A person wearing a headset is seated at a desk, working on a computer. The monitor displays a software interface with various panels and data. The background is slightly blurred, showing a typical office environment.

Étude comparative des méthodes de dimensionnement des chaussées par Colas Canada

Saeed Badeli, Ph.D.

Mise en contexte

- L'importance de l'étude
- Les approches
- Les définitions de 2 méthodes
- Étude de cas pratique
- Les objectifs de cette recherche

Méthodes actuelles – AASHTO 93

- Dans les années 50 - l'essai routier l'AASHTO,
- extrapolation d'autres conditions,
- restrictions pour évaluations performances,
- limitations: d'entretien et de réhabilitation,
-
- Nécessitent des améliorations



Innovations

Précisions d'entrées

Entretien et réhabilitation

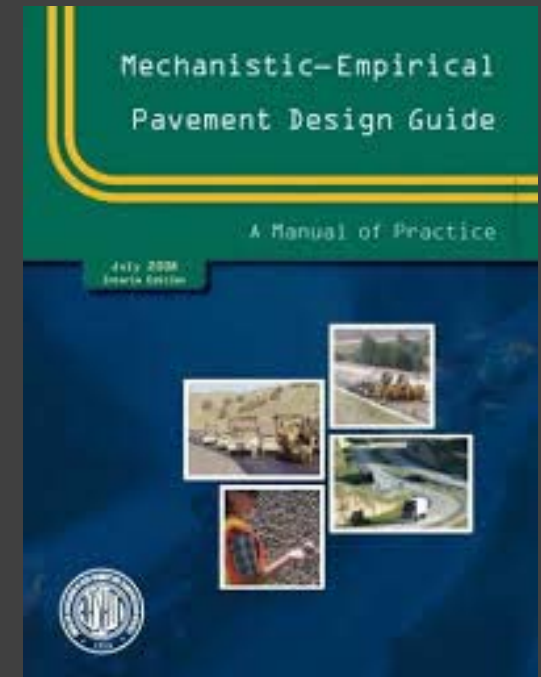
La nouvelle méthode américaine

MEPDG

(Mechanical-Empirical Pavement Design Guide)

Le logiciel: AASHTOWare® Pavement ME

Anciennement connu : DARWin-ME



Approche de projet



- Les innovations
- Le CST en France - technique française- Alizé LCPC
- Adaptation à la nouvelle méthode



- Centre de recherche routier
- Un laboratoire high-tech
- Une puissante expérience de la recherche
- OPEEC

Objectifs du program

- Traduire concrètement les 2 méthodes.
- Trouver un socle commun et l'adapter aux attentes canadiennes.
- Faire du projet un outil de communication.
- Avancer dans cette culture nouvelle.

	NF P98-086	MEPDG
La base	Theories of mechanics – Rationnelle ($\epsilon t \leq \epsilon \text{ adm}$)	Theories of mechanics
Calibration d'origine	1. Le manège de fatigue, accélérateur de trafic, IFSTTAR, 2. Différentes données routières des différentes régions de France	Project du SHRP- les sections d'essai dans tout le pays - Programme du LTPP
Caractérisation du trafic	ECAS – CAM	Spectres de charge à l'essieu
Intrants des matériaux	Module dynamique, coefficient de Poisson	Nombreux - en fonction du temps & du climat
Les effets climatiques	Limitée – $E (\theta_{eq}, 10 \text{ Hz})$	Intégrale – données météorologiques provenant de plus de 600 stations météorologiques américaines incluses. EICM
Paramètre de performance	Fatigue, Orniérage	Domages divers, IRI
Résultats	Épaisseur	Prévision des performances



Méthode Française, un aperçu du logiciel Alizé



STRUCTURES



CALCUL DIRECT



VALEURS
ADMISSIBLES



CALCULER EpsIT
ADMISSIBLE

Alizé-Lcpc - Définition de la charge de référence

Charge référence : jumelage standard

Caractéristiques

- rayon (m) = 0.1250
- pression (MPa) = 0.6620
- poids/roue (MN) = 0.03250
- d entre-axe (m) = 0.3750

Points de calcul

- points (x=0 et d/2 y=0 z=interfaces)
- autres points à définir

option1 : jumelage standard français
 option2 : autre jumelage
 option3 : roue isolée
 option4 : aucune charge de référence

OK Annuller

Alizé-Lcpc - Définition d'une Structure : C:\...\alize winjulea compare...

Fichier Calculer Valeurs admissibles Bibliothèques Configurer Alizé Fenêtre ?

Titre : Saeed analyze

Structure de base

	épais. (m)	module (MPa)	Nu	matériau type
collé	0.045	6200	0.35	autre
collé	0.065	7500	0.35	autre
collé	0.09	8500	0.35	autre
collé	0.2	600	0.35	autre
collé	0.2	400	0.35	autre
collé	0.55	200	0.35	autre
collé	infini	50	0.35	autre

Modifier la structure
nb de couches : 7
Ajouter 1 couche
Supprimer 1 couche

Série de calculs
nb de calculs : 1
Voir/gérer les variantes
Supprimer les variantes

Niveaux de calcul
Modifier les niveaux

Aide
Nature des interfaces
Epaisseurs mini-maxi
Calcul direct (charge réf.)
Quitter Alizé

Alizé-Lcpc - Résultats (Structure : données écran - cf. C:\...\alize winjulea compare.dat , Charge de réf...

