

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



Table des matières

Introduction		
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	

Tables des matières

6. Calculs	39
6.1. Calcul selon le mode unique	41
6.1.1. Lancement des calculs	41
6.1.2. Enchainement des calculs	43
6.1.3. Zoom	45
6.1.4. Détails 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. Dommages maxi	56
6.1.6. Enregistrement des résultats	57
6.2. Calcul selon le mode itératif	58
6.2.1. Choix de la couche à ajuster	58
6.2.2. Lancement des calculs	59
6.2.3. Résultats des calculs	60
6.2.4. Autres résultats	62
6.3. Précisions des calculs	63
6.3.1. Bouton « Precis+ »	63
6.3.2. Les différentes possibilités	64
6.3.3. Exemple	66
6.4. Vérification du dimensionnement d'une aire de stationnen	nent 67
7. Nomenclatures des fichiers d'entrée et de	e sorties 69
8. Les différentes phases d'une étude	71
9. Fonctionnalité « AIDE »	73
10. Exemple de calcul de dimensionnement	75
10.1 Exemple de dimensionnement d'une niste	76

Liste des figures

Figure 1. Fenetre de lancement d'Alize-Aeronautique	10
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	
Figure 8. Choix du nouveau matériau	18
Figure 9. Modification des coefficients de Poisson	19
Figure 10. Modification du risqué	
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	26
Figure 17. Configurer Alizé : préférences aéronautiques	27
Figure 18. Définition du trafic projet dans le menu principal	30
Figure 19. Sélection de la marque de l'avion à ajouter au trafic projet	31
Figure 20. Sélection du type d'avion à ajouter au trafic projet	31
Figure 21. Sélection du modèle d'avion à ajouter au trafic projet	32
Figure 22. Informations sur l'avion sélectionné	32
Figure 23. Ajout de l'avion sélectionné au trafic projet	33
Figure 24. Affichage des axes de roulement	34
Figure 25. Ne pas dessiner l'atterrisseur avant	
Figure 26. Réglages des autres données trafic	36
Figure 27. Lancement des calculs	40
Figure 28. Lancement des calculs selon le mode "Calcul unique"	
Figure 29. Premier résultat de calcul	
Figure 30. Enchainement des calculs	
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	48
Figure 37. Sens des ordonnées	49
Figure 38. Résultats détaillés	50
Figure 39. Valeurs mini et maxi	51

Liste des figures

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	
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 GNTde GNT	
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	
Figure 67. Enregistrement du trafic projet	
Figure 68. Obtention du modèle de structure de chaussée	84
Figure 69. Choix de la valeur du risque	85
Figure 70. Choix de la température équivalente	86
Figure 71. Choix du matériau utilisé en couche de roulement	88
Figure 72. Structure de chaussée avec les matériaux choisis	89
Figure 73. Modification des épaisseurs	89
Figure 74. Lancement des calculs	
Figure 75. Calcul du dommage à la base des couches d'enrobés pour le 1er avion du trafic projet	90
Figure 76. Résultats des calculs : dommage EpsT et EpsZ pour tous les avions du trafic projet	91
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 quide 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)
 - \circ 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.

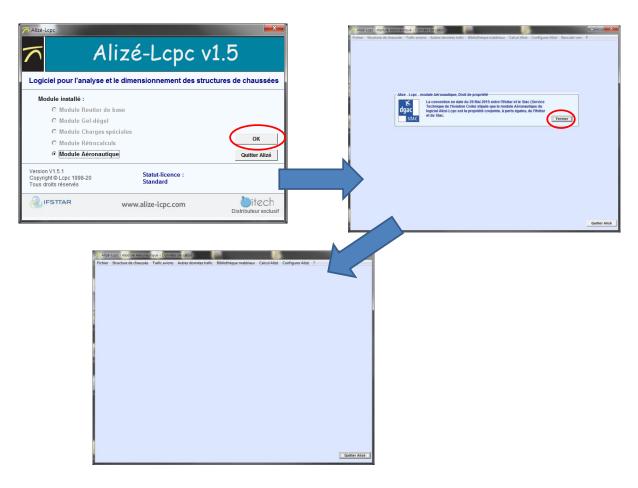
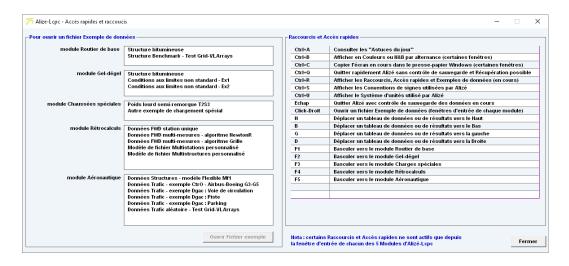


Figure 1. Fenêtre de lancement d'Alizé-Aéronautique



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.

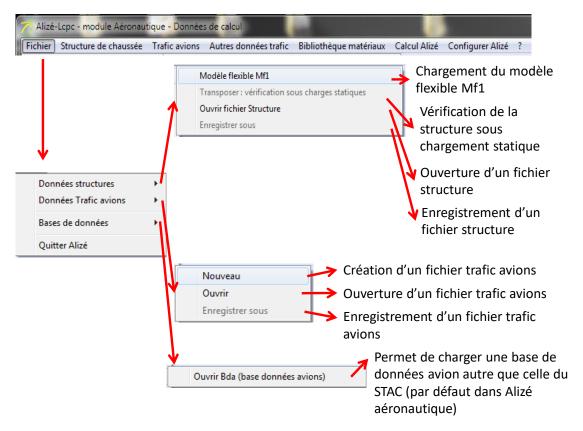


Figure 2. Barre de menu principale

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

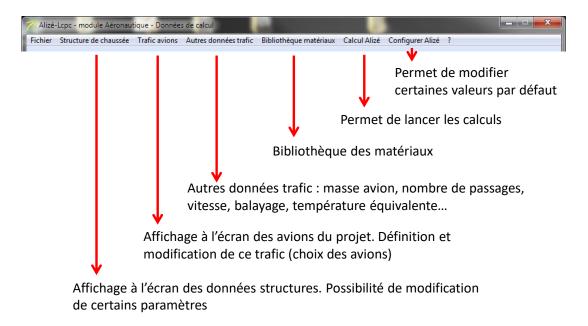


Figure 3. Barre de menu principale, suite

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.

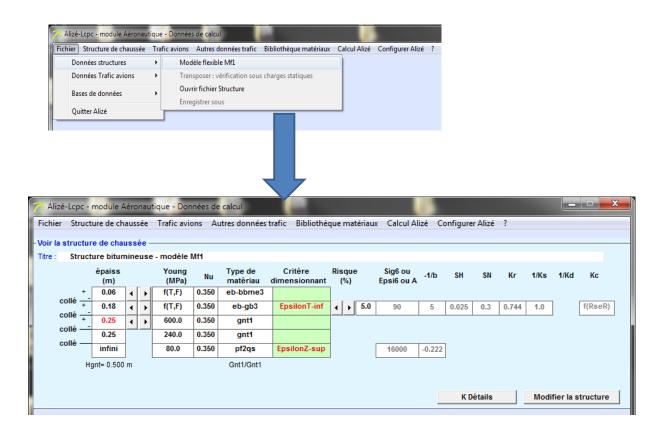


Figure 4. Chargement d'une structure souple

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

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 »



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.

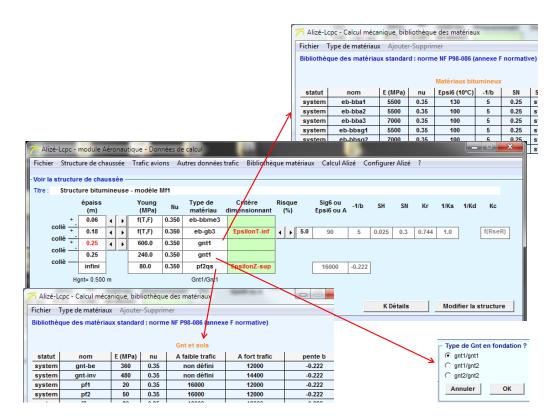


Figure 6. Choix des matériaux

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.

