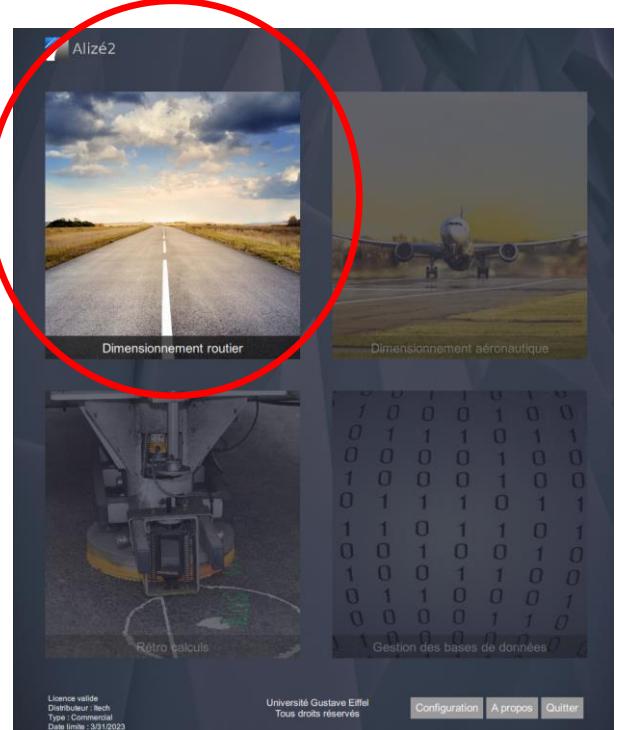


Tutoriel - Dimensionnement des structures de chaussées

Calcul des valeurs admissibles et dimensionnement des structures

Début de chaque exercice / dimensionnement

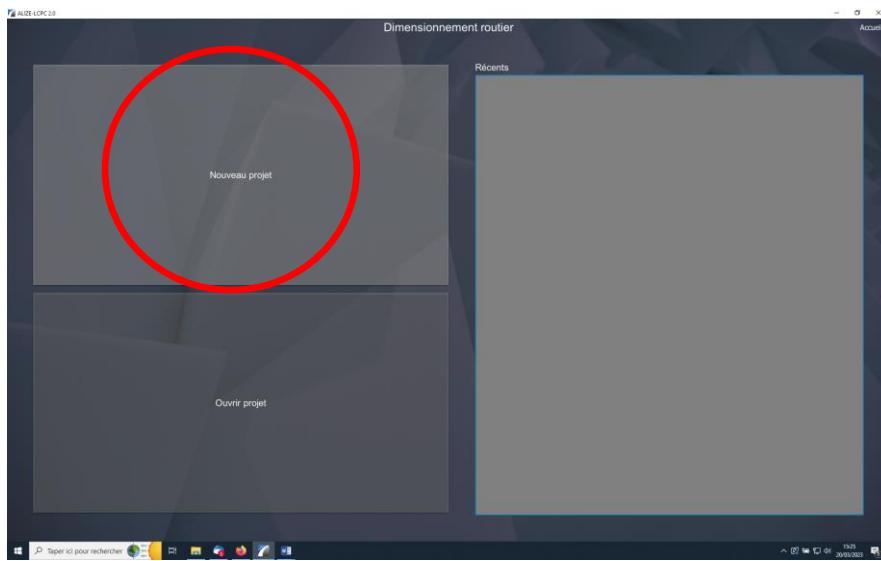
Choisir : « Dimensionnement routier »



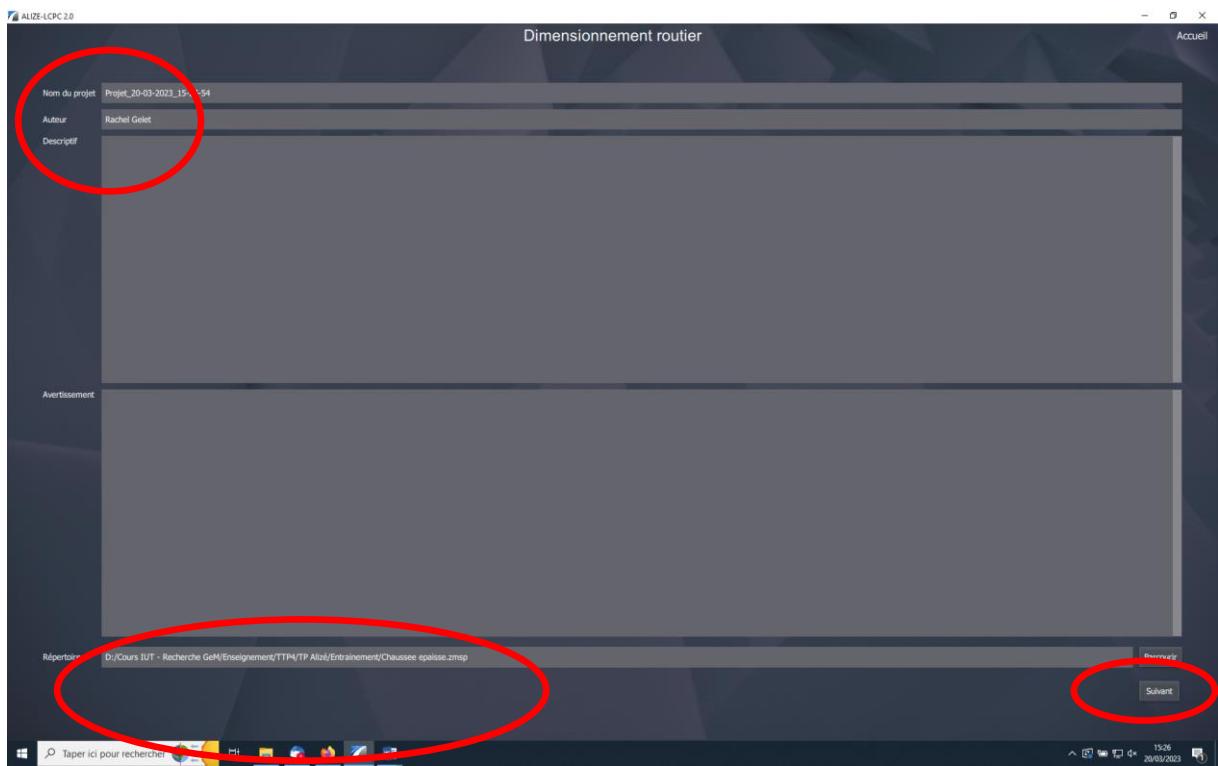
Choisir : « Dimensionnement routier en 3 minutes »