Saeed analyze

épais. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0.045	6200.0	0.350	0.000	33.5	0.464	-11.6	0.660
collé			0.045	22.2	0.409	31.7	0.617
0.065	7500.0	0.350	0.045	22.2	0.492	20.9	0.617
collé			0.110	-9.5	0.047	40.4	0.377
0.090	8500.0	0.350	0.110	-9.5	0.047	36.7	0.377
collé			0.200	-73.0	-0.810	72.1	0.099
0.200	600.0	0.350	0.200	-73.0	-0.008	167.2	0.099
collé			0.400	-68.0	-0.035	111.2	0.045
0.200	400.0	0.350	0.400	-68.0	-0.015	134.4	0.045
collé			0.600	-67.5	-0.028	104.9	0.023
0.550	200.0	0.350	0.600	-67.5	-0.007	141.4	0.023
collé			1.150	-56.9	-0.014	80.2	0.006
infini	50.0	0.350	1.150	-56.9	-0.001	140.4	0.006

variante 1: Durée= 00:00sec

Grandeurs affichées
 tableau 1 tableau 2
 tableau 3 tableau 4
 tableau 5 tableau 6
 tableau 7 tableau 8

Déflexion = 37.4 mm/100
entre-jumelage
Rdc = 854.3 m

Imprimer Enregistrer
Voir Chargt. Fermer



Méthode Française, un aperçu du logiciel Alizé



STRUCTURES



CALCUL DIRECT



VALEURS



CALCULER EpsiT
ADMISSIBLE



DÉFORMATION
PERMANENTE



GEL-DÉGEL

Alizé-Lcpc - Calcul des valeurs admissibles

Trafic PL cumulé : données

<input checked="" type="checkbox"/> Moyenne journalière annuelle (MJA) :	550
<input type="checkbox"/> Taux accroissement géométrique (%) :	1.79
<input checked="" type="checkbox"/> Taux accroissement arithmétique (%) :	2
<input checked="" type="checkbox"/> Durée de service (années) :	20
<input type="checkbox"/> Trafic cumulé PL :	4.7779E+6

[Cocher au plus 3 cases](#)

- Aide

CAM : Guide lcpc-sétra 94
 CAM : Catalogue 1998
 Risques : Guide lcpc-sétra 94
 Risques : Catalogue 1998
 Structures catalogue 98

Valeurs admissibles : données

matériau type :	gb1	Tétra equiv. (°C) :	15 °C
coefficient CAM :	1	E10*10Hz (MPa) :	9000
risque (%) :	5.0	Etéq10Hz (MPa) :	7000
trafic cumulé NE :	4.7779E+6	Hstructurel MB (m) :	1
Epsilon6 (µdéf) :	70	écart type Sh (m) :	0.025
-1/b :	5	écart type SN :	0.400
		Kr (risque) :	0.700
		Kc (calage) :	1.3
		Ks (couche liée/pf1) :	1/1.2

Calculer EpsiT admissible
 Calcul inverse NE = f(EpsiT)
 Calcul inverse Risk = f(EpsiT)
 Bibliothèque des matériaux Imprimer Enregistrer

EpsilonT
 44.0 µdéf
 Annotation libre :
 gb1
 Mémo ...
 1 - EpsiT = 44.0 (gb1)

effacer=dbl click

Pour modifier les valeurs standard : cliquer sur "gb1"

Fermer



Méthode Française, un aperçu du logiciel Alizé



STRUCTURES



CALCUL DIRECT



VALEURS
ADMISSIBLES



CALCULER Epsit
ADMISSIBLE



DÉFORMATION
PERMANENTE



GEL-DÉGEL

$$\epsilon_{t, adm} = \epsilon_6 (10^\circ\text{C}, 25\text{Hz}) \times \left(\frac{NE}{10^6}\right)^b \times \sqrt{\frac{E(10^\circ\text{C}, 25\text{Hz})}{E(\theta_{eq}, 10\text{ Hz})}} \times K_C \times K_r \times K_s$$

Fonction de:

- Comportement en fatigue (essai en labo)
- Trafic NE
- Risque (Kr)
- Coefficient de plateforme

$$\underline{\epsilon_t \leq \epsilon_{adm}}$$

Matériaux bitumineux



Méthode MEPDG- Fatigue

<http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/archive/mepdg/guide.htm>



Inputs



Level analysis



Threshold values



Damage method
Miner's law



Type of damage



Calibration
functions

- Plus de 100 entrées
- Structure de la chaussée
- ALS: Charges à l'essieu et volumes
- Propriétés des matériaux dans le temps
- Climat



Méthode MEPDG- Fatigue

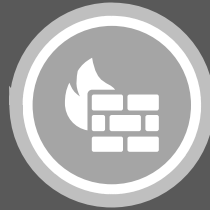
<http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/archive/mepdg/guide.htm>