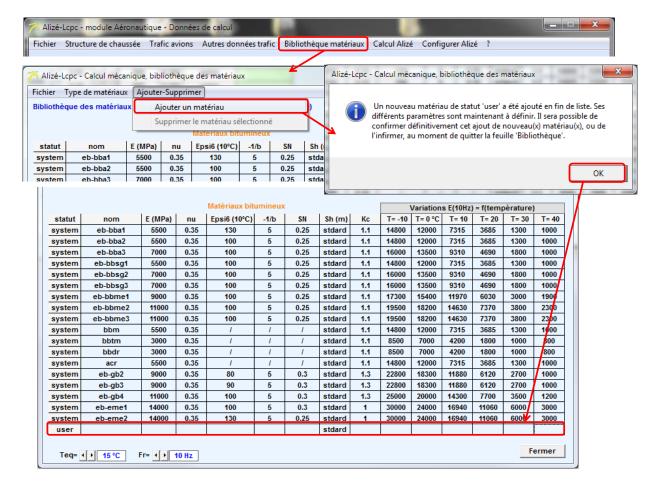


Figure 7. Ajout d'un nouveau matériau à la bibliothèque

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.

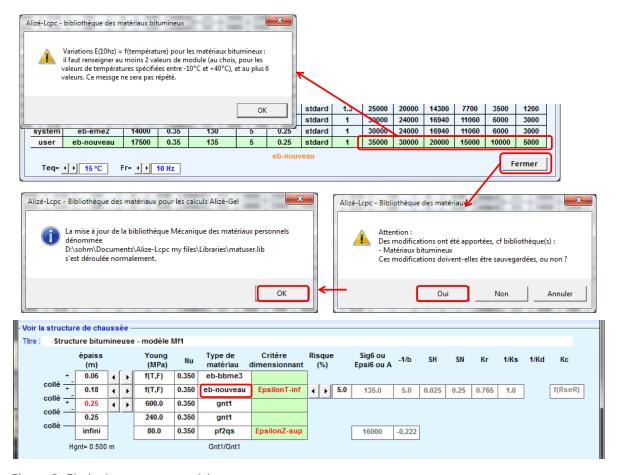


Figure 8. Choix du nouveau matériau

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.

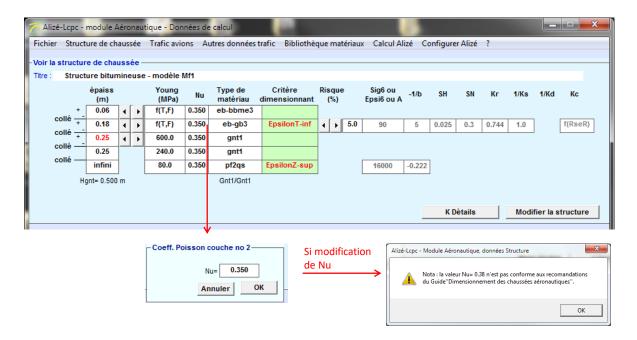


Figure 9. Modification des coefficients de Poisson

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.

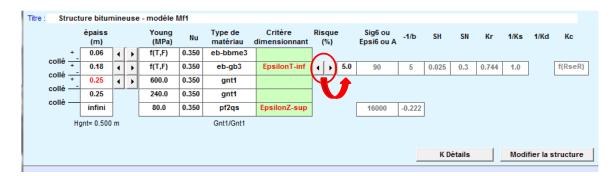


Figure 10. Modification du risqué

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".

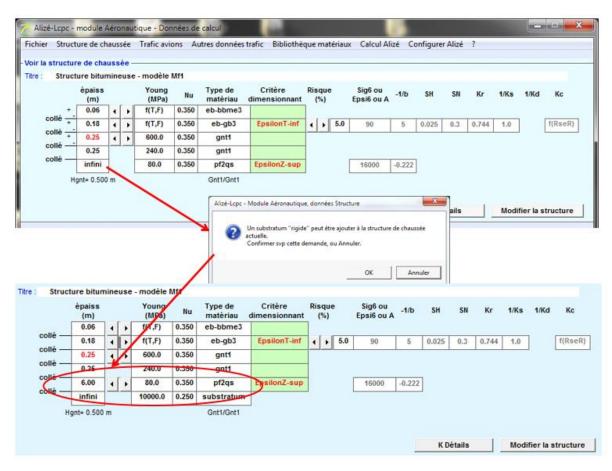


Figure 11. Ajout d'un substratum rigide

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.

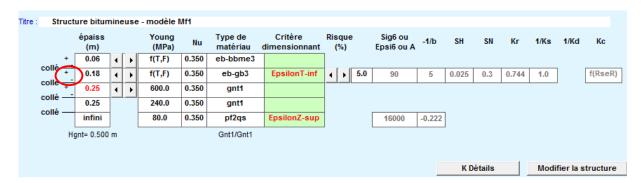


Figure 12. Réglage au millimètre des épaisseurs

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.

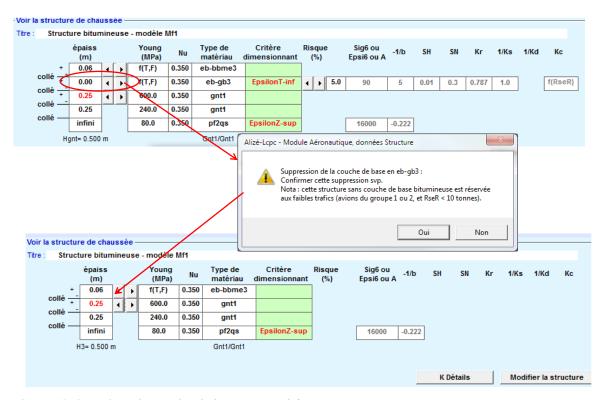


Figure 13. Supprimer la couche de base en enrobé

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.

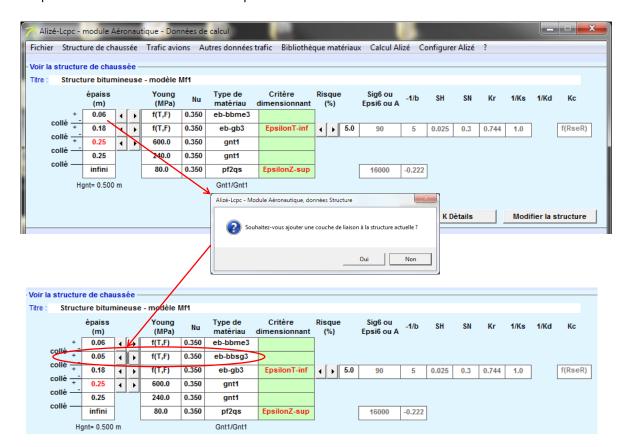


Figure 14. Ajout d'une couche de liaison

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).

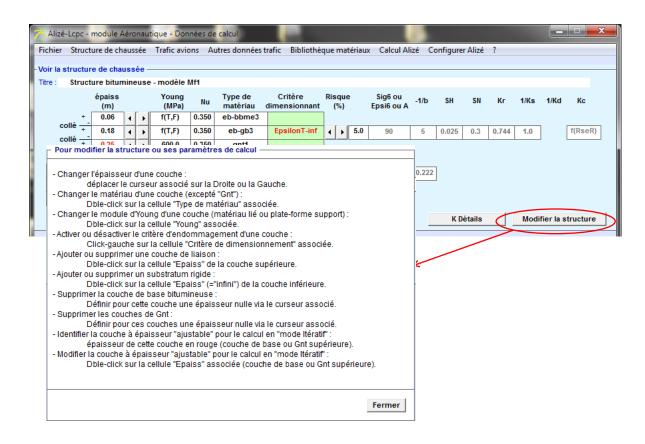


Figure 15. Modification de la structure

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 ».

