

INSTITUT FRANÇAIS DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES DES TRANSPORTS, DE L'AMÉNAGEMENT ET DES RÉSEAUX



Alizé-Aéronautique



Manuel d'utilisation

Version 1.5

© IFSTTAR - 2016

Rédigé par : Juliette BLANC, Jean-Maurice BALAY, Pierre HORNYCH, Jean-Michel PIAU



Distributeur exclusif :

8 quai de Bir Hakeim 94410 Saint-Maurice FranceTél : +33 (0)1 4976 12 59 - www.itech-soft.com

Table des matières

Introduction	7
1. Lancement d'Alizé-Aéronautique	9
1.1. La page d'accueil	10
1.2. Barre de menu principale d'Alizé-Aéronautique	11
2. Structure de chaussée	13
2.1. Chargement du modèle de structure souple	14
2.2. Modifier le modèle de structure souple pour l'adapter aux données du projet	15
2.2.1. Modification des épaisseurs	15
2.2.2. Modification des types et classes des matériaux	16
2.2.3. Utilisation d'un matériau hors bibliothèque	17
2.2.4. Modification des coefficients de Poisson des matériaux	19
2.2.5. Modification du risque	19
2.3. Modifier le modèle de structure souple : autres fonctionnalités	20
2.3.1. Ajout d'un substratum rigide	20
2.3.2. Réglage au millimètre des épaisseurs	21
2.3.3. Commande « K Détails »	21
2.3.4. Supprimer une couche de base en enrobé	22
2.3.5. Ajouter une couche de liaison	23
2.3.6. Bouton « modifier la structure »	24
2.4. Enregistrer la structure de chaussée	24
3. Configuration générale d'Alizé-Aéronautique	25
4. Définition du trafic avion	29
4.1. Sélectionner un avion	30
4.2. Ajouter l'avion sélectionné	33
4.3. Autres réglages	34
5. Réglages des autres données trafic	35
5.1. Choix de la masse	37
5.2. Choix du nombre de mouvements	37
5.3. Réglage du balayage, de la vitesse et de la température équivalente	38
5.4. Enregistrement du trafic projet	38

6. Calculs							
6.1. Calcul sel	on le mode unique	41					
6.1.1. La	ncement des calculs	41					
6.1.2. En	chainement des calculs	43					
6.1.3. Zo	om	45					
6.1.4. Dé	tails des calculs	46					
6.1.4.2	Profils 2D	47					
6.1.4.2	Surfaces 3D	53					
6.1.4.2	Enregistrer	54					
6.1.4.2	Voir chargement	55					
6.1.5. Do	ommages maxi	56					
6.1.6. En	registrement des résultats	57					
6.2. Calcul sel	58						
6.2.1. Ch	ioix de la couche à ajuster	58					
6.2.2. La	ncement des calculs	59					
6.2.3. Ré	sultats des calculs	60					
6.2.4. Au	itres résultats	62					
6.3. Précisions	s des calculs	63					
6.3.1. Bc	outon « Precis+ »	63					
6.3.2. Le	s différentes possibilités	64					
6.3.3. Ex	emple	66					
6.4. Vérification	on du dimensionnement d'une aire de stationnement	67					
7. Nomen	clatures des fichiers d'entrée et de sorties	69					
8. Les diff	érentes phases d'une étude	71					
9. Fonctio	onnalité « AIDE »	73					
10. Exemp	ole de calcul de dimensionnement	75					
10.1. Exemple	e de dimensionnement d'une piste	76					

Liste des figures

Figure 1. Fenêtre de lancement d'Alizé-Aéronautique	
Figure 2. Barre de menu principale	11
Figure 3. Barre de menu principale, suite	11
Figure 4. Chargement d'une structure souple	14
Figure 5. Modification des épaisseurs des couches	15
Figure 6. Choix des matériaux	16
Figure 7. Ajout d'un nouveau matériau à la bibliothèque	17
Figure 8. Choix du nouveau matériau	
Figure 9. Modification des coefficients de Poisson	19
Figure 10. Modification du risqué	19
Figure 11. Ajout d'un substratum rigide	20
Figure 12. Réglage au millimètre des épaisseurs	21
Figure 13. Supprimer la couche de base en enrobé	22
Figure 14. Ajout d'une couche de liaison	23
Figure 15. Modification de la structure	24
Figure 16. Configurer Alizé : configuration générale	
Figure 17. Configurer Alizé : préférences aéronautiques	27
Figure 18. Définition du trafic projet dans le menu principal	
Figure 19. Sélection de la marque de l'avion à ajouter au trafic projet	
Figure 20. Sélection du type d'avion à ajouter au trafic projet	
Figure 21. Sélection du modèle d'avion à ajouter au trafic projet	
Figure 22. Informations sur l'avion sélectionné	
Figure 23. Ajout de l'avion sélectionné au trafic projet	
Figure 24. Affichage des axes de roulement	
Figure 25. Ne pas dessiner l'atterrisseur avant	
Figure 26. Réglages des autres données trafic	
Figure 27. Lancement des calculs	
Figure 28. Lancement des calculs selon le mode "Calcul unique"	41
Figure 29. Premier résultat de calcul	42
Figure 30. Enchainement des calculs	43
Figure 31. Résultats de calculs : dommage avec balayage par avion	44
Figure 32. Résultats de calcul : dommages cumulés avec balayage	44
Figure 33. Zoom	45
Figure 34. Détails des calculs	46
Figure 35. Choix du profil, selon xx ou yy	47
Figure 36. Tracé des courbes : pas à pas continu, manuel ou enveloppe auto	
Figure 37. Sens des ordonnées	49
Figure 38. Résultats détaillés	50
Figure 39. Valeurs mini et maxi	51

Figure 40. Visualisation dans le plan X0Y des charges et profils d'observation	52
Figure 41. Visualisation des surfaces 2D ou dessin 3D.	53
Figure 42. Visualisation des dessins 3D avec grille visible	54
Figure 43. Enregistrement des résultats	55
Figure 44. Tableau récapitulatif des dommages maxi	56
Figure 45. Tableau de synthèse des résultats	57
Figure 46. Choix de la couche à ajuster	58
Figure 47. Lancement des calculs en mode "Calcul itératif"	59
Figure 48. Résultats des calculs : itérations sur l'épaisseur de GNT	60
Figure 49. Résultats des calculs	61
Figure 50. Autres résultats des calculs	62
Figure 51. Les différentes valeurs calculées dans le tableau "Détails"	62
Figure 52. Mode précis +	63
Figure 53. Réglage de la grille de calcul	64
Figure 54. Résultats des calculs en mode "Rapide" et "Precis+F"	66
Figure 55. Dimensionnement des aires d'attente et de stationnement	68
Figure 56. Les différentes phases d'une étude	72
Figure 57. Fonctionnalité "Aide"	74
Figure 58. Sélection de la marque du premier avion du trafic projet	78
Figure 59. Sélection du type d'avion du premier avion du trafic projet	79
Figure 60. Sélection du modèle du premier avion du trafic projet	79
Figure 61. Ajout de cet avion au trafic projet	80
Figure 62. Trafic projet final	80
Figure 63. Données par défaut de Alizé-aéronautique concernant le dernier avion du trafic projet	81
Figure 64. Renseignement du nombre d'atterrissage par an	82
Figure 65. Renseignement de la masse à l'atterrissage	82
Figure 66. Autres données du trafic projet	83
Figure 67. Enregistrement du trafic projet	83
Figure 68. Obtention du modèle de structure de chaussée	
Figure 69. Choix de la valeur du risque	85
Figure 70. Choix de la température équivalente	
Figure 71. Choix du matériau utilisé en couche de roulement	
Figure 72. Structure de chaussée avec les matériaux choisis	
Figure 73. Modification des épaisseurs	
Figure 74. Lancement des calculs	90
Figure 75. Calcul du dommage à la base des couches d'enrobés pour le 1er avion du trafic projet	
Figure 76. Résultats des calculs : dommage EpsT et EpsZ pour tous les avions du trafic projet	
Figure 77. Dommages cumulés	
Figure 78. Tableau récapitulatif des dommages	92

Introduction

Cette notice présente le module Alizé-**Aéronautique** faisant partie de la version 1.5 du logiciel Alizé-LCPC.

Le module Alizé-Aéronautique permet de mettre en œuvre la méthode de dimensionnement des chaussées aéronautiques souples (bitumineuses), décrite dans le guide : « Méthode Rationnelle de Dimensionnement des Chaussées Aéronautiques Souples » (STAC, 2014). La connaissance de ce guide (est donc nécessaire à l'utilisation du logiciel. En particulier, pour le choix des différents paramètres de calcul (caractéristiques des matériaux, durées de dimensionnement, risque de calcul, coefficients de calage, etc..) l'utilisateur devra se reporter au guide du STAC.

Le module Alizé-Aéronautique est dérivé du logiciel de dimensionnement routier, Alizé Routes et utilise les mêmes principes de base :

- Même méthode de calcul basée sur un modèle élastique linéaire muticouche axisymétrique
- Même description des charges élémentaires des pneus par des disques, sur lesquels s'applique une pression uniformément répartie.
- Même description des structures, par la donnée des valeurs de module élastique E, de coefficient de poisson et d'épaisseur de chaque couche.
- Interfaces entre couches supposées toujours collées.
- Mêmes formulation des critères de dimensionnement Comme le logiciel se limite aux chaussées bitumineuses, les seuls critères de dimensionnement pris en compte sont :
 - \circ La déformation de traction maximale à la base des couches bitumineuses ϵ t (critère de fatigue)
 - La déformation verticale maximale au sommet du sol support ε_{Z} (critère d'orniérage)

L'utilisation d'Alizé-Aéronautique V1.5 ne nécessite pas d'avoir une connaissance d'Alizé Routes V1.5. Cependant, les deux logiciels sont assez semblables.

Les principales différences d'Alizé-Aéronautique par rapport à Alizé Routes concernent les points suivants :

1. Types de structures de chaussées :

Seules les chaussées bitumineuses sont prises en compte. Pour plus de facilité, un modèle initial de structure (appelé Modèle flexible Mf1) est proposé à l'utilisateur, et peut ensuite être modifié. Le type de structure étant unique, certains paramètres liés à la structure (coefficients Ks, Sh) sont prédéfinis, et ne doivent plus être entrés par l'utilisateur.

2. Caractéristiques des matériaux :

Les bibliothèques de matériaux qui sont proposées sont les bibliothèques standard de la norme de dimensionnement routière NFP 98-086. Toutefois, pour les chaussées aéronautiques, seuls certains types de matériaux peuvent être utilisés. Pour cela, l'utilisateur devra se reporter au guide de dimensionnement (STAC, 2014).

3. Description des charges et du trafic

Dans le module aéronautique, le calcul ne s'effectue pas avec une charge équivalente, mais avec les caractéristiques de charge correspondant à chaque avion circulant sur la piste considérée ; Chaque avion est décrit par les charges de l'ensemble des roues de son train d'atterrissage (silhouette de l'avion).

L'utilisateur dispose d'une base de données (base FICAV du STAC), qui rassemble les silhouettes de la plupart des avions courants, circulant sur les aéroports français. Si besoin, d'autres bases de données peuvent être utilisées.

La description du *trafic* se fait ensuite en précisant le nombre de passages de chaque avion, la température et la vitesse associées à ces passages, ainsi qu'un paramètre de balayage, qui caractérise la dispersion latérale des positions de passage de chaque avion.

4. Calcul de dommage

Le dimensionnement est basé sur un concept de dommage cumulé. En effet le trafic est composé de différents avions, et les positions de passage des atterrisseurs de ces avions sont différentes. Pour cette raison, le dimensionnement ne peut pas être réalisé pour une valeur unique de déformation maximale, calculée en un point unique. Il est nécessaire de tenir compte des positions des différents avions (et du balayage transversal), et de calculer des **courbes de niveau de dommage**, qui représentent la variation de la valeur du dommage en fatigue D suivant y (c'est-à-dire dans le plan perpendiculaire au passage des charges). Ces courbes de niveau de dommage sont d'abord calculées séparément pour chaque avion, puis cumulées pour l'ensemble du trafic considéré. Le dimensionnement de la structure est considéré satisfaisant lorsque la courbe de dommage cumulé atteint une valeur égale à 1 pour au moins une valeur de position transversale y.

5. Calcul itératif

Un mode de calcul itératif est également proposé. Celui-ci permet de rechercher automatiquement les épaisseurs de couches de chaussées conduisant à un dimensionnement satisfaisant (dommage égal à 1 en au moins un point).

1. Lancement d'Alizé-Aéronautique





1.1. La page d'accueil

Le lancement d'Alizé-Aéronautique s'effectue en sélectionnant « Module Aéronautique » dans la fenêtre e lancement d'Alizé-LCPC V1.5 (Figure 1).

Une fenêtre comportant un message d'avertissement s'ouvre alors. Il faut clique sur « Fermer ». La fenêtre d'Alizé-Aéronautique s'affiche ensuite.



Figure 1. Fenêtre de lancement d'Alizé-Aéronautique



N.B. : La commande "Ctrl + R" permet d'afficher la liste des exemples types disponibles dans le logiciel ainsi que la liste des raccourcis.

1.2. Barre de menu principale d'Alizé-Aéronautique

La barre de menu principale d'Alizé-Aéronautique permet d'accéder à plusieurs fonctionnalités. Le menu déroulant « Fichier » est détaillé sur la Figure 2 ci-dessous.

hier Structure de chaussée	Trafic avions	Autres données trafic	Bibliothèque matériau	IX Calcul Alizé Configurer Alizé ?
	N T	Nodèle flexible Mf1 ransposer : vérification so	ous charges statiques	Chargement du modèle flexible Mf1
V		Duvrir fichier Structure Inregistrer sous		Vérification de la structure sous chargement statique
Données structures	•			Ouverture d'un fichier structure
Bases de données				Enregistrement d'un fichier structure
Quitter Alize		Nouveau	Créatio	on d'un fichier trafic avions
		Ouvrir	> Ouvert	ture d'un fichier trafic avions
	L	Enregistrer sous	Enregis avions	strement d'un fichier trafic
	0 1	uvrir Bda (base données	; avions) P G S a	ermet de charger une base de lonnées avion autre que celle o TAC (par défaut dans Alizé éronautique)



Les autres fonctionnalités du menu déroulant principal sont détaillées sur la Figure 3.



Figure 3. Barre de menu principale, suite

Chaque fonctionnalité sera expliquée en détail dans la suite de cette notice.

2. Structure de chaussée





2.1. Chargement du modèle de structure souple

Une fois que le module Alizé-Aéronautique vient d'être lancé, la fenêtre affichée est vide, aucune structure n'est encore chargée et aucun trafic avion n'est défini.

Un modèle de structure souple (ou flexible) est prédéfini.

Comme expliqué sur la Figure 4, dans le menu principal, ce modèle peut être chargé en cliquant sur Fichier, puis Données structures, puis Modèle flexible Mf1. Ce modèle se compose de la structure initiale suivante :

- 6 cm de BBME
- 18 cm de GB3
- 50 cm de GNT1 séparé en deux couches
- Sol d'épaisseur infinie

Les deux critères dimensionnant (déformation horizontale en base de couche bitumineuse et déformation verticale au sommet de la plate-forme) sont affichés ainsi que les différents paramètres.

Ces critères sont détaillés dans le chapitre 2.5 du guide de dimensionnement (STAC, 2014). Les différents paramètres de dimensionnement sont détaillés dans le chapitre 2.7 du guide de

dimensionnement (STAC, 2014). Les valeurs de ces différents paramètres sont imposées par cette méthode et ne peuvent donc pas être modifiées dans Alizé-Aéronautique.



Figure 4. Chargement d'une structure souple

2.2. Modifier le modèle de structure souple pour l'adapter aux données du projet

Les modifications pouvant être apportées au modèle de structure souple afin de l'adapter aux données du projet sont :

- Les types de matériaux
- Les modules et coefficients de Poisson des matériaux
- Les épaisseurs des couches
- Le coefficient de risque

Les différentes modifications pouvant être effectuées sont détaillées ci-dessous.

2.2.1. Modification des épaisseurs

Comme expliqué dans la

٨

Figure 5, les épaisseurs des couches de surface et de base peuvent être modifiées à l'aide des curseurs « épaisseurs ».

Les épaisseurs de GNT peuvent être modifiées à l'aide du curseur « épaisseur » de la couche de GNT supérieure.

Certains ajustements sont effectués automatiquement comme :

- le découpage de l'épaisseur totale de GNT en sous-couches d'épaisseur maxi 0.25 m
- les valeurs des modules des différentes sous-couches, en fonction de la classe de GNT (GNT1 ou GNT2 ou GNT1/GNT2) et du module de la couche sous-jacente
- le coefficient Ks de la couche de base : Ks=f(Esous-jacent)
- le coefficient Sh (écart-type sur l'épaisseur H) et donc la valeur du coefficient de risque Kr=f(Sh) pour la couche de base.

Modification des épaisseurs des couches de surface et de base à l'aide des curseurs « épaisseurs »

T AI	lizé-Lcp	oc -	nodule	Aéro	onau	itique - Don	nées de	calcul										
Fichi	ier Sti	ruct	ure de cl	naus	sée	Trafic avid	ons Au	utres données	trafic Bibliothè	que matériau	x Calcul Al	izé C	onfigure	r Alizé	?			
- Voir	la stru	ctur	re de cha	uss	ée													
Titre	: Str	ruct	ture bitu	mine	eus	e - modèle l	VIf1											
			épaiss (m)	١.		Young (MPa)	Nu	Type de matériau	Critère dimensionnant	Risque (%)	Sig6 ou Epsi6 ou A	-1/b	SH	SN	Kr	1/Ks	1/Kd	Kc
	فالمو	۰.	0.06	1	•	f(T,F)	0.350	eb-bbme3										
	collé	۰.	0.18	•	Þ	f(T,F)	0.350	eb-gb3	EpsilonT-inf	∢ → 5.0	90	5	0.025	0.3	0.744	1.0		f(RseR)
	collé	۰.	0.25	1	Þ	600.0	0.350	gnt1										
	collé		0.25			240.0	0.350	gnt1					_					
	colle		infini			80.0	0.350	pf2qs	EpsilonZ-sup		16000	-0.222						
		Hg	gnt= 0.500) m				Gnt1/Gnt1										
			/															
													K D	étails		Modi	fier la s	structure
	_/																	

Modification des épaisseurs de GNT à l'aide du curseur « épaisseur » de la couche de GNT supérieure.