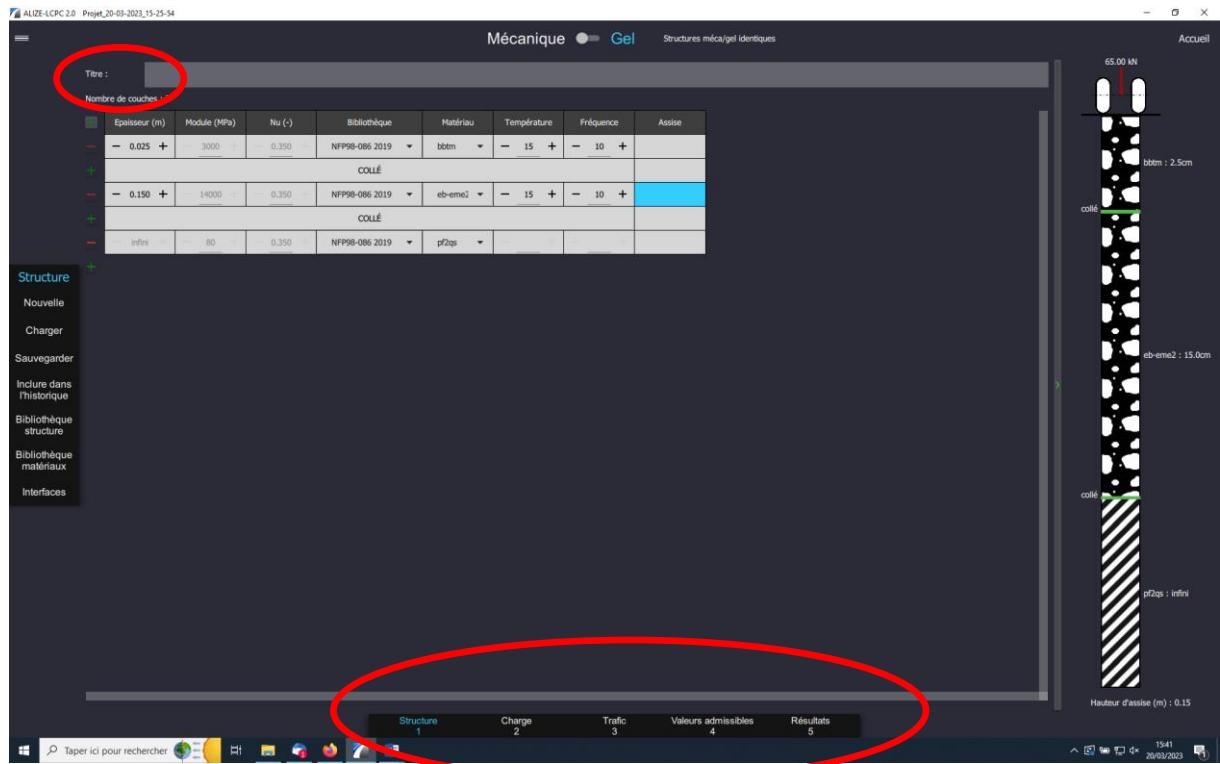
Choisir : « Nouveau projet »



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

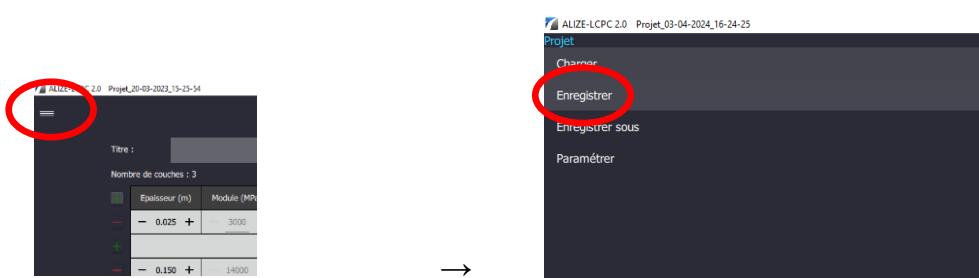


Nous allons remplir les cinq onglets du menu de gauche à droite (Le menu est en bas !!)



