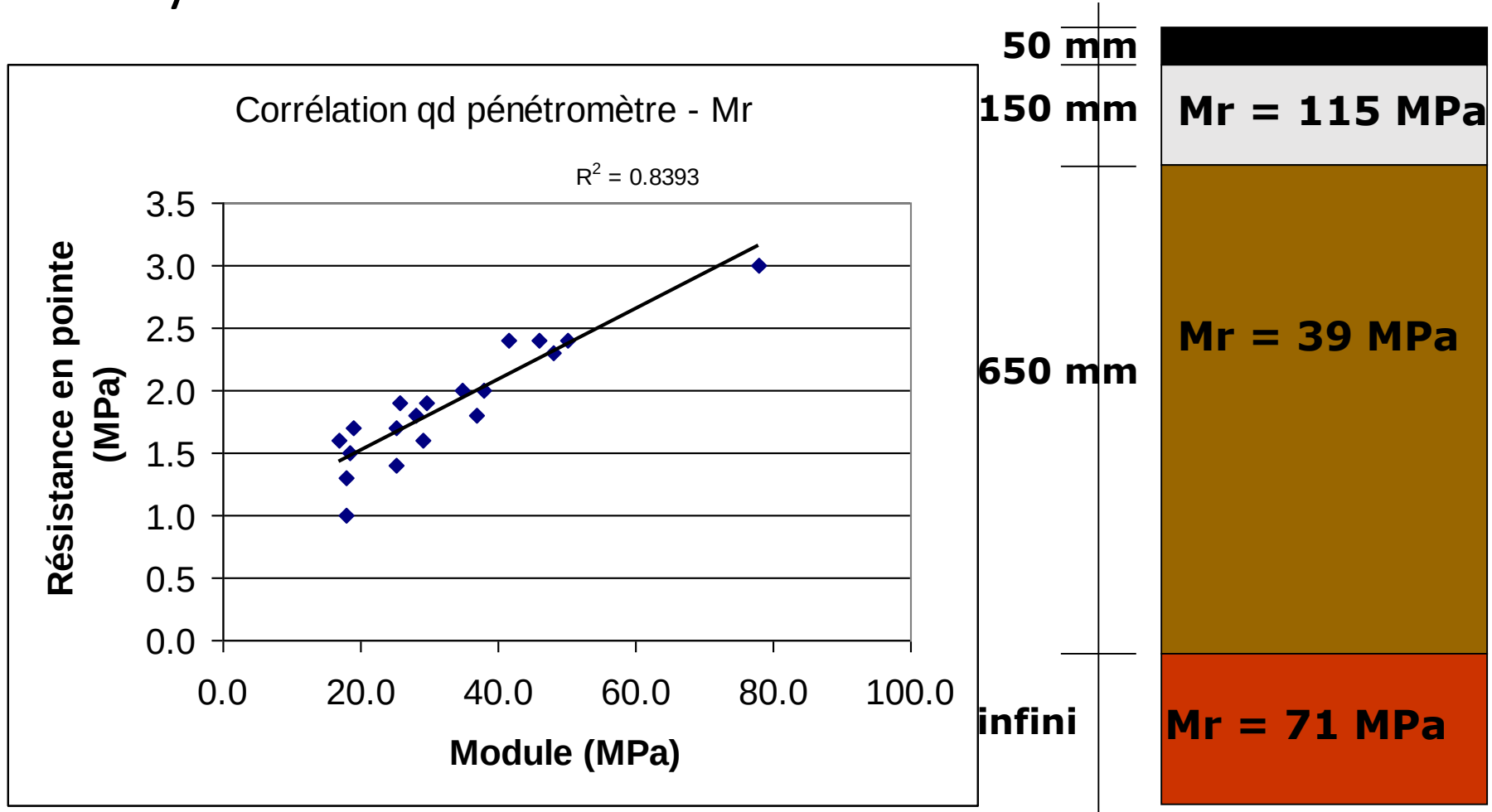


Exemple - Analyse des résultats



Exemple

- Analyse des résultats



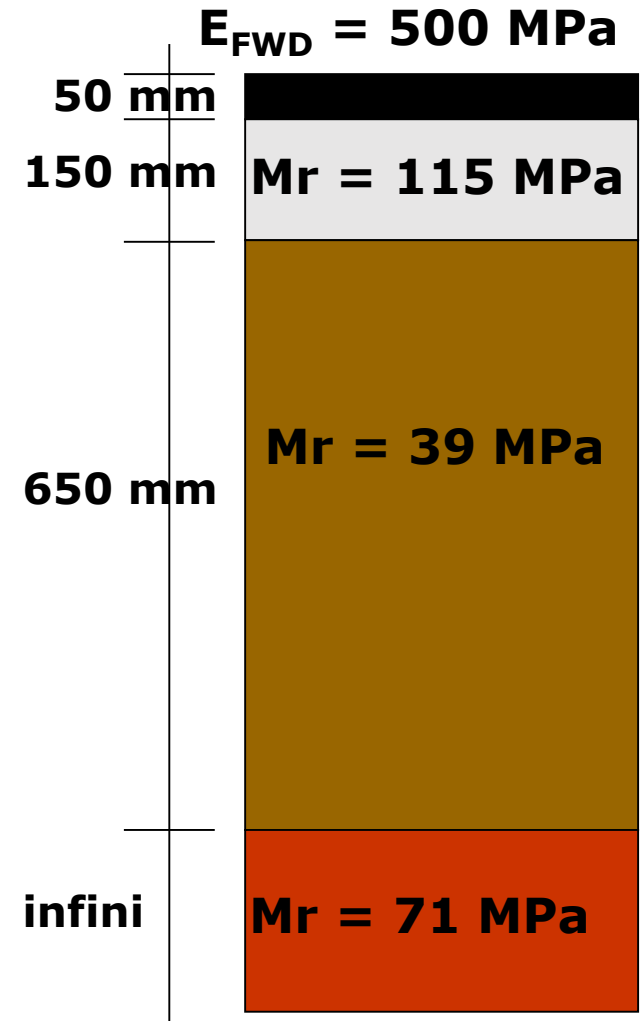
Exemple

- État résiduel

Le module de l'enrobé a été obtenu par rétro-calcul

Structure de base

	épais. (m)	module (MPa)	Nu	matériau type
glissant	.05	500	0.35	autre
glissant	.15	115	0.35	autre
glissant	.65	39	0.35	autre
	infini	71	0.35	autre



