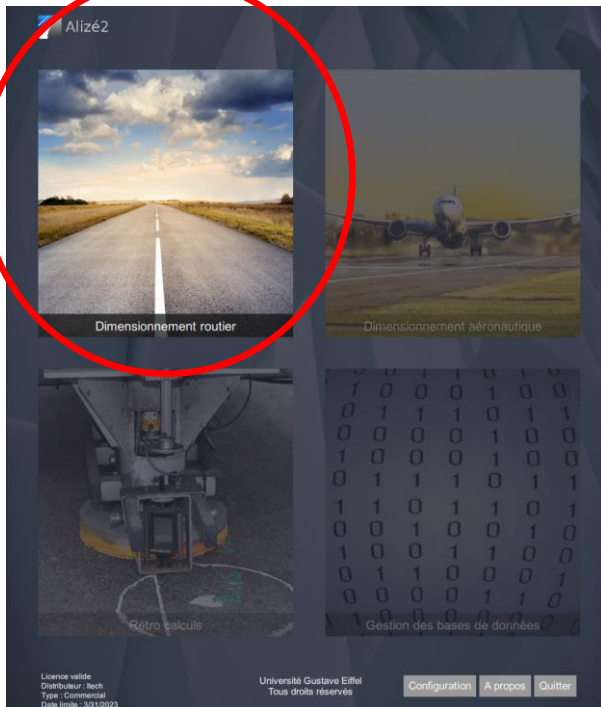


## Tutoriel - Dimensionnement des structures de chaussées

### Calcul des valeurs admissibles et dimensionnement des structures

#### Début de chaque exercice / dimensionnement

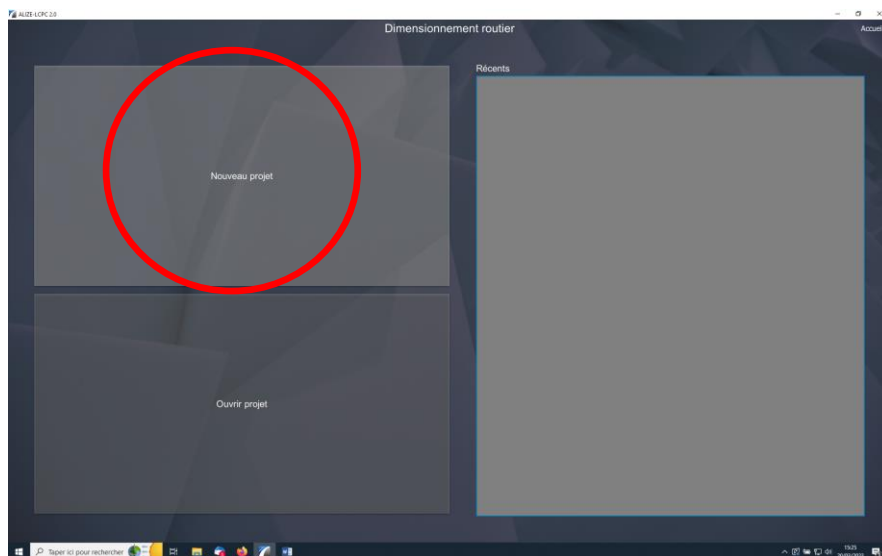
Choisir : « Dimensionnement routier »



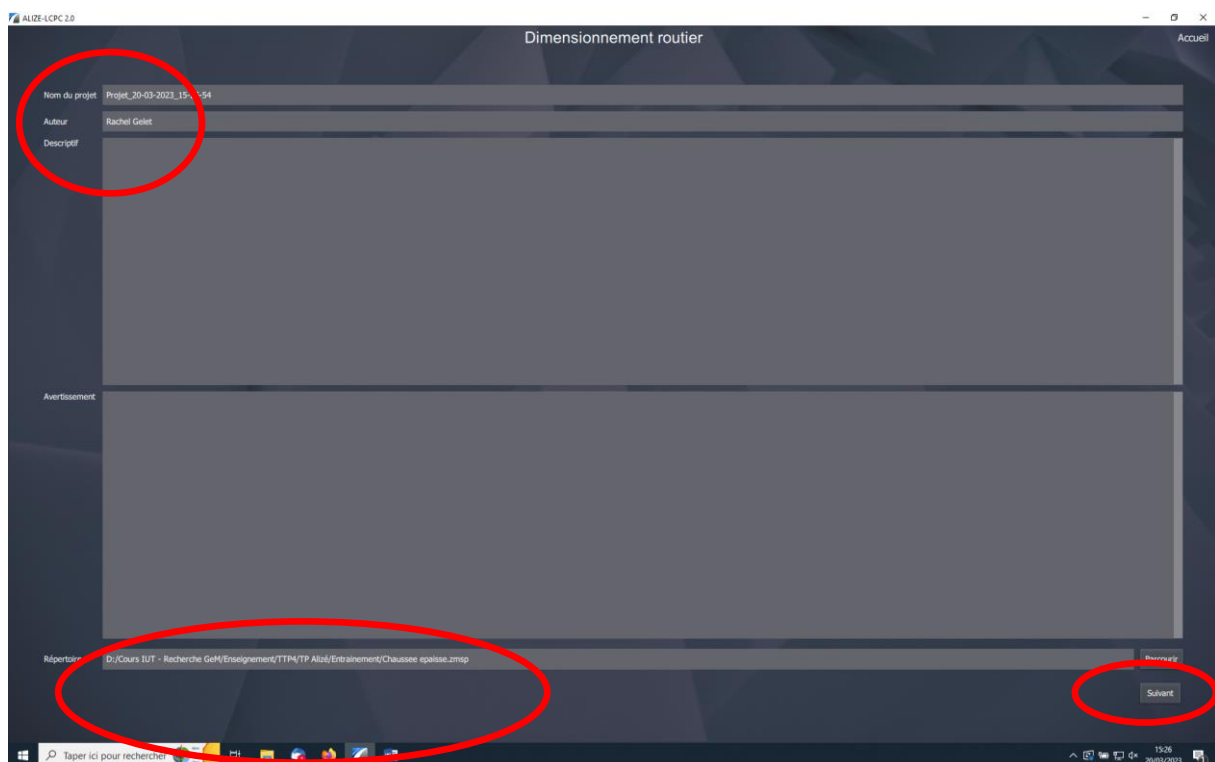
Choisir : « Dimensionnement routier en 3 minutes »