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

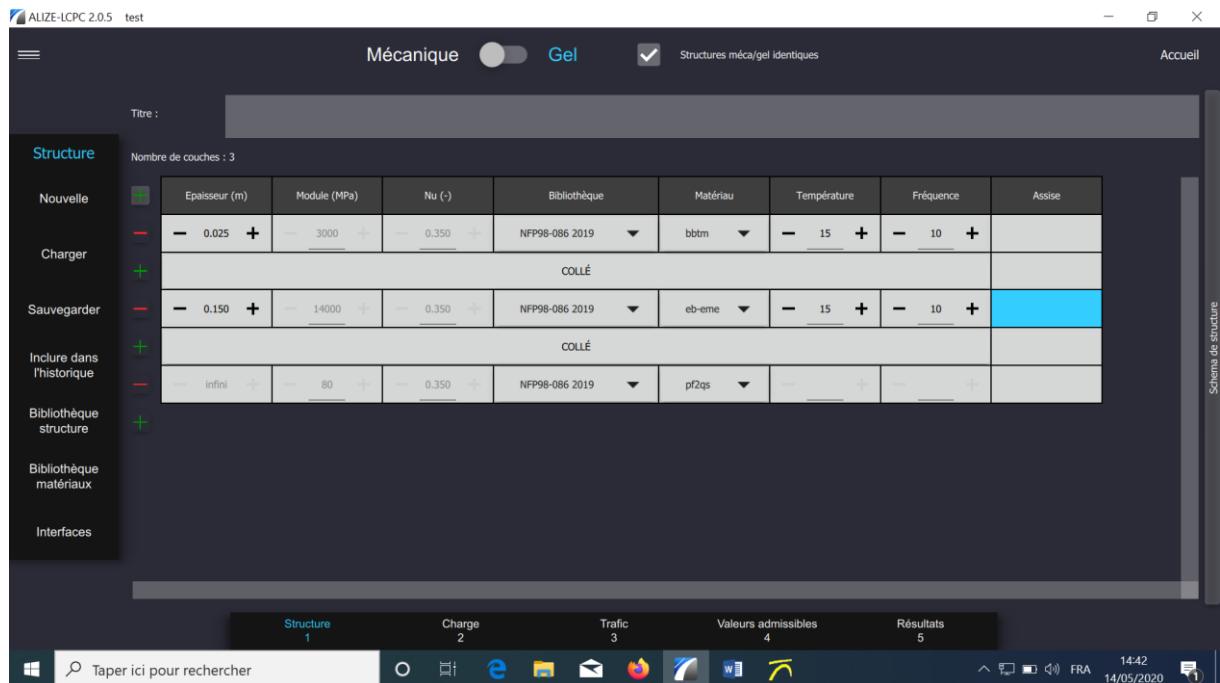
On se propose de dimensionner une chaussée bitumineuse épaisse comme une voie du réseau structurant (VRS). Des études préalables ont indiqué que l'on pouvait s'attendre à un trafic de classe T0, avec un taux d'accroissement géométrique escompté de 2%.

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).

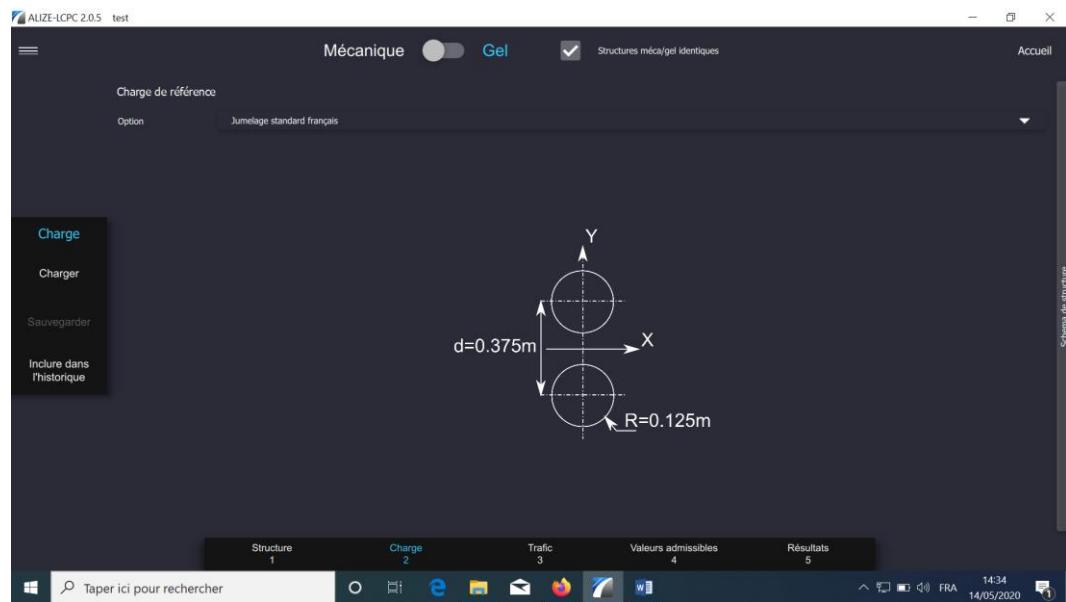
Choix de la structure :



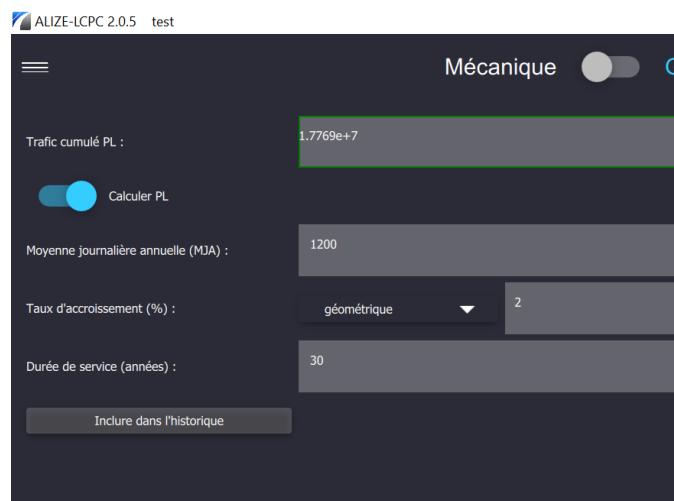
The screenshot shows the ALIZE-LCPC 2.0.5 software interface. The 'Structure' tab is active. The 'Titre' field is empty. The 'Mécanique' toggle is on, and the 'Gel' checkbox is checked. The 'Nombre de couches : 3' is displayed. The structure table has columns: Epaisseur (m), Module (MPa), Nu (-), Bibliothèque, Matériau, Température, Fréquence, and Assise. The first row (top layer) has values: 0.025, 3000, 0.350, NFP98-086 2019, bbtm, 15, 10. The second row (middle layer) has values: 0.150, 14000, 0.350, NFP98-086 2019, eb-eme, 15, 10. The third row (bottom layer) has values: infini, 80, 0.350, NFP98-086 2019, pf2qs, 15, 10. The bottom row is highlighted in blue. The right sidebar shows a 'Schema de structure' diagram. The bottom navigation bar includes tabs for Structure (1), Charge (2), Trafic (3), Valeurs admissibles (4), and Résultats (5). A search bar and a toolbar with various icons are also visible.