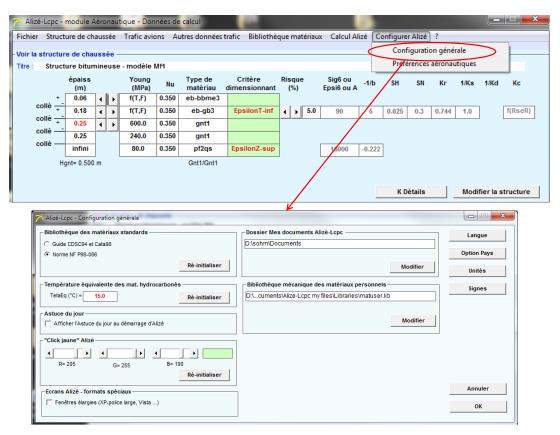


Figure 16. Configurer Alizé: configuration générale

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.

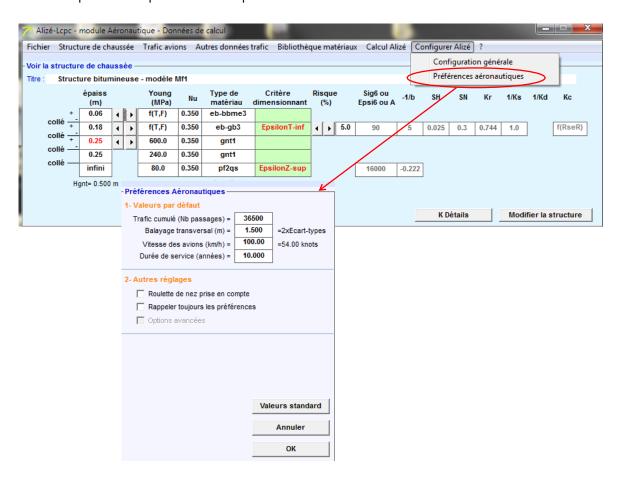


Figure 17. Configurer Alizé: préférences aéronautiques

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).

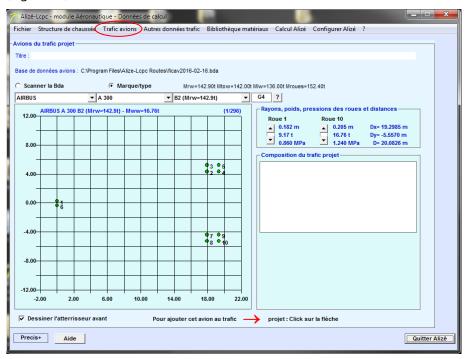


Figure 18. Définition du trafic projet dans le menu principal

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.

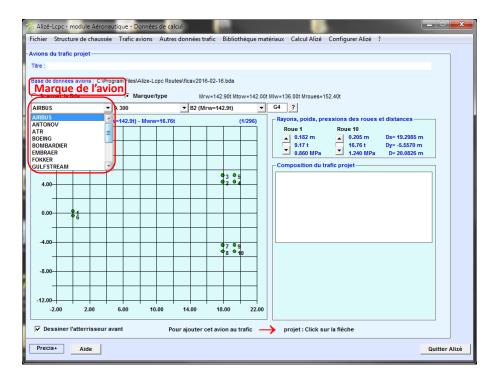


Figure 19. Sélection de la marque de l'avion à ajouter au trafic projet

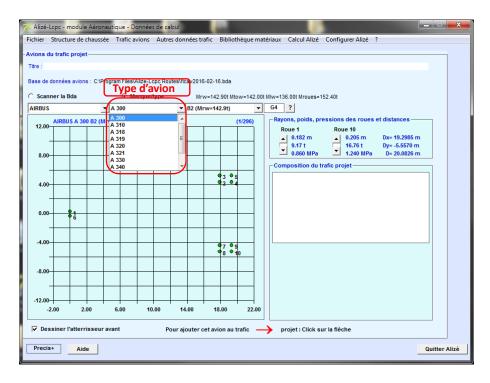


Figure 20. Sélection du type d'avion à ajouter au trafic projet

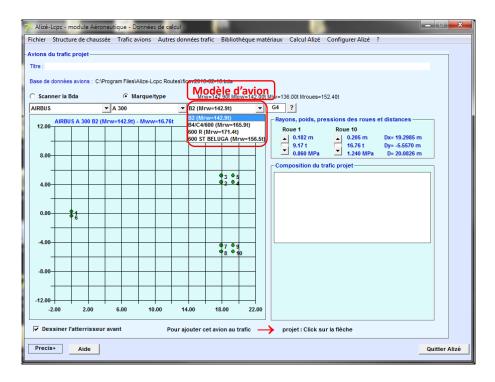


Figure 21. Sélection du modèle d'avion à ajouter au trafic projet

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 «?».

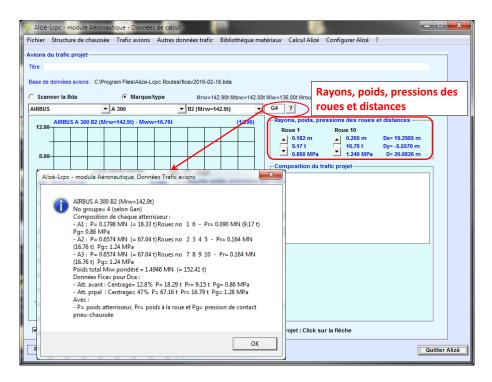


Figure 22. Informations sur l'avion sélectionné

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 ».

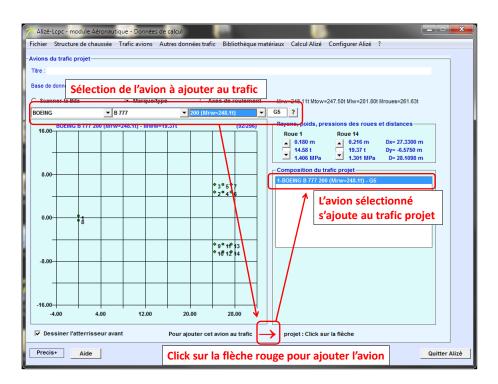


Figure 23. Ajout de l'avion sélectionné au trafic projet

4.3. Autres réglages

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

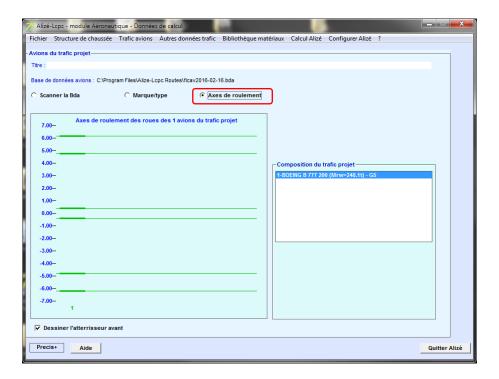


Figure 24. Affichage des axes de roulement

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).

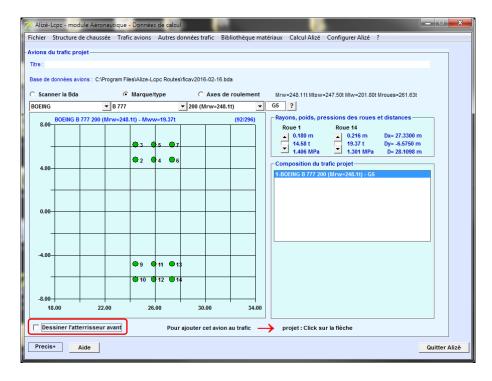


Figure 25. Ne pas dessiner l'atterrisseur avant

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).