Exemple

- État résiduel

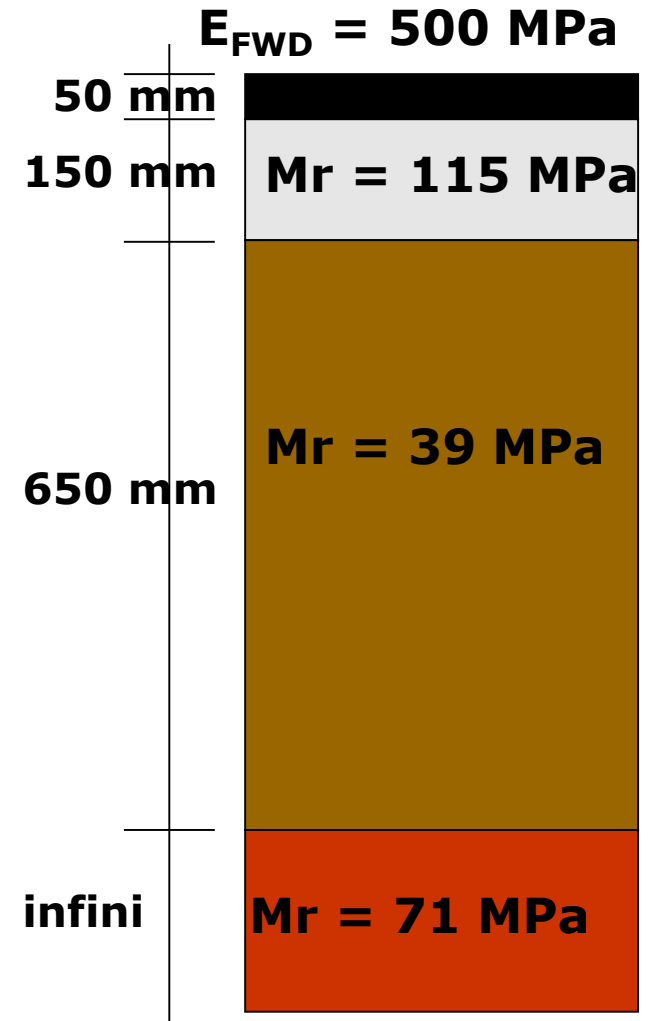
Pour un trafic de 12 PL/jour

ÉCAS = 8700/an

$\varepsilon_{adm} = 650 \mu\text{def}$ par passage

on	Zcalcul (m)	EpsT (μdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (μdef)	SigmaZ (MPa)
	0.000	-578.7	-0.147	-166.9	0.326
	0.050	-1261.8	-0.698	1499.1	0.308
	0.050	-80.3	0.122	425.3	0.308
	0.200	-2369.8	-0.278	2760.0	0.150
	0.200	339.9	0.104	1613.3	0.150
	0.850	-761.5	-0.022	1415.6	0.041
	0.850	96.0	0.031	234.2	0.041

La structure ne joue plus son rôle

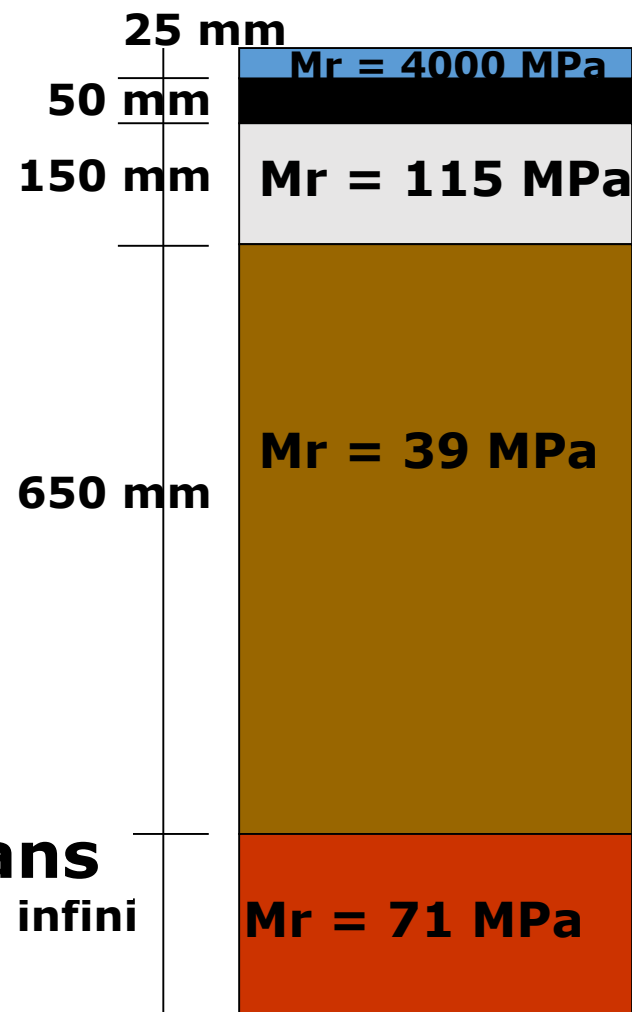


Recouvrement mince

- Conception
 - Recouvrement de 25 mm EB

ul	EpsT (μ déf)	SigmaT (MPa)	EpsZ (μ déf)	SigmaZ (MPa)	iau
0	-243.6	-0.344	-126.6	0.325	e
5	-525.7	-2.707	507.8	0.301	e
5	-282.8	0.043	-162.6	0.301	e
5	-1103.9	-0.623	1320.9	0.270	e
5	108.1	0.153	371.5	0.270	e
5	-2148.6	-0.244	2465.1	0.138	e
5	369.3	0.102	1482.9	0.138	e
5	-745.4	-0.021	1391.3	0.040	
5	94.9	0.031	230.6	0.040	