Figure 5. Modification des épaisseurs des couches

2.2.2. Modification des types et classes des matériaux

Tous les matériaux peuvent être modifiés. Comme indiqué sur la Figure 6, ceci est réalisé en double cliquant sur le la case « type de matériau » à modifier.

Pour les matériaux bitumineux, une fenêtre avec la bibliothèque des matériaux standards selon la norme NF P 98-086 apparait alors. Le choix d'un matériau se fait en sélectionnant sur la ligne correspondante au matériau désiré et en cliquant ensuite sur la case « OK ». Les différents paramètres mécaniques de cette couche seront alors automatiquement modifiés en conséquence.

Les matériaux bitumineux pouvant être utilisés dans le domaine aéronautique ainsi que leurs caractéristiques sont détaillées dans les paragraphes 5 et 6 du guide de dimensionnement (STAC, 2014).

Pour les matériaux granulaires, une fenêtre avec les différents types de GNT utilisés en fondation apparait alors. Le type de GNT désiré peut être sélectionné puis validé en cliquant sur la case « OK ». Les modules des différentes sous-couches de GNT en fonction de la catégorie sont alors ajustés automatiquement ainsi que les modules des couches sous-jacentes et le coefficient Ks de la couche de base.

Le choix du type de GNT en fonction de la classe de trafic est précisé dans le paragraphe 6.7.5 du guide de dimensionnement (STAC, 2014).

Pour la plate-forme, une fenêtre avec la bibliothèque des matériaux standards pour les GNT et sols selon la norme NF P 98-086 apparait alors. Il faut cliquer sur la ligne correspondante au matériau désiré et ensuite cliquer sur la case « OK ».

Dans cette fenêtre, deux types de GNT sont proposés : GNT-inv et GNT-be. Si l'utilisateur clique sur une de ces deux lignes, un message d'erreur apparait en précisant qu'il est impossible de choisir ces matériaux. Seuls les différents types de plate-formes peuvent être sélectionnés. Les différents paramètres mécaniques de cette couche, ainsi que les modules des couches de GNT supérieures, seront alors automatiquement modifiés en conséquence.



Figure 6. Choix des matériaux

2.2.3. Utilisation d'un matériau hors bibliothèque

Il est possible d'utiliser un matériau hors bibliothèque. Pour cela, il faut l'ajouter manuellement. Comme expliqué sur la Figure 7, il faut :

- Dans la barre de menu principale, aller dans « Bibliothèque des matériaux »
- Dans la barre de menu de la fenêtre « Bibliothèque des matériaux », choisir « Ajouter-Supprimer », puis « Ajouter un matériau »
- Une fenêtre apparait indiquant qu'un nouveau matériau au statut « user » a été ajouté en fin de liste et qu'il faut choisir ses caractéristiques.



Figure 7. Ajout d'un nouveau matériau à la bibliothèque

Il faut maintenant définir manuellement les différents paramètres de ce nouveau matériau et l'enregistrer dans la bibliothèque.

Dans l'exemple de la Figure 8, un nouveau matériau est défini. Il s'appelle « eb-nouveau » et ses paramètres sont choisis arbitrairement.

Au moment de rentrer les modules des matériaux (pas dans la 2ème colonne, non éditable, mais dans les colonnes 9 à 14), une fenêtre apparait indiquant qu'il faut rentrer au moins deux valeurs et au maximum 6 valeurs, correspondant à une fréquence de 10 Hz, et à différentes températures parmi celles proposées. Le module à 15°C et 10 Hz, est automatiquement calculé à partir des valeurs rentrées, et apparait alors dans la 2ème colonne.



Figure 8. Choix du nouveau matériau

Une fois tous les paramètres renseignés, il faut cliquer sur « Fermer », une fenêtre apparait demandant si les modifications doivent être sauvegardées. Il faut cliquer sur « Oui », une autre fenêtre apparait indiquant que la mise à jour de la bibliothèque a été enregistrée.

Par défaut, la bibliothèque est enregistrée sous :

D:/ « Nom de l'utilisateur » / Documents / Alize-Lcpc my-files / Librairies Le nom du fichier est « matuser.lib ».

Une fois le nouveau matériau enregistré, comme indiqué sur la Figure 8, il est possible de choisir ce nouveau matériau dans la structure. Comme indiqué dans le paragraphe 0, il faut double-cliquer sur la case « Type de matériau », la fenêtre avec les matériaux de la bibliothèque s'ouvre, il est alors possible de choisir le matériau ajouté.

Il est important de préciser que quand un matériau ajouté est utilisé dans une structure comme couche de base, lors des calculs de dimensionnement, une fenêtre apparait demandant de définir le paramètre Kc. Il est proposé de choisir parmi une loi d'évolution du même type que celui d'une GB ou d'un EME2. Il faut alors préciser « gb » ou « eme2 » dans la fenêtre avant de pouvoir lancer les calculs.

Pour supprimer ce matériau de la bibliothèque, il faut :

- Dans la barre de menu principale, aller dans « Bibliothèque des matériaux »
- Dans la barre de menu de la fenêtre « Bibliothèque des matériaux »
- Sélectionner le matériau à supprimer
- Choisir « Ajouter-Supprimer », puis « Supprimer le matériau sélectionné »
- Une fenêtre apparait indiquant que le nouveau matériau a été supprimé

2.2.4. Modification des coefficients de Poisson des matériaux

Il est possible de modifier les coefficients de Poisson de tous les matériaux. Pour cela, double-cliquez sur la case concernée.

Pour le coefficient de Poisson, une fenêtre apparait alors. Il est possible de choisir la valeur de ce coefficient. Si l'utilisateur entre une autre valeur que celle par défaut (0.35), un message d'avertissement apparait alors. Ce message indique que la valeur choisie n'est pas conforme à la méthode rationnelle de dimensionnement des chaussées aéronautiques souples.

La Figure 9 montre cette possibilité.

Fichie Voir la	zé-Lope er Stro a struc	ture	nodule / ure de ch e de cha	Aéro naus	onau sée :ée -	tique - Dor Trafic avi	inées de ons A	e calcul utres données	trafic Bibliothè	que matériau	x Calcul Al	izé C	onfigurei	r Alizé	?			X
Titre :	Str	uctu + [ire bitur épaiss (m) 0.06	mine	euse	e - modèle Young (MPa) f(T,F)	Mf1 Nu 0.350	Type de matériau eb-bbme3	Critère dimensionnant	Risque (%)	Sig6 ou Epsi6 ou A	-1/b	SH	SN	Kr	1/Ks	1/Kd	Кс
	collé - collé - collé -	+ - + -	0.18	4	•	f(T,F) 600.0	0.350	eb-gb3 gnt1	EpsilonT-inf	▲ ▶ 5.0	90	5	0.025	0.3	0.744	1.0		f(RseR)
	collé -	Hg	infini nt= 0.500	D m		80.0	0.350	pf2qs Gnt1/Gnt1	EpsilonZ-sup		16000	-0.222]					
													K Dé	étails		Modi	fier la s	tructure
						- Coeff. Po	Disson M Ar	lu= 0.350	Si de	modificatio Nu	DN	-Lcpc - M	lodule Aéror ota : la valeu u Guide''Dim	nautique, Ir Nu= 0. nensionne	, données S 38 n'est pas ement des r	tructure conforme chaussées	aux recoi aéronauti	mandations ques". OK

Figure 9. Modification des coefficients de Poisson

2.2.5. Modification du risque

Dans le paragraphe 3.1.1 du guide de dimensionnement (STAC, 2014), des valeurs de risques en fonction de la classe de trafic sont suggérées, tout en précisant que ce paramètre doit être fixé par le maître d'ouvrage.

Comme expliqué sur la Figure 10, il est possible de modifier les valeurs de risque en cliquant sur les curseurs.

Т	itre :	Stru	ctu	re bitun	nine	us	e - modèle	Mf1														
				épaiss (m)			Young (MPa)	Nu	Type de matériau	Critère dimensionnant	Ris	sque (%)	e		Sig6 ou Epsi6 ou A	-1/b	SH	SN	Кг	1/Ks	1/Kd	Kc
		+	_	0.06	4	₽	f(T,F)	0.350	eb-bbme3			~										
	COI	1e -+	-	0.18	•	•	f(T,F)	0.350	eb-gb3	EpsilonT-inf	(•	$\left[+ \right]$	1	5.0	90	5	0.025	0.3	0.744	1.0		f(RseR)
	COI	1e +	-	0.25	4	►	600.0	0.350	gnt1		М	Z	1									
	COI	ie —		0.25	_		240.0	0.350	gnt1		1											
	COL	le –		infini			80.0	0.350	pf2qs	EpsilonZ-sup	1				16000	-0.222]					
			Hgr	nt= 0.500	m				Gnt1/Gnt1	-	-						-					
																	K D	étails		Modi	fier la s	tructure
																_						

Figure 10. Modification du risqué

2.3. Modifier le modèle de structure souple : autres fonctionnalités

2.3.1. Ajout d'un substratum rigide

Dans le paragraphe 4.6.1 du guide de dimensionnement (STAC, 2014), il est précisé que si un substratum rigide se situe à une profondeur comprise entre 2 et 6 mètres, on devra tenir compte de sa présence dans le modèle en divisant le massif support en deux couches. L'une est d'épaisseur finie et l'autre, représentant le substratum, est d'épaisseur infinie.

Afin d'ajouter un substratum rigide, comme indiqué sur la Figure 11, double-cliquer sur la case « infini ». Un message apparait demandant de confirmer ce choix. Cliquer alors sur « OK ».

Pour supprimer ce substratum rigide et revenir à un massif support homogène de hauteur infinie : double-cliquer à nouveau sur la case "infini".



Figure 11. Ajout d'un substratum rigide

2.3.2. Réglage au millimètre des épaisseurs

Il est possible d'avoir un réglage au millimètre près des épaisseurs des couches, en cliquant sur le signe + ou le signe – (Figure 12).

Remarque : Fonction initialement réservée à des études paramétriques amont. Le dimensionnement peut également être effectué au mm près, mais arrondir ensuite au cm ou ½ cm près.



Figure 12. Réglage au millimètre des épaisseurs

2.3.3. Commande « K Détails »

Sous la structure de chaussée affichée, à droite, il y a un bouton « K Détails ».

La commande « K Détails » : sert à éditer à l'écran la synthèse des paramètres mécaniques utilisés pour les calculs ultérieurs de dommage. En particulier les modules des matériaux hydrocarbonés E=f(T,F), fonction de la température équivalente et de la vitesse associées à chaque avion du trafic, et les valeurs admissibles EpsiT-adm et EpsiZ-adm.

Comme certains de ces paramètres dépendent de la température et de la vitesse fixées pour chaque avion, le trafic Avions doit être défini avant l'utilisation de la fonction « K Détails ».

2.3.4. Supprimer une couche de base en enrobé

Le paragraphe 1.2 (et 2.6) du guide de dimensionnement (STAC, 2014) précise que pour les cas où le trafic dimensionnant est faible et peu agressif vis-à-vis de la chaussée considérée, la couche de base peut être réalisée en matériaux granulaires.

Sa mise en œuvre avec Alizé-Aéronautique se fait simplement en supprimant la couche de base en enrobé.

Pour supprimer la couche de base en enrobé, cliquer sur le curseur gauche du réglage de l'épaisseur de la couche de base jusqu'à ce que l'épaisseur soit égale à zéro. Une fenêtre apparait alors en demandant si on confirme cette suppression ou pas.

En cliquant sur OK, la couche de base en enrobé est supprimée automatiquement (Figure 13). La couche de base granulaire sera alors intégrée dans la couche de fondation en GNT.



Figure 13. Supprimer la couche de base en enrobé

2.3.5. Ajouter une couche de liaison

Il est possible d'ajouter une couche de liaison en double-cliquant sur la case de l'épaisseur de la couche de roulement. Une fenêtre apparait et demande si on veut ajouter une couche de liaison ; cliquer alors sur oui.

Une couche de 5 cm de BBSG-3 est alors automatiquement ajoutée au modèle flexible (Figure 14). Il est possible de modifier les différents paramètres de cette couche.

Alizé-Lepe - mo	dule Aérona	autique - Don	nées de	calcul	1.00								-	
Fichier Structure	de chaussé	e Trafic avio	ons Au	tres données	trafic Bibliothè	que matériaux	Calcul Al	izé Co	onfigure	r Alizé	?			
- Voir la structure d	e chaussée	e ———												
Titre : Structure	bitumineu	se - modèle l	VIf1											
ép (aiss m)	Young (MPa)	Nu	Type de matériau	Critère dimensionnant	Risque (%)	Sig6 ou Epsi6 ou A	-1/b	SH	SN	Kr	1/Ks	1/Kd	Кс
+ 0	.06 4	f(T,F)	0.350	eb-bbme3]								
	.18	f(T,F)	0.350	eb-gb3	EpsilonT-inf	↓ 5.0	90	5	0.025	0.3	0.744	1.0		f(RseR)
colle + 0	.25 🔺	600.0	0.350	gnt1					·1					
colle 0	.25	240.0	0.350	gnt1										
colle ir	fini	80.0	0.350	pf2qs	EpsilonZ-sup		16000	-0.222						
Hgnt=	0.500 m			Gnt1/Gnt1										
			-	Alizé-Lcpc - Mo	dule Aéronautique, do	nnées Structure								
									Кр	étails		Modi	fier la s	tructure
				- 🕐 Sou	haitez-vous ajouter une	couche de liaison	à la structure act	tuelle ?						
				Sou	haitez-vous ajouter une	couche de liaison	à la structure act	tuelle ?						
			/	Sou	haitez-vous ajouter une	couche de liaison	à la structure act Oui	tuelle ? Non						
			/	Sou	haitez-vous ajouter une	couche de liaison	à la structure act	tuelle ? Non						
			/	Sou	haitez-vous ajouter une	couche de liaison	à la structure act	tuelle ? Non						
· Voir la structure de	chaussée		/	Sou	haitez-vous ajouter une	couche de liaison	à la structure act	Non						
Voir la structure de Titre : Structure	e chaussée bitumineu:	se - modèle M	Af1	Sou	haitez-vous ajouter une	couche de liaison	à la structure act	Non						
-Voir la structure de Titre : Structure ép (e chaussée bitumineu aiss m)	e se - modèle M Young (MPa)	Af1 Nu	Type de matériau	haitez-vous ajouter une Critère dimensionnant	Risque (%)	à la structure act	Non -1/b	SH	SN	Kr	1/Ks	1/Kd	Kc
Voir la structure de Titre : Structure (+ 0	e chaussée bitumineu aiss m) 06 4 14	se - modèle M Young (MPa) f(T,F)	Af1 Nu 0.350	Type de matériau eb-bbme3	haitez-vous ajouter une Critère dimensionnant	couche de liaison	à la structure act	Non -1/b	SH	SN	Kr	1/Ks	1/Kd	Кс
- Voir la structure de Titre : Structure ép (collé + 0	e chaussée bitumineu aiss m) .06 4 4	se - mgdèle M Young (MPa) f(T,F) f(T,F)	Af1 Nu 0.350 0.350	Type de matériau eb-bbme3 eb-bbsg3	Critère dimensionnant	Risque (%)	à la structure act Oui Sig6 ou Epsi6 ou A	Non -1/b	SH	SN	Kr	1/Ks	1/Kd	Кс
Voir la structure de Titre : Structure ép (collé + 0 collé + 0	e chaussée bitumineu: aiss m) 0.06	se - motèle N Young (MPa) f(T,F) f(T,F) f(T,F)	Af1 Nu 0.350 0.350 0.350	Type de matériau eb-bbme3 eb-gb3	Critère dimensionnant EpsilonT-inf	couche de liaison Risque (%) \$	à la structure act Oui Sig6 ou Epsi6 ou A 90	Non -1/b	SH 0.025	SN 0.3	Kr 0.744	1/Ks	1/Kđ	Kc f(RseR)
Voir la structure de Titre : Structure collé + 0 collé + 0 collé + 0	e chaussée bitumineu aiss m) 0.06 4 18 4 18 4	se - motèle N Young (MPa) f(T,F) f(T,F) f(T,F) f(T,F) 600.0	Af1 Nu 0.350 0.350 0.350 0.350	Type de matériau eb-bbme3 eb-gb3 gnt1	Critère dimensionnant EpsilonT-inf	Risque (%)	à la structure act Oui Sig6 ou Epsi6 ou A 90	Non -1/b	SH 0.025	SN 0.3	Kr 0.744	1/Ks 1.0	1/Kd	Kc f(RseR)
Voir la structure de Titre : Structure collé + 0 collé + 0 collé + 0 collé - 0 collé - 0	e chaussée bitumineu aiss m) .06 4 .18 4 .18 4 .25 4 .25	se - motèle N Young (MPa) f(T,F) f(T,F) f(T,F) f(T,F) 600.0 240.0	Af1 Nu 0.350 0.350 0.350 0.350 0.350	Type de matériau eb-bbme3 eb-gb3 gnt1 gnt1	Critère dimensionnant EpsilonT-inf	Risque (%)	à la structure act Oui Sig6 ou Epsi6 ou A 90	-1/b	SH 0.025	SN 0.3	Kr 0.744	1/Ks 1.0	1/Kd	Kc f(RseR)
· Voir la structure de Titre : Structure collé + 0 collé + 0 collé + 0 collé - 0 collé - 0 collé - 0 collé - 0	e chaussée bitumineu: aiss m) 06 4 4 18 4 18 4 25 4 1 25 fini	se - motèle N Young (MPa) f(T,F) f(T,F) f(T,F) f(T,F) 600.0 240.0 80.0	Af1 Nu 0.350 0.350 0.350 0.350 0.350 0.350	Type de matériau eb-bbme3 eb-gb3 gnt1 gnt1 pf2qs	Critère dimensionnant EpsilonT-inf EpsilonZ-sup	Risque (%)	à la structure act Oui Sig6 ou Epsi6 ou A 90	-1/b	SH 0.025	SN 0.3	Kr 0.744	1/Ks	1/Kd	Kc f(RseR)

Figure 14. Ajout d'une couche de liaison

Il est possible de supprimer la couche de liaison en double-cliquant sur la case de l'épaisseur de la couche de roulement. Une fenêtre apparait et demande si on veut supprimer la couche de liaison, cliquer alors sur oui.

2.3.6. Bouton « modifier la structure »

Le bouton « Modifier la structure » permet d'afficher une fenêtre d'aide. Différentes explications sont données : comment changer l'épaisseur d'une couche,..... (Figure 15).