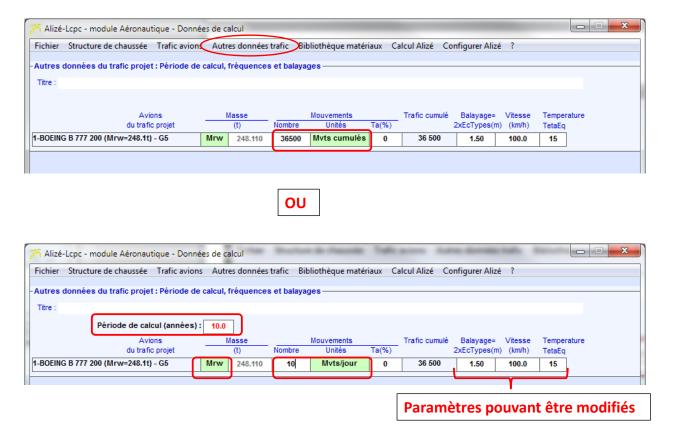


Figure 26. Réglages des autres données trafic

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

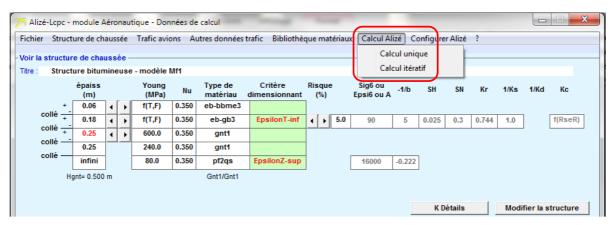


Figure 27. Lancement des calculs

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 ».

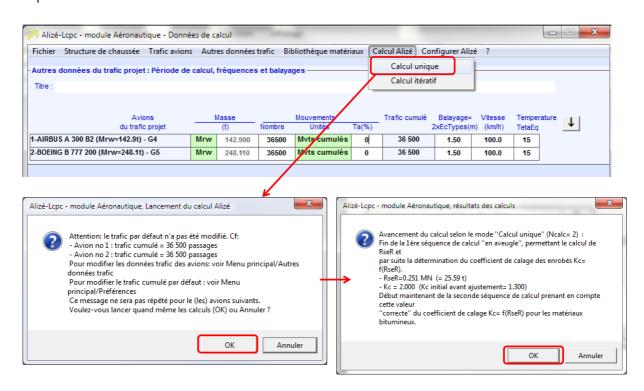


Figure 28. Lancement des calculs selon le mode "Calcul unique"

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

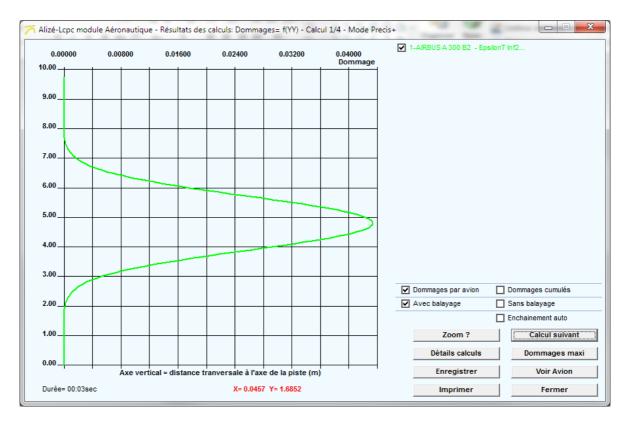


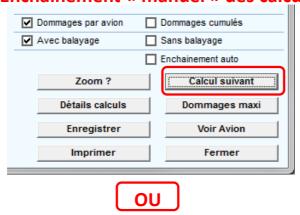
Figure 29. Premier résultat de calcul

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

Enchainement « manuel » des calculs



Enchainement automatique des calculs

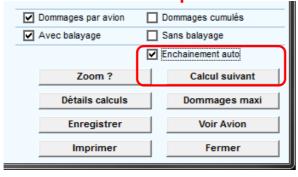


Figure 30. Enchainement des calculs

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).

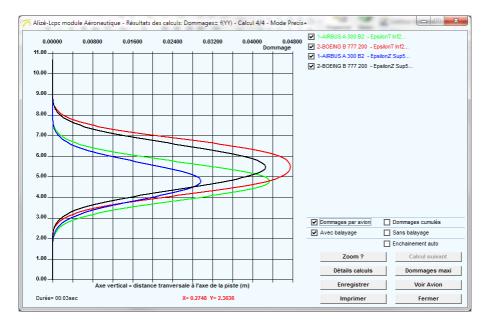


Figure 31. Résultats de calculs : dommage avec balayage par avion

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

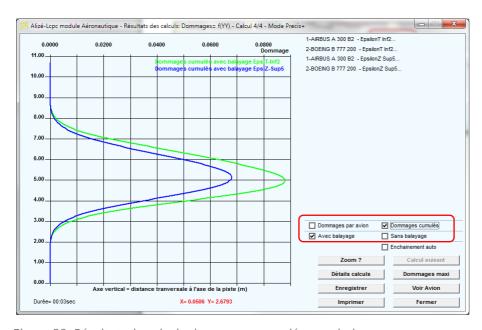


Figure 32. Résultats de calcul : dommages cumulés avec balayage

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.

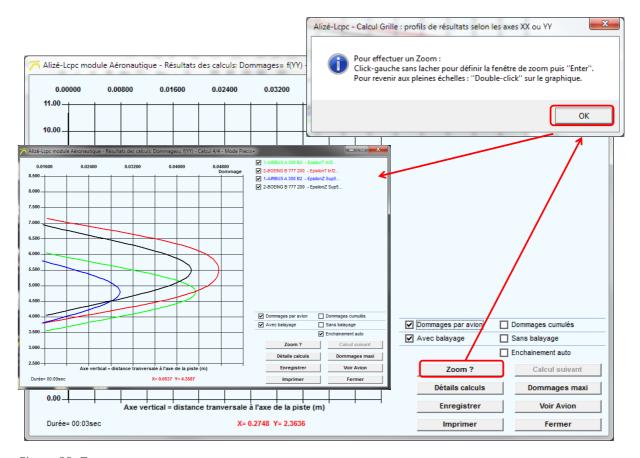


Figure 33. Zoom

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.

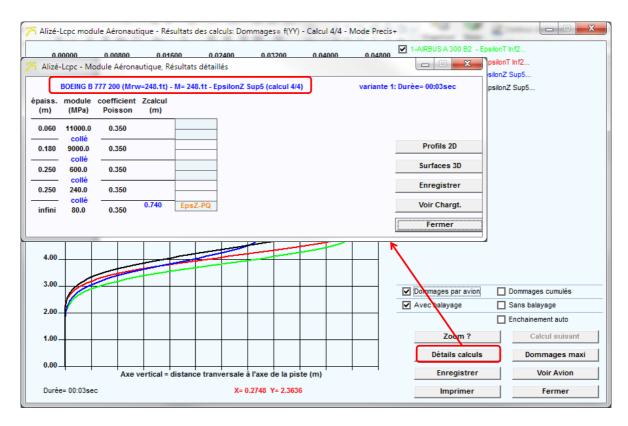


Figure 34. Détails des calculs

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 (EpsilonZZ-5-Sup).

Choix du profil, selon xx ou yy

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).

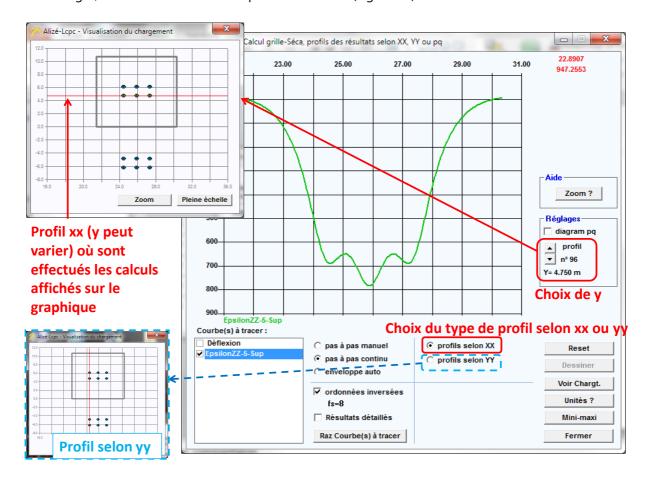


Figure 35. Choix du profil, selon xx ou yy

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.