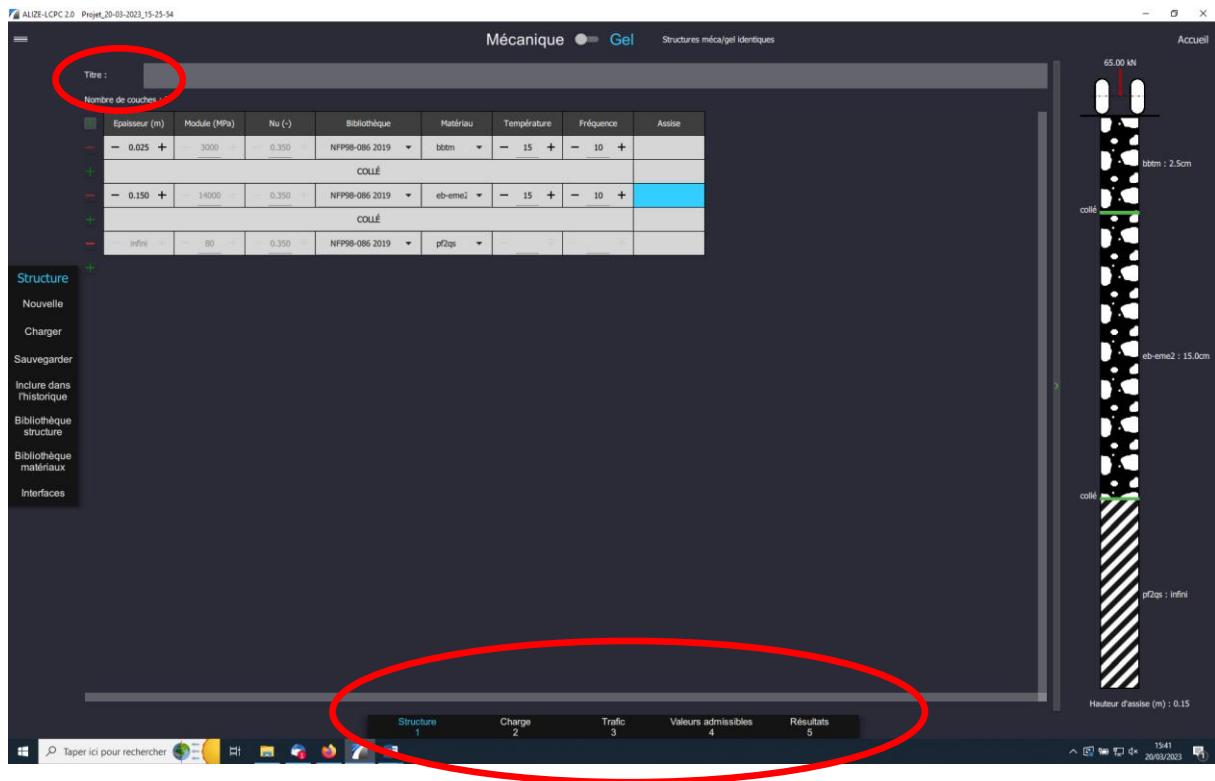
Choisir : « Nouveau projet »



Mettre un nom d'auteur et choisir un chemin d'enregistrement puis « suivant »

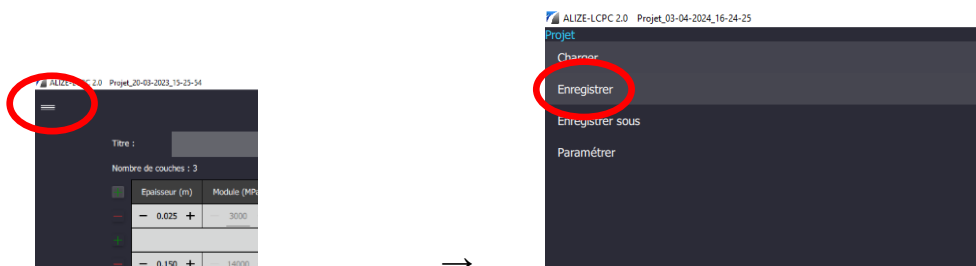


Nous allons remplir les cinq onglets du menu de gauche à droite (Le menu est en bas !!)



### Conseils pour tous les exercices :

1. Bien nommer vos exercices avec le titre (en haut de l'onglet structure)
2. Enregistrer votre projet avant de changer d'onglet (tout en haut à gauche)



## Chaussée épaisse

On se propose de dimensionner une chaussée bitumineuse épaisse comme une voie du réseau structurant (VRS). Des études préalables ont indiqué que l'on pouvait s'attendre à un trafic de classe T0, avec un taux d'accroissement géométrique escompté de 2%.

Le sol support est propre à fournir une plate-forme de type PF2qs.

En raison du trafic attendu, on retient pour la couche de roulement un béton bitumineux très mince (BBTM) de 2.5cm d'épaisseur.

Calculer l'épaisseur de la (ou des) couche(s) d'enrobé à module élevé de classe 2 (EME2).

Choix de la structure :

ALIZE-LCPC 2.0.5 test

Mécanique Gel Structures méca/gel identiques Accueil

Titre :

Structure

Nombre de couches : 3

	Epaisseur (m)	Module (MPa)	Nu (-)	Bibliothèque	Matériau	Température	Fréquence	Assise
Nouvelle	0.025	3000	0.350	NFP98-086 2019	bbtm	15	10	
Charger	COLLÉ							
Sauvegarder	0.150	14000	0.350	NFP98-086 2019	eb-eme	15	10	
Inclure dans l'historique	COLLÉ							
Bibliothèque structure	infini	80	0.350	NFP98-086 2019	pf2qs			
Bibliothèque matériaux								
Interfaces								

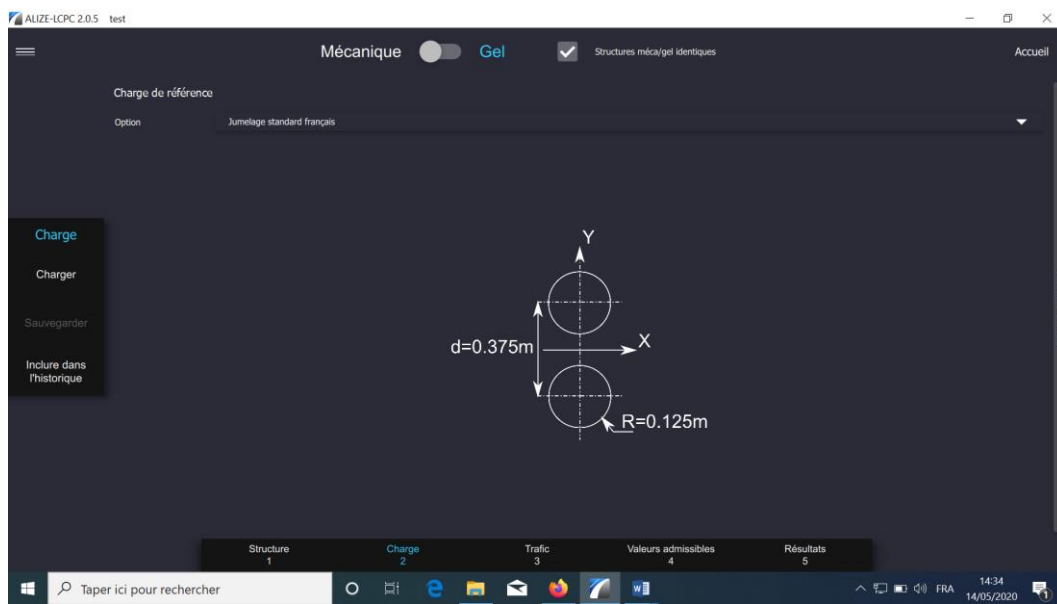
Structure 1 Charge 2 Trafic 3 Valeurs admissibles 4 Résultats 5