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

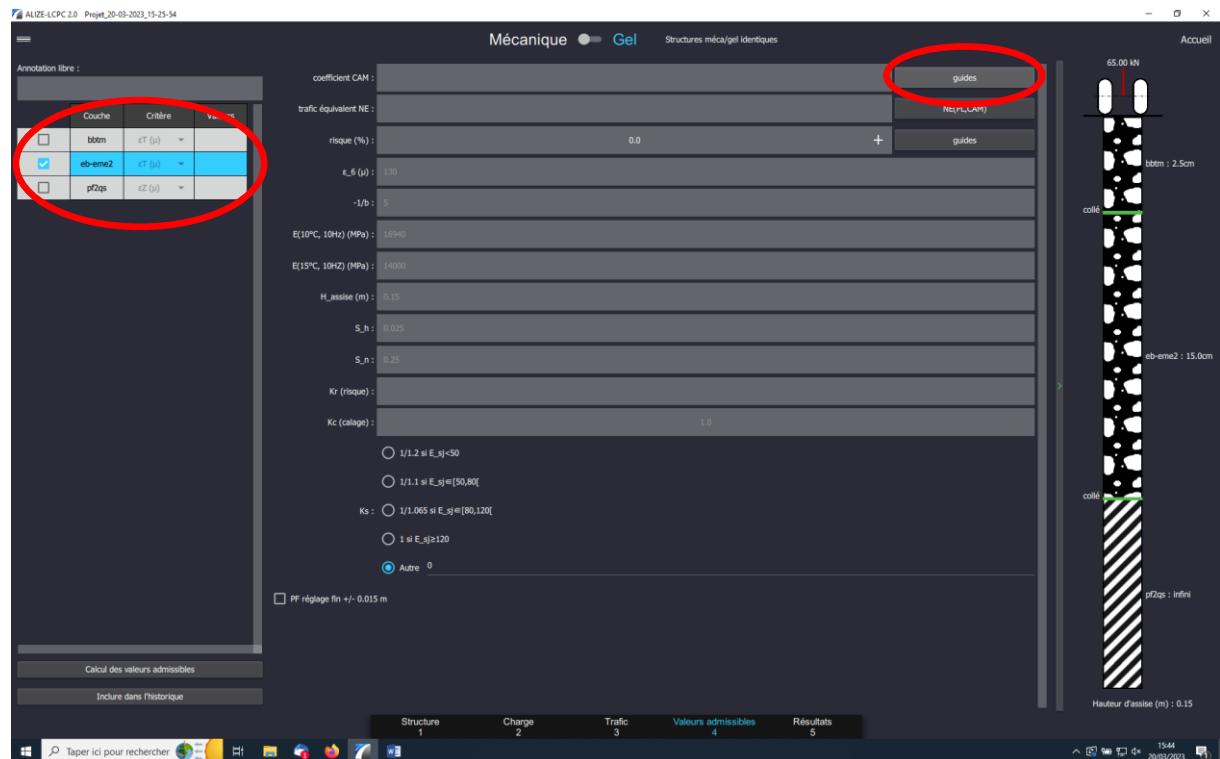


Trafic : On entre MJA (1200 car T0), 2% et 30 années et le calcul de NPL se fait automatiquement



Valeur admissible (ε_t) :

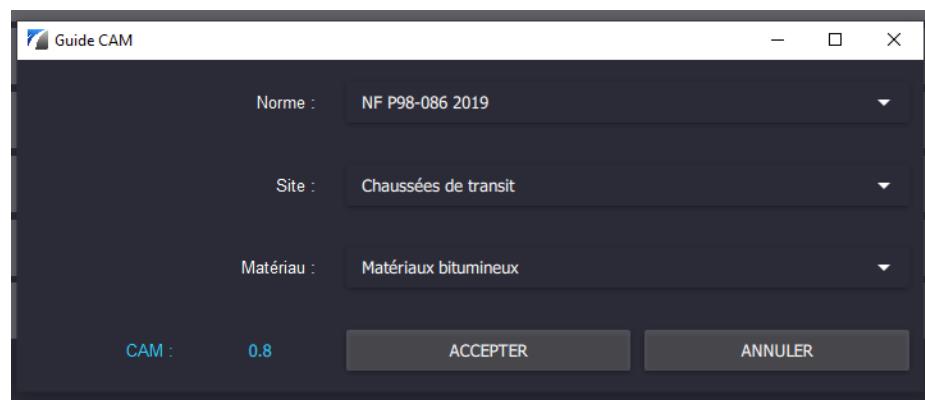
Il faut vérifier que la couche d'assise est sélectionnée en bleu