Inputs



Level analysis



Threshold values



Damage method
Miner's law

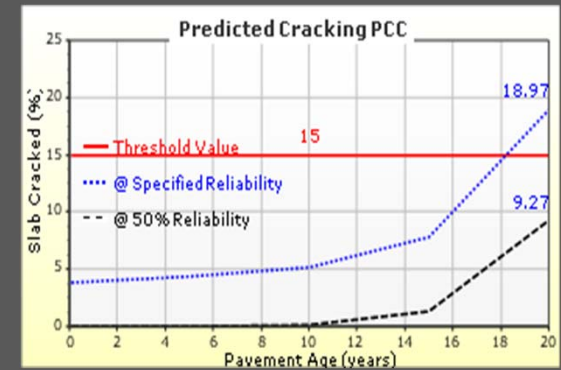
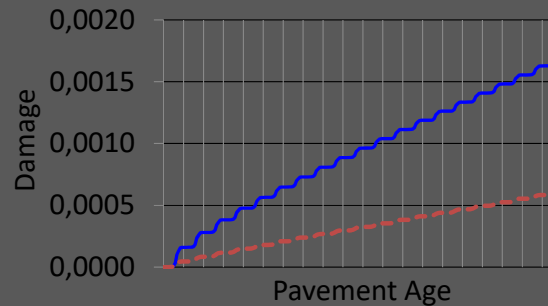
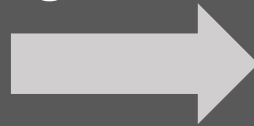


Type of damage



Calibration functions

FATIGUE DAMAGE MODEL Accumulate damage



Correlate damage to distress
TRANSFER FUNCTION





Méthode MEPDG- Fatigue

<http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/archive/mepdg/guide.htm>



Inputs



Level analysis



Threshold values



Damage method
Miner's law



Type of damage



Calibration
functions

Un avantage principal:

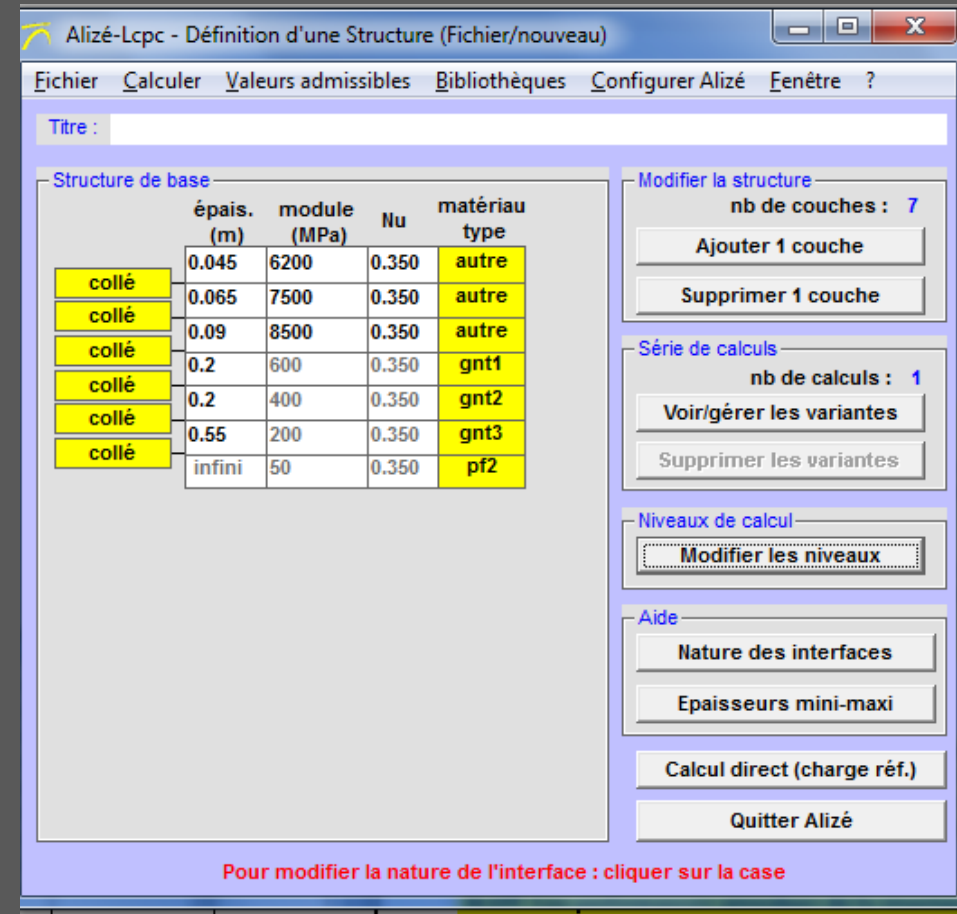
La nature modulaire: car elle permet l'incorporation de nouveaux développements. Par exemple, si un modèle informatique différent est développé pour calculer la contrainte et la déformation, il pourrait remplacer le modèle actuel sans aucun changement dans le schéma de la méthode global

Exemple d'un cas pratique

CAS PRATIQUES : Structures et les caractéristiques des matériaux

Quelques hypothèses

- ✓ J'ai utilisé les caractéristiques constantes des matériaux pour les 2 modèles.
- ✓ L'effet climatique n'est pas considéré à ce stade.
- ✓ J'ai également utilisé les mêmes épaisseurs.
- ✓ Pour les résultats du labo de fatigue, j'ai choisi à la bibliothèque dans l'ALIZÉ.