Taper ici pour rechercher

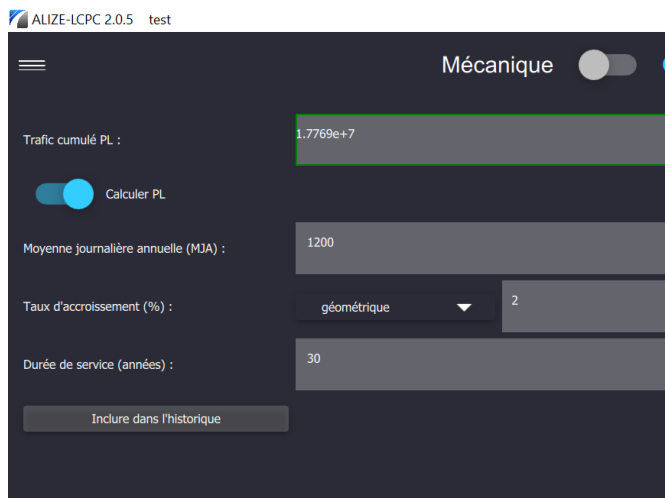
14:42 14/05/2020 FRA

On indique la couche d'assise (dernière colonne). On clique sur la bonne ligne. La ligne correspondant à la couche d'assise devient bleue. Ça va permettre de relier les épaisseurs de couches d'assise (modifiées pendant les itérations) avec la dispersion sur les épaisseurs Sh, qui est une donnée nécessaire pour le calcul de kr.

Chargement : Jumelage standard français → ici on ne touche souvent à rien

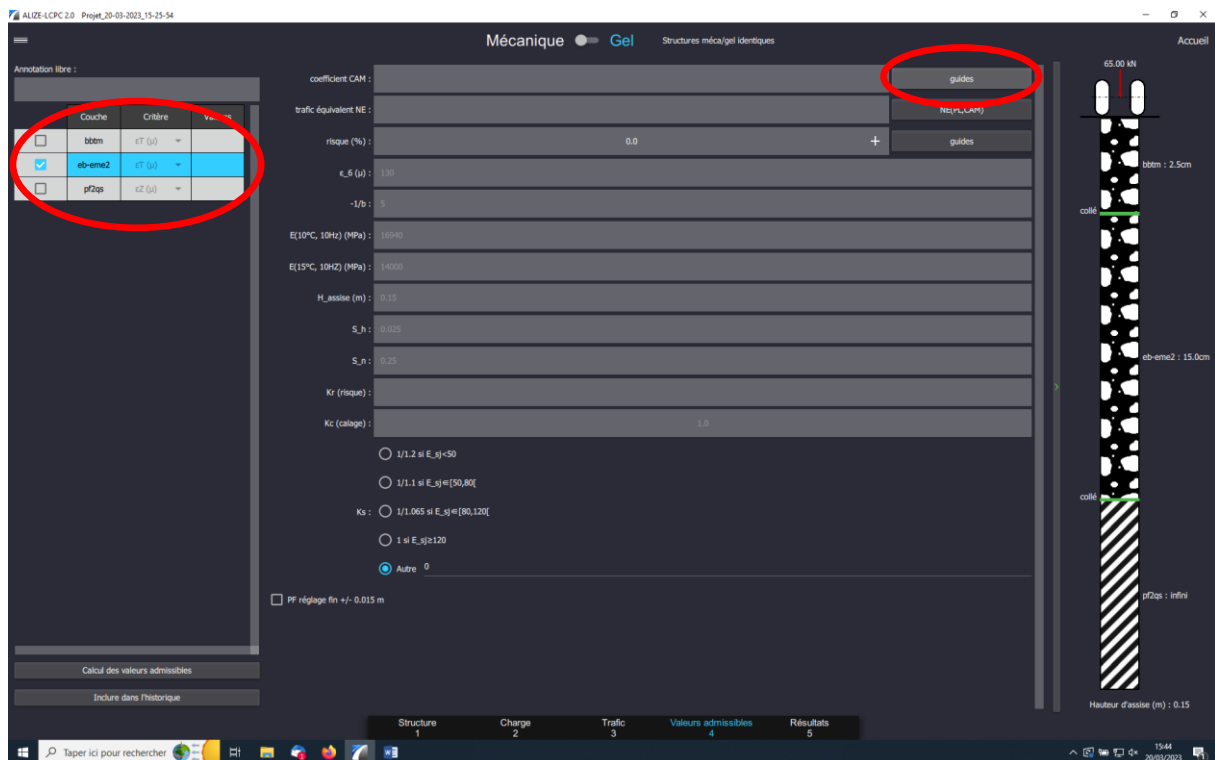


Trafic : On entre MJA (1200 car T0), 2% et 30 années et le calcul de NPL se fait automatiquement



Valeur admissible ( $\epsilon_i$ ) :

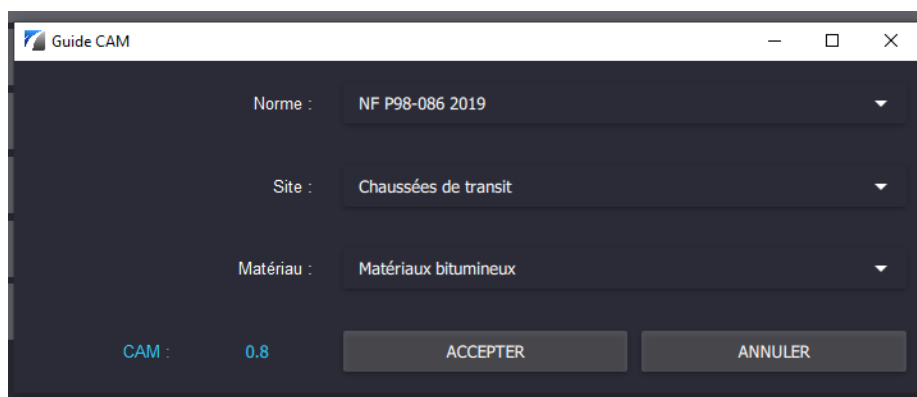
Il faut vérifier que la couche d'assise est sélectionnée en bleue