Figure 15. Modification de la structure

2.4. Enregistrer la structure de chaussée

Il est possible d'enregistrer la structure de chaussée en cliquant sur (Figure 2) :

- « Fichier »
- « Données Structures »
- « Enregistrer sous »
- Une fenêtre apparait alors
- Le chemin proposé par défaut est : « Bibliothèques\Documents »
- Le nom du fichier est à compléter
- L'extension est en « .dat »

3. Configuration générale d'Alizé-Aéronautique





Il est possible de modifier quelques réglages par défaut d'Alizé-Aéronautique.

Dans la barre de menu principale, dans l'onglet « Configurer Alizé », puis dans « Configuration générale » (

Figure 16), il est possible de modifier :

- La température équivalente
- Les paramètres « Click jaune Alizé »
- Le format d'affichage (polices élargies)
- Le chemin d'accès du dossier d'enregistrement par défaut
- Le chemin d'accès d'enregistrement de nouveau matériau par défaut
- La langue (français ou anglais)
- Des options pays, unités et convention de signes sont aussi rappelée par un clic sur les boutons correspondants

Les paramètres « Click jaune Alizé » servent uniquement à modifier la couleur des cases « Critère dimensionnant », qui sont de couleur verte par défaut.

Par défaut, la température équivalente est 15°C.

Le paragraphe 3.1.4 du guide de dimensionnement (STAC, 2014) précise que cette température est applicable pour les climats océanique, méditerranéen ou continental. D'autres valeurs de températures équivalentes en fonction du type de climat ou de lieu sont aussi précisées.

Contrairement à ce qui est écrit, il n'est pas possible de modifier la bibliothèque standard des matériaux. La méthode rationnelle de dimensionnement des chaussées aéronautiques souples précise que les paramètres des matériaux sont par défaut ceux indiqués dans le Guide d'Application des Normes (STAC, 2009), correspondant à la bibliothèque « Norme NF P 98-086 ».

🏹 Aliz	é-Lcp	c - m	odule A	4éro	naut	ique - Don	inées de	calcul		-			10						
Fichier	Str	uctu	re de ch	aus	sée	Trafic avid	ons Au	utres données	trafic	Bibliothe	que matéria	ix Calcul A	lizé (Configure	r Alizé) ?			
- Voir la	struc	ture	de cha	uss	ée —								_	Con	igurati	on géné	rale	\geq	
Titre :	Str	uctu	re bitun	nine	use	- modèle l	Mf1							Préfé	erences	aérona	utiques		
			épaiss (m)			Young (MPa)	Nu	Type de matériau	C dime	Critère ensionnant	Risque (%)	Sig6 ou Epsi6 ou A	-1/b	о ѕн	SN	Kr	1/Ks	1/Kd	Kc
	àllo	+_	0.06	•	▶	f(T,F)	0.350	eb-bbme3				-	/			_			
	ollé	+_	0.18	•	Þ	f(T,F)	0.350	eb-gb3	Ep	silonT-inf	▲ ▶ 5.0	90	5	0.025	0.3	0.744	1.0		f(RseR)
	ollé	+_	0.25	•	►	600.0	0.350	gnt1											
	ollé		0.25			240.0	0.350	gnt1						_					
			infini		l	80.0	0.350	pf2qs	Ep	silonZ-sup		16000	-0.2	22					
		Hgn	it= 0.500) m				Gnt1/Gnt1											
														KD	étails		Modi	fier la s	structure
											¥								~
	Aliz	té-Lop	c - Config	gurat	ion ge	énérale	_												~
	Bibl	iothèo	ue des r	natéi	riaux	standards —				Dossier Me	s documents /	lizé-Lopo —					Lan	gue	
		Guide C	DSC94 et	Catas	98					D:\sonm\De	ocuments					_	Option	Pavs	1
		tornic	11 1 30-00	~				Ré-initialiser						M	odifier				
															Juner		Unit	tés	
	Ten	npérat	ure équi	valen	ite de	s mat. hydro	carbonés			Bibliothèqu	le mécanique d	es matériaux p	person	inels			Sigr	nes	1
		etaEq (°C) =	15.0				Ré-initialiser		D:\cumer	ts\Alize-Lcpc m	y files\Libraries	s\matu	ser.lib					
	Ast	uce dı	ı jour —																
		Affiche	er l'Astuce	e du jo	ur au	démarrage d'A	lizé							M	odifier				
	-"Cli	ck jau	ne'' Alizé	_	_				_										
	•			4			•	•											
	_	R= 2	05		G=	255	B= 19	0											
								Ré-initialiser											
	Ecr	ans A	lizé - forn	nats	spéci	iaux											Ann	uler	
		Fenêtr	es élargie	s (XP	-police	e large, Vista)										0	к	1

Figure 16. Configurer Alizé : configuration générale

Dans la barre de menu principale, dans l'onglet « Configurer Alizé », puis dans « Préférences aéronautiques » (Figure 17), il est possible de modifier certains paramètres par défaut comme :

- Le trafic cumulé : qui est fixé à 36500 passages
- Le balayage transversal : la valeur fixée est de 1.5m. Cette valeur est celle indiquée par le paragraphe 3.1.3.2 du guide de dimensionnement (STAC, 2014) pour les sections circulées à vitesse élevée.
- La vitesse des avions : la valeur fixée est de 100 km/h. Cette valeur est celle indiquée par le paragraphe 3.1.3.1 du guide de dimensionnement (STAC, 2014) pour les sections circulées à vitesse élevée.
- La durée de service : la valeur fixée est de 10 ans. Le paragraphe 3.1.1 du guide de dimensionnement (STAC, 2014) précise que la période de calcul est généralement de 10 ans.

Il est aussi possible de prendre en compte la roulette de nez des avions.

🏹 Alia	zé-Lcp	с -	module A	۱érc	nau	tique - Don	nées de	e calcul	100											
Fichie	r Str	ruct	ure de ch	aus	sée	Trafic avio	ons A	utres données	trafic Bibliothe	que ma	tériaux	Calcul Ali	izé (Configure	r Alizé) ?				
- Voir k	a struc	ctur	e de cha	uss	ée -									Conf	figurati	on géné	rale			
Titre :	Str	uct	ure bitun	nine	euse	- modèle l	Nf1						<	Préfé	érences	aérona	utiques	\geq		
			épaiss (m)			Young (MPa)	Nu	Type de matériau	Critère dimensionnant	Risqu (%)	e	Sig6 ou Epsi6 ou A	-1/k	SH	SN	Kr	1/Ks	1/Kd	Kc	
	فالمو	+_	0.06	•	Þ	f(T,F)	0.350	eb-bbme3												
	collá	+.	0.18	•	Þ	f(T,F)	0.350	eb-gb3	EpsilonT-inf	• •	5.0	90	5	0.025	0.3	0.744	1.0]	f(RseR)	
	collá	+	0.25	•	Þ	600.0	0.350	gnt1												
	collé		0.25			240.0	0.350	gnt1												
	00110		infini			80.0	0.350	pf2qs	EpsilonZ-sup		\land	16000	-0.2	22						
		H	gnt= 0.500	· m .	Pré 1- V T 2- A 	férences A aleurs par rafic cumulé Balayage t Vitesse de: Durée de se utres régla Roulette (Rappeler Options a	éronau défaut (Nb pas transve s avions ervice (a ges de nez p toujours wancée	tiques sages) = 36 rsal(m) = 1. (km/h) = 10 nnées) = 10 torise en compte s les préférence	500 500 0.00 .000 54.00 kr	types				<u> </u>	étails		Modi	fier la :	structure	
									Valeurs stand	dard										

Figure 17. Configurer Alizé : préférences aéronautiques

4. Définition du trafic avion





Le chargement de la Base de données avion (Bda) est obligatoire. En fonctionnement normal, la Bda du STAC est automatiquement chargée par Alizé-Aéronautique.

Un chargement absent ou défectueux est signalé par le message : "Activation impossible du menu Trafic avions. La Base de données avions (Bda) n'a pas été chargée, ou incorrectement chargée."

Dans cette situation, il est possible de charger "manuellement" la Base de données avions. La Bda du STAC est enregistrée dans le fichier ficav2016-10-13.bda sous le répertoire suivant :

C:\Program Files\Alize-Lcpc Routes

Cette base de données est à charger depuis la barre de menu principale (Fichier – Base de données – Ouvrir Bda).

4.1. Sélectionner un avion

La sélection des avions s'effectue à partir de la barre de menu principale. Il faut choisir « Trafic avions » (Figure 18).



Figure 18. Définition du trafic projet dans le menu principal

Il faut maintenant sélectionner les avions du trafic projet.

Cette sélection des avions s'effectue par marque, type et modèle d'avion, à partir des menus déroulants comme indiqué sur les Figure 19, Figure 20 et Figure 21.



Figure 19. Sélection de la marque de l'avion à ajouter au trafic projet



Figure 20. Sélection du type d'avion à ajouter au trafic projet

hier Structu	re de chaus	sée Trafic	avions Autro	es donnée	es trafic Bibliothèque	ue matériaux Calcul Alizé Configurer Alizé ?
ions du trafic	projet —					
re:						
ise de données	avions : C:	Program Files	Alize-Lopo Ro	utes\ficev2	Modèle d'avi	vion
Scanner la B	da	• •	/arque/type		Mrw=142.90t Mtow=142	42.001 Mbv=136.001 Mroues=152.401
IRBUS		▼ A 300		▼ B2	(Mrw=142.9t)	G4 ?
12.00	S A 300 B2	(Mrw=142.9t)	- Mww=16.76	it B4/	/C4/600 (Mrw=165.9t)	Rayons, poids, pressions des roues et distances
				600 600	0 R (Mrw=171.4t) 0 ST BELUGA (Mrw=156	156.5t) 0.182 m 0.205 m Dx= 19.2985 m
						9.17 t 16.76 t Dy= -5.5570 m
8.00						- Composition du trafic projet
		+ +-			93.95	
4.00		+ $+$			•2 •4	-
0.00						
0.00	6					
-4.00					•7 •9	
					● 8 ● 10	-
-8.00						
-12.00	2.00	600	10.00	14.00	18.00 22	
-2.00	2.00	0.00	10.00	14.00	10.00 22	
Dessiner l'	atterrisse	ur avant	Р	our ajout	er cet avion au trafic	;> projet : Click sur la flèche

Figure 21. Sélection du modèle d'avion à ajouter au trafic projet

Des informations sur le rayon, le poids et la pression des roues, ainsi que les distances, sont affichées automatiquement sur la fenêtre principale (Figure 21).

Le numéro de groupe de l'avion (selon le GAN) est aussi automatiquement indiqué.

Il est possible d'avoir d'autres informations sur l'avion sélectionné en cliquant sur le bouton «?».

🦰 Ali	zé-Lopo - r	nodule Aéro	nautique - Do	onnées de ca	alcul	-								×	
Fichie	er Structu	ire de chauss	ée Trafic a	vions Autro	es données trafic	Bibliothèq	ue maté	riaux Cal	lcul Alizé	Configurer A	Alizé ?				
Avior	is du trafic	projet													
Titre	:														
Base	de donnée:	avions : C:\F	Program Files\4	Alize-Lcpc Ro	utes\ficav2016-02-	16.bda									
O S	C Scanner la Bda C Marque/type Mrw=142.90t Mtow=142.00t Mtw=136.00t Mrou Rayons, poids, pressions des														
AIRE	BUS		▼ A 300		▼ B2 (Mrw=	142.9t)	1	G4 ?	roues et distances						
12	AIRBU	S A 300 B2 (I	Vrw=142.9t) -	- Mww=16.76	St	(12	96)	-Rayons,	poids, p	ressions des	roues e	et distances			
								Roue	1 182 m	Roue 10	5 m	Dx= 19.2985 m			
								9.	17 t 860 MPa	16.70	6 t h M Pa	Dy= -5.5570 m			
8	.00						7	- Compos	sition du	trafic proiet	Jara	D- 20.0020 m	_		
1	Alizé-Lcpc	- module A	éronautique,	Données Tra	fic avions			×					ן ור		
ſ															
		AIRBUS A 3	00 B2 (Mrw=	142.9t)											
		Compositio	e 4 (seion Ga on de chaque	n) atterrisseur											
		- A1 : P= 0 Pg= 0.86 M	.1798 MN (= Pa	18.33 t)Roue	es no 16 - Pr=	0.090 MN (9	.17 t)								
		- A2 : P= 0 (16.76 t) Pc	.6574 MN (=	67.04 t)Roue	es no 2345 -	Pr= 0.164 M	IN	_							
		- A3 : P= 0	.6574 MN (=	67.04 t)Roue	es no 78910	- Pr= 0.164 I	MN								
		Poids total	J= 1.24 MPa Mrw pondéré	é = 1.4946 M	N (= 152.41 t)										
		Données Fi - Att. avant	cav pour Dca .: Centrage=	12.8% P= 18	8.29 t Pr= 9.15 t F	g= 0.86 MP	а								
		- Att. prpal Avec :	: Centrage=	47% P= 67.1	l6 t Pr= 16.79 t P	g= 1.28 MPa									
		- P= poids	atterrisseur, P	Pr= poids à la	a roue et Pg= pre	sion de con	tact								
		prieu-chau	ssee												
								rojet	t:Click s	sur la flèche					
F							ОК						Quitter A	lizé	

Figure 22. Informations sur l'avion sélectionné

4.2. Ajouter l'avion sélectionné

Une fois que l'avion est sélectionné, il est nécessaire de l'ajouter au trafic projet. Pour cela, il suffit de cliquer sur la flèche rouge située en bas de la fenêtre principale (Figure 23).

Lorsque l'avion est ajouté, il apparait automatiquement dans la fenêtre « Composition du trafic projet ».



Figure 23. Ajout de l'avion sélectionné au trafic projet

4.3. Autres réglages

Il est possible d'obtenir d'autres informations sur l'avion sélectionné comme les axes de roulement (Figure 24).

Alizé-Lcpc - module Aéronautique - Donné	es de calcul		
Fichier Structure de chaussée Trafic avions - Avions du trafic projet Titre : Base de données avions : C:\Program Files\Alize C Scanner la Bda C Marque Aves de roulement des rou	Autres données trafic Bibliothèque mai .cpc Routes\ficav2016-02-16.bda //type	tériaux Calcul Alizé Configurer Alizé	?
7.00- Aces are routement are rou		Composition du trafic projet 1-BOEING B 777 200 (Mrw-248.11) - G	5
-1.00- -2.00- -3.00- -4.00- -5.00- -6.00-			
-7.00- 1 I Dessiner l'atterrisseur avant Precis+ Aide			Quitter Alizé

Figure 24. Affichage des axes de roulement

Il est aussi possible de ne pas visualiser les atterrisseurs avant. Dans ce cas il faut désélectionner l'option « Dessiner les atterrisseurs avant » (Figure 25).

Alizé-Lo	cpc - module A	éronautique	- Donnée	s de calcu) onnács tr	afic Pib	liothàgus	maté		Colcul Alizó	Configurer Alizó	2	
-Avions du	trafic projet-	aussee Trat	ic avions	Autres d	onnees tr	atic bib	liotneque	mate	enaux	Calcul Alize	Configurer Alize	1	_
Titre :													
Base de de	onnées avions :	C:\Program Fi	es\Alize-L	cpc Routes	\ficav2016	-02-16.bd	а						
C Scann	er la Bda	•	Marque/	type	0	Axes de	rouleme	nt	Mrv	/=248.11t Mtow=	=247.50t MIw=201.80	t Mroues=261.63t	
BOEING		▼ B 777			▼ 200 (M	Irw=248.1	t)	_	- Pav		essions des roues	et distances	
8.00-	BUEING B /77 2	UU (Mrw=248	.πτ) - MW\	N=19.37t			(92/296)		F	loue 1	Roue 14	ot alotanoco	
_		_	0 3 (5 07						0.180 m 14.58 t	0.216 m 19.37 t	Dx= 27.3300 m Dy= -6.5750 m	
			0 2	4 🛛 6						I.406 MPa nposition du ti	1.301 MPa	D= 28.1098 m	
4.00-									1-B	DEING B 777 20	0 (Mrw=248.1t) - G5		
_													
0.00-													
_													
-4.00-													
_			10.10	42									
				12 01									
-8.00-	00	22.00		00	20	00	24	00					
10.	.00	22.00	20				34.	.00					
🗖 Dess	siner l'atterriss	seur avant		Pour	ajouter c	et avion a	au trafic	-	> •	rojet:Click su	ur la flèche		
Precis+	Aide											Qu	itter Alizé

Figure 25. Ne pas dessiner l'atterrisseur avant

5. Réglages des autres données trafic





Le choix des autres paramètres s'effectue à partir de la barre de menu principale, en cliquant sur l'onglet « Autres données trafic » (Figure 26).

Les paramètres qui s'affichent par défaut sont ceux définis dans le menu « Configurer Alizé », puis « Préférences aéronautiques » (voir chapitre 5).

🏹 Alizé-	Lcpc - module Aéronautique - Donn	ées de calcul			-					X
Fichier	Structure de chaussée Trafic avior	Autres données	trafic Bi	ibliothèque matéri	aux Ca	alcul Alizé Co	onfigurer Alizé	?		
-Autres d	données du trafic projet : Période de	e calcul, fréquences	s et balaya	ages —						
Titre :										
	Avions	Masse		Mouvements		Trafic cumulé	Balayage=	Vitesse	Temperature	
	du trafic projet	(t)	Nombre	Unités	Ta(%)		2xEcTypes(m)	(km/h)	TetaEq	
1-BOEING	6 B 777 200 (Mrw=248.1t) - G5	Mrw 248.110	36500	Mvts cumulés	0	36 500	1.50	100.0	15	
						1	1 1			





Figure 26. Réglages des autres données trafic
5.1. Choix de la masse

Plusieurs masses sont fournies par les constructeurs d'aéronefs et peuvent être sélectionnées en cliquant sur la case verte « Mrw ». :

- la masse maximale pour les évolutions au sol portée au certificat de navigabilité (ou masse maximale au roulage Mrw) correspondant à la masse maximale de l'avion acceptable pendant les manœuvres au sol sur les aires de trafic.
- la masse maximale au décollage, Mtow, portée au certificat de navigabilité correspondant à la masse maximale de l'avion acceptable au décollage.
- la masse maximale à l'atterrissage, Mlw, portée au certificat de navigabilité correspondant à la masse maximale de l'avion acceptable à l'atterrissage.
- « Autre »

Comme indiqué dans le chapitre 3.1.2.2 du guide de dimensionnement (STAC, 2014), à défaut d'informations plus précises, on utilisera les masses constructeur suivantes :

- la masse maximale au roulage Mrw pour les décollages.
- la masse maximale à l'atterrissage Mlw pour les atterrissages.