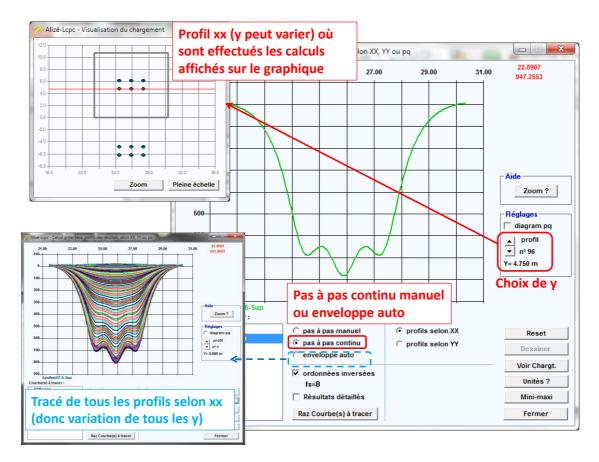


Figure 36. Tracé des courbes : pas à pas continu, manuel ou enveloppe auto

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).

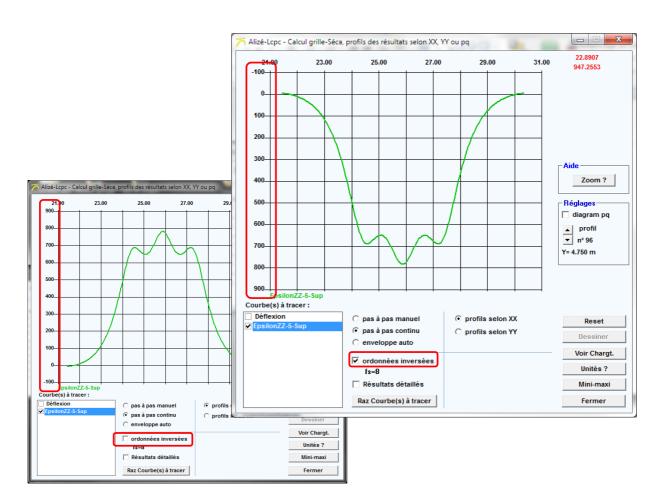


Figure 37. Sens des ordonnées

Résultats détaillés

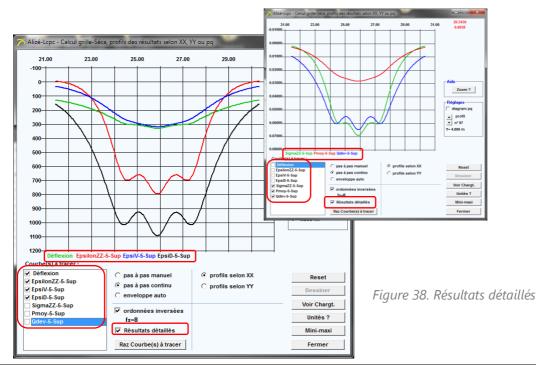
Par défaut, dans le cadre « Courbes à tracer », seuls quelques paramètres principaux sont affichés. Il est possible d'en choisir d'autres. Pour cela il faut cocher la case « Résultats détaillés » (Figure 38).

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)
 - 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
 - o La déformation déviatorique (ou de cisaillement) à la base de la couche d'enrobé
 - o 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 :
 - o La déflexion
 - o 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
 - 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

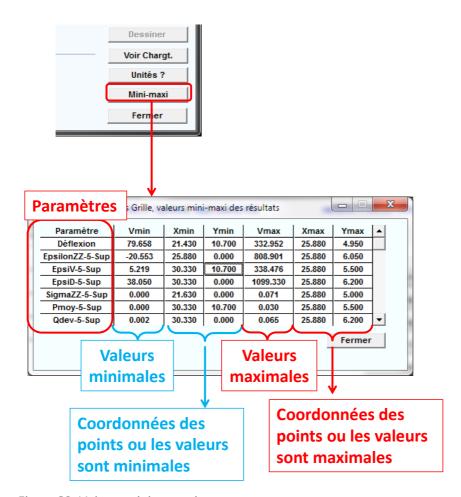


Figure 39. Valeurs mini et maxi

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

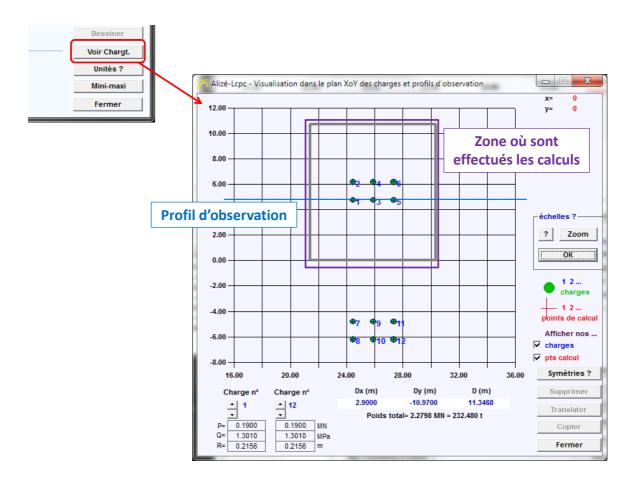


Figure 40. Visualisation dans le plan XOY des charges et profils d'observation

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)

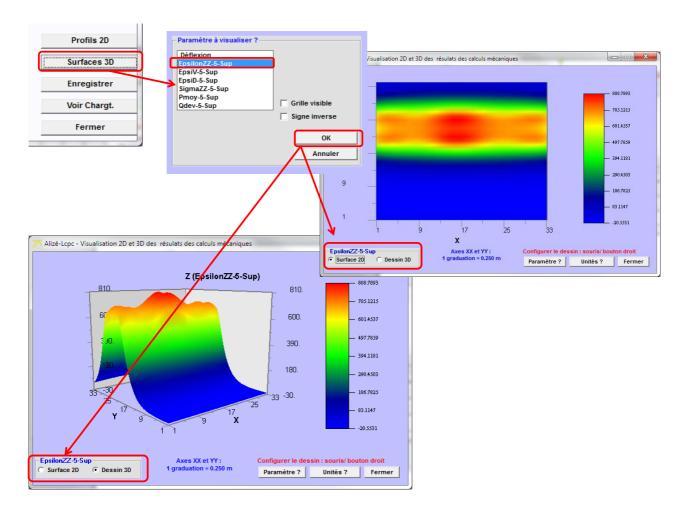


Figure 41. Visualisation des surfaces 2D ou dessin 3D

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.

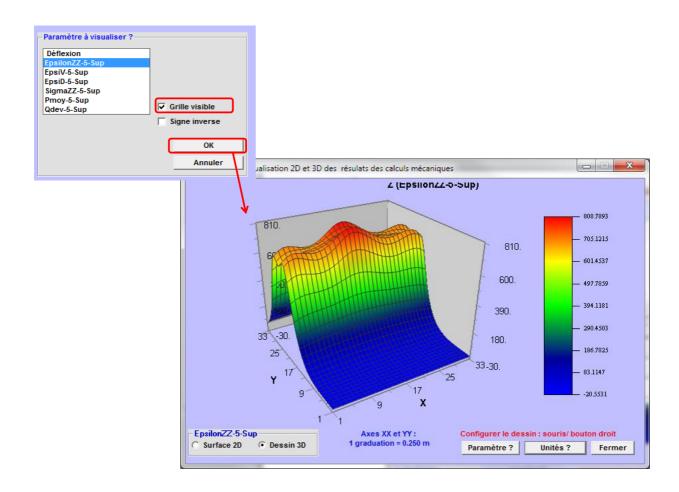


Figure 42. Visualisation des dessins 3D avec grille visible

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).