$\epsilon_{adm} = 650 \text{ mdef par passage}$



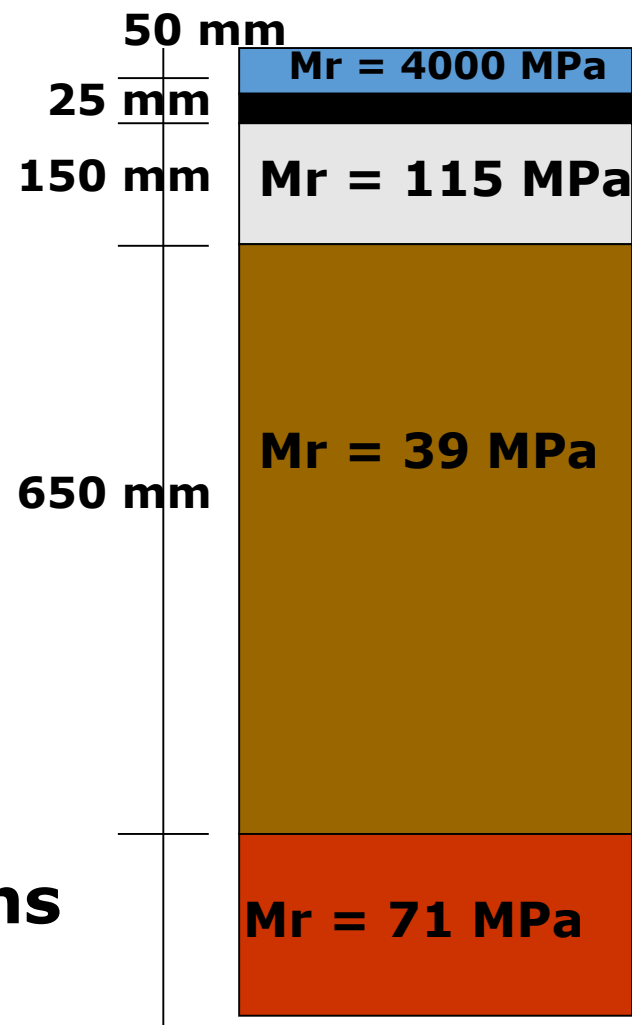
Planage et recouvrement

• Conception

- Planage de 25 mm
et recouvrement de 50 mm

cul	EpsT (μ déf)	SigmaT (MPa)	EpsZ (μ déf)	SigmaZ (MPa)	iau e
0	19.2	1.011	-320.5	0.325	e
0	-571.2	-2.923	501.4	0.172	e
0	-152.6	-0.028	341.1	0.172	e
5	-713.8	-0.383	793.7	0.162	e
5	261.0	0.141	214.5	0.162	e
5	-1429.6	-0.158	1669.2	0.106	e
5	356.0	0.079	1150.9	0.106	
5	-660.4	-0.018	1257.7	0.037	
5	88.6	0.029	210.9	0.037	