<u>Remarque</u> : Si une autre masse que Mrw, Mtow ou Mlw doit être utilisée, il est possible de sélectionner « Autre » et de rentrer manuellement la masse voulue.

5.2. Choix du nombre de mouvements

Comme indiqué sur la Figure 26, le nombre de mouvements est un paramètre à définir pour chaque avion.

Par défaut est affiché le nombre de mouvements cumulés, qui est choisi égal à 36 500.

La valeur par défaut de 36 500 peut être modifiée dans la partie « Configurer Alizé », puis « Préférences aéronautiques » (voir chapitre 5)

Pour modifier le nombre de mouvement il est possible, en cliquant sur la case verte « mouvements cumulés », de choisir :

• Le nombre de mouvements cumulés (case « Mvts cumulés »), i.e. le nombre de mouvements de l'aéronef sur toute la durée de calcul, dans ce cas,

La période de calcul n'apparait pas

Le taux d'accroissement ne peut pas être renseigné

- Le nombre de mouvements par jour (case « Mvts/jour »), dans ce cas,
 - Il faut renseigner la période de calcul (par défaut, 10 ans)
 - o Il faut renseigner le nombre de mouvements par jour
 - Il faut éventuellement renseigner le taux d'accroissement (case « Ta(%) »)
 - Le trafic cumulé sur la période de calcul est automatiquement calculé
- Le nombre de mouvements par semaine (case « Mvts/semaine »), dans ce cas,
 - Il faut renseigner la période de calcul (par défaut, 10 ans)
 - Il faut renseigner le nombre de mouvements par semaine
 - Il faut éventuellement renseigner le taux d'accroissement (case « Ta(%) »)
 - Le trafic cumulé sur la période de calcul est automatiquement calculé
- Le nombre de mouvements par mois (case « Mvts/mois »), dans ce cas,
 - o Il faut renseigner la période de calcul (par défaut, 10 ans)
 - Il faut renseigner le nombre de mouvements par mois
 - o II faut éventuellement renseigner le taux d'accroissement (case « Ta(%) »)
 - o Le trafic cumulé sur la période de calcul est automatiquement calculé

Le choix du nombre de mouvement cumulé/par jour/par mois/par semaine est indépendant d'un aéronef à l'autre.

5.3. Réglage du balayage, de la vitesse et de la température équivalente

Les paramètres balayage, vitesse et température équivalente peuvent être modifiés.

Ceux qui apparaissent par défaut peuvent être modifiés dans la partie « Configurer Alizé », puis « Préférences aéronautiques » (voir chapitre 5).

Les paramètres par défaut, balayage = 1.5 mètres et vitesse = 100 km/h sont les paramètres utilisés pour le dimensionnement d'une section circulée à vitesse élevée.

Cependant :

- le tableau 4 du guide de dimensionnement (STAC, 2014) indique les vitesses de déplacement en fonction du type de section.
- le tableau 5 du guide de dimensionnement (STAC, 2014) indique les écart-types (balayage = 2* écart-type) en fonction du type de section.
- Le chapitre 3.1.4 du guide de dimensionnement (STAC, 2014) indique les valeurs de température équivalente en fonction du type de climat ou de la zone géographique.

5.4. Enregistrement du trafic projet

Il est possible d'enregistrer le trafic projet en cliquant sur (Figure 2) :

- « Fichier »
- « Données Trafic avion »
- « Enregistrer sous »
- Une fenêtre apparait alors
- Le chemin proposé par défaut est : « Bibliothèques\Documents »
- Le nom du fichier est à compléter
- L'extension est en « .dap »

6. Calculs





Il est maintenant supposé que la structure a été définie, ainsi que le trafic et les autres données liées au trafic. La prochaine étape est le lancement les calculs.

Deux options de calculs sont proposées :

- « Calcul unique » des déformations et des dommages pour les données Structure et Trafic sélectionnées (pas d'itérations sur les épaisseurs). Les ajustements d'épaisseurs visant une valeur de dommage cumulé égale à 1 seront réalisés manuellement.
- « Calcul itératif » : itérations sur les épaisseurs visant une valeur de dommage cumulé égale à 1. Selon le choix de l'utilisateur, les itérations seront faites par ajustements de l'épaisseur de la couche de base (Gb, Eme) ou de Gnt, pour les structures Flexibles "Mf1'. La couche à ajuster est repérée par la couleur rouge de sa case « épaisseur ».

Les calculs peuvent être lancés à partir de la barre de menu principal, en sélectionnant « Calcul Alizé » puis « Calcul unique » ou « Calcul itératif » (Figure 27).

77 Ali	zé-Lcp	oc - I	module A	۱éro	nau	itique - Don	nées de	e calcul					_							- X
Fichie	er St	ruct	ure de ch	aus	sée	Trafic avid	ons Au	utres données	trafic Bibliothè	que n	nat	ériaux	Calcul Al	izé) C	onfigure	r Alizé	?			
- Voir I	a stru	ctur	e de cha	uss	ée ·								Cal	cul uni	que	H				
Titre :	Sti	ruct	ure bitun	nine	eus	e - modèle l	Mf1						Cal	cul iter	atif					
			épaiss (m)			Young (MPa)	Nu	Type de matériau	Critère dimensionnant	Risq (%	jue 6)		Sig6 ou Epsi6 ou A	-1/b	SH	SN	Kr	1/Ks	1/Kd	Кс
		+_	0.06	•	Þ	f(T,F)	0.350	eb-bbme3												
	colle	+	0.18	4	Þ	f(T,F)	0.350	eb-gb3	EpsilonT-inf	•	۰I	5.0	90	5	0.025	0.3	0.744	1.0]	f(RseR)
	colle	+	0.25	•	Þ	600.0	0.350	gnt1											,	
	colle		0.25			240.0	0.350	gnt1												
	colle		infini	1		80.0	0.350	pf2qs	EpsilonZ-sup	1			16000	-0.222						
		Hg	gnt= 0.500	m				Gnt1/Gnt1		-										
															K D	étails		Modi	fier la s	structure

Figure 27. Lancement des calculs

6.1. Calcul selon le mode unique

Afin d'illustrer le déroulement des calculs selon le mode « Calcul unique », un trafic projet avec deux avions a été défini :

- Un Airbus A300 B2
- Un Boeing B777 200

Les paramètres trafic choisis sont ceux par défaut.

6.1.1. Lancement des calculs

Le calcul peut être lancé à partir de la barre de menu principale, « calcul Alizé », puis « Calcul unique » (Figure 28). Dans notre cas, une fenêtre apparait indiquant que le trafic par défaut n'a pas été modifié et demandant si l'on souhaite continuer.

Après un clic sur « OK », une autre fenêtre apparait alors, indiquant les valeurs :

- de la RseR (Roue Simple Equivalente Rationnelle), qui est définie dans le chapitre 2.6 du guide de dimensionnement (STAC, 2014),
- du coefficient de calage Kc des matériaux bitumineux, calculé en fonction de la RseR (voir chapitre 2.7.1.2 du guide de dimensionnement (STAC, 2014).

Cliquer à nouveau sur « OK ».



Figure 28. Lancement des calculs selon le mode "Calcul unique"

Une fois les calculs lancés, une fenêtre apparait (Figure 29). C'est le premier résultat de calcul : le dommage avec balayage à la base de la couche de matériaux bitumineux pour le premier avion du trafic projet. L'enchainement des calculs est le suivant :

- calcul des dommages à la base de la couche de matériaux bitumineux pour chaque avion du trafic projet
- calcul des dommages au sommet de la couche de matériaux non liés pour chaque avion du trafic projet



Figure 29. Premier résultat de calcul

6.1.2. Enchainement des calculs

Pour effectuer tous les calculs, il faut (Figure 30) :

- soit cliquer sur « Calcul suivant », à la fin de chaque calcul
- soit cocher la case « Enchainement auto » et ensuite cliquer sur « Calcul suivant », dans ce cas l'enchainement des calculs est automatique

Dommages par avion	Dommages cumulés
 Avec balayage 	Sans balayage
	Enchainement auto
Zoom ?	Calcul suivant
Détails calculs	Dommages maxi
Enregistrer	Voir Avion
Imprimer	Fermer

Enchainement automatique des calculs

Dommages par avion	Dommages cumulés							
Avec balayage	Sans balayage							
	Enchainement auto							
Zoom ?	Calcul suivant							
Détails calculs	Dommages maxi							
Enregistrer	Voir Avion							
Imprimer	Fermer							

Figure 30. Enchainement des calculs

Quand tous les calculs ont été effectués, le graphique affiché donne les profils transversaux de dommage (pour les enrobés et le sol) pour chaque avion, avec balayage (Figure 31).



Figure 31. Résultats de calculs : dommage avec balayage par avion

Il est possible d'afficher d'autres courbes en sélectionnant les différentes cases entourées en rouge sur la Figure 32. Comme par exemple :

- Le dommage par avion avec balayage
- Le dommage par avion sans balayage
- Le dommage cumulé avec balayage
- Le dommage cumulé sans balayage



Figure 32. Résultats de calcul : dommages cumulés avec balayage

6.1.3. Zoom

Il est possible d'effectuer un zoom directement sur le graphique affiché à l'écran. Pour cela, cliquer sur le bouton « Zoom ? » (Figure 33).

Une fenêtre apparait alors, expliquant comment faire un zoom sur le graphique. Cliquer sur « OK », puis avec la souris, faire un clic gauche sans lâcher pour définir la fenêtre de zoom, puis taper sur la touche « Entrée ». Le zoom est effectué automatiquement.

Pour dé-zoomer, double-cliquer sur le graphique.



Figure 33. Zoom

6.1.4. Détails des calculs

Il est possible d'obtenir certains détails des calculs (comme les résultats sous forme de tableaux) en cliquant sur le bouton « Détails calculs » (Figure 34).

Il est important de préciser que ces détails de calculs sont affichés pour le dernier calcul effectué (donc si tous les calculs ont été lancés, le détail des calculs concernera les données nécessaires pour calculer le dommage pour les matériaux non liés, pour le dernier avion du trafic projet).

Pour avoir les paramètres concernant les matériaux bitumineux et les autres avions, il faut lancer les calculs un par un, et à chaque fois, avant de passer au calcul suivant, il faut cliquer sur « Détails calculs ».

Dans notre cas, les exemples donnés concerneront le Boeing B 777 200 et les paramètres nécessaires pour calculer le dommage au sommet de la couche de sol.



Figure 34. Détails des calculs

Dans la fenêtre « Résultats détaillés », il y a 5 boutons différents :

- Profils 2D
- Surfaces 3D
- Enregistrer
- Voir chargement
- Fermer

Les différentes actions associées à ces boutons sont expliquées dans les paragraphes suivants.

6.1.4.2 Profils 2D

En choisissant « Profils 2D », il est possible de visualiser directement certaines courbes caractérisant la réponse mécanique de la structure. Celles-ci sont affichées dans le cadre « Courbes à tracer » (Figure 35). Ici, il est possible de tracer la déflexion ou la déformation verticale au sommet du sol (couche n°5). Pour les exemples suivants, c'est la déformation verticale au sommet du sol qui sera tracée

Choix du profil, selon xx ou yy

(EpsilonZZ-5-Sup).

Les calculs affichés sur les graphiques peuvent être sur une coupe longitudinale (profil selon xx) ou une coupe transversale (profil selon yy). Par défaut, le profil selon xx est choisi. Pour changer, il suffit de sélectionner « profils selon YY » (Figure 35).



Figure 35. Choix du profil, selon xx ou yy

Tracé des courbes

Pour visualiser les courbes, une fois que le profil selon xx ou selon yy a été choisi, il faut choisir la valeur de l'ordonnée Y où seront effectués les calculs (si profil selon xx) ou la valeur de l'abscisse X (si profil selon yy). Dans l'exemple suivant, les profils seront tracés selon xx. Pour cela il faut (Figure 36) :

- Cocher « pas à pas continu » (option cochée par défaut)
- Puis dans la partie « Réglages », choisir la valeur de Y en faisant défiler les valeurs à l'aide des curseurs.

Les courbes sont affichées automatiquement, et la ligne selon laquelle les calculs sont effectués est affichée en rouge sur la fenêtre « Visualisation du chargement ». Dans notre exemple, le graphique affiché est la déformation verticale au sommet du sol, le calcul est effectué sous les roues intérieures de l'atterrisseur principal de l'avion.

Il est aussi possible d'afficher sur le même graphique, tous les profils selon xx ou yy. Pour cela il faut :

- Choisir le profil selon xx ou yy (pour notre exemple, selon xx)
- Cocher « Enveloppe auto »
- Puis cliquer sur le bouton « Dessiner »

Toutes les courbes sont alors automatiquement affichées (Figure 36).

Il est aussi possible de choisir de tracer une seule courbe sans voir défiler les autres. Dans ce cas il faut :

- Cocher « Pas à pas manuel »
- Choisir le profil selon xx ou yy
- Choisir la valeur de Y ou X
- Cliquer sur le bouton « Dessiner »

La courbe choisie s'affiche alors.



Figure 36. Tracé des courbes : pas à pas continu, manuel ou enveloppe auto

Sens des ordonnées

Il est possible de choisir le sens des ordonnées pour la visualisation des graphiques. Alizé respecte la convention de signe de la mécanique des sols, i.e. signe positif en contraction et négatif en extension.

Par défaut, les signes positifs (contraction) sont vers le bas. Si on veut que les signes positifs soient vers le haut, il faut cocher la case « Ordonnées inversées » (Figure 37).



Figure 37. Sens des ordonnées

Résultats détaillés

Par défaut, dans le cadre « Courbes à tracer », seuls quelques paramètres principaux sont affichés. Il est possible d'en choisir d'autres. Pour cela il faut cocher la case « Résultats détaillés » (Figure 38).

Concernant le dommage dans les enrobés, les courbes que l'on peut tracer sont :

- Par défaut :
 - La déflexion
 - Epsilon2 : déformation principale minimale, en valeur algébrique, au point P, dans le plan (X,Y) considéré (ou valeur d'extension maximale, en valeur absolue, au point P)
 - \circ $\$ La déformation verticale à la base de la couche d'enrobé
- Résultats détaillés :
 - La déflexion
 - o La déformation dans le sens X à la base de la couche d'enrobé
 - o La déformation dans le sens Y à la base de la couche d'enrobé
 - Epsilon2 : déformation principale minimale, en valeur algébrique, au point P, dans le plan (X,Y) considéré (ou valeur d'extension maximale, en valeur absolue, au point P)
 - o La déformation verticale à la base de la couche d'enrobé
 - o La déformation volumique à la base de la couche d'enrobé
 - La déformation déviatorique (ou de cisaillement) à la base de la couche d'enrobé
 - Pmoy : pression moyenne à la base de la couche d'enrobé
 - o Qdev : contrainte déviatorique à la base de la couche d'enrobé

Concernant le dommage dans les sols, les courbes que l'on peut tracer sont :

- Par défaut :
 - La déflexion
 - o La déformation verticale au sommet du sol
 - Résultats détaillés :
 - La déflexion
 - La déformation verticale au sommet du sol
 - La déformation volumique au sommet du sol
 - o La déformation déviatorique (ou de cisaillement) au sommet du sol
 - o La contrainte verticale au sommet du sol
 - o Pmoy : pression moyenne au sommet du sol
 - o Qdev : déviateur des contraintes au sommet du sol



Les valeurs minimales et maximales

En cliquant sur le bouton « Mini-maxi » (Figure 39), une fenêtre s'ouvre et affiche un tableau de valeurs, où chaque ligne correspond à un paramètre (les mêmes que ceux qui sont obtenus en cliquant sur « Résultats détaillés », cf. paragraphe précédent).

Les colonnes indiquent dans l'ordre de gauche à droite :

- La valeur minimale du paramètre
- L'abscisse du point correspondant à cette valeur minimale
- L'ordonnée du point correspondant à cette valeur minimale
- La valeur maximale
- L'abscisse du point correspondant à cette valeur maximale
- L'ordonnée du point correspondant à cette valeur maximale



Figure 39. Valeurs mini et maxi

Visualisation dans le plan X0Y des charges et profils d'observation

En cliquant sur le bouton « Voir Chargt. » une fenêtre apparait (Figure 40), et permet de visualiser :

- La zone où sont effectués les calculs
- Le profil d'observation choisi
- Les empreintes des roues de l'avion concerné par le calcul
- Les numéros des roues
- Les charges des différentes roues de l'avion (force, pression, rayon de la roue) [repérées par leur numéro]
- Si besoin, en cliquant sur le bouton « Symétries ? », une recherche des axes de symétrie est effectuée



Figure 40. Visualisation dans le plan X0Y des charges et profils d'observation

6.1.4.2 Surfaces 3D

Il est possible de visualiser les graphiques des différents paramètres en fonctions des coordonnées X ou Y en 3D. Pour cela, il faut :

- Cliquer sur « Surfaces 3D »
- Choisir le paramètre à visualiser
- Puis cliquer sur « OK »
- Une fenêtre avec la représentation en surface 2D du paramètre choisi s'ouvre alors
- Pour avoir une représentation 3D, il faut cocher la case « Dessin 3D » (Figure 41)



Figure 41. Visualisation des surfaces 2D ou dessin 3D

Pour que la grille de calcul soit affichée, il faut cocher la case « Grille visible » (Figure 42).

Le bouton « Unités ? » permet d'avoir des précisions sur les unités du graphique.



Figure 42. Visualisation des dessins 3D avec grille visible

6.1.4.2 Enregistrer

Le bouton « Enregistrer » permet de sauvegarder certaines données.

Une fenêtre apparait quand on clique sur le bouton « Enregistrer ». Dans cette fenêtre il y a une liste de paramètres (ceux que l'on obtient quand on clique sur « Résultats détaillés » dans la fenêtre de visualisation des graphiques). Pour enregistrer certains de ces paramètres (Figure 43):

- Sélectionner les paramètres choisis
- Puis cliquer sur le bouton « Enregistrer »
- Une fenêtre apparait alors indiquant que c'est la « Fin des opérations d'enregistrement des résultats de calcul Grille »
- On clique sur « OK »
- Une fenêtre apparait alors indiquant le chemin du dossier où sont enregistrés les résultats
- Par défaut, les résultats sont enregistrés sous : « D:/Nom de l'utilisateur /Alize-Lcpc my files / Unamed calculations
- Le nom du fichier est : Alize-Airfield- « Nom du paramètre »-« n°de la couche »-XoY
- L'extension est en .gri (peut s'ouvrir comme un fichier texte)

Si l'utilisateur a enregistré la structure sur laquelle les calculs ont été réalisés, les fichiers sont automatiquement enregistrés dans ce même répertoire (même nom de fichier).