Les charges et les volumes - données WIM

La même chose pour les essieux Tandem et Tridem ...

FHWA Class	Description	Volume	Percentage
4	Two or Three Axle Buses	8	1.500
5	Two-Axle, Six-Tire, Single Unit Trucks	95	17.750
6	Three-Axle Single Unit Trucks	19	3.620
7	Four or More Axle Single Unit Trucks	23	4.350
8	Four or Less Axle Single Trailer Trucks	4	0.720
9	Five-Axle Single Trailer Trucks	191	35.840
10	Six or More Axle Single Trailer Trucks	153	28.620
11	Five or Less Axle Multi-Trailer Trucks	8	1.450
12	Six-Axle Multi-Trailer Trucks	4	0.720
13	Seven or More Axle Multi-Trailer Trucks	29	5.430
AADTT		534	100.00

FHWA Class	Singles	Tandems	Tridems	Quads	Total
4	1.620	0.390	0.000	0.000	2.400
5	1.980	0.000	0.000	0.000	1.980
6	1.000	1.000	0.000	0.000	3.000
7	1.083	1.000	0.000	0.000	3.083
8	2.000	1.000	0.000	0.000	4.000
9	1.067	1.952	0.000	0.000	4.971
10	1.481	1.228	0.722	0.025	6.203
11	5.000	0.000	0.000	0.000	5.000
12	2.000	2.000	0.000	0.000	6.000
13	1.067	2.333	0.667	0.000	7.734

Axle Weight, kg		Frequency of a given axle weight range as a percentage										
MIN	MAX	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
0	1,360	1.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.85	0.00	0.00	0.00	
1,361	1,814	0.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.71	0.00	0.00	0.00	
1,815	2,267	2.91	1.03	0.00	0.00	0.00	1.80	1.71	0.00	0.00	6.25	
2,268	2,721	3.99	8.25	0.00	0.00	0.00	1.80	6.84	0.00	0.00	6.25	
2,722	3,175	6.80	13.40	0.00	7.69	0.00	0.90	5.98	30.00	0.00	0.00	
3,176	3,628	12.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
3,629	4,082	11.70	25.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
4,083	4,535	11.40	11.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.75	
4,536	4,989	10.30	8.25	10.00	0.00	0.00	31.55	14.53	10.00	0.00	18.75	
4,990	5,443	9.00	8.25	10.00	15.38	25.00	25.23	13.68	5.00	0.00	31.25	
5,444	5,896	7.40	2.06	0.00	0.00	0.00	9.91	10.26	0.00	0.00	6.25	
5,897	6,350	5.70	6.19	20.00	30.77	0.00	4.50	5.13	0.00	0.00	6.25	
6,351	6,803	4.30	2.06	20.00	38.47	0.00	0.00	3.42	5.00	0.00	0.00	
6,804	7,257	3.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.71	0.00	0.00	0.00	
7,258	7,711	2.58	2.06	10.00	0.00	0.00	1.80	0.00	0.00	0.00	0.00	
7,712	8,164	1.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
8,165	8,618	1.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	
8,619	9,071	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
9,072	9,525	0.75	1.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.85	0.00	0.00	0.00	
9,526	9,979	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.85	0.00	0.00	0.00	
9,980	10,432	0.25	0.00	0.00	0.00	25.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
10,433	10,886	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
10,887	11,339	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
11,340	11,793	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
11,794	12,246	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
12,247	12,700	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
12,701	13,154	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
13,155	13,607	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
13,608	14,061	0.00	1.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
14,062	14,515	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
14,516	14,968	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
14,969	15,422	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
15,423	15,875	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
15,876	16,329	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
16,330	16,782	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
16,783	17,236	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
17,237	17,690	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
17,691	18,143	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
18,144	20,412	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Total		100.00	100.00	100.00	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	

13 Classe de camion

39 intervalles de charge



Source : <http://www.maps.mto.gov.on.ca/icorridor/index.html>

CAS PRATIQUES : MEPDG

Calcul de la réponse critique pour la fatigue au MEPDG

- pour chaque incrément, le programme d'analyse élastique linéaire JULEA est exécuté pour calculer les valeurs critiques.
- Ils sont calculées sur un essieu unique à double pneu chargé de 80 KN correspondant à une charge d'essieu standard.