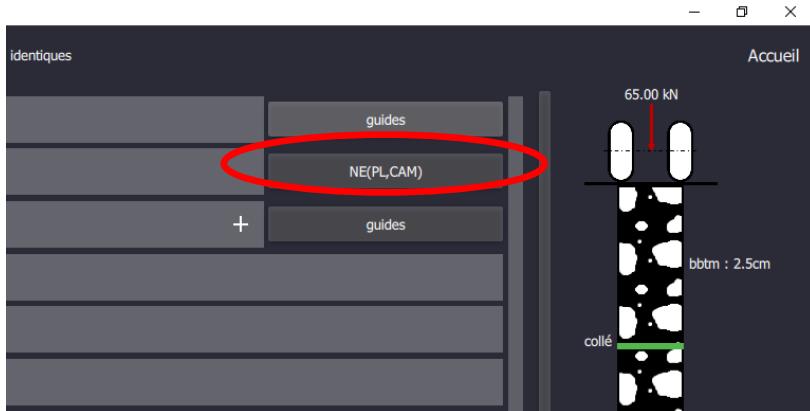
CAM → guide

Il y a deux options :

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



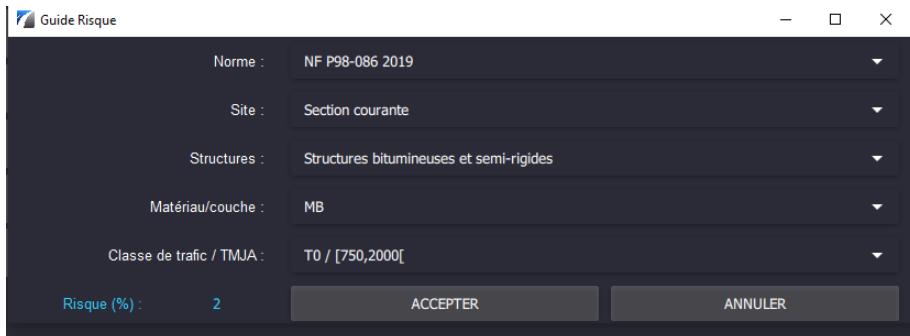
Puis cliquer sur NE pour qu'il soit calculer automatiquement



Risque -> guides

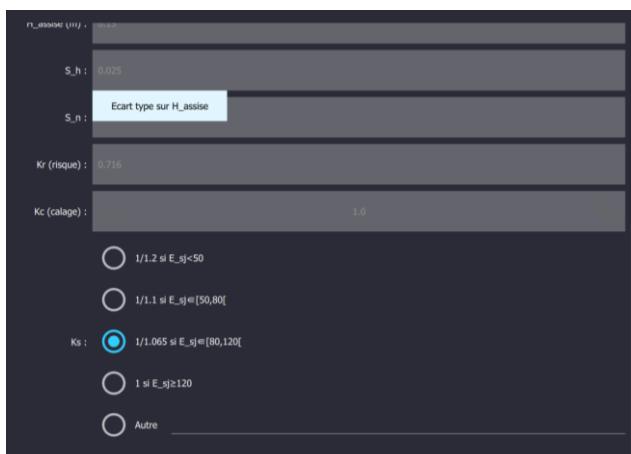
Section courante = hors aggro

En ville, les charges amenées par les bus sont différentes



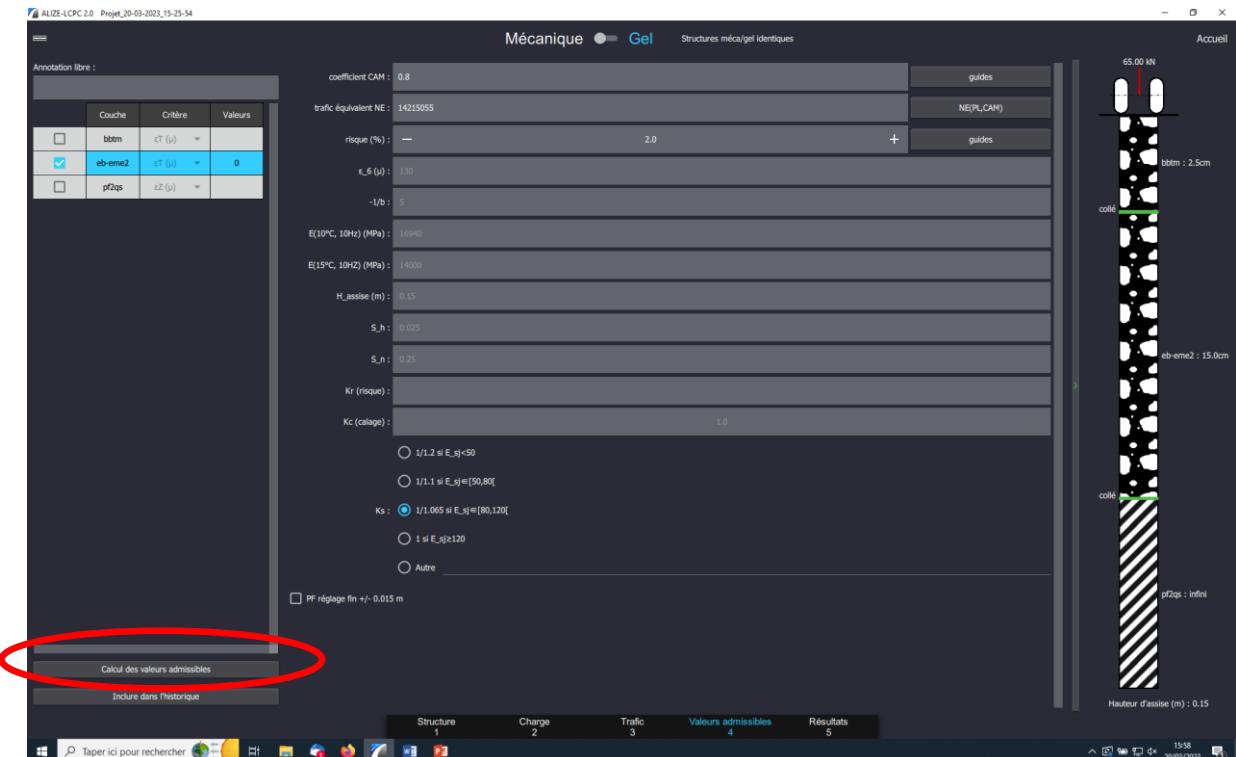
Puis, on choisit k_s (pour une PF2qs -> 1/1.065)