1	🐴 Alizé	-Lepe - Mo	odule Aérona	autique, Ré	sultats détai	llés					
	épaiss. (m)	BOEING B module (MPa)	777 200 (Mm coefficient Poisson	w=248.1t) - Zcalcul (m)	M= 248.1t - E	psilonZ Sup5 (calcul 4/4)	va	riante 1: Durée= 00	:03sec		
	0.060	11000.0 collé	0.350						(1, 0)		
	0.180	9000.0 collé	0.350					Pro			
	0.250	600.0 collé	0.350					Sun	aces 3D		
	0.250	240.0	0.350					Enre	egistrer		
	infi	Alizé-L	cpc - Calculs	grille-Séca	, enregistrer	nent sur fichiers			Chargt.		
L		fichier(s)	:					Fe	ermer		
		D:\\Un k = no(s)	named calcı de paramètr	ulations\Ali e à précis	ze-Airfield-k er ci-dessou	c.gri Is					
	(Défle	xion			- Stockage global pour r	eprise par				
			n22-5-5up -5-Sup			Alizewin					
		EpsiD	-5-Sup ZZ-5-Sup								
		Qdev-	5-Sup 5-Sup								
		Choi	des p	aramè	etres						
			à enreg	istrer							
				-		Annuler	Enregistrer	Enregistremen	t sur fichiers des	résultas de calculs G	x
	11-7-1	5	C 11	1	de antrata 6 dil			pe c irregistremen	e sur nemers des	resultas de calcuís d (
	Alize-Lopo	- Enregistren	ient sur fichiers	des resultas	de calculs Grille			Fichier(s) de sto	ockage utilisé(s)	:	
		Fin des opé	rations d'enregi	strement des	résultats de cal	cul Grille		 D:\sohm\Do calculations\Ali 	cuments\Alize-L ze-Airfield-Epsilo	Lcpc my files\Unnamed onZZ-5-Sup-XoY.gri	
								Chemin pa	ar défaut		_
						ок				ОК	
-							[

Figure 43. Enregistrement des résultats

6.1.4.2 Voir chargement

Quand on clique sur le bouton « Voir Chargt. », on obtient la même fenêtre que celle qui est décrite dans la Figure 40.

6.1.5. Dommages maxi

Quand on clique sur le bouton « Dommages maxi » une fenêtre apparait (Figure 44) avec un tableau. Tous les paramètres de ce tableau sont expliqués sur la Figure 51.

Les colonnes donnent dans l'ordre les valeurs suivantes :

- Nom de l'avion
- Nombre cumulé de passage de l'avion n°j
- Type de critère d'endommagement EpsT ou EpsZ et n° de couche concernée
- Valeur des coefficients Kc ou A
- Valeur admissible EpsT ou EpsZ calculée pour N=nombre cumulé de passage de l'avion considéré (=Va)
- Valeur maximale du champ EpsT ou EpsZ créé par l'avion au niveau Z défini par le critère d'endommagement
- Valeur équivalente = valeur de la sollicitation unique EpsT ou EpsZ équivalente en terme de dommage, au passage de l'avion complet (=Ve) avec et sans balayage
- Dommage maximal Dmax créé par l'avion concerné vis-à-vis du critère d'endommagement considéré avec et sans balayage Dmax=(Ve / Va)^{-1/b}
- Contribution individuelle de l'avion considéré à la valeur maximale de dommage cumulé avec et sans balayage



Figure 44. Tableau récapitulatif des dommages maxi

6.1.6. Enregistrement des résultats

Le bouton « Enregistrer » permet d'obtenir le document présenté sur la Figure 45.

Par défaut, le nom du fichier est : Alizé-Airfield001.res (peut être ouvert comme un fichier texte) Par défaut, les résultats sont enregistrés sous : « D:/Nom de l'utilisateur /Alize-Lcpc my files / Unnamed calculations. Si l'utilisateur a enregistré la structure sur laquelle les calculs ont été réalisés, les fichiers sont automatiquement enregistrés dans ce même répertoire (même nom de fichier).

Le document enregistré est un tableau de synthèse des résultats où est présenté :

- Un rappel de la structure
- Un rappel des modules des couches
- Un rappel des paramètres
- Un rappel du trafic projet, du balayage, de la vitesse et de la température équivalente
- Un tableau avec (mêmes valeurs que le tableau obtenu en cliquant sur « Dommages maxi ») :
 - Le nom de l'avion
 - o Nombre cumulé de passage de l'avion n°j
 - Type de critère d'endommagement EpsT ou EpsZ et n° de couche concernée
 - Valeur des coefficients Kc ou A
 - Valeur admissible EpsT ou EpsZ calculée pour N=nombre cumulé de passage de l'avion considéré (=Va)
 - Valeur maximale du champ EpsT ou EpsZ créé par l'avion au niveau Z défini par le critère d'endommagement
 - Valeur équivalente = valeur de la sollicitation unique EpsT ou EpsZ équivalente en terme de dommage, au passage de l'avion complet (=Ve) avec et sans balayage
 - Dommage maximal Dmax créé par l'avion concerné vis-à-vis du critère d'endommagement considéré avec et sans balayage Dmax=(Ve / Va)^{-1/b}
 - Contribution individuelle de l'avion considéré à la valeur maximale de dommage cumulé avec et sans balayage
- Un tableau avec le dommage avec balayage pour EpsT et EpsZ, pour chaque avion et le dommage cumulé
- Un tableau avec le dommage sans balayage pour EpsT et EpsZ, pour chaque avion et le dommage cumulé

Alize-Airfield001.res - Bloc-notes		
Fichier Edition Format Affichage ?		
Alizé-Lcpc - Module Aéronautique 12/09/2016 at 17:38:58 unités: m, MN, MPa et asociées. Déform	ations en µdef	▲ E
Données structure Titre: Structure bitumineuse - m	odèle Mf1	
Couche no H(m) E(MPa) Nu 1 0.060 f(T,F) 0.35 collé 2 0.180 f(T,F) 0.35 collé 3 0.250 600.0 0.35 collé 4 0.250 240.0 0.35 collé 5 infini 80.0 0.35 collé	Interface inf Matériau Critère eb-bbme3 eb-gb3 EpsilonT-inf gnt1 grt1 grt2qs EpsilonZ-sup Pf2qs EpsilonZ-sup	ucture
Modules Young Couche no Avion1 Avion2		
2 9000.0 9000.0 3 600.0 600.0 4 240.0 240.0 5 80.0 80.0	Rappel des modules des couches	
Paramètres de fatigue Couche no Critère Risque% Epsi6/ 2 Epsilont-inf 5.0 90 5 Epsilonz-sup 16000	A Pente-1/b 5H 5N Kr 1/Ks Kc 5 0.025 0.3 0.744 1.0 1.3 Kc Rappel de	s paramètres
Titre: sans titre Masse(t) Trafic cumulé 1-AIRBUS A 300 B2 (Mrw=142.9t) - G4 2-BOEING B 777 200 (Mrw=248.1t) - G5	Balayage(m) vitesse(km/h) Teta('C) 142.900 36 500 1.50 100.0 15 248.110 36 500 1.50 100.0 15 vitesse et de la tem	et, du balayage, de la pérature équivalente
Synthese: dommages maxi Nom de critère Kc. Valeur Valeur l'avion dommage ou A admissible 1-A 300 82 (Mrw=142.9t) - M= 142.9t 2-B 777 200 (Mrw=248.1t) - M= 248.1t Demmage Com(Mrw=142.9t) - M= 142.9t 2-B 777 200 (Mrw=248.1t) - M= 248.1t 2-B 777 200 (Mrw=248.1t) - M= 248.1t Dommages cumulés EpZ=sup5	Valeur équivalente Dommage maximal Dommage maxe Da Da <thda< th=""> Da <thda< th=""> Da<th>maximal Contribution à Dcumu lay. sans balay. avec 0.025 0.042 0.221 0.046 0.051 0.027 0.064 0.041</th></thda<></thda<>	maximal Contribution à Dcumu lay. sans balay. avec 0.025 0.042 0.221 0.046 0.051 0.027 0.064 0.041
Dommage D(Xtranv) avec balayage Xtransv 1-A 300 B2 2-B 777 200 0.000 0.0000 0.0000 0.000 0.0000 0.0000 0.000 0.0000 0.0000 0.000 0.0000 0.0000 0.000 0.0000 0.0000 0.100 0.0000 0.0000 0.100 0.0000 0.0000 0.200 0.0000 0.0000	Dommages cumulés 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000	ssous = sans balayage) _{Iulé} , idem pour EpsZ
•	III	E I

Figure 45. Tableau de synthèse des résultats

6.2. Calcul selon le mode itératif

Comme il a été précisé auparavant, le mode calcul itératif permet de réaliser une succession de calculs en faisant varier l'épaisseur d'une couche jusqu'à obtenir une valeur maximale de dommage cumulé avec balayage égale à 1.

Selon le choix de l'utilisateur, les itérations seront faites par ajustements de l'épaisseur de la couche de base (Gb, Eme) ou de Gnt, pour les structures Flexibles "Mf1'.

6.2.1. Choix de la couche à ajuster

La couche sur laquelle les itérations sont réalisées est repérée par la couleur rouge de sa case « épaisseur » (Figure 46).

Pour modifier la couche sur laquelle les itérations seront faites, il suffit de double-cliquer sur la case « épaisseur » de la couche choisie. L'épaisseur de la couche à ajuster devient alors de couleur rouge.

<u>Remarque</u> : les temps de calculs seront d'autant plus courts que la structure Modèle de départ (après modifications) se rapproche de la solution du problème de dimensionnement à résoudre.

<u>Principe de résolution</u> : la recherche de l'épaisseur de la couche s'effectue par dichotomie sur la base d'une relation semi-logarithmique Dommages vs Epaisseurs de la couche "à ajuster".



Itérations sur la couche de GB3

77 Alizé	-Lcpc -	module A	۱érc	onau	tique - Don	nées de	calcul										
Fichier - Voir la s Titre :	Fichier Structure de chaussée Trafic avions Autres données trafic Bibliothèque matériaux Calcul Alizé Configurer Alizé ? Voir la structure de chaussée Titre : Structure bitumineuse - modèle Mf1																
		épaiss (m)	/		Young (MPa)	Nu	Type de matériau	Critère dimensionnant	Risque (%)	Sig6 ou Epsi6 ou A	-1/b	SH	SN	Кг	1/Ks	1/Kd	Кс
c	ollé $\frac{+}{+}$	0.06	4	•	f(T,F) f(T,F)	0.350	eb-bbme3 eb-gb3	EpsilonT-inf	4 5.0	90	5	0.025	0.3	0.744	1.0		f(RseR)
CC	ollé —	0.25	•	Þ	600.0	0.350	gnt1					01020	0.0				
- CC	ollé —	0.25 infini			240.0 80.0	0.350	gnt1 pf2qs	EpsilonZ-sup	-	16000	-0.222	1					
	Hgnt= 0.500 m Gnt1/Gnt1																

Figure 46. Choix de la couche à ajuster

6.2.2. Lancement des calculs

Afin d'illustrer le déroulement des calculs selon le mode « Calcul itératif », un trafic projet avec cinq avions est proposé :

- Un Airbus A300 B2
- Un Airbus A310 200
- Un Airbus A320 100
- Un Airbus A330 200
- Un Airbus A340 200

Les paramètres de trafic choisis sont ceux par défaut. Les calculs seront faits sur l'épaisseur de la couche de GNT.

Les calculs peuvent être lancés à partir de la barre de menu principal en cliquant sur « Calcul Alizé » puis« Calcul itératif » (Figure 47).

Alizé-Lepe - mod	ule Aéronautique - Dor	nnées de l	calcul							33 <u>993</u>	
Fichier Structure de	chaussée Trafic avior	ns Autr	es données	trafic Bi	bliothèque matéri	aux C	Calcul Alizé Co	onfigurer Alizé	Bascul	er vers ?	
Autres données du t	rafic projet : Période d	e colcul :	fráguanca	e at halava	1965		Calcul uniq	ue			
Ta	rane projecti criode d	e curcui,	nequence	o oc balaya	.geo		Calcul itéra	tif			
Titre :											
	Avions	p	Masse		Mouvements		_ Trafic cumulé	Balayage=	Vitesse	Temperature	
	du trafic projet		(t)	Nombre	Unités	Ta(%)		2xEcTypes(m)	(km/h)	TetaEq	*
I-AIRBUS A 300 B2 (Mr	rw=142.9t) - G4	Mrw	142.900	36500	Mvts cumulés	0	36 500	1.50	100.0	34	
2-AIRBUS A 310 200 (M	lrw=144.9t) - G4	Mrw	144.900	36500	Mvts cumulés	0	36 500	1.50	100.0	34	
3-AIRBUS A 320 100 (M	lrw=68.4t) - G3	Mrw	68.400	36500	Mvts cumulés	0	36 500	1.50	100.0	34	
4-AIRBUS A 330 200 (M	lrw=233.9t) - G5	Mrw	233.900	36500	Myts cumulés	0	36 500	1.50	100.0	34	
5-AIRBUS A 340 200 (M	lrw=275.9t) - G5	Mrw	275.900	36500	Mvts cumulés	0	36 500	1.50	100.0	34	

Figure 47. Lancement des calculs en mode "Calcul itératif"

6.2.3. Résultats des calculs

Les calculs sont alors lancés. Une fois les calculs finis, une fenêtre « Résultats des calculs » s'ouvre (Figure 48).



Figure 48. Résultats des calculs : itérations sur l'épaisseur de GNT

La couche initiale de 25 cm de GNT a été réduite à 6.6 cm. L'épaisseur totale de GNT est donc de 31.6cm. Les valeurs des dommages sont indiquées sur la fenêtre « Résultats des calculs » (Figure 49).

Sur cette fenêtre, différents informations sont indiquées :

- La structure de chaussée est rappelée
- La composition du trafic projet est rappelée
- Les deux critères de dimensionnement sont rappelés
- La précision du calcul est indiquée
- La valeur du calcul de la RseR est indiquée
- La valeur du coefficient Kc déduite du calcul de la RseR est indiquée
- Il y a une indication concernant la (non-)convergence du calcul
- L'épaisseur de GNT finale est indiquée
- Les valeurs des dommages, pour les deux critères, avec et sans balayage sont indiquées

Dans cet exemple, la valeur du dommage cumulé avec balayage au sommet de la couche de GNT est bien égale à 1.



Figure 49. Résultats des calculs

6.2.4. Autres résultats

Sous la fenêtre des résultats, il y a quatre boutons. La Figure 50 indique le rôle de ces boutons.



Figure 50. Autres résultats des calculs

Les différentes valeurs affichées dans le tableau qui apparait lorsque l'on clique sur le bouton « Détails » sont expliquées sur la Figure 51.



Figure 51. Les différentes valeurs calculées dans le tableau "Détails"

6.3. Précisions des calculs

6.3.1. Bouton « Précis+ »

En bas à gauche de la fenêtre principale (fenêtre « Structure de chaussée » ou « Trafic avions » ou « Autres données trafic ») se trouve un bouton intitulé « Précis+ » (Figure 52).

Ce bouton permet de choisir la précision de la grille de calcul, qui définit l'espacement (suivant x et y) des points auxquels les valeurs des paramètres mécaniques sont calculées.



Figure 52. Mode précis +

6.3.2. Les différentes possibilités

En cliquant sur le bouton "Précis+", 4 choix sont possibles (Figure 53) :

- Précis+
- Précis+F
- PrMoyen
- Rapide

Alizé-Lcpc - module Aéronautique - Données de calcul																		
Fichier Structure de chaussée Trafic avions Autres données trafic Bibliothèque matériaux Calcul Alizé Configurer Alizé ?																		
- Voir la	- Voir la structure de chaussée																	
Titre :	épaiss Young Type de Critère Risque Sig6 ou de cu co de cou co																	
	epaiss Young lype de critere kisque Sig6 ou -1/b SH SN Kr 1/Ks 1/Kd Kc (m) (MPa) Nu matériau dimensionnant (%) Epsi6 ou A																	
	. فالم	+_	0.06	•	Þ	f(T,F)	0.350	eb-bbme3										
		+	0.18	•	Þ	f(T,F)	0.350	eb-gb3	EpsilonT-inf	4 > 5.0	90	5	0.025	0.3	0.744	1.0]	f(RseR)
	collé ·	+_	0.25	•	F	600.0	0.350	gnt1										
	collé ·		0.25			240.0	0.350	gnt1					-					
		L	infini			80.0	0.350	pf2qs	EpsilonZ-sup		16000	-0.222						
		Hg	nt= 0.500) m				Gnt1/Gnt1										
	Memo-résultats K Détails Modifier la structure																	
									Precis+									
								_ '										
								l r										
									Precis+F									
								'										
								″ ` ,										
						/			Rapide									
						/		_ L										
					/			l r										
			/					[PrMoyen									
								CL										
Dre																		
	CIST		Alde)													Q	litter Alize

Figure 53. Réglage de la grille de calcul

Pour chaque possibilité, le réglage de la grille de calcul est différent. Les réglages sont les suivants :

- **Precis**+ : Grille de densité maximale : Le paramétrage de la grille de calcul est défini par les valeurs par défaut du menu "Préférences". Paramétrage optimal à conserver pour les dimensionnements finalisés, garantissant un haut niveau de précision des résultats.
- **Precis+F** : Grille de densité maximale "Forcée" : Idem "Precis+". De plus, lorsque le mode "Calcul itératif" a été sélectionné, le basculement automatique vers l'option "Rapide" est empêché, si cette option "Precis+F" est sélectionnée.
- **PrMoyen** : Grille de densité moyenne : option réservée à la mise au point du programme (ne pas utiliser).
- Rapide : Grille de densité moyenne optimisée : option permettant une réduction appréciable des temps de calculs, dans un rapport entre 5 et 8 par rapport au réglage "Precis+". Dans la majorité des cas, les calculs utilisant l'option "Rapide" présentent une précision suffisante. Elle peut donc être utilisée avantageusement en phase de pré-dimensionnement. A l'issue d'un calcul de dimensionnement utilisant cette option, il est conseillé de procéder à sa vérification en revenant à l'option "Precis+".

Les paramétrages de la grille de calcul (espacement des points de calcul Δx et Δy , et dimensions totales de la grille) sont donnés dans le Tableau 1.