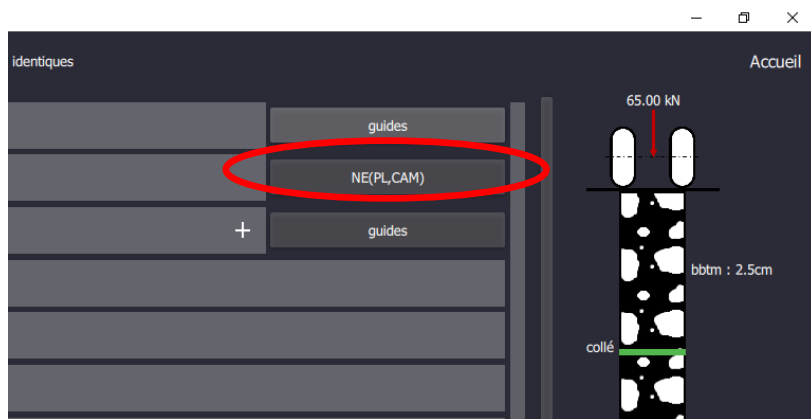
CAM  $\rightarrow$  guide

Il y a deux options :

- Chaussée de transit = VRS (30 ans)
- Chaussée à caractère de dessert = Voie du réseau Non-structurant VRNS (20 ans)



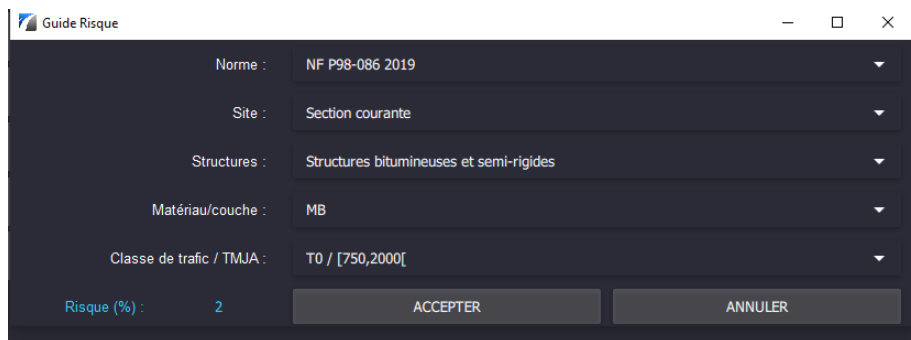
Puis cliquer sur NE pour qu'il soit calculer automatiquement



Risque -> guides

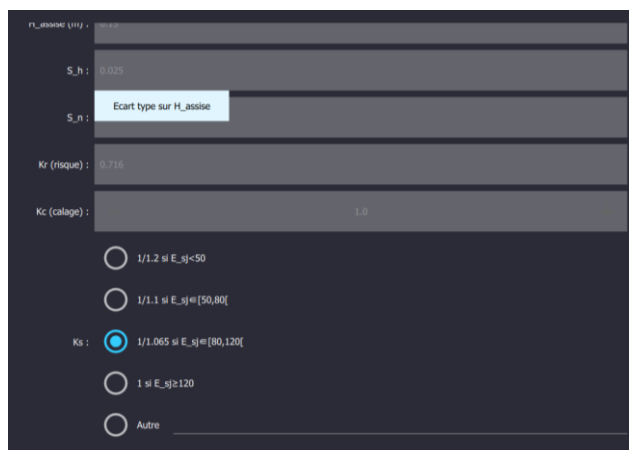
Section courante = hors agglo

En ville, les charges amenées par les bus sont différentes



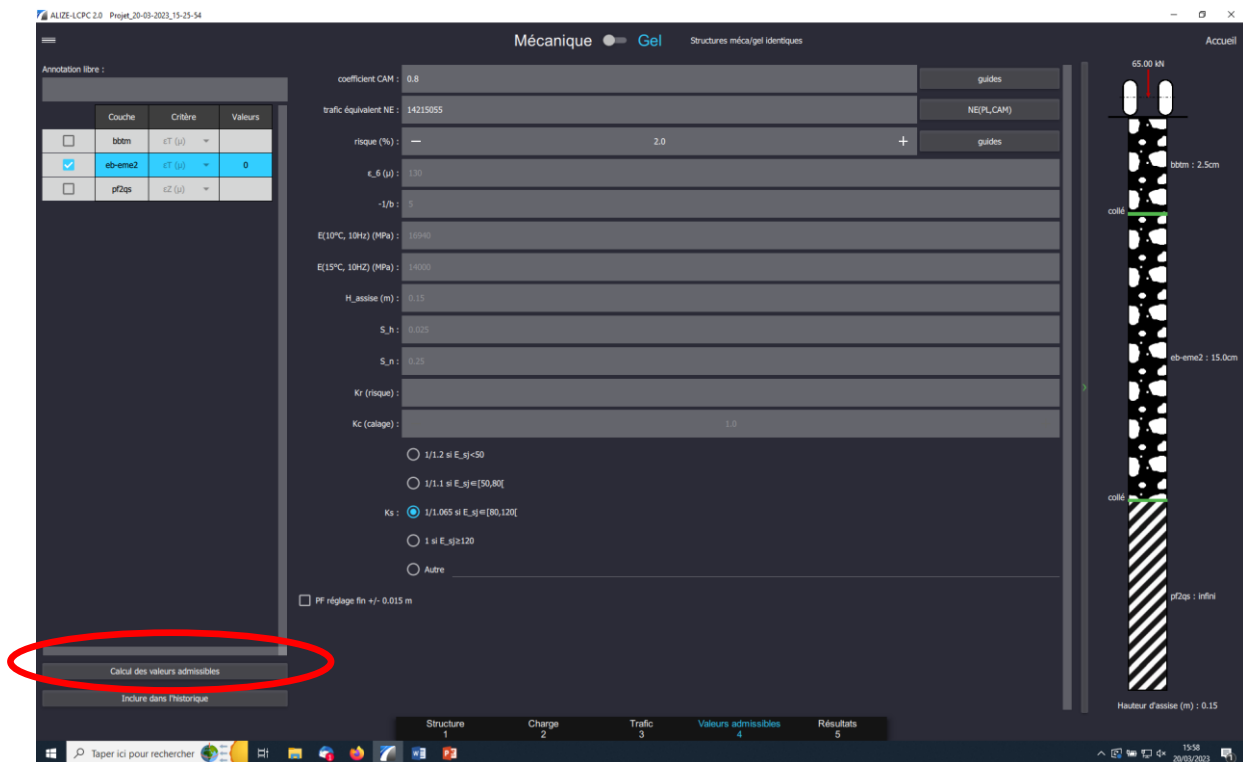
Puis, on choisit  $k_s$  (pour une PF2qs ->  $1/1.065$ )