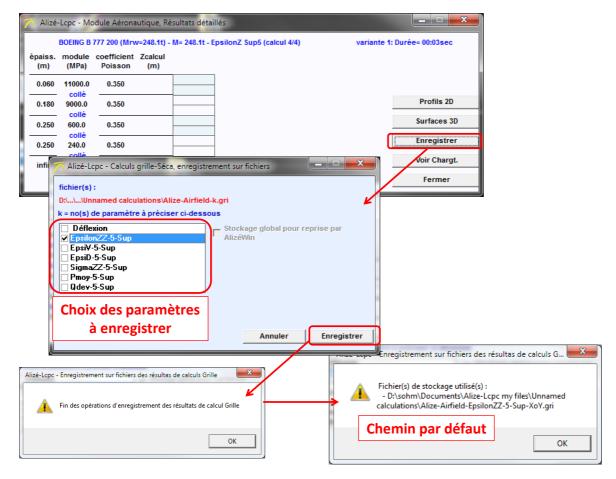


Figure 43. Enregistrement des résultats

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

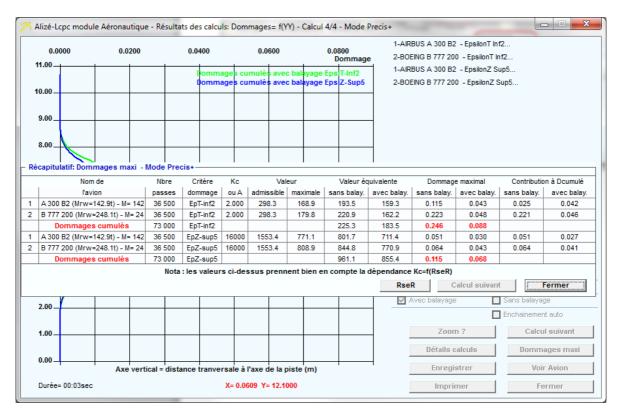


Figure 44. Tableau récapitulatif des dommages maxi

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
 - 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

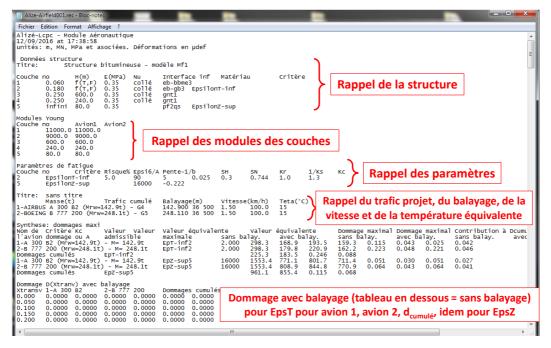


Figure 45. Tableau de synthèse des résultats

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



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).

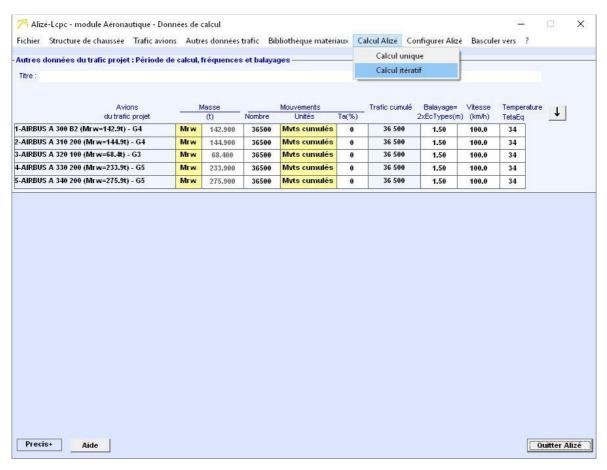


Figure 47. Lancement des calculs en mode "Calcul itératif"

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).

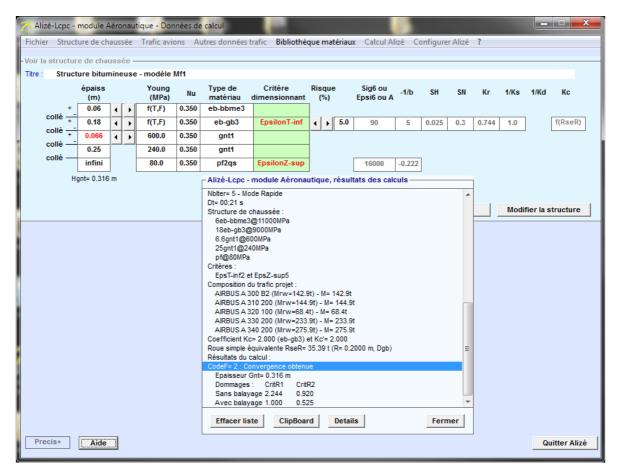


Figure 48. Résultats des calculs : itérations sur l'épaisseur de GNT

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.

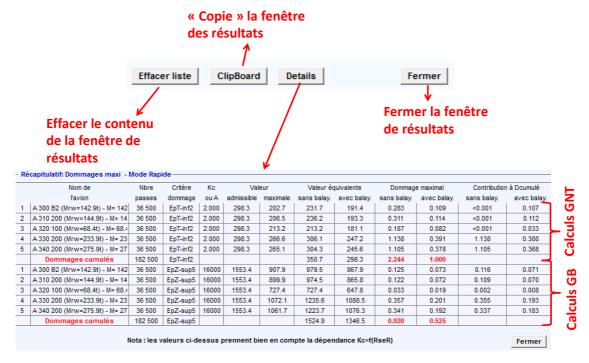


Figure 50. Autres résultats des calculs

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

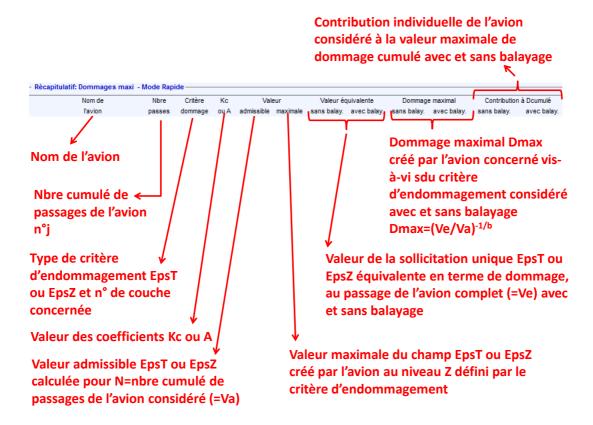


Figure 51. Les différentes valeurs calculées dans le tableau "Détails"

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.

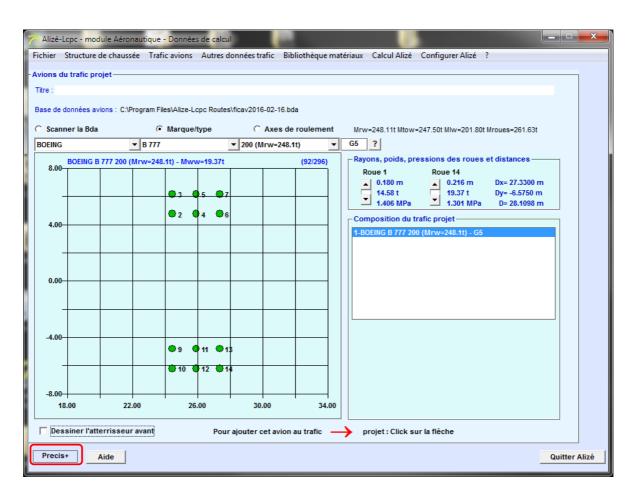


Figure 52. Mode précis +

6.3.2. Les différentes possibilités

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

- Précis+
- Précis+F
- PrMoyen
- Rapide

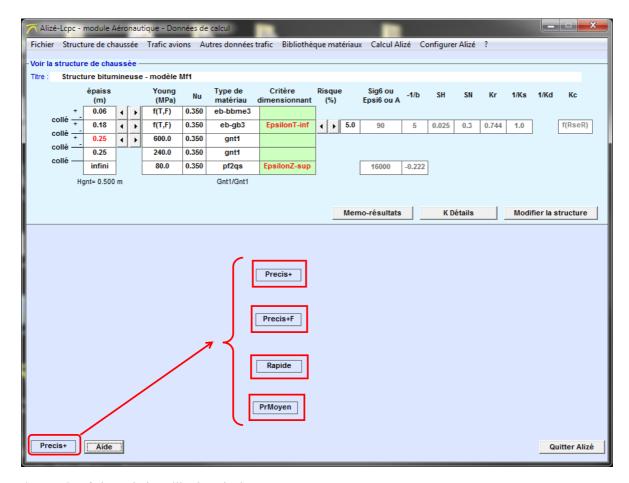


Figure 53. Réglage de la grille de calcul

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 ΔY	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,
 - o 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.