	Pas ∆X	Pas ∆Y	Largeur Lyy
Precis+F	0.05m	0.05m	0.5.Lya + max[1.50m ; 3σ]
PrMoyen	0.05m	0.125m	0.5.Lya + max[1.25m ; 1.75σ]
Rapide	0.10m	0.25m	0.5.Lya + max[1m ; 1.25σ]

Tableau 1. Paramétrage de la grille de calcul

Où, Lya est la largeur de l'atterrisseur σ est l'écart type du balayage transversal Lyy est la largeur totale de la grille suivant l'axe y.

Par défaut, l'option choisie en mode « Calcul itératif » est le réglage « Rapide ».

Les modalités de l'option "Rapide" sont :

- En mode "Calcul itératif", basculement automatique sur l'option "Rapide" sauf si l'option "Precis+F" a été sélectionnée avant le lancement des calculs.
- Ecarts entre les résultats "Precis+" et "Rapide": environ ±0.2% sur les dommages avec balayage
- (soit ±2 mm sur les épaisseurs solution), sauf en cas de balayage < 0.70 m (écart type < 0.35m)
- Pour les calculs avec balayage < 0.70 m environ, sélectionner la précision "Precis+F"
- En phase de dimensionnement finalisée :
 - o procéder à un pré-dimensionnement avec les réglages ci-dessus,
 - partant de ce pré-dimensionnement, lancer un dernier calcul de vérification avec le réglage "Precis+F"

6.3.3. Exemple

Un exemple de calcul a été réalisé, avec le trafic utilisé précédemment :

- Un Airbus A300 B2
- Un Airbus A310 200
- Un Airbus A320 100
- Un Airbus A330 200
- Un Airbus A340 200

Comme précédemment, les paramètres de trafic choisis sont ceux par défaut. Les calculs seront faits sur l'épaisseur de la couche de GNT.

La Figure 54 présente les résultats obtenus avec un calcul réalisé en mode « Rapide » et un autre réalisé en mode « Precis+ ». Les épaisseurs de GNT obtenues sont respectivement 31.6 cm et 31.9 cm.



Figure 54. Résultats des calculs en mode "Rapide" et "Precis+F"

6.4. Vérification du dimensionnement d'une aire de stationnement

D'après le paragraphe 3.2.4. du guide de dimensionnement (STAC, 2014), pour le dimensionnement des aires de stationnement et d'attente, un calcul complémentaire doit être effectué dans lequel les matériaux hydrocarbonés de la couche de surface et de la couche de base seront modélisés comme une grave non traitées, associée à un module de 800 MPa. Le paramètre K de la loi de fatigue du critère de déformation permanente de la plate-forme est porté à 24 000 (au lieu de 16 000).

Il faut alors vérifier que l'endommagement associé à ce critère reste inférieur à 1 avec les mêmes hypothèses de trafic que précédemment.

Comme indiqué sur la Figure 55, ceci est mis en œuvre en cliquant sur « Fichier » dans la barre de menu principale, puis « Données structures », puis « Transposer : vérification sous charges statiques ».

La structure est alors automatiquement modifiée pour tenir compte des changements imposés par la méthode rationnelle de dimensionnement des chaussées aéronautiques souples :

- Les modules des enrobés ont une valeur égale à 800 MPa
- Le coefficient K est égal à 24 000
- Le critère dimensionnant est uniquement EpsZ

Le calcul doit alors être réalisé comme expliqué dans le paragraphe

Calcul selon le mode unique ».

🏹 Ali	izé-Lcpc	- mod	dule Aé	éron	autic	ue - Donn	ées de (alcul										_		×
Fichie	er Stru	cture	de cha	ussé	e	Frafic avior	ns Aut	res données t	rafic Bibliothèq	ue matéria	aux	Calcul Ali	zé Co	onfigurer	Alizé	?				
	Données	struc	tures			• <u> </u>	lodèle fl	exible Mf1			_									
	Données	Trafi	ic avior	ns			ranspos	er : vérificatio	n sous charges st	atiques										
	Bases de	donr	nées			► O	uvrir fic nregistre	hier Structure er sous				j6 ou i6 ou A	-1/b	SH	SN	Kr	1/Ks	1/Kd	Кс	
	Quitter A	Alizé					0.000	00-001100				_								
	+ collé —	- 0	.18	•	•	f(Ť,F)	0.350	eb-gb3	EpsilonT-inf	 ↓ 5. 	0	90	5	0.025	0.3	0.744	1.0		f(RseR)	
	collé -	_ 0	.25	•	۲	600.0	0.350	gnt1												
	collé —	0	.25			240.0	0.350	gnt1			_									
		in	fini			80.0	0.350	pf2qs	EpsilonZ-sup			16000	-0.222							
	I	Hgnt=	0.500 r	m				Gnt1/Gnt1												
									_					K Dé	tails		Modi	fier la st	tructure	
- Voi	r la struc	ture	de cha	iuss	ée –				•											
Titre	e: Str	uctur	e bitu	mine	euse	- modèle	Mf1													
		é	epaiss (m)			Young (MPa)	Nu	Type de matériau	Critère dimensionnant	Risque (%)		Sig6 ou Epsi6 ou /	-1/b	SH	SN	Kr	1/Ks	1/Kd	Кс	
		+_	0.06	•	•	800	0.350	autre												
	colle	+_	0.18	•	F	800	0.350	autre												
-	collé	+	0.25	•	Þ	600.0	0.350	gnt1												
	collé		0.25			240.0	0.350	gnt1						_						
	cone		infini			80.0	0.350	pf2qs	EpsilonZ-sup			24000	-0.22	2						
		Hgn	t= 0.500	0 m				Gnt1/Gnt1												
														К	Détails		Mod	lifier la	structure	e

Figure 55. Dimensionnement des aires d'attente et de stationnement

7. Nomenclatures des fichiers d'entrée et de sorties





Extension	Dossier ou localisation par défaut	Туре
.dat	« Bibliothèques\Documents »	Données Structure
.dap	« Bibliothèques\Documents »	Données trafic avion
ficav2016-10-13.bda	C:\Program Files\Alize-Lcpc Routes	Base de données avions
Alizé-Airfield001.res	C:\Nom de l'utilisateur\Alize-Lcpc my files\Unnamed calculations	
Alize-Airfield-« Nom du paramètre »-« n°de la couche »- XoY.gri	C:\Nom de l'utilisateur\Alize-Lcpc my files\Unnamed calculations	Résultats des calculs dommage
« matuser.lib »	C:\ « Nom de l'utilisateur »\Documents\Alize-Lcpc my- files\Librairies	Bibliothèque des matériaux

Les nomenclatures des fichiers d'entrées et de sorties sont précisées dans le Tableau 2.

Tableau 2. Nomenclatures des fichiers d'entrées et de sorties

8. Les différentes phases d'une étude





Les différentes phases d'une étude de dimensionnement sont présentées sur la Figure 53.




9. Fonctionnalité « AIDE »





Les différentes phases d'une étude de dimensionnement sont présentées sur la Figure 53.

Une aide est disponible en bas à gauche de la fenêtre structure (Figure 57).

Alizé-Lcpc - module Aéronautique - Données de calcul	
Fichier Structure de chaussée Trafic avions Autres données trafic Bibliothèque	n 🏹 Alizé-Lcpc - module Aéronautique - Aide selon les 💶 💷 💌
- Voir la structure de chaussée	Epaisseur minimale de couche de base
Titre : Structure bitumineuse - modèle Mf1	Cf. Guide techique DRCAS. § 3.3.3 et figure 16
épaiss Young Type de Critère Ris	q Volcur de BoeD (tennes) 2
(m) (MPa) matériau dimensionnant (Waleur de Riser (tormes) ?
collé - 0,06 (T.F.) 0,350 eb-bbme3	(-0,235 mill)
collé - 0,18 () f(1,F) 0,350 eb-gb3 Epsilon1-inf (- ↓
collé - 0,25 () 600,0 0,350 gnt1	Epaisseur mini
collé 0,25 240,0 0,350 gnt1	Couche de base EB-GB2, GB3 et GB4 0,135 m
infini 80,0 0,350 pf2qs EpsilonZ-sup	Couche de base EB-EME2 0,101 m
🎢 Alizé-Lcpc - module Aéronautique - Aide selon les guides GAN et DRCAS 👘 🔄	
Couche de base : épaisseur minimale	
GAN : Guide d'application des normes "Enrobés hydrocarbonés	K Détails Modifier la structure
et enduits superficiels pour chaussées aéronautiques"	
C Classes de trafic et Niveaux de sollicitation	
C Produits utilisables sur chaussées aéronautiques - Epaisseurs moyennes et minimales	
O Produits bitumineux utilisables en couche de roulement	
O Produits bitumineux utilisables en couche de liaison	
C Produits bitumineux utilisables en couche d'assise	
Guide Dimensionnement rationnel des chaussées aéronautiques souples	
O Catégorie de Gnt à utiliser	
C Risque de calcul, Vitesse et Balayage des avions, Température équivalente	
C Couche de base GB et EME2 : coefficient Kc	
Couche de base : épaisseur minimale	
C Vérification spécifique aux aires de stationnement et d'attente	
Voir	Fermer
1	
Precis+ Aide	Quitter Alizé

Figure 57. Fonctionnalité "Aide"

L'aide est séparée en deux parties : une avec des extraits du GAN, et une avec des extraits du guide de dimensionnement des chaussées aéronautiques souples.

La première partie de l'aide, avec des extraits du GAN, donne des indications sur :

- Les classes de trafic et les niveaux de sollicitation
- Les produits utilisables sur chaussées aéronautiques (épaisseurs moyennes et minimales »
- Les produits bitumineux utilisables en couche de roulement
- Les produits bitumineux utilisables en couche de liaison

Les produits bitumineux utilisables en couche d'assise

La deuxième partie de l'aide, avec des extraits du guide de dimensionnement des chaussées aéronautiques souples, donne des indications sur :

- Les catégories de GNT à utiliser
- Le risque de calculs, la vitesse et le balayage des avions, la température équivalente
- La couche de base GB et EME2 : coefficient Kc [obtention de la valeur de Kc en fonction de la valeur de la RseR]
- La couche de base : épaisseur minimale [obtention de la valeur de l'épaisseur minimale en fonction de la valeur de la RseR]
- La vérification spécifique aux aires de stationnement et d'attente

10. Exemple de calcul de dimensionnement





10.1. Exemple de dimensionnement d'une piste

Cet exemple est issu du guide de dimensionnement des chaussées aéronautique souples (GDCAS). Il est simplement illustré avec des copies d'écran du logiciel Alizé-aéronautique. Pour bien identifier ce qui est issu du GDCAS et le reste, le texte issu du GDCAS est en violet.

Données du projet concernant le trafic

Caractéristiques du trafic

Les informations relatives aux aéronefs susceptibles de circuler sur la chaussée aéronautique à dimensionner sont regroupées dans le **XX**. La distinction est faite entre les décollages et les atterrissages : la masse et le nombre de mouvements pour chacun d'entre eux sont précisés. A noter qu'un mouvement représente soit un décollage, soit un atterrissage.

Aéronefs du trafic projet	Masse au roulage Mrw (t)*	Masse à l'atterrissage Mlw (t)*	Nombre de décollages /an	Nombre d'atterrissages /an	Trafic cumulé par type d'aéronefs (pour 10 ans)
A340-200	260	174,7	315,4	182,6	4980
B777-300 ER	341	243,8	399	231	6300
A330-300	230	184,0	296,4	171,6	4680
A320-200 JUM	71	59,5	1086,8	629,2	17160
EMB 190 LR/AR	50,3	45,8	691,6	400,4	10920
B737-100	42,4	35,1	509,2	294,8	8040
AN124	392	319,5	22,8	13,2	360
B747-400 Cargo	377,8	287,1	98,8	57,2	1560
KC135	136,8	101,1	38	22	600
B707-320B	146,8	108,3	38	22	600
A310-300	157	125,6	1387	803	21900
CASA CN325- 100	15,1	13,6	1387	803	21900

Tableau 3. Trafic retenu pour le dimensionnement

* : les données étant extraites d'un trafic réel, les masses sont inférieures ou égales celles de la base de données « Ficav », qui indique les valeurs Mrw et Mlw enregistrées au certificat de navigabilité.

La période de calcul est fixée à 10 ans. Sur cette période, l'accroissement du trafic est supposé nul. Il est alors possible de calculer le nombre de passages cumulés de chaque aéronef sur la période de calcul. Les résultats figurent dans le tableau 38, colonne « Trafic cumulé par type d'aéronef (pour 10 ans)».

Pour chaque aéronefs, la géométrie du train d'atterrissage et les conditions de chargement de ce dernier sont définies dans la base de données « Ficav » du STAC.

La liste des aéronefs empruntant la piste étant importante, il est proposé d'utiliser la méthode décrite au paragraphe 3.1.2.3 du GDCAS afin de réduire le nombre d'aéronefs pris en compte dans le dimensionnement.

Nous rappelons que cette méthode prend en compte, pour chaque aéronef, la charge à la roue la plus

importante et la compare à la charge la plus importante de tout le trafic. Le coefficient r_j calculé pour

chaque aéronef permet de considérer l'aéronef dimensionnant dans le cas où $r_j \ge 1\%$.

Le tableau 39 présente les résultats de l'application de cette méthode. Seuls cinq aéronefs sont donc retenus dans la suite du calcul (aéronefs en vert dans le tableau 39).

Aéronefs du trafic projet	Pr_{j} (en tonnes)	n_{j}	p_{j}	r_{j}	
A340-200	27,42	4980	5,0%	4,6%	
B777-300ER	27,17	6300	6,4%	5,5%	
A330-300	27,93	4680	4,7%	4,7%	
A320-200 JUM	18,02	17160	17,3%	1,9%	
EMB190 LR/AR	11,98	10920	11,0%	0,2%	
B737-100	11,57	8040	8,1%	0,1%	
AN-124	19,31	360	0,4%	0,1%	
B747-400ER Cargo	24,23	1560	1,6%	0,8%	
B KC135	17,82	600	0,6%	0,1%	
B707-320B	17,55	600	0,6%	0,1%	
A310-300	19,51	21900	22,1%	3,7%	
CASA CN325-100	3,8	21900	22,1%	0,0%	
	$Pr_{j_{max}} = 27,93$	n _{tot} = 99000			

Tableau 39 : Détermination des aéronefs considérés comme dimensionnants (couleur verte)

La piste à dimensionner est considérée comme une section circulée à vitesse élevée. Ainsi, la vitesse de déplacement de chaque aéronef est fixée à 100 km/h (correspondant à une fréquence de 10 Hz) et le balayage transversal de chaque aéronef est alors caractérisé par un écart type égal à 0,75 m (cf. paragraphe 3.1.3 du guide).

Utilisation de Alizé-Aéronautique : définition du trafic projet

Nous allons commencer par sélectionner les avions du trafic projet. Pour simplifier l'exemple, nous allons utiliser uniquement les avions considérés comme dimensionnant.

Afin de renseigner les différents avions du projet, il faut aller dans l'onglet « Trafic avions » de la barre de menu principale.

La sélection du 1^{er} avion du trafic projet est détaillée dans les figures : Figure 58, Figure 59, Figure 60 et Figure 61.

Il s'agit de l'Airbus A340 B2.



Figure 58. Sélection de la marque du premier avion du trafic projet



Figure 59. Sélection du type d'avion du premier avion du trafic projet



Figure 60. Sélection du modèle du premier avion du trafic projet



Figure 61. Ajout de cet avion au trafic projet

Comme dans les données nous avons la masse au décollage et la masse à l'atterrissage, ainsi que le nombre de décollage et d'atterrissage par an, il faut ajouter deux fois les avions au trafic projet afin de pouvoir indiquer les renseignements concernant le décollage et les renseignements concernant l'atterrissage (Figure 62).



Figure 62. Trafic projet final

Il va maintenant falloir renseigner les « autres données trafic ».

Nous disposons du nombre de décollage et d'atterrissage par an, ainsi que de masses réelles, plus précises que celle de la base de données Ficav.

Nous allons donc utiliser ces masses réelles.

L'exemple est détaillé pour le dernier avion du trafic projet, pour le nombre d'atterrissage par an :

Donc l'Airbus A310 300, avec 803 atterrissage par an, et une masse à l'atterrissage de 125.6 tonnes.

Afin de renseigner les masses ainsi que les nombres de mouvements, il faut aller dans l'onglet « Autres données trafic » de la barre de menu principale.

Par défaut, Alizé-aéronautique indique un nombre de mouvement cumulés, ainsi que la masse Mrw (Figure 63).

Fichier Structure de chaussée Trafic avion	s Autr	es données	trafic Bi	bliothèque matér	iaux Ca	alcul Alizé Co	nfigurer Alizé	Bascule	er vers ?	
utres données du trafic projet : Période de	calcul.	fréquences	et balava	ides						
Tite : eane nom										
nue : sans nom		_								
Période de calcul (années)	10,0									
Avions du trafic projet		(t)	Nombre	Mouvements	Ta(%)	Trafic cumulé	Balayage= 2xEcTypes(m)	Vitesse (km/h)	Temperature TotoFo	1
-AIRBUS A 340 200 (Mrw=275.9t) - G5	Autre	260.000	315	Myts/année	0.00	3 150	1 50	100.0	15	
BOEING B 777 300 ER (Mrw=352.4t) - G5	Autre	341.000	399	Myts/année	0.00	3 990	1,50	100.0	15	
-AIRBUS A 330 300 (Mrw=233,9t) - G5	Autre	230,000	296	Mvts/année	0,00	2 960	1,50	100.0	15	
-AIRBUS A 320 200 JUM (Mrw=77,4t) - G3	Autre	71,000	60	Mvts/année	0,00	600	1,50	100,0	15	
-AIRBUS A 310 300 (Mrw=164,9t) - G4	Autre	157,000	1387	Mvts/année	0,00	13 870	1,50	100,0	15	
-AIRBUS A 340 200 (Mrw=275,9t) - G5	Autre	174,700	183	Mvts/année	0,00	1 830	1,50	100,0	15	
7-BOEING B 777 300 ER (Mrw=352,4t) - G5	Autre	243,800	231	Mvts/année	0,00	2 310	1,50	100,0	15	
-AIRBUS A 330 300 (Mrw=233,9t) - G5	Autre	184,000	172	Mvts/année	0,00	1 720	1,50	100,0	15	
9-AIRBUS A 320 200 JUM (Mrw=77,4t) - G3	Autre	59,500	1087	Mvts/année	0.00	10 870	1.50	100.0	15	
0-AIRBUS A 310 300 (Mrw=164,9t) - G4	Mrw	164,900	36500	Mvts cumulés		36 500	1,50	100,0	15	

Figure 63. Données par défaut de Alizé-Aéronautique concernant le dernier avion du trafic projet

Il faut indiquer le nombre d'atterrissage par an (Figure 64) et la masse réelle à l'atterrissage (Figure 65).