	Min kg	Max kg	Charge moyenne KN	ϵ_1	Nf Pavement ME
1	0	1360	10	5.506811	1.01E+11

$$\epsilon_1 = \left(\frac{10}{P \text{ standard}} \right) * \epsilon \text{ standard}$$

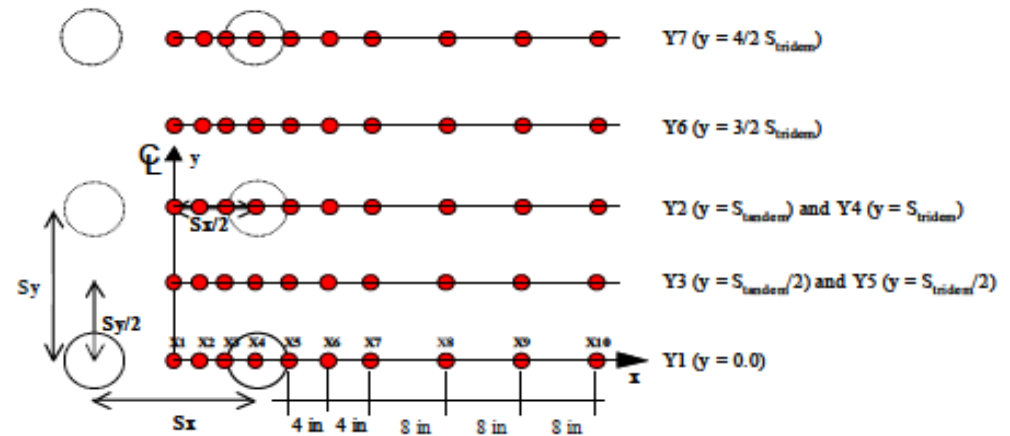
Source :

Thyagarajan et al. 2009 ;

<http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/archive/mepdg/guide.htm>

Modèle de réponse structurelle le principe de superposition

- Le logiciel sélectionne un total de 70 points d'analyse dans chaque sous-couche.
- Fatigue: En bas de chaque couche stabilisée liée
- Essieux tandem et tridem:
Principe de superposition



Computed Responses

- Single
 - Response 1 = Y1
- Tandem
 - Response 1 = Y1 + Y2
 - Response 2 = 2 * Y3
- Tridem
 - Response 1 = Y1 + 2 * Y4
 - Response 2 = 2 * Y5 + Y6
- Quad
 - Response 1 = Y1 + 2 * Y4 + Y7
 - Response 2 = 2 * Y5 + 2 * Y6

Source:

<http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/archive/mepdg/guide.htm>

CAS PRATIQUES : MEPDG

Analyse mécanique,

Modélisation de la charge de référence - WINJULEA

WinJULEA : [C:\Users\AM47070\Desktop\Structure fix for analysis 2 dual tire tandem.lea]

File Edit Help

Input Layers

	Thickness	E-Modulus	PR	Slip
1	2.3600	0.78320E+06	0.35000	0.0000
2	3.9400	0.10153E+07	0.35000	0.0000
3	3.9400	0.13489E+07	0.35000	0.0000
4	7.8700	58015.	0.40000	0.0000
5	0.0000	7251.9	0.45000	
6				

Input Loads

	X-Coord.	Y-Coord.	Load	Contact Area
1	0.0000	0.0000	4684.8	49.020
2	0.0000	12.520	4684.8	49.020
3	53.937	0.0000	4684.8	49.020
4	53.937	12.520	4684.8	49.020
5				

Input Evaluation Points

	X-Coord.	Y-Coord.
1	0.0000	0.0000
2	0.0000	3.9500
3	0.0000	6.2600
4	26.968	0.0000
5	26.968	3.9500
6	26.968	6.2600

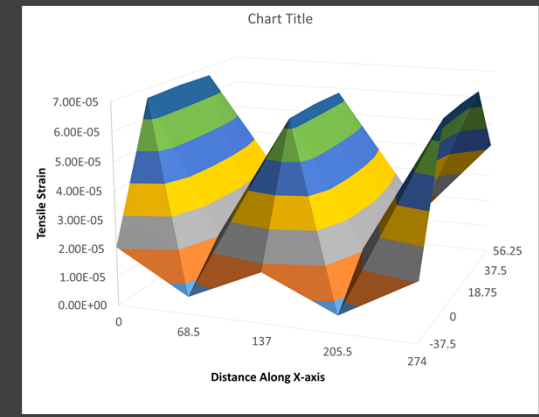
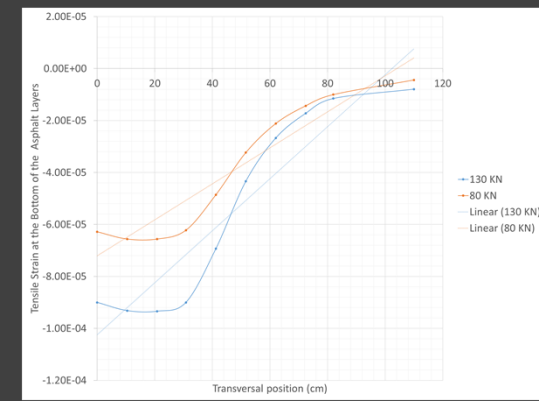
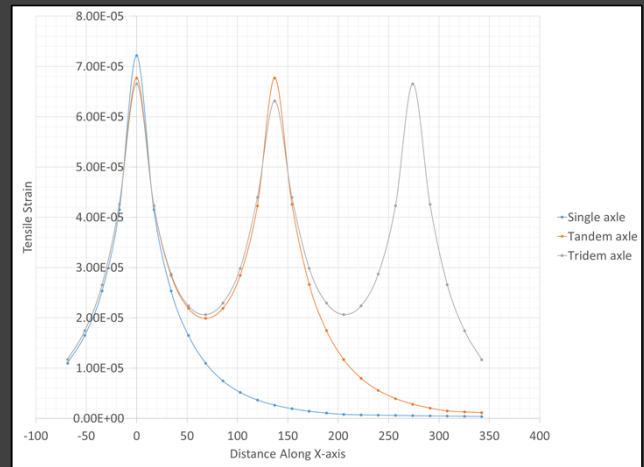
Input Calculation Depths