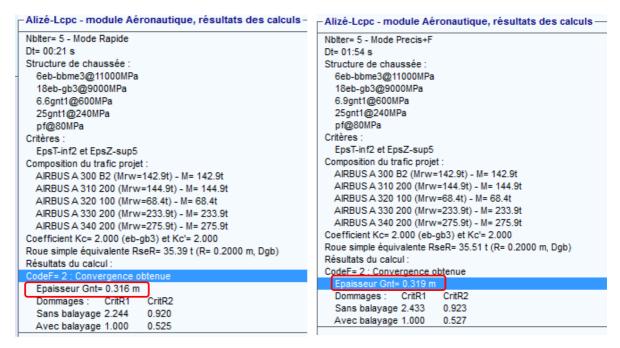


Figure 54. Résultats des calculs en mode "Rapide" et "Precis+F"

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 ».

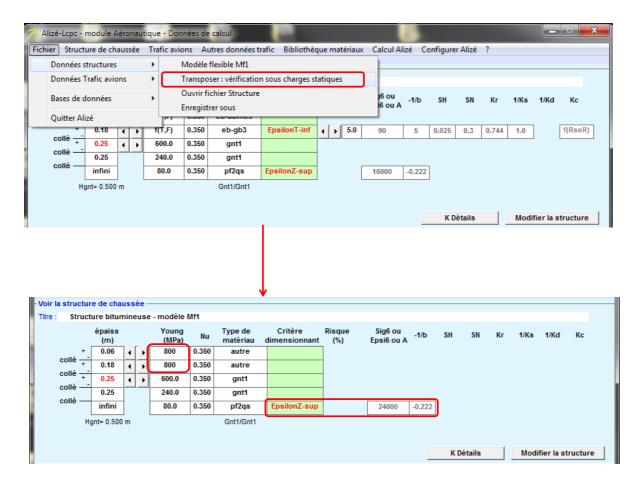


Figure 55. Dimensionnement des aires d'attente et de stationnement

7. Nomenclatures des fichiers d'entrée et de sorties





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

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 myfiles\Librairies	Bibliothèque des matériaux	

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.

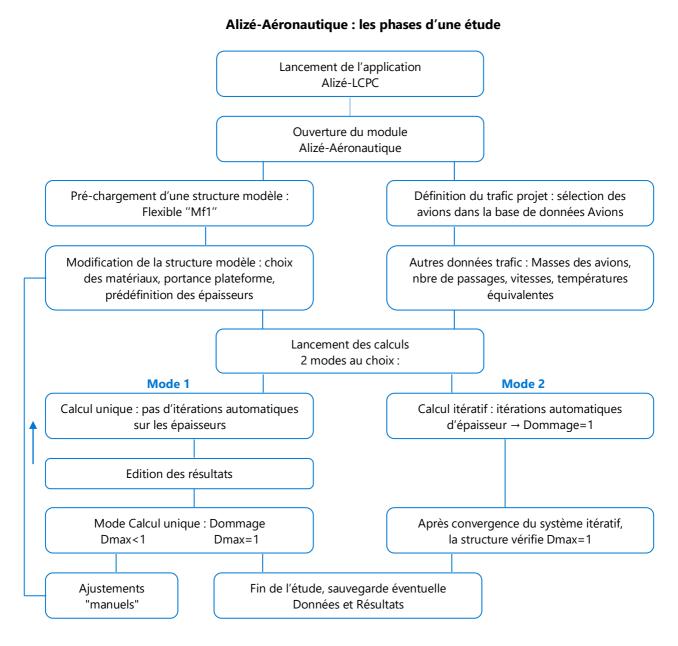


Figure 56. Les différentes phases d'une étude

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).

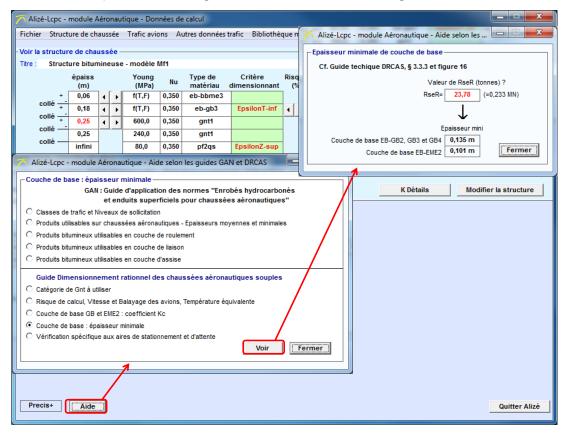


Figure 57. Fonctionnalité "Aide"

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.

Tableau 3. Trafic retenu pour le dimensionnement

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

^{* :} 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 $r_j \geq 1\%$

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	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).

<u>Utilisation de Alizé-Aéronautique : définition du trafic projet</u>

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.