Alizé-Lcpc - module Aéronautique - Données de calcul												
Fichier Structure de chaussée Trafic avion	s Autr	es données	trafic Bi	ibliothèque matér	iaux Ca	alcul Alizé Co	nfigurer Alizé	Bascule	er vers ?			
Autres données du trafic projet : Période de	calcul,	fréquences	et balaya	ages —								
Titre : sans nom												
Période de calcul (années)	40.0	7										
Avione	. 10,0	Maeree		Mouvemente		Trafic cumulá	Balavaga-	Viterce	Temperature			
du trafic projet		(t)	Nombre	Unités	Ta(%)	mane cantale	2xEcTypes(m)	(km/h)	TetaEq	Ţ		
I-AIRBUS A 340 200 (Mrw=275,9t) - G5	Autre	260,000	315	Mvts/année	0,00	3 150	1,50	100,0	15			
2-BOEING B 777 300 ER (Mrw=352,4t) - G5	Autre	341,000	399	Mvts/année	0,00	3 990	1,50	100,0	15			
-AIRBUS A 330 300 (Mrw=233,9t) - G5	Autre	230,000	296	Mvts/année	0,00	2 960	1,50	100,0	15			
I-AIRBUS A 320 200 JUM (Mrw=77,4t) - G3	Autre	71,000	60	Mvts/année	0,00	600	1,50	100,0	15			
5-AIRBUS A 310 300 (Mrw=164,9t) - G4	Autre	157,000	1387	Mvts/année	0,00	13 870	1,50	100,0	15			
-AIKDUS A 340 200 (MFW=275,91) - G5	Autre	174,700	183	Myts/annee	0,00	1 830	1,50	100,0	15			
AIDRUS A 330 300 (Mov=233 9t) C5	Autre	243,800	231	Myts/année	0,00	2 310	1,50	100,0	15			
-AIRBUS A 320 200 JUM (Mrw=27.4t) - G3	Autre	59 500	1/2	Myts/année	0,00	10 870	1,50	100,0	15			
10-AIRBUS A 310 300 (Mrw=164,9t) - G4	Mrw	164,900	803	Mvts/année	0.00	8 030	1,50	100.0	15			
					J		.,	,.				
Cliquer sur cette case jusqu'à obtenir le « mouvement/unité » désiré												
Precis+ Aide									Q	uitter Alizé		

Figure 64. Renseignement du nombre d'atterrissage par an

🏹 Alizé-Lcpc - modul	e Aéronautique - Donn	ées de c	alcul								
Fichier Structure de	chaussée Trafic avior	is Autr	es données	trafic Bil	oliothèque maté	riaux Ca	alcul Alizé Co	nfigurer Alizé	Bascule	er vers ?	
Autres données du t	rafic projet : Période de	e calcul,	fréquences	s et balaya	ges —						
Titre : sans nom											
Dári	odo do coloul (annéo o)		7								
Pen	Auiona	10,0	10000		Mauriamenta		Trafia augulá	Relevense	Viteene	Temperature	
	du trafic projet		(t)	Nombre	Unités	Ta(%)	I ratic cumule	2xEcTypes(m)	(km/h)	TetaEq	1
1-AIRBUS A 340 200 (M	rw=275,9t) - G5	Autre	260,000	315	Mvts/année	0,00	3 150	1,50	100,0	15	
2-BOEING B 777 300 ER	(Mrw=352,4t) - G5	Autre	341,000	399	Mvts/année	0,00	3 990	1,50	100,0	15	
3-AIRBUS A 330 300 (M	rw=233,9t) - G5	Autre	230,000	296	Mvts/année	0,00	2 960	1,50	100,0	15	
4-AIRBUS A 320 200 JU	M (Mrw=77,4t) - G3	Autre	71,000	60	Mvts/année	0,00	600	1,50	100,0	15	
5-AIRBUS A 310 300 (M	rw=164,9t) - G4	Autre	157,000	1387	Mvts/année	0,00	13 870	1,50	100,0	15	
6-AIRBUS A 340 200 (M	rw=275,9t) - G5	Autre	174,700	183	Mvts/année	0,00	1 830	1,50	100,0	15	
7-BOEING B 777 300 ER	(Mrw=352,4t) - G5	Autre	243,800	231	Mvts/année	0,00	2 310	1,50	100,0	15	
8-AIRBUS A 330 300 (M	rw=233,9t) - G5	Autre	184,000	172	Mvts/année	0,00	1 720	1,50	100,0	15	
9-AIRBUS A 320 200 JU	M (Mrw=77,4t) - G3	Autre	59,500	1087	Mvts/année	0,00	10 870	1,50	100,0	15	
10-AIRBUS A 310 300 (I	Mrw=164,9t) - G4	Autre	125,600	803	Mvts/année	0,00	8 030	1,50	100,0	15	
		1									
	Cliquer su jusqu'à ob de masse	r cet oteni dési	te caso r le tyj ré	e pe							
Precis+ Aic	le									٩	uitter Alizé

Figure 65. Renseignement de la masse à l'atterrissage

Fichier Structure de chaussé	e Trafic avions Aut	res données tra	afic Bib	liothèque matér	riaux Ca	Icul Alizé Co	nfigurer Alizé	Bascule	r vers ?	
Autres données du trafic pro	jet : Période de calcul,	fréquences e	t balayag	jes —						
Titre :										
		-								
Periode de o	alcul (annees) : 10,0									
A du tr	vions	Masse (t) N	lombre	Mouvements	Ta(%)	Trafic cumulé	Balayage= 2xEcTypes(m)	Vitesse (km/h)	Temperatur	• ↓
-AIRBUS A 340 200 (Mrw=275.	9t) - G5 Autre	260.000	315.4	Myts/année	0	3 154	1.50	100.0	15	
-BOEING B 777 300 ER (Mrw=3	52.4t) - G5 Autre	341.000	399	Myts/année	0	3 990	1,50	100.0	15	
-AIRBUS A 330 300 (Mrw=233.	9t) - G5 Autre	230.000	296.4	Myts/année	0	2 964	1,50	100.0	15	
AIRBUS A 320 200 JUM (Mrw	=77,4t) - G3 Autre	71.000	59.5	Mvts/année	0	595	1.50	100.0	15	
-AIRBUS A 310 300 (Mrw=164,	9t) - G4 Autre	157.000	1387	Mvts/année	0	13 870	1.50	100.0	15	
AIRBUS A 340 200 (Mrw=275,	9t) - G5 Autre	174,700	182,6	Mvts/année	0	1 826	1,50	100,0	15	
-BOEING B 777 300 ER (Mrw=3	52,4t) - G5 Autre	243,800	231	Mvts/année	0	2 310	1,50	100,0	15	
-AIRBUS A 330 300 (Mrw=233,	9t) - G5 Autre	184,000	171,6	Mvts/année	0	1 716	1,50	100,0	15	
AIRBUS A 320 200 JUM (Mrw	=77,4t) - G3 Autre	59,500	1086,8	Mvts/année	0	10 868	1,50	100,0	15	
0-AIRBUS A 310 300 (Mrw=164	I,9t) - G4 Autre	125.600	803	Mvts/année	0	8 030	1.50	100.0	15	
Precis+ Aide										Quitter Ali

La Figure 66 montre les autres données du trafic projet, une fois que tout est renseigné.

Figure 66. Autres données du trafic projet

Il était indiqué dans les données du projet que la période de calcul est de 10 ans. Comme c'est la période de calcul par défaut, il n'a donc pas été nécessaire de la modifier. Il en est de même pour la vitesse (100 km/h) et le balayage (1.5 m).

A ce stade, il est conseillé d'enregistrer le trafic projet. Comme indiqué sur la Figure 67, il faut aller dans « Fichier », puis « Données trafic avions », puis « Enregistrer sous ». Il faut ensuite choisir le répertoire où enregistrer le trafic projet.

Alizé-Lcpc - module Aéronautique - Données c	e calcul								- • ×			
Fichier Structure de chaussée Trafic avions	utres données f	rafic Bi	bliothèque matér	iaux Ca	alcul Alizé Co	nfigurer Aliz	é Bascule	er vers	?			
Données structures	۱.	t halava	des									
Données Trafic avions Nouveau												
Bases de données	•	0ι	uvrir									
D:\\trafic exemple piste.dap		En	registrer sous		Trafic cumulé	Balayage=	Vitesse	Temper	ature			
	ste dat	ombre	Unités	Ta(%)	-	2xEcTypes(r	n) (km/h)	TetaEq	*			
D. (()2010_Alize_aeronautique (exemple_p	steluar	315	Mvts/année	0,00	3 150	1,50	100,0	15				
Quitter Alizé		399	Mvts/année	0,00	3 990	1,50	100,0	15				
3-AIRBUS A 330 300 (MIRW=233,91) - G5 AU	re 230,000	296	Mvts/année	0,00	2 960	1,50	100,0	15				
4-AIRBUS A 320 200 JUM (Mrw=77,4t) - G3 Au	re 71,000	60	Mvts/année	0,00	600	1,50	100,0	15				

Figure 67. Enregistrement du trafic projet

Détermination de la classe de trafic « CTi »

La méthodologie permettant la détermination de la classe de trafic est définie dans le GAN. L'application de cette méthodologie au trafic retenu conduit au tableau 40.

Aéronefs du trafic projet	« Groupe »	F (mvts/j)	Classe de trafic
A340-200	5	1,27	CT4
B777-300 ER	5	1,73	CT4
A330-300	5	1,28	CT4
A320-200 JUM	3	4,70	CT2
A310-300	4	6,00	CT3

Tableau 40 : Détermination de la classe de trafic par type d'aéronefs (2)

La classe de trafic du projet retenue est la plus élevée ; il s'agit donc de la classe de trafic CT4.

Données du projet concernant le risque

Le **risque de calcul** est pris égal à **2,5 %** puisque la classe de trafic annuel est supérieure à CT3 (recommandation du guide paragraphe 3.1.1).

Utilisation de Alizé-Aéronautique : choix du risque

La valeur de risque ne peut être renseignée que quand une structure de chaussée a été définie. Il faut donc définir une structure de chaussée. Il faut partir du modèle de structure flexible Mf1 et le modifier. Pour cela, il faut aller dans l'onglet « Fichier de la barre de menu principale, puis dans « Données structures », puis « Modèle flexible Mf1 » (Figure 68).



Figure 68. Obtention du modèle de structure de chaussée

Une fois que le modèle de structure de chaussée souple a été choisi, il est possible de choisir la valeur du risque. Comme indiqué sur la Figure 69, il faut cliquer sur les flèches jusqu'à l'obtention de la valeur de risque désirée.



Figure 69. Choix de la valeur du risque

Données du projet concernant la température équivalente

Le choix de la couche de surface (méthodologie détaillée dans le GAN [3]) est fonction du « niveau de sollicitation » défini à partir de la classe de trafic et du type de climat.

Détermination du niveau de sollicitation « NSi »

La classe de trafic définie précédemment est la classe CT4.

Le **climat** choisi pour le dimensionnement est de **type 4**, à dominante tropicale, avec une température équivalente : $\theta_{eq} = 28^{\circ}C$ (correspondant au cas particulier de la Guyane, cf. paragraphe 3.1.4 du GDCAS).

► Le niveau de sollicitation est donc NS4 .

Utilisation de Alizé-Aéronautique : température équivalente

La température équivalente est 28°C. Dans Alizé-aéronautique, la température équivalente par défaut est 15°C. Il faut donc modifier cette valeur.

Pour cela, il faut aller dans l'onglet « Autres données trafic » de la barre de menu principale.

🎢 Alizé-Lcpc - module Aéronautique - Donné	es de c	alcul	-							
Fichier Structure de chaussée Trafic avion	s Autr	es données	trafic Bi	bliothèque matér	iaux C	alcul Alizé Co	nfigurer Alize	Bascul	er vers	•
- Autres données du trafic projet : Période de	calcul.	fréquences	et balaya	iges —						
Titre : sans nom				-						
Périodo do coloui (appéco)	40.0	7								
Periode de calcul (années)	10,0								-	
du trafic projet		(t)	Nombre	Unités	Ta(%)	I ratic cumule	2xEcTypes(m) (km/h)	TetaEq	ure ↓
1-AIRBUS A 340 200 (Mrw=275,9t) - G5	Autre	260,000	315	Mvts/année	0,00	3 150	1,50	100,0	28	
2-BOEING B 777 300 ER (Mrw=352,4t) - G5	Autre	341,000	399	Mvts/année	0,00	3 990	1,50	100,0	28	
3-AIRBUS A 330 300 (Mrw=233,9t) - G5	Autre	230,000	296	Mvts/année	0,00	2 960	1,50	100,0	28	
4-AIRBUS A 320 200 JUM (Mrw=77,4t) - G3	Autre	71,000	60	Mvts/année	0,00	600	1,50	100,0	28	
5-AIRBUS A 310 300 (Mrw=164,9t) - G4	Autre	157,000	1387	Mvts/année	0,00	13 870	1,50	100,0	28	
6-AIRBUS A 340 200 (Mrw=275,9t) - G5	Autre	174,700	183	Mvts/année	0,00	1 830	1,50	100,0	28	
7-BOEING B 777 300 ER (Mrw=352,4t) - G5	Autre	243,800	231	Mvts/année	0,00	2 310	1,50	100,0	28	
8-AIRBUS A 330 300 (Mrw=233,9t) - G5	Autre	184,000	172	Mvts/année	0,00	1 720	1,50	100,0	28	
9-AIRBUS A 320 200 JUM (Mrw=77,4t) - G3	Autre	59,500	1087	Mvts/année	0,00	10 870	1,50	100,0	28	
10-AIRBUS A 310 300 (Mrw=164,9t) - G4	Autre	125,600	803	Mvts/année	0,00	8 030	1,50	100,0	28	
									-	
						Entrer	manuel	leme	nt la	valeur
							<i>,</i>			
						de la te	mpera	ture e	equiva	aiente

Figure 70. Choix de la température équivalente

Données du projet concernant la structure de chaussée

<u>Choix de la couche de surface</u>

Pour le niveau de sollicitation NS4 et pour les pistes en partie courante, le GAN préconise un seul type de produit en couche de roulement : EB-BBA 2 (application du paragraphe 5.3 du GDCAS).

En couche de liaison (application du tableau 13, paragraphe 5.3), les deux produits proposés sont EB-BBSG 1 ou EB-BBME 1 (non préconisé par le guide).

Il est fait le choix, pour la suite de l'étude, de retenir en couche de surface la seule couche de roulement en matériau EB-BBA 2 (absence de couche de liaison). L'épaisseur de mise en œuvre est fixée à 6 cm.

<u>Couche de base</u>

Pour le niveau de sollicitation NS4 et pour les pistes en partie courante, le GAN conduit, en couche de base, à retenir soit un produit EB-GB 3, soit un produit EB-EME 2. Pour cet exemple, le matériau de couche de base choisi est un EB-EME 2.

Couche de fondation

Il est choisi d'utiliser une couche de fondation constituée de Grave Non Traitée de catégorie 1.

✤ <u>Plate-forme support</u>

La classe de portance visée du projet est PF2. Dans le modèle de calcul, pour la détermination des sollicitations dans le corps de chaussée, le module associé à la plate-forme support est la valeur limite inférieure de la classe, à savoir 80 MPa.

<u>Caractéristiques mécaniques des matériaux</u>

Les caractéristiques mécaniques des matériaux choisis pour cet exemple sont fournies dans le tableau 41. Il s'agit des valeurs conventionnelles minimales. Les valeurs des modules à différentes températures et fréquences sont déduites des tableaux 20 et 23 indiquant les susceptibilités des modules aux variations de températures et de fréquences.

Produit	E(15°C,10Hz) (MPa)	E(10°C,10Hz) (MPa)	E(28°C,10Hz) (MPa)	$arepsilon_6(10^\circ C, 25 Hz)$ (µdef)	$\beta = -1/b$	\boldsymbol{S}_N	S_h
EB-BBA 2	5 500	7 315	1 760	100	5	0,25	-
EB-EME 2	14 000	16 940	7 000	130	5	0,25	(1)
(1	$S_h = 1 si e \leq 1$	$10 \text{ cm}, S_h = 1 + 0.3$	(e-10) si 10 cm <	$e < 15 cm, S_h = 2,5$	si e ≥ 15 cm		

Tableau 41 : Caractéristiques mécaniques des matériaux hydrocarbonés (2)

Pour ce qui concerne la grave non traitée, celle-ci est subdivisée (pour le dimensionnement) en souscouches de 0,25 m d'épaisseur. Le module de la GNT 1 est égal à 3 fois le module de la couche sousjacente, jusqu'à ne pas dépasser la valeur limite maximale de 600 MPa. Le module de la première souscouche sera donc égal à 80 MPa x 3 = 240 MPa, celui de la seconde à 240 MPa x 3 = 720 MPa, limitée à 600 MPa.

Utilisation de Alizé-Aéronautique : choix de la structure de chaussée

D'après l'exemple du guide (STAC), le structure de chaussée choisie est composée de :

- 6 cm de BBA
- Une couche d'EME2
- De la GNT de catégorie 1
- Une PF de 80 MPa

Comme indiqué sur la Figure 71, il faut partir du modèle de structure flexible Mf1 et changer les matériaux. Pour cela, il faut double-cliquer sur la case du matériau à modifier. Une fenêtre avec la bibliothèque des matériaux apparait alors. Il faut cliquer sur la ligne correspondant au matériau voulu.