Pour le choix de  $k_s$  :  $E_{sj}$  est la portance ou module du sol support -> Voir diapo 42 sur cours sur le dimensionnement



Il faut vérifier que la couche d'assise est sélectionnée en bleue avant de cliquer sur « calcul des valeurs admissibles »

	Couche	Critère	Valeurs
<input type="checkbox"/>	bbtm	$\epsilon_T (\mu)$	
<input checked="" type="checkbox"/>	eb-eme2	$\epsilon_T (\mu)$	56.538
<input type="checkbox"/>	pf2qs	$\epsilon_Z (\mu)$	



Valeurs admissible  $\rightarrow \epsilon_t$  admissible c'est des micro déformation c'est du  $10^{-6}$  !!

C'est donné en valeur absolue



Onglet « Résultats » :

ALIZE-LCPC 2.0    Projet\_20-03-2023\_15-25-54

Mécanique    Gel    Structures méca/gel identi

Résultats du calcul

Option    Valeurs de dimensionnement

Ep. (m)	Mod. (MPa)	Nu (-)	Zcalc (m)	εT		σT		εZ		σZ	
				val. (μ)	dir-loc	val. (MPa)	dir-loc	val. (μ)	dir-loc	val. (MPa)	dir-loc
- 0.025 +	3000	0.35	0	38.9	Y-J	0.206	Y-J	79.5	Z-R	0.657	Z-R
			0.025	34.1	Y-R	0.182	Y-J	94.1	Z-R	0.656	Z-R
- 0.250 +	14000	0.35	0.025	34.1	Y-R	0.835	Y-J	-12.9	Z-R	0.656	Z-R
			0.275	-54.8	X-J	-1.067	X-J	50.3	Z-R	0.018	Z-J
- infini -	80	0.35	0.275	-54.8	X-J	0.004	X-R	192.1	Z-J	0.018	Z-J

La déformation en compression est de 34 microdef au sommet de la couche de EME2 et de -54.8 microdef en bas de cette même couche. Ces deux valeurs sont à comparer en valeurs absolues à la limite admissible qui apparaît au centre.

Il a fallu augmenter l'épaisseur de cette couche d'assise jusqu'à 25 cm pour que les valeurs de microdef soient en dessous de la valeur admissible !!

**Donc 25 cm d'EME2**

## Chaussée souple

On demande de procéder au dimensionnement d'une chaussée devant supporter pendant 15 années un trafic faible de valeur MJA = 30 PL/jour/sens.

Le taux d'accroissement arithmétique est évalué à  $\tau = 3\%$ .

Le sol support est caractérisé par sa portance de type PF2. Il n'est pas prévu de traitement particulier de ce support.

La couche de roulement est un BBSG de type 2 de 6 cm d'épaisseur.

Le corps granulaire de la chaussée sera constitué d'une grave non traitée de catégorie 2 en couche de base comme en couche de fondation.

Quelle est l'épaisseur de GNT2 à mettre en œuvre ?

**La valeur admissible à calculer est 8z**

Nombre de couches : 3

	Epaisseur (m)	Module (MPa)	Nu (-)	Bibliothèque	Matériau	Température	Fréquence	Assise
+	- 0.060 +	- 7000 +	- 0.350 +	NFP98-086 2019	eb-bbsg	- 15 +	- 10 +	
+	COLLÉ							
-	- 0.150 +	- 400 +	- 0.350 +	NFP98-086 2019	gnt cg2	- +	- +	
+	COLLÉ							
-	- infini +	- 50 +	- 0.350 +	NFP98-086 2019	pf2	- +	- +	
+								

Trafic cumulé PL : 1.9874e+5

☒ Calculer PL

Moyenne journalière annuelle (MJA) : 30

Taux d'accroissement (%) : arithmétique 3

Durée de service (années) : 15

Inclure dans l'historique

Guide CAM

Norme : NF P98-086 2019

Site : Chaussées à caractère de desserte

Matériau : Pf, GNT

Classe de trafic / TMJA : T4 / [25, 50[

CAM : 0.5

ACCEPTER ANNULER

coefficient CAM : 0.5 guides

trafic équivalent NE : 99371 NE(PL,CAM)

coefficient A : 16000

penne b : -0.222 structure

A l'étape 4 : On sélectionne **PF2**, on va calculer les déformations verticales au sommet du sol support !!

Cliquer sur « calcul des valeurs admissibles »

	Couche	Critère	Valeurs
<input type="checkbox"/>	eb-bbsg2	$\epsilon_T$ ( $\mu$ )	
<input type="checkbox"/>	gnt cg2	$\epsilon_Z$ ( $\mu$ )	
<input checked="" type="checkbox"/>	pf2	$\epsilon_Z$ ( $\mu$ )	1243.736

				$\epsilon_T$		$\sigma_T$		$\epsilon_Z$
Ep. (m)	Mod. (MPa)	Nu (-)	Zcalc (m)	val. ( $\mu$ )	dir-loc	val. (MPa)	dir-loc	val. ( $\mu$ )
- 0.060 +	7000	0.35	0	-30.2	Y-J	0.573	Y-J	-138.3
			0.06	-234.5	X-R	-2.171	X-R	252.8
- 0.220 +	400	0.35	0.06	-234.5	X-R	0.018	X-J	775.3
			0.28	-549.3	X-J	-0.268	X-J	563.2
- infini +	50	0.35	0.28	-549.3	X-J	-0.005	X-J	1232.5 1243.7

**Donc 22 cm de GNT2**

Quelle serait l'épaisseur de GNT3 à mettre en œuvre ?