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	$\varepsilon_T (\mu)$	
<input checked="" type="checkbox"/>	eb-eme2	$\varepsilon_T (\mu)$	56.538
<input type="checkbox"/>	pf2qs	$\varepsilon_Z (\mu)$	



Valeurs admissible → ε_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 identique

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
	14000	0.35	0.025	34.1	Y-R	0.835	Y-J	-12.9	Z-R	0.656	Z-R
			0.275	56.5 -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 apparait 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 ε_z

Nombre de couches : 3								
	Epaisseur (m)	Module (MPa)	Nu (-)	Bibliothèque	Matériaux	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

Guide CAM

Norme : NF P98-086 2019

Site : Chaussées à caractère de desserte

Matériaux : 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

pente b : -0.222

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	$\varepsilon_T (\mu)$	
<input type="checkbox"/>	gnt cg2	$\varepsilon_Z (\mu)$	
<input checked="" type="checkbox"/>	pf2	$\varepsilon_Z (\mu)$	1243.736

Ep. (m)	Mod. (MPa)	Nu (-)	Zcalc (m)	ε_T		σ_T		ε_Z
				val. (μ)	dir-loc	val. (MPa)	dir-loc	
- 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	Matériaux	Température	Fréquence	Assise
-	0.060 +	7000	0.350	NFP98-086 2019	eb-bbsg	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 autre 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			
COLLE								
-	0.010 +	100 +	0.350 +	autre	gnt cg3 mod			
SOUÉ								
-	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	-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 +	200	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 +	100	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 +	50	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 ε_6 de 140 μdef et un module de 15000 MPa (à 15°C et 10Hz) [E(20°C et 10Hz)=12000MPa et E(10°C, 10Hz)=18000MPa]

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 ε_6 ($= 140\mu\text{def}$) et $E(10^\circ\text{C et 10Hz})$ ($= 18000\text{MPa}$)

Annotation libre :

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

coefficient CAM : 0.5

trafic équivalent NE : 5628300

risque (%) : 2.0

$\varepsilon_6 (\mu)$ 140

$-1/b$: 5

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

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

H_{assise} (m) : 0.15

S_h : 0.025

S_n : Ecart type sur H_{assise}

Calcul des valeurs admissibles

Inclure dans l'historique

				ε_T		σ_T		ε_Z		σ_Z	
Ep. (m)	Mod. (MPa)	Nu (-)	Zcalc (m)	val. (μ)	dir-loc	val. (MPa)	dir-loc	val. (μ)	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	73.0	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.

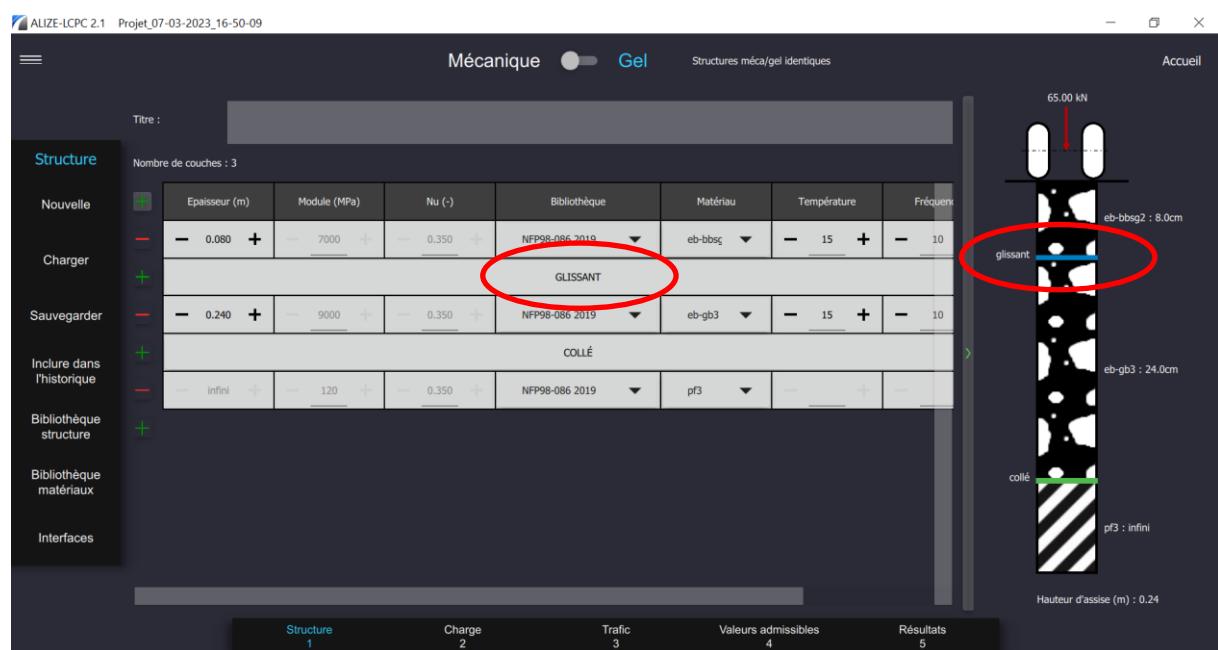
On retient pour la couche de roulement un béton bitumineux semi-grenu (BBSG) de 8 cm d'épaisseur.