Alizé-Lcpc - module Aéronautique - Données de calcul																		X
Fichier Struct	ture de ch	aus	sée	Trafic avi	ons Au	tres donnée	s trafic	Bibliothèo	que matér	iaux Ca	alcul Aliz	é Cor	figurer A	Alizé B	asculer	vers ?		
Mair la atruatu	o do oba		á.															
The Structure	e ue cha			madèla														
Thre: Struc	ure bitun	inte	use	- modele	WIT													
	épaiss (m)			Young (MPa)	Nu	Type de matériau	C	ritère nsionnant	Risque (%)	Sig Epsi	j6 ou i6 ou A	-1/b	SH	SN	Kr 1.	/Ks 1/	Kd K	ic
+	0.06			f(T.F)	0.350	eb-bbme3			(,									
collé 🕂	0.18		-	f(T.F)	0.350	eb-ab3	En	silonT-inf		5	90	5	0.025	03 0	703 4	1.0	f(B	seR)
collé 	0.25		-	600.0	0.350	ant1				.,•	-	5	0,020	0,0 0,	100			
collé —	0,25	1		000,0	0,350	gin	_ Cł	noisir c	lans l	a list	e le :	mate	ériau	ı util	isé			
collé —	0,25			240,0	0,350	gnt1			ah ar	roul	omo	nt						
linfini 80,0 0,350 pf2qs en coucie de rodiement																		
Hgnt= 0,500 m 🎢 Alizé-Lcpc - Calcul mécanique, bibliothèque des matériaux																		
Fichier Type de matériaux Ajouter-Supprimer																		
Bibliothèque des matériaux standard : norme NF P98-086 (annexe F normative)																		
				notheque	ies mater		a . norm	ie in 1 50-000	(unnexe i	norman	,							
								Matériaux b	itumineux						- 5/4011-	S 44		
				tatut	nom	E (MPa)	nu	Ensi6 (10°C	1 -1/b	SN	Sh (m)	Ke	T= -10	T= 0 °C	S E(10HZ) = f(tem)	T= 30	T= 40
			S	/stem	eb-bba1	5500	0,35	130	5	0,25	stdard	1,1	14800	12000	7315	3685	1300	1000
			S	/stem	eb-bba2	5500	0,35	100	5	0,25	stdard	1,1	14800	12000	7315	3685	1300	1000
			S	/stem	eb-bba3	7000	0,35	100	5	0,25	stdard	1,1	16000	13500	9310	4690	1800	1000
			S	/stem e	b-bbsg1	5500	0,35	100	5	0,25	stdard	1,1	14800	12000	7315	3685	1300	1000
			S	/stem e	b-bbsg2	7000	0,35	100	5	0,25	stdard	1,1	16000	13500	9310	4690	1800	1000
			S	/stem e	b-bbsg3	7000	0,35	100	5	0,25	stdard	1,1	16000	13500	9310	4690	1800	1000
			<u></u>	stem e	b bbme2	9000	0,35	100	5	0,25	stdard	1,1	1/300	15400	11970	7370	3000	1900
			51	/stem e	b-bbme3	11000	0.35	100	5	0,25	stdard	1.1	19500	18200	14630	7370	3800	2300
			SI	/stem	bbm	5500	0,35	1	1	1	stdard	1,1	14800	12000	7315	3685	1300	1000
			S	stem	bbtm	3000	0,35	1	1	1	stdard	1,1	8500	7000	4200	1800	1000	800
			S	stem	bbdr	3000	0,35	1	1	1	stdard	1,1	8500	7000	4200	1800	1000	800
			S	stem	acr	5500	0,35	1	1	1	stdard	1,1	14800	12000	7315	3685	1300	1000
			S	stem	eb-gb2	9000	0,35	80	5	0,3	stdard	1,3	22800	18300	11880	6120	2700	1000
			S	/stem	eb-gb3	9000	0,35	90	5	0,3	stdard	1,3	22800	18300	11880	6120	2700	1000
			S	/stem	eb-gb4	11000	0,35	100	5	0,3	stdard	1,3	25000	20000	14300	7700	3500	1200
			S	/stem e	eb-eme1	14000	0,35	100	5	0,3	stdard	1	30000	24000	16940	11060	6000	3000
			S	stem (eb-eme2	14000	0,35	130	5	0,25	stdard	1	30000	24000	16940	11060	6000	3000
				Teq= 🚺	15 °C	Fr= + 1	IO Hz	Enrobé	bitumine	ux aérona	autique bl	ba de cla	sse 2			Annuler		ОК

Figure 71. Choix du matériau utilisé en couche de roulement

Il faut faire de même avec le matériau utilisé en couche de base, la GNT et la plate-forme. La structure de chaussée finale est présentée sur la Figure 72.

repe	: - n	module A	éro	nau	tique - Don	nées de	e calcul										• ×
ichier Structure de chaussée				Trafic avid	ons Au	utres données	trafic Bibliothèo	que matériau	x Calcul Al	izé Co	onfigurer Alizé		Basculer vers		?		
Voir la structure de chaussée																	
Titre : Structure bitumineuse - modèle Mf1																	
	épaiss (m)				Young (MPa) Nu		Type de matériau	Critère dimensionnant	Risque (%)	Sig6 ou Epsi6 ou A	-1/b	SH	SN	Kr	1/Ks	1/Kd	Кс
	+ _ [0,06	•	Þ	f(T,F)	0,35	eb-bba2										
ne -	+	0,18	•	Þ	f(T,F)	0,35	eb-eme2	EpsilonT-inf	 ↓ 2,5 	130,0	5,0	0,025	0,25	0,727	1,0		f(RseR)
lie -	+	0,25	•	Þ	600,0	0,350	gnt1										
lle –		0,25			240,0	0,350	gnt1										
lle –		infini			80,0	0,350	pf2qs	EpsilonZ-sup		16000	-0,222						
Hgnt= 0,500 m Gnt1/Gnt1								1			,						
K Détails Modifier											ier la s	structure					
	Stru Stru Ié - Ié - Ié -	Structure Structure Structure Ié + - Ié IÉ -	Structure de cha ructure de cha Structure bitun épaiss (m) + - 0,06 lé - 0,18 lé - 0,25 lé - 0,25 lé - 0,25 lé - 0,25 lé - 1,500	Structure de chauss ructure de chauss Structure bitumine épaiss (m) Ié + 0,06 Ié + 0,18 Ié + 0,25 Ié 0,25 Ié 0,25 Ié 1,500 m	Structure de chaussée ructure de chaussée - Structure bitumineuse épaiss (m) Ié + 0,06 () Ié + 0,18 () Ié + 0,25 () Ié - 0,500 m	Structure de chaussée Trafic avio ructure de chaussée Structure bitumineuse - modèle I épaiss Young (m) (MPa) é - 0,06 • f(T,F) lé + 0,18 • f(T,F) lé - 0,25 • 600,0 lé - 0,25 • 80,0 lé - 0,25 • 80,0 lé - 0,500 m	Structure de chaussée Trafic avions Au ructure de chaussée modèle Mf1 épaiss (m) Young (MPa) Nu Ié + 0,06 + f(T,F) 0,35 Ié + 0,18 + f(T,F) 0,35 Ié + 0,25 + 6600,0 0,350 Ié 0,25 4 80,0 0,350 Ié 0,500 m Hgnt= 0,500 m 80,0 0,350	Structure de chaussée Trafic avions Autres données ructure de chaussée Structure bitumineuse - modèle Mf1 Type de matériau épaiss (m) Young (MPa) Nu Type de matériau Ié + 0,06 + f(T,F) 0,35 eb-bba2 Ié + 0,25 + 600,0 0,350 gnt1 Ié 0,25 + 80,0 0,350 gnt1 Ié infini 80,0 0,350 gnt1 Hgnt= 0,500 m Gnt1/Gnt1 Gnt1/Gnt1	Structure de chaussée Trafic avions Autres données trafic Bibliothèc ructure de chaussée Structure bitumineuse - modèle Mf1 épaiss Young Nu Type de matériau Critère dimensionnant lé + 0,06 ↓ f(T,F) 0,35 eb-bba2 lé + 0,18 ↓ f(T,F) 0,35 eb-me2 EpsilonT-inf lé + 0,25 ↓ 600,0 0,350 gnt1 gnt1 lé - 0,25 ↓ 600,0 0,350 gnt1 lé - 0,25 ↓ Gnt1/Gnt1	Structure de chaussée Trafic avions Autres données trafic Bibliothèque matériau: ructure de chaussée Structure bitumineuse - modèle Mf1 épaiss Young Nu Type de Critère Risque (MPa) Nu Type de Critère Risque (%) Ié + 0,18 4 f(T,F) 0,35 eb-bba2 Ié + 0,25 4 f(T,F) 0,35 gnt1 Ié + 0,25 4 f(T,F) 0,350 gnt1 Ié + 0,25 4 f(T,F) 0,350 gnt1 Hgnt= 0,500 m Gnt1/Gnt1	Structure de chaussée Trafic avions Autres données trafic Bibliothèque matériaux Calcul Al ructure de chaussée -	Structure de chaussée Trafic avions Autres données trafic Bibliothèque matériaux Calcul Alizé Corructure de chaussée Structure de chaussée Structure bitumineuse - modèle Mf1 é paiss Young Nu Type de Critère Risque (%) Epsi6 ou A -1/b ié + 0,18 4	Structure de chaussée Trafic avions Autres données trafic Bibliothèque matériaux Calcul Alizé Configurei ructure de chaussée Structure bitumineuse - modèle Mf1	Structure de chaussée Trafic avions Autres données trafic Bibliothèque matériaux Calcul Alizé Configurer Alizé ructure de chaussée Structure bitumineuse - modèle Mf1	Structure de chaussée Trafic avions Autres données trafic Bibliothèque matériaux Calcul Alizé Configurer Alizé Bascul ructure de chaussée Structure bitumineuse - modèle Mf1 épaiss (m) Young (MPa) Nu Type de matériau Critère dimensionnant Risque (%) Sig6 ou Epsi6 ou A -1/b SH SN Kr Ié + 0,06 ↓ f(T,F) 0,35 eb-bba2 Imatériau f(T,F) 0,35 general EpsilonT-inf ↓ 2,5 130,0 5,0 0,025 0,25 0,727 Ié - 0,25 ↓ 260,0 0,350 gnt1 Imatériau Imatériau <thimatériau< th=""> Imatériau Ima</thimatériau<>	Structure de chaussée Trafic avions Autres données trafic Bibliothèque matériaux Calcul Alizé Configurer Alizé Basculer vers ructure de chaussée	Structure de chaussée Trafic avions Autres données trafic Bibliothèque matériaux Calcul Alizé Configurer Alizé Basculer vers ? ructure de chaussée Structure bitumineuse - modèle Mf1

Figure 72. Structure de chaussée avec les matériaux choisis

Calculs des endommagements

Le calcul des endommagements s'effectue à deux niveaux dans la structure de chaussée :

- à la base de la couche de base (EB-EME 2) endommagement par fatigue en traction (critère ε_t),
- au sommet du sol support endommagement par déformations permanentes en compression (critère \mathcal{E}_{zz}).

La définition des épaisseurs relevant d'une procédure itérative menant à l'obtention d'un des deux endommagements proches de 1 (par valeur inférieure), les calculs d'endommagement sont réalisés pour différentes structures. Deux d'entre elles sont présentées ici, à savoir :

- Structure 1 6 cm de EB-BBA 2 + 15 cm de EB-EME 2 + 40 cm de GNT de catégorie 1,
- Structure 2 6 cm de EB-BBA 2 + 12 cm de EB-EME 2 + 33 cm de GNT de catégorie 1,

Dans cet exemple, les calculs vont être réalisés uniquement avec la structure 2.

Utilisation de Alizé-Aéronautique : modification des épaisseurs des couches

Avant de réaliser les calculs, il faut modifier les épaisseurs. Comme indiqué sur la Figure 73, il faut cliquer sur les flèches afin de faire varier les épaisseurs des couches.



Figure 73. Modification des épaisseurs

Utilisation de Alizé-Aéronautique : calcul des endommagements

Pour lancer les calculs, comme indiqué sur la Figure 74, il faut aller dans l'onglet « Calcul Alizé » de la barre de menu principale, puis choisir « Calcul unique ».

Une fenêtre s'ouvre et indique la valeur de la RSeR et du coefficient Kc. Il faut ensuite cliquer sur OK.

🎢 Alizé-Lcpc - module Aéronautique - Données de calcul	
Fichier Structure de chaussée Trafic avions Autres données trafic Bibliothèque matériaux Calcul Alizé Configurer Alizé ?	
- Autres données du trafic projet : Période de calcul, fréquences et balayages Calcul unique Titre : Calcul itératif	
Alizé-Lcpc - module Aéronautique, résultats des calculs Avancement du calcul selon le mode "Calcul unique" (Ncalc= 10) : Fin de la 1ère séquence de calcul "en aveugle", permettant le calcul de RseR et par suite la détermination du coefficient de calage des enrobés Kc= f(RseR). • RseR=0,233 MN (= 23,78 t) • Kc = 1,459 (Kc initial avant ajustement= 1,000) Début maintenant de la seconde séquence de calcul prenant en compte cette valeur "correcte" du coefficient de calage Kc= f(RseR) pour les matériaux bitumineux.	

Figure 74. Lancement des calculs

Comme indiqué sur la Figure 75, une fenêtre s'ouvre alors avec le résultat du premier calcul : le dommage à la base des couches d'enrobé, pour le 1^{er} avion du trafic projet. Pour enchainer tous les calculs, il faut alors cocher « Enchainement auto » et cliquer sur « calcul suivant ».



Figure 75. Calcul du dommage à la base des couches d'enrobés pour le 1er avion du trafic projet

La Figure 76 présente le résultats de tous les calculs : les dommages EpsT et EpsZ pour tous les avions du trafic projet.



Figure 76. Résultats des calculs : dommage EpsT et EpsZ pour tous les avions du trafic projet



Il est possible d'obtenir les dommages cumulés en sélectionnant « Dommages cumulés ».

Figure 77. Dommages cumulés

En cliquant sur « Dommages maxi », il est possible d'obtenir le tableau récapitulatif des dommages (Figure 78). Les dommages cumulés, avec balayage, sont :

- Pour EpsT : 0.265
- Pour EpsZ : 0.379

1	0,00 1,00	000	0,02	200	0,0400	0,	0600	0,08	00 0,1	000 0,	1200 0,1 Dommage	400 1		1-AIRBUS A 340 2-BOEING B 777	200 - Epsilo 300 ER - Ep	nT Inf2 silonT Inf2	▼ 9-4 ▼ 10-	AIRI
														3-AIRBUS A 330	300 - Epsilo	nT inf2		
	10.00										v	4-AIRBUS A 320	200 JUM - E	psilonT Inf2				
	0,00 -											1	•	5-AIRBUS A 310	300 - Epsilo	nT Inf2		
Ré	capitul	atif: Don	nmag	jes maxi	- Mod	e Precis	-						-			T 1 m		
		No	m de		N	bre	Critère	Kc	Va	leur	Valeur équ	ivalen	te	Dommage	e maximal	Contribution	à Doumulé	
6	A 340	200 (Mrv	/=275	5.9t) - M= 1	7 1	830	pT-inf2	1.459	563.2	226.8	260.4	197	7.8	0.021	0.005	0.017	0.005	
7	B 777	300 ER (I	Mrw=	352.4t) - N	1= 2	310	pT-inf2	1,459	537.6	243.1	301,6	219	9.0	0.056	0.011	0.053	0.011	-
8	A 330	300 (Mrv	/=233	3,9t) - M= 1	8 1	720	EpT-inf2	1,459	570,2	264,4	303,8	235	5,0	0,043	0,012	0,035	0,012	^
9	A 320	200 JUM	(Mrw	=77,4t) - I	/= 10	870	EpT-inf2	1,459	394,4	222,4	222,4	179	9,6	0,057	0,020	<0.001	0,009	1
10	A 310	300 (Mrv	/=164	4,9t) - M= 1	2 8	030	pT-inf2	1,459	419,0	206,5	237,0	190	0,5	0,058	0,019	0,007	0,019	
	D	ommage	s cu	mulés	49	330	pT-inf2				439,1	287	7,9	0,628	0,265			
1	A 340	200 (Mrv	/=275	5,9t) - M= 2	26 3	150 E	pZ-sup5	1600	0 2676,1	1347,0	1567,8	131	8,5	0,090	0,041	0,085	0,040	
2	B 777	300 ER (I	//rw=	352,4t) - N	1= 3	990 E	pZ-sup5	1600	0 2539,2	1531,0	1831,5	153	3,5	0,230	0,103	0,216	0,097	
3	A 330	300 (Mrv	/=233	3,9t) - M= 2	23 2	960 E	pZ-sup5	1600	0 2713,3	1428,9	1663,1	140	1,4	0,110	0,051	0,106	0,050	
4	A 320	200 JUM	(Mrw	=77,4t) - I	1= 6	00 E	pZ-sup5	1600	0 3867,0	1029,2	1029,2	906	6,4	0,003	0,001	<0.001	<0.001	
5	A 310	300 (Mrv	/=164	1,9t) - M= 1	13	870 E	pZ-sup5	1600	0 1925,7	1248,8	1405,1	123	7,3	0,242	0,136	0,197	0,131	
6	A 340	200 (Mrv	/=275	5,9t) - M= 1	7 1	830 E	pZ-sup5	1600	0 3018,9	928,9	1081,5	900	D,8	0,010	0,004	0,009	0,004	
7	B 777	300 ER (I	//rw=	352,4t) - N	1= 2	310 E	pZ-sup5	1600	2866,8	1114,8	1338,0	111	1,8	0,032	0,014	0,030	0,013	
8	A 330	300 (Mrv	/=233	3,9t) - M= 1	8 1	720 E	pZ-sup5	1600	0 3060,8	1161,8	1352,5	113	2,8	0,025	0,011	0,024	0,011	
9	A 320	200 JUM	(Mrw	=77,4t) - I	/= 10	870 E	pZ-sup5	1600	0 2032,7	868,2	868,2	763	3,4	0,022	0,012	<0.001	0,004	
10	A 310	300 (Mrv	/=164	4,9t) - M= 1	2 8	030 E	pZ-sup5	1600	0 2174,1	1006,4	1135,2	997	7,3	0,054	0,030	0,042	0,029	
	D	ommage	es cu	mulés	49	330 E	pZ-sup5				1785,4	155	3,0	0,711	0,379			-
						Nota: le	s valeur	s ci-d	essus pren	nent bien e	n compte la d	épen	danc	e Kc=f(RseR)				
													Rs	eR C	alcul suivan	t	Fermer	
	0.00															_		
				Axe ve	rtical =	= distanc	e tranve	rsale	à l'axe de la	piste (m)				Enregi	strer	Voi	r Avion	
Durée= 00:32sec X= 0,1474 Y= 0,8583												Imprii	mer	E	ermer			

Figure 78. Tableau récapitulatif des dommages

Logiciel

Alizé-Aéronautique





Distributeur exclusif :



8 quai de Bir Hakeim 94410 Saint-Maurice France Tél : +33 (0)1 49 76 12 59

www.alize-lcpc.com