	Epaisseur (m)	Module (MPa)	Nu (-)	Bibliothèque	Matériau	Température	Fréquence	Assise
+	- 0.060 +	- 7000 +	- 0.350 +	NFP98-086 2019	eb-bbsç	- 15 +	- 10 +	
-	COLLÉ							
+	- 0.190 +	- 200 +	- 0.350 +	NFP98-086 2019	gnt cg3	- +	- +	
-	COLLÉ							
+	- infini +	- 50 +	- 0.350 +	NFP98-086 2019	pf2	- +	- +	

				εT		σT		εZ		σZ	
Ep. (m)	Mod. (MPa)	Nu (-)	Zcalc (m)	val. (μ)	dir-loc	val. (MPa)	dir-loc	val. (μ)	dir-loc	val. (MPa)	dir-loc
- 0.060 +	7000	0.35	0	-42.6	Y-J	0.696	Y-J	-175.5	Z-J	0.658	Z-R
			0.06	-348.4	X-R	-3.317	X-R	346.4	Z-R	0.286	Z-R
- 0.250 +	200	0.35	0.06	-348.4	X-R	0.034	X-J	1211.3	Z-R	0.286	Z-R
			0.31	-633.9	X-J	-0.138	X-J	774.5	Z-J	0.071	Z-J
- infini +	50	0.35	0.31	-633.9	X-J	-0.006	X-J	1434.9 1393.1	Z-J	0.071	Z-J

**Attention les couches de GNT ne peuvent pas dépasser 25 cm d'épaisseur pour les calculs. Voir diapo 58 dans le cours de dimensionnement.**

Il faut alors ajouter une nouvelle couche de GNT 3 (voir partie « dimensionnement des chaussées souples », du récapitulatif).

Après, il faut ajouter une autre couche avec un module calculé à partir du matériau qui est en dessous.

Voir récap :

Le dimensionnement porte sur la seule couche de fondation. Celle-ci est subdivisée en couche de 0.25m d'épaisseur maximale à partir de la plate-forme.

Un module de rigidité est affecté à chaque sous-couche, croissant de la plate-forme vers la couche de base. L'équation suivante indique la progression des modules.

$$E_{GNT}\{\text{sous couche } i\} = k \cdot E_{GNT}\{\text{sous couche } i - 1\}$$

Dans le cas d'une GNT de type 1 (module 600 MPa),  $k=3$ .

Dans le cas d'une GNT de type 2 (module 400 MPa),  $k=2.5$

Dans le cas d'une GNT de type 3 (module 200 MPa),  $k=2$

Dans la partie « structure », il faut ajouter une couche de gnt cg3 mod (en choisissant comme bibliothèque « autre »).

Il faut également diviser son module par  $k = 2$

Nombre de couches : 4

	Epaisseur (m)	Module (MPa)	Nu (-)	Bibliothèque	Matériau	Température	Fréquence	Assise
— +	0.060	7000	0.350	NFP98-086 2019	eb-bbsc	15	10	
	COLLÉ							
— +	0.250	200	0.350	NFP98-086 2019	gnt cg3			
	COLLÉ							
— +	0.010	100	0.350	autre	gnt cg3 mod			
	COLLÉ							
— +	infini	50	0.350	NFP98-086 2019	pf2			

				$\epsilon T$		$\sigma T$		$\epsilon Z$		$\sigma Z$	
Ep. (m)	Mod. (MPa)	Nu (-)	Zcalc (m)	val. ( $\mu$ )	dir-loc	val. (MPa)	dir-loc	val. ( $\mu$ )	dir-loc	val. (MPa)	dir-loc
— +	0.060	0.35	0	-50.8	Y-J	0.595	Y-J	-164.3	Z-J	0.658	Z-R
			0.06	-339.5	X-R	-3.229	X-R	339	Z-R	0.289	Z-R
— +	0.250	0.35	0.06	-339.5	X-R	0.038	X-J	1213.9	Z-R	0.289	Z-R
			0.31	-511.1	X-J	-0.103	X-J	681.8	Z-J	0.074	Z-J
— +	0.070	0.25	0.31	-511.1	X-J	-0.039	X-J	895.1	Z-J	0.074	Z-J
			0.38	-547.1	X-J	-0.049	X-J	796.8	Z-J	0.059	Z-J
— +	infini	0.35	0.38	-547.1	X-J	-0.007	X-J	1228.6 1243.7	Z-J	0.059	Z-J

Donc 25cm + 7 cm = 32 cm de GNT3

### Chaussée épaisse : approche performancielle

On se propose de dimensionner une chaussée bitumineuse épaisse comme une voie du réseau non structurant (VRNS), pour une durée de 20 ans. Des études préalables ont indiqué que l'on pouvait s'attendre à un trafic de classe T0, avec un taux d'accroissement arithmétique escompté de 3%.

Le sol support est propre à fournir une plate-forme de type PF2qs.

En raison du trafic attendu, on retient pour la couche de roulement un béton bitumineux très mince (BBTM) de 2.5 cm d'épaisseur.

La seule inconnue du problème demeure donc l'épaisseur de la (ou des) couche(s) d'enrobé à module élevé de classe 2 (EME2).

Quelle est la valeur admissible ?

**Dimensionner cette structure épaisse → Faire valider votre dimensionnement par votre enseignant.**

Des essais de fatigue ont été réalisés et l'EME2 qui va être utilisé sur le chantier a un coefficient  $\epsilon_6$  de 140  $\mu$ def et un module de 15000 MPa (à 15°C et 10Hz) [ $E(20^\circ\text{C et 10Hz})=12000\text{MPa}$  et  $E(10^\circ\text{C, 10Hz})=18000\text{MPa}$ ]

Refaire le dimensionnement.

Dans l'onglet « structure », dans bibliothèque, on choisit « autre ». On peut alors changer manuellement le module du matériau. On met le nouveau module à 15°C et 10Hz

Nombre de couches : 3

Epaisseur (m)	Module (MPa)	Nu (-)	Bibliothèque	Matériau	Température	Fréquence	Assise
- 0.025 +	- 3000 +	- 0.350 +	NFP98-086 2019	bbtm	- 15 +	- 10 +	
collé							
- 0.150 +	- 15000 +	- 0.350 +	autre	eb-eme2 mod	- +	- +	
collé							
- infini +	- 80 +	- 0.350 +	NFP98-086 2019	pf2qs	- +	- +	

Dans « valeur admissible », on change ensuite les valeurs de  $\epsilon_0$  ( $= 140\mu\text{def}$ ) et  $E(10^\circ\text{C et } 10\text{Hz})$  ( $= 18000\text{MPa}$ )

Annotation libre :

	Couche	Critère	Valeurs
<input type="checkbox"/>	bbtm	$\epsilon T (\mu)$	
<input checked="" type="checkbox"/>	eb-eme2 mod	$\epsilon T (\mu)$	72.978
<input type="checkbox"/>	pf2qs	$\epsilon Z (\mu)$	