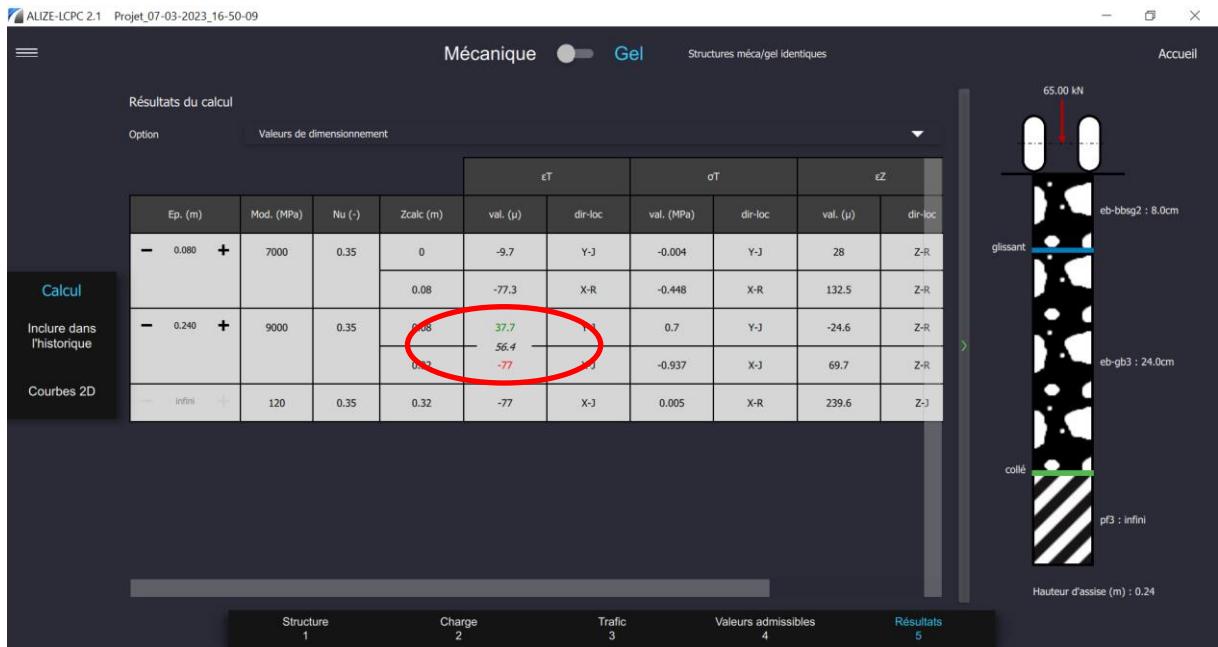
La seule inconnue du problème demeure donc l'épaisseur de la (ou des) couche(s) de grave bitume (GB3).

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 :

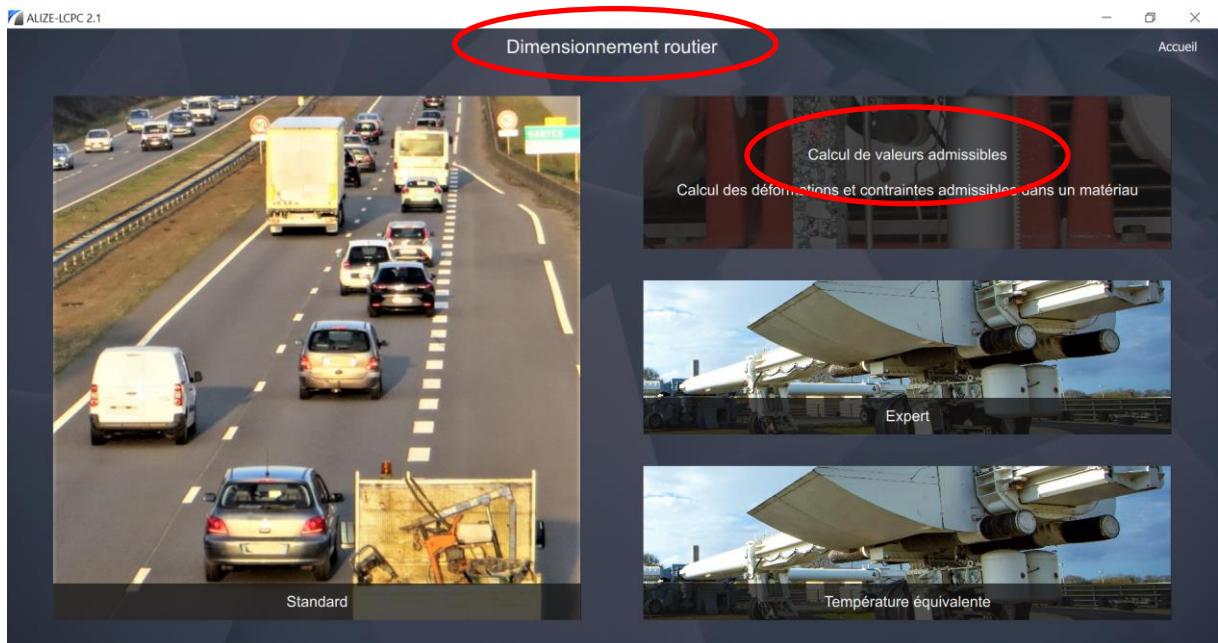




L'idée est maintenant d'estimer la nouvelle durée de vie de la chaussée à partir du résultat ci-dessus.