	Depth
1	10.239
2	
3	
4	
5	
6	

Results at Calculations Points

	Point 1	Point 2	Point 3
X-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord.	0.0000	3.9500	6.2600
Z-Coord.	10.239	10.239	10.239
Stress_X	-93.495	-95.738	-95.199
Stress_Y	-91.987	-90.556	-88.441
Stress_Z	4.1363	4.1094	4.0374
ShearStress_YZ	-0.35512	-0.36166	-0.36268
ShearStress_YZ	-1.1144	-0.28198	0.0000
ShearStress_XY	1.3545	0.50775	0.0000
Strain_X	-0.46519E-04	-0.48546E-04	-0.48677E-04
Strain_Y	-0.45010E-04	-0.43360E-04	-0.41913E-04
Strain_Z	0.51195E-04	0.51386E-04	0.50644E-04
ShearStrain_YZ	-0.31095E-05	-0.33305E-05	-0.33609E-05
ShearStrain_YZ	-0.22307E-05	-0.56444E-06	0.0000
ShearStrain_XY	0.27113E-05	0.10164E-05	0.0000
Displ_X	-0.37600E-03	-0.37969E-03	-0.38028E-03
Displ_Y	-0.27541E-03	-0.98002E-04	0.0000
Displ_Z	0.18782E-01	0.18966E-01	0.18992E-01
PrincStress_1	4.1507	4.1116	4.0387
PrincStress_2	-91.204	-90.508	-88.441
PrincStress_3	-94.292	-95.788	-95.200
PrincStrain_1	0.51210E-04	0.51388E-04	0.50645E-04
PrincStrain_2	-0.44227E-04	-0.43312E-04	-0.41913E-04

Use keyboard shortcuts Ctrl-C to copy and Ctrl-V to paste cell values between grids or any other Windows applications.



CAS PRATIQUES : MEPDG

Aménagement progressif – la loi de Miner

Charge KN	ϵ_t micro def	Fréquence	n_i	N_f	Damage
9.8	$(9.8/130)*73$	1.80	0.144	1.62607E+16	8.85569E-18

Nous en avons **39**, pour chaque essieu, pour chaque type de camion

$$\text{Dommage} = \sum \frac{n_i}{N_i}$$

$$N_f = k_{f1} \beta_{f1} \left(\frac{1}{\epsilon_t} \right)^{k_{f2} \beta_{f2}} \left(\frac{1}{E} \right)^{k_{f3} \beta_{f3}}$$

n_i : (Fréquence/100) × volume
 $n_i = (1.80/100)*8 = 0.144$

Tous les autres paramètres sont considéré constants pour chaque intervalle de charge.

FHWA Class	Description	Volume	Percentage
4	Two or Three Axle Buses	8	1.500
5	Two-Axle, Six-Tire, Single Unit Trucks	95	17.750
6	Three-Axle Single Unit Trucks	19	3.620
7	Four or More Axle Single Unit Trucks	23	4.350



CAS PRATIQUES : Alizé

Alizé-Lcpc - Définition d'une Structure (Fichier/nouveau)

Fichier Calculer Valeurs admissibles Bibliothèques Configurer Alizé Fenêtre ?

Titre :

Structure de base

	épais. (m)	module (MPa)	Nu	matériau type
collé	0.045	6200	0.35	autre
collé	0.065	7500	0.35	autre
collé	0.09	8500	0.35	autre
collé	0.2	600	0.350	gnt1
collé	0.2	400	0.35	autre
collé	0.55	200	0.35	autre
collé	infini	50	0.35	autre

Modifier la structure
nb de couches : 7
Ajouter 1 couche
Supprimer 1 couche

Série de calculs
nb de calculs : 1
Voir/gérer les variantes
Supprimer les variantes

Niveaux de calcul
Modifier les niveaux

Aide
Nature des interfaces
Epaisseurs mini-maxi
Calcul direct (charge réf.)
Quitter Alizé

Alizé-Lcpc - Résultats (Structure : données écran, Charge de référence)

variante 1: Durée= 00:00sec

Grandeurs affichées
 tableau 1 tableau 2
 tableau 3 tableau 4
 tableau 5 tableau 6
 tableau 7 tableau 8

épais. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0.045	6200.0	0.350	0.000	15.2	0.272	4.9	0.659
	collé		0.045	13.0	0.310	42.3	0.619
0.065	7500.0	0.350	0.045	13.0	0.372	31.6	0.619
	collé		0.110	-11.7	0.025	43.2	0.384
0.090	8500.0	0.350	0.110	-11.7	0.021	39.5	0.384
	collé		0.200	-63.6	-0.687	63.8	0.112
2.000	600.0	0.350	0.200	-63.6	0.008	172.1	0.112
	collé		2.200	-8.0	-0.006	11.1	0.002
0.200	400.0	0.350	2.200	-8.0	-0.004	12.3	0.002
	collé		2.400	-8.6	-0.004	12.0	0.002
0.550	200.0	0.350	2.400	-8.6	-0.002	14.8	0.002
	collé		2.950	-9.1	-0.002	12.8	0.001
infini	50.0	0.350	2.950	-9.1	0.000	22.1	0.001