Calcul des valeurs admissibles

Inclure dans l'historique

coefficient CAM : 0.5

trafic équivalent NE : 5628300

risque (%) : — 2.0

$\epsilon_0 (\mu)$  140

-1/b : 5

$E(10^\circ\text{C, } 10\text{Hz}) \text{ (MPa)} : 18000$

$E(\theta_{eq}, f) \text{ (MPa)} : 15000$

H\_assise (m) : 0.15

S\_h : 0.025

S\_n : Ecart type sur H\_assise

Ep. (m)	Mod. (MPa)	Nu (-)	Zcalc (m)	$\epsilon T$		$\sigma T$		$\epsilon Z$		$\sigma Z$	
				val. ( $\mu$ )	dir-loc	val. (MPa)	dir-loc	val. ( $\mu$ )	dir-loc	val. (MPa)	dir-loc
- 0.025 +	3000	0.35	0	52.3	Y-J	0.276	Y-J	62.9	Z-R	0.657	Z-R
			0.025	42.9	Y-R	0.227	Y-J	81.9	Z-R	0.655	Z-R
- 0.200 +	15000	0.35	0.025	42.9	Y-R	1.123	Y-J	-26.8	Z-R	0.655	Z-R
			0.225	-71.5	X-J	-1.472	X-R	65.6	Z-R	0.025	Z-J
- infini +	80	0.35	0.225	-71.5	X-J	0.006	X-R	258.8	Z-R	0.025	Z-J

20 cm d'EME2 plus performant

L'utilisation d'un matériau avec des performances meilleures permet de diminuer les épaisseurs à mettre en œuvre.

## Chaussée épaisse : influence des interfaces

On a dimensionné une chaussée bitumineuse épaisse comme une voie du réseau structurant (VRS), pour une durée de 30 ans.

Les études préalables ont indiqué que l'on pouvait s'attendre à un trafic de classe T0, avec un taux d'accroissement géométrique escompté de 1%.

Le sol support est propre à fournir une plate-forme de type PF3.

On retient pour la couche de roulement un béton bitumineux semi-grenu (BBSG) de 8 cm d'épaisseur.

La seule inconnue du problème demeure donc l'épaisseur de la (ou des) couche(s) de grave bitume (GB3).

1) Quelle est la valeur admissible ?

**Dimensionner cette structure épaisse → Faire valider votre dimensionnement par votre enseignant**

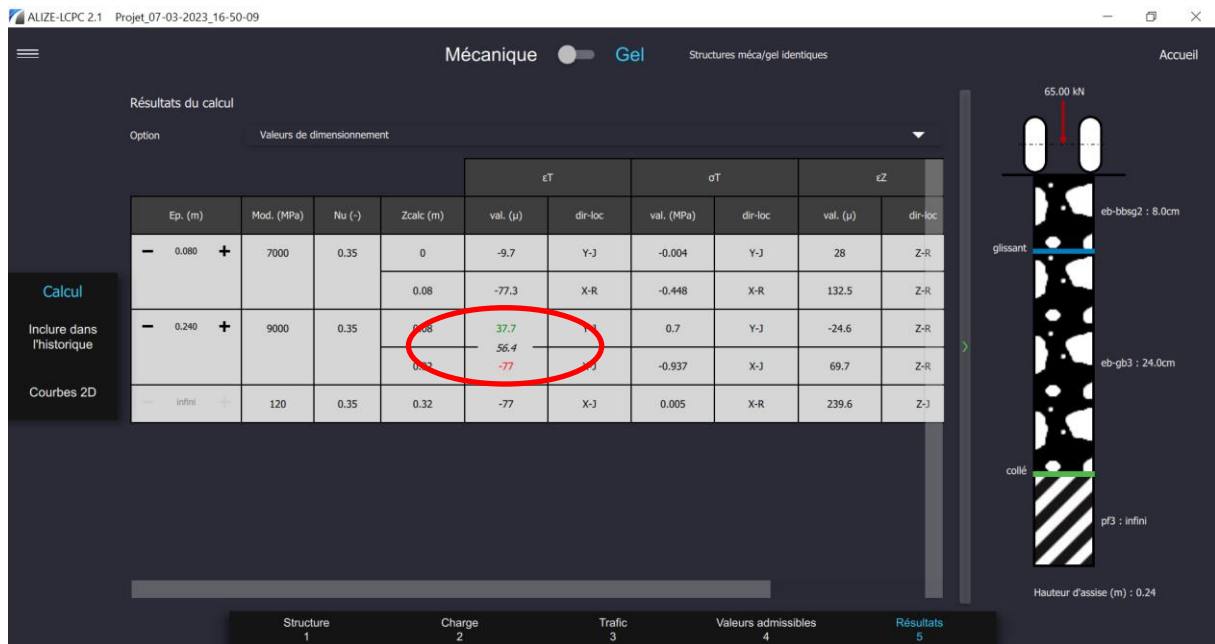
**2) Lorsque le BBSG est décollé de la couche de GB3 :**

The screenshot shows the ALIZE-LCPC 2.1 software interface. The main window displays a table for the pavement structure design. The table has columns for Epaisseur (m), Module (MPa), Nu (-), Bibliothèque, Matériau, Température, and Fréquence. The structure is defined by three layers: a top layer of 0.080 m (eb-bbsg), a middle layer of 0.240 m (eb-gb3), and a bottom layer of infinite thickness (pf3). The interface also shows a cross-section diagram on the right, illustrating the layers and their interfaces. The diagram labels the top layer as 'eb-bbsg2 : 8.0cm', the middle layer as 'eb-gb3 : 24.0cm', and the bottom layer as 'pf3 : infini'. The interface also shows a load of 65.00 kN and a height of 0.24 m.

Epaisseur (m)	Module (MPa)	Nu (-)	Bibliothèque	Matériau	Température	Fréquence
0.080	7000	0.350	NFP98-086 2019	eb-bbsg	15	10
0.240	9000	0.350	NFP98-086 2019	eb-gb3	15	10
infini	120	0.350	NFP98-086 2019	pf3		