± 5 ans



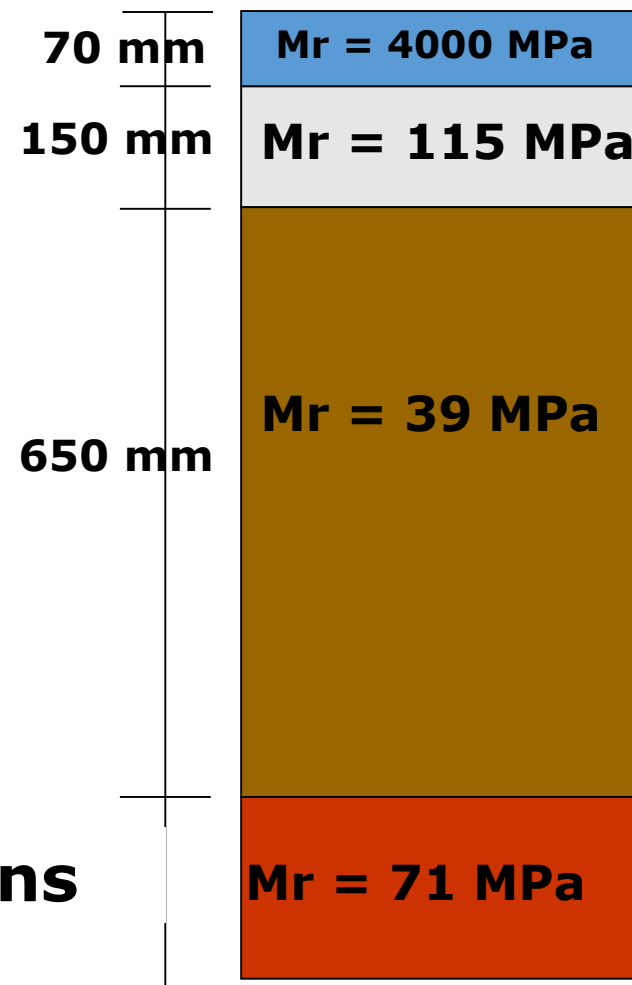
Décohésionnement et recouvrement

• Conception

- Arrachement de l'EB
et recouvrement de 70 mm

cul	EpsT (μdéf)	SigmaT (MPa)	EpsZ (μdéf)	SigmaZ (MPa)
0	112.6	1.317	-327.5	0.324
0	-531.3	-2.710	453.9	0.116
0	230.0	0.110	168.5	0.116
0	-1023.2	-0.112	1289.1	0.085
0	278.6	0.062	932.7	0.085
0	-577.9	-0.016	1121.3	0.033
0	81.4	0.026	190.3	0.033

± 8 ans



Décohésionnement et stabilisation

- Conception

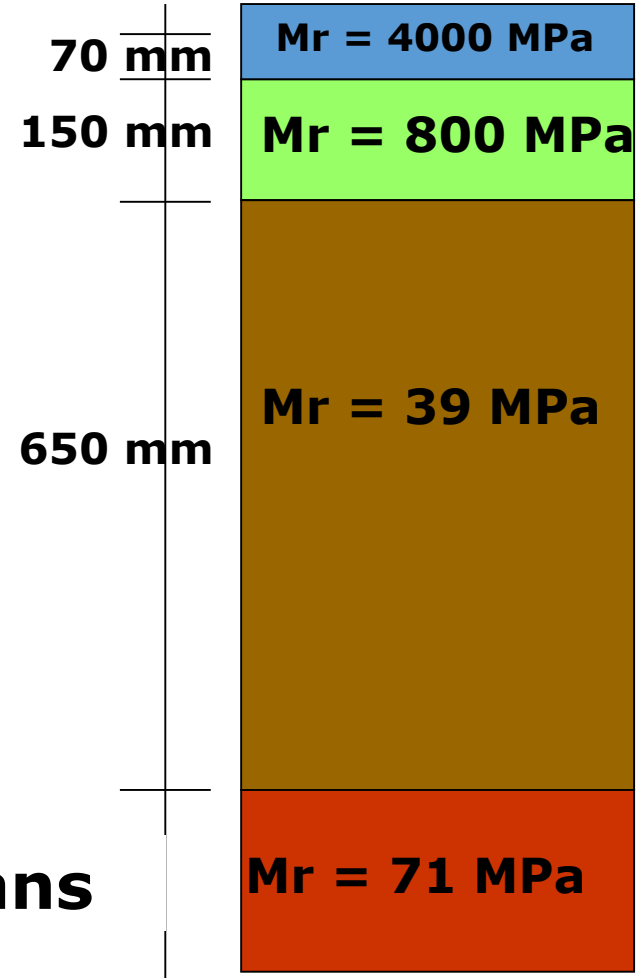
- Décohésionnement

Fondation stabilisée

et recouvrement de 70 mm

EpsT (μ déf)	SigmaT (MPa)	EpsZ (μ déf)	SigmaZ (MPa)
66.4	0.775	190.4	0.324
-329.0	-1.632	313.0	0.220
232.4	0.426	-220.1	0.220
-556.8	-0.561	501.7	0.063
206.4	0.046	711.4	0.063
-469.9	-0.012	933.6	0.028
70.5	0.022	161.2	0.028

> 20 ans



Résumé

Caractérisation de l'état de la chaussée

+

Techniques de réparation appropriées

=

Diverses possibilités de conception
pour différentes durées de service