Déflexion = 19.6 mm/100
entre-jumelage
Rdc = 982.4 m

Imprimer Enregistrer
Voir Chargt. Fermer

Alizé-Lcpc - Définition de la charge de référence

Charge référence : jumelage standard

Caractéristiques
 rayon (m) = 0.1250
 pression (MPa) = 0.6620
 poids/roue (MN) = 0.03250
 d entre-axe (m) = 0.3750

Points de calcul
 points (x=0 et d/2 y=0 z=interfaces)
 autres points à définir

option1 : jumelage standard français
 option2 : autre jumelage
 option3 : roue isolée
 option4 : aucune charge de référence

OK Annuler

Alizé LCPC, Version 1.3.0

CAS PRATIQUES : MEPDG

Aménagement progressif – loi de Miner

$$\text{Dommage} = \sum \frac{n_i}{N_i}$$

n_i : $CA \times (\text{Fréquence}/100) \times \text{Nombre d'essieux par camion}$

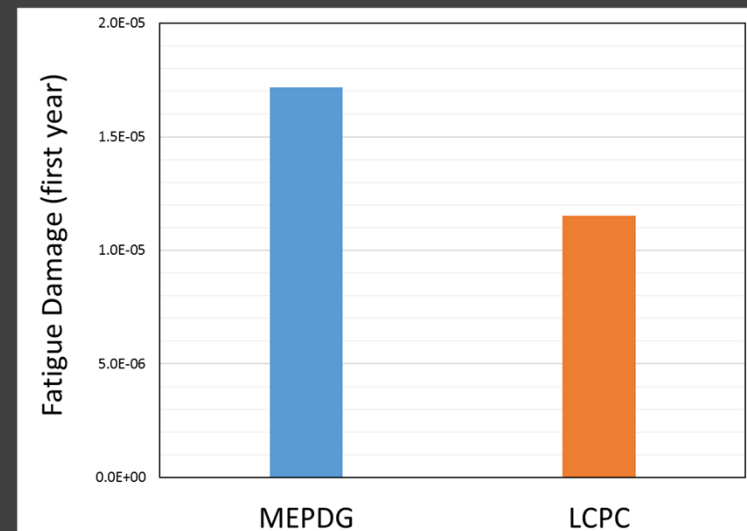
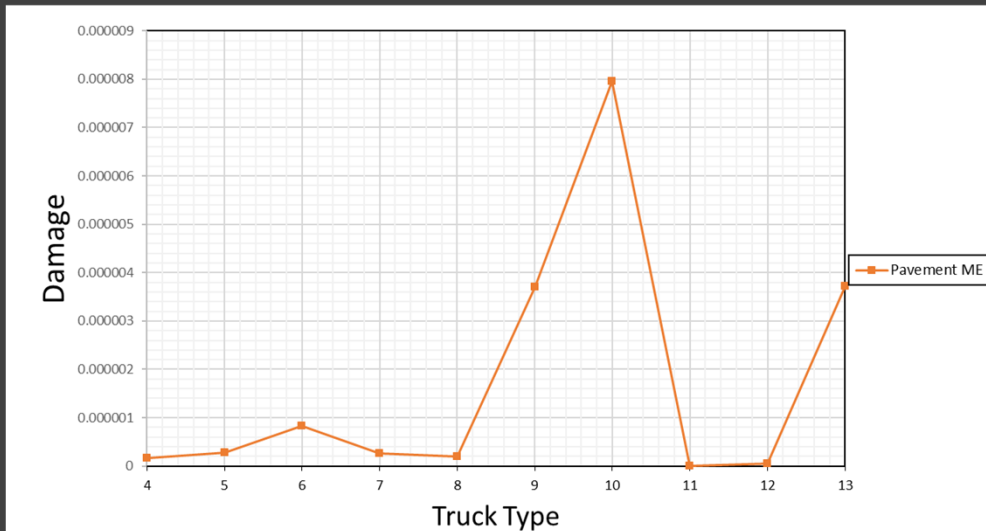
$$CA = \frac{P_{axle}^{1/b}}{P_{eq}}$$

$$NE_{adm} = \left(\frac{\epsilon_{adm}}{\epsilon_6(10^\circ C, 25Hz) \times k_c \times k_r \times k_s} \times \sqrt{\frac{E(15^\circ C)}{E(10^\circ C)}} \right)^b \times 10^6$$

$$\epsilon_{adm} = \epsilon_6(10^\circ C, 25Hz) \left(\frac{NE}{10^6} \right)^b \frac{E(10^\circ C, 25Hz)^n}{E(\theta_{eq}, 10 Hz)} \times K_c \times K_r \times K_s$$