Structure 1 | Charge 2 | Trafic 3 | Valeurs admissibles 4 | Résultats 5

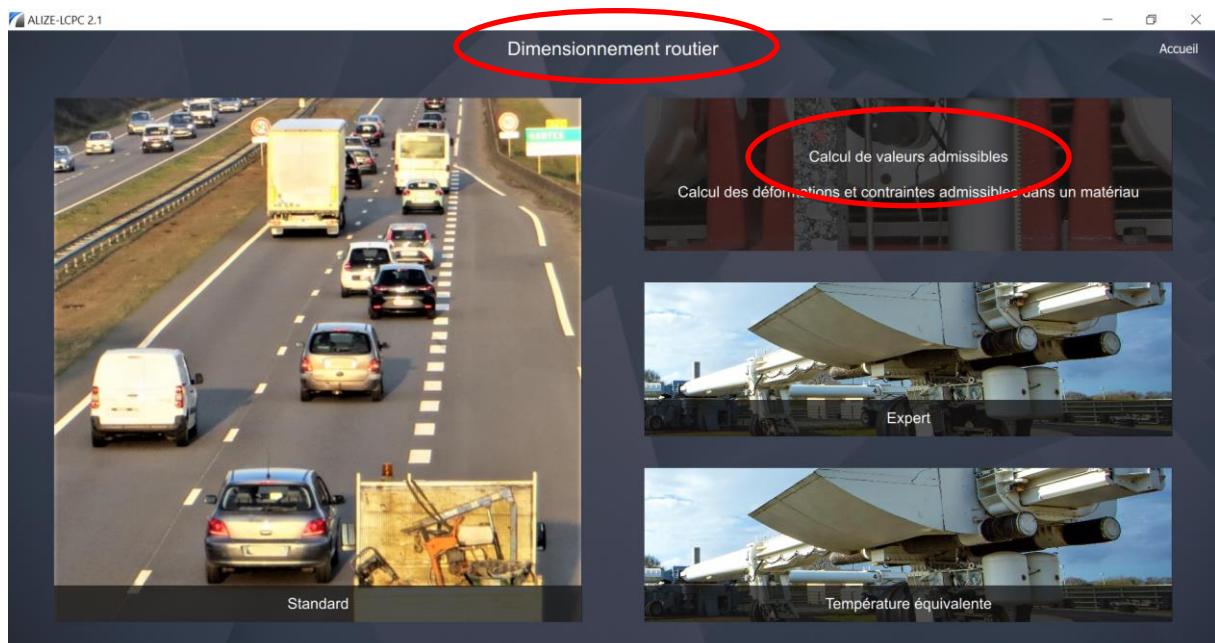




L'idée est maintenant d'estimer la nouvelle durée de vie de la chaussée à partir du résultat ci-dessus.

$\epsilon_T$  à la base de la GB3, **77  $\mu$ def** si décollée (à noter !)

- ➔ On calcule maintenant la durée de vie
- ➔ Retour en arrière via le bouton accueil en haut à droite !
- ➔ On va dans « dimensionnement routier » → « calcul de valeur admissible »



Si besoin, il faut rentrer à nouveau les valeurs liées au trafic (sur la gauche)

ALIZE-LCPC 2.0

Calcul d

Titre

1 Trafic

☒ MJA (-) : 1200

☒ TxAG (%) : 1

☐ TxAA (%) : 1.10

☒ Service (années) : 30

☐ PL (-) : 1.5236e+7

Puis, sur la droite, il faut aller chercher le matériau qui nous intéresse (eb-gb3 dans la bibliothèque de 2019).

1. On s'aide du menu à droite pour calculer le CAM, le risque et NE (à faire dans l'ordre)
2. Puis, il faut préciser l'épaisseur de la couche d'assise nommée « H\_struct MB (m) »
3. Calculer la déformation admissible à la base de la couche avec «  $\epsilon_{T adm}$  »

1 Trafic

☒ MJA (-) : 1200

☒ TxAG (%) : 1

☐ TxAA (%) : 1.10

☒ Service (années) : 30

☐ PL (-) : 1.5236e+7

2 Valeurs admissibles

bibliothèque : NFP98-086 2019

type de matériau : Bitumineux

Matériau : eb-gb3

coefficient CAM : 0.8

risque (%) : 2

trafic équivalent NE : 12188000

$\epsilon_s$  ( $\mu$ ) : 77

-1/b : 0

Fréquence (Hz) : 10

$\theta_{eq}$  (°C) : 15

$E(10^\circ C, 10 Hz)$  (MPa) : 11000

$E(\theta_{eq}, f)$  (MPa) : 9000

$H_{struct MB}$  (m) : 0.24

☐ PF réglage fin +/- 0.015 m

$S_{ph}$  : 0.025

$S_{ph}$  : 0.3

Kr (risque) : 0.691

Kc (calage) : 1.3

Ks : E(MPa) sous-jacent compris dans [20,50] : 1/1.2

3 Résultats

ET = 46.971  $\mu$

Librairies

CAM

Risque

Matériaux

Calculer

NE(CAM, PL)

$\epsilon_{T adm}$

NE( $\epsilon_T$ )

risque( $\epsilon_T$ )

Identification inverse de NE

Déformation  $\epsilon_T$  [ $\mu$ ] : 77

Trafic cumulé NE [-] : 1029601

Calculer NE

Coefficient CAM [-] :

Trafic cumulé PL [-] :

Quitter

4. Puis, on va dans NE( $\epsilon_T$ )

On y indique la valeur de la déformation à la base de la couche de GB3 lorsque l'interface est décollée ( $-77 \mu\text{def}$ ) et on clique sur « Calculer NE ». On rentre également le CAM pour avoir le trafic cumulée PL

On a un trafic cumulé  $N_{PL} = 1\,287\,000$  comparé au  $N_{PL} = 1.5236E7$  ce qui fait un ratio de 10 et donc une durée de vie divisée d'environ 3 ans.

Pour estimer précisément la nouvelle durée de vie, il faut décocher la case service (années) puis cocher la case PL et recopier la valeur 1287000 pour obtenir la nouvelle durée de vie !!

ALIZE-LCPC 2.0

Calcul des valeurs ad

Titre : influence de l'interface

1 Trafic

<input checked="" type="checkbox"/> MJA (-) :	1200
<input checked="" type="checkbox"/> TxAG (%) :	1
<input type="checkbox"/> TxAA (%) :	1.00
<input type="checkbox"/> Service (années)	2.9
<input checked="" type="checkbox"/> PL (-)	1287000

### **Chaussée rigide**

On étudie la possibilité d'apporter une structure en béton sur un itinéraire pouvant supporter un trafic de 1000 PL/jour/sens. Le taux de croissance géométrique attendu est de 4% par an pour le trafic. La durée de calcul retenue est de 30 ans.

La plate-forme est de type PF1.

On retient en couche de fondation un béton de ciment de classe 3 (BC3) dont l'épaisseur est fixée à 15cm.

On retient en couche de base un béton de ciment de classe (BC5) dont l'épaisseur est à déterminer. Cette couche fera également office de couche de surface.

1) Quelles sont les valeurs admissibles pour le BC3 et le BC5 ?

➔ **Remarque : Les valeurs admissibles doivent être validées pour les deux matériaux**

2) Calculer l'épaisseur de BC5 à mettre en œuvre ?

**Faire valider vos résultats par votre enseignant**