ε_T à la base de la GB3, **77 pdef** 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 »

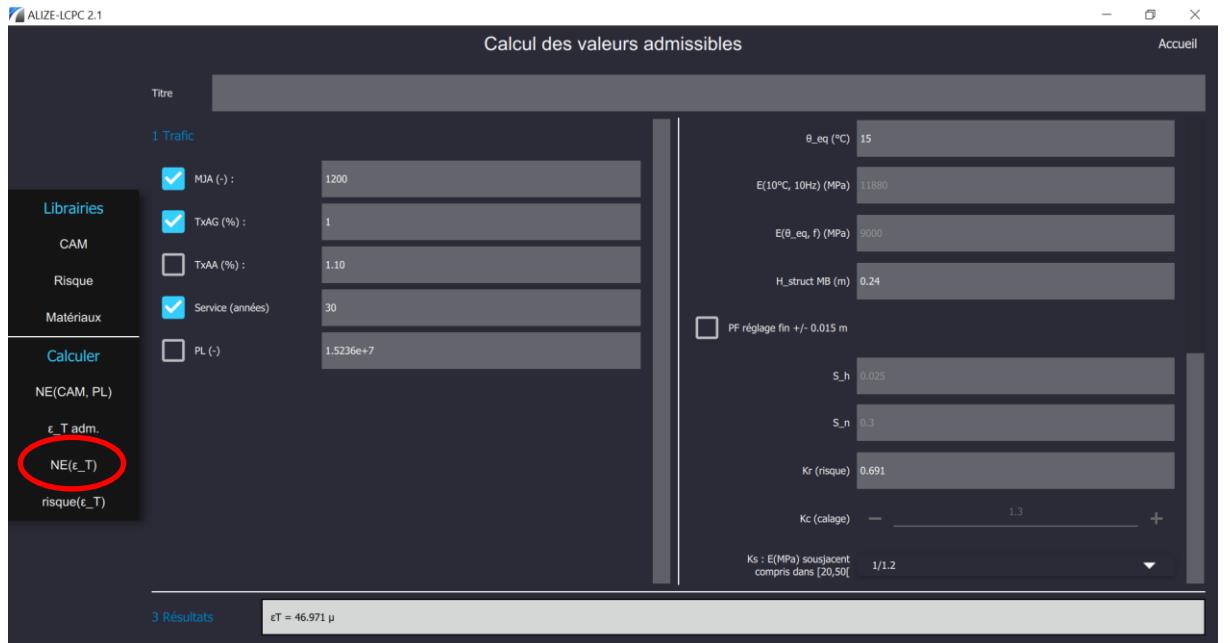


Si besoin, il faut rentrer à nouveau les valeurs liées au trafic (sur la gauche)

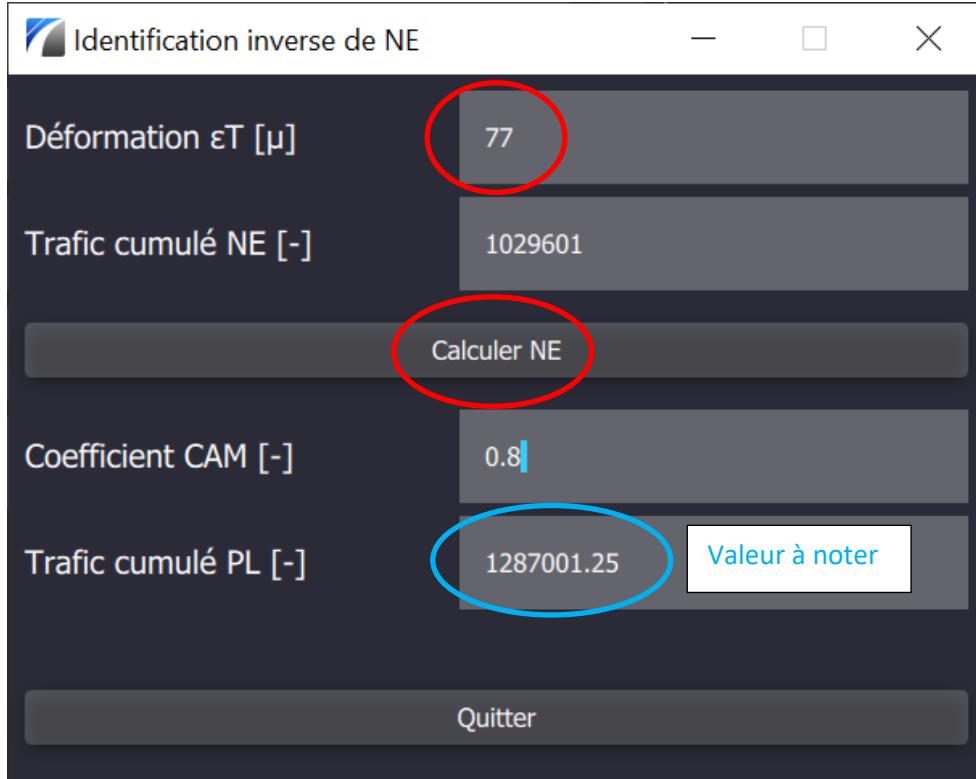
Puis, sur la droite, il faut aller chercher le matériau qui nous intéresse (eb-gb3 dans la bibliothèque de 2019).

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 « ϵ_T adm »

4. Puis, on va dans NE(ϵ_T)



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



On 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"/> TxA (%) :	1.00
<input type="checkbox"/> Service (années) :	2.9
<input checked="" type="checkbox"/> PL (-) :	1287000

The screenshot shows a software interface for calculating traffic values. The title bar says 'ALIZE-LCPC 2.0' and 'Calcul des valeurs ad'. Below it, there are tabs for 'Titre' and 'influence de l'interface', with 'influence de l'interface' being active. A section titled '1 Trafic' contains a table with the following data:

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

Two specific entries are highlighted with red circles: 'Service (années)' and 'PL (-)'. The value '1287000' is also highlighted with a blue circle.

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