Exemple de comparaison

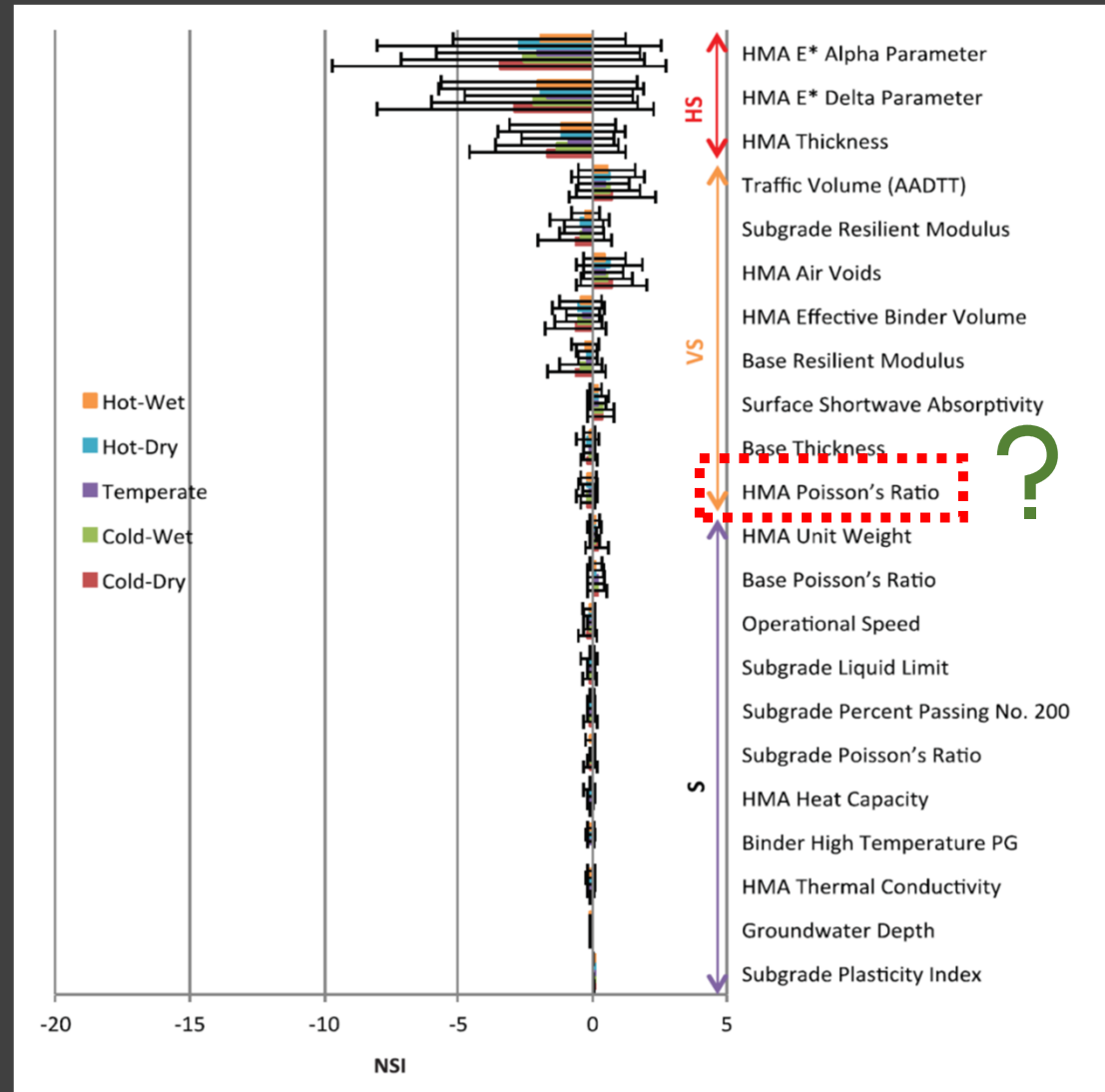
- Tout dépend du niveau de calibrage et des facteurs de risque dans deux modèles de trafic admissible.





Fissuration Fatigue Analyse de sensibilité globale

- Même avec de nombreux scénarios de comparaison différents, il est nécessaire de voir l'effet de chaque paramètres d'entrée individuels.

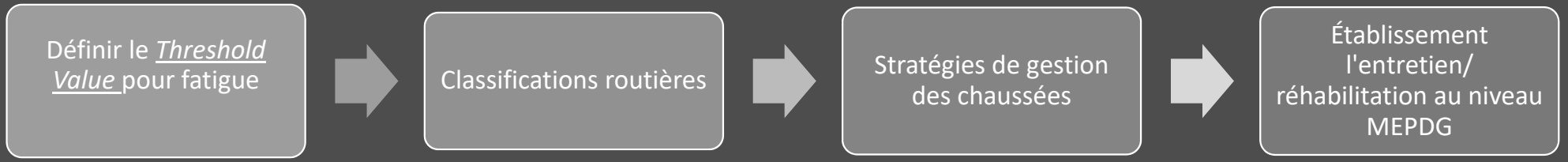


Méthodologie

Étape 1 Nouvelles chaussée



Étape 2 Stratégies de renforcement



MERCI !

Toutes les questions sont bienvenues !

Saeed.badeli@sintra.ca
438 985 2258

Mitacs
Elevate