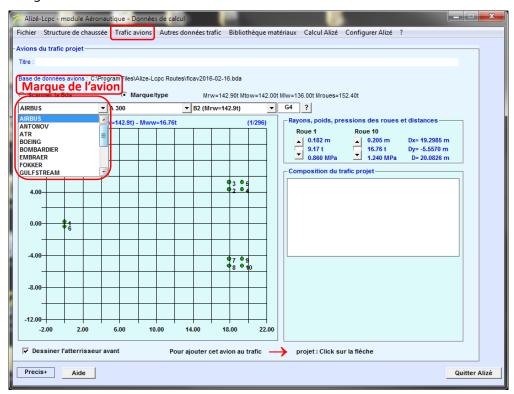


Figure 58. Sélection de la marque du premier avion du trafic projet

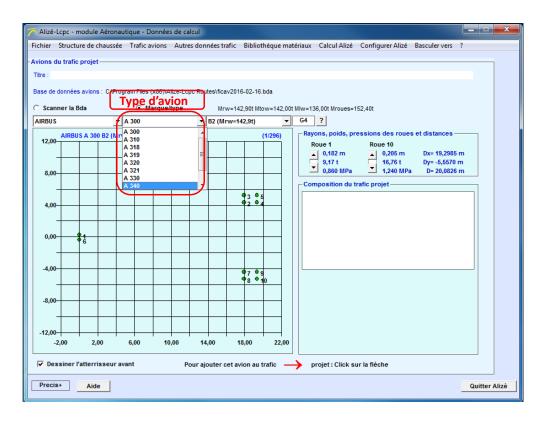


Figure 59. Sélection du type d'avion du premier avion du trafic projet

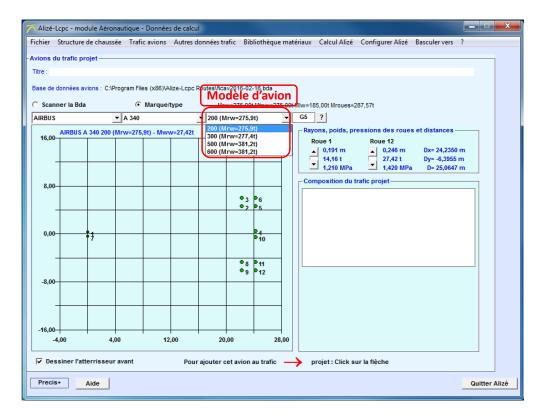


Figure 60. Sélection du modèle du premier avion du trafic projet

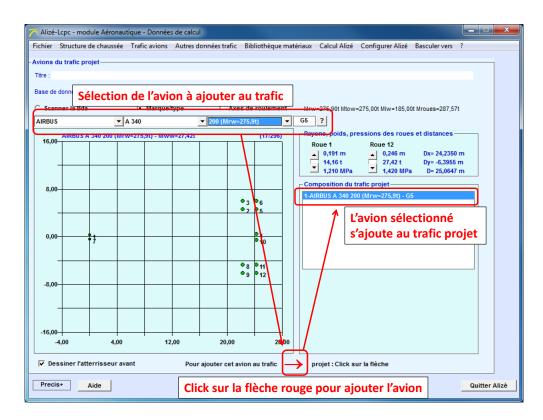


Figure 61. Ajout de cet avion au trafic projet

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).

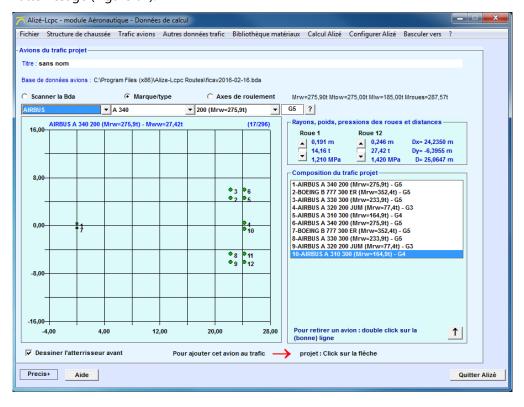


Figure 62. Trafic projet final

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).

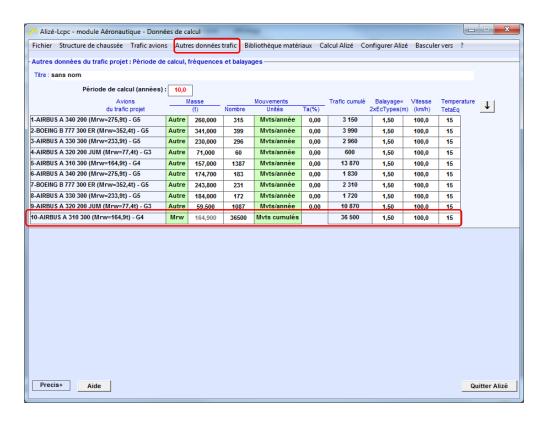


Figure 63. Données par défaut de Alizé-Aéronautique concernant le dernier avion du trafic projet

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

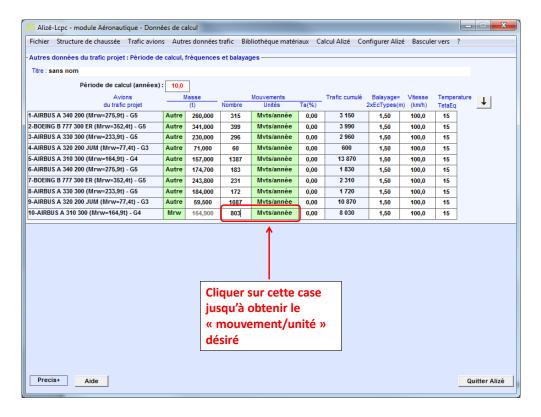


Figure 64. Renseignement du nombre d'atterrissage par an

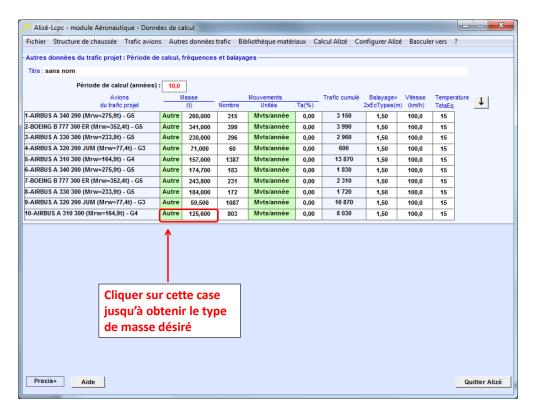


Figure 65. Renseignement de la masse à l'atterrissage

Fichier Structure de chaussée Trafic avions Autres données trafic Bibliothèque matériaux Calcul Alizé Configurer Alizé Basculer vers ? Titre Période de calcul (années) : 10,0 Masse Trafic cumulé Balayage= 2xEcTypes(m) Temperature TetaEq Mouvements Unités 1 Ta(%) du trafic projet 1-AIRBUS A 340 200 (Mrw=275,9t) - G5 Autre 260,000 315,4 3 154 Mvts/année 0 1.50 100.0 15 2-BOEING B 777 300 ER (Mrw=352,4t) - G5 Autre 341.000 399 Mvts/année 0 3 990 1.50 100.0 15 3-AIRBUS A 330 300 (Mrw=233,9t) - G5 Autre 230,000 296,4 Mvts/année 0 2 964 1,50 100,0 15 4-AIRBUS A 320 200 JUM (Mrw=77,4t) - G3 Autre Mvts/année 595 71,000 59,5 0 1,50 100,0 15 5-AIRBUS A 310 300 (Mrw=164,9t) - G4 Mvts/année 13 870 Autre 15 157,000 1,50 100,0 6-AIRBUS A 340 200 (Mrw=275,9t) - G5 Autre 174,700 182,6 Mvts/année 15 0 1,50 100,0 7-BOEING B 777 300 ER (Mrw=352,4t) - G5 Mvts/année 243,800 2 310 100,0 Mvts/année 8-AIRBUS A 330 300 (Mrw=233,9t) - G5 1 716 184,000 171,6 9-AIRBUS A 320 200 JUM (Mrw=77.4t) - G3 Autre 59,500 1086.8 Mvts/année 10 868 1,50 15 10-AIRBUS A 310 300 (Mrw=164,9t) - G4 Autre 125,600 803 Mvts/année 8 030 1,50 100,0 15 Precis+ Aide Quitter Alizé

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.

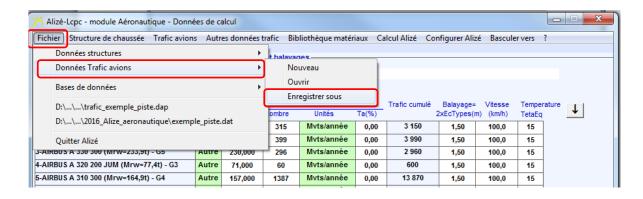


Figure 67. Enregistrement du trafic projet

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).

<u>Utilisation de Alizé-Aéronautique : choix du risque</u>

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).

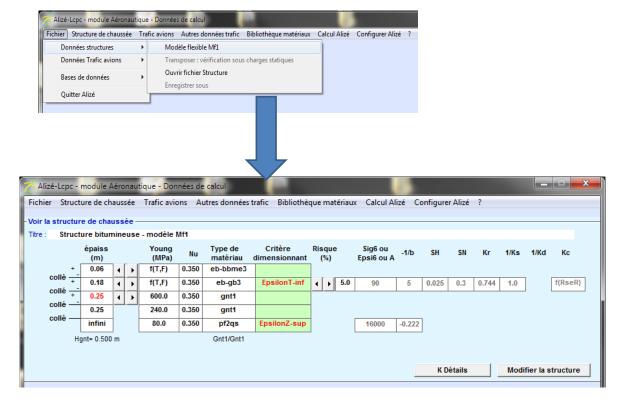


Figure 68. Obtention du modèle de structure de chaussée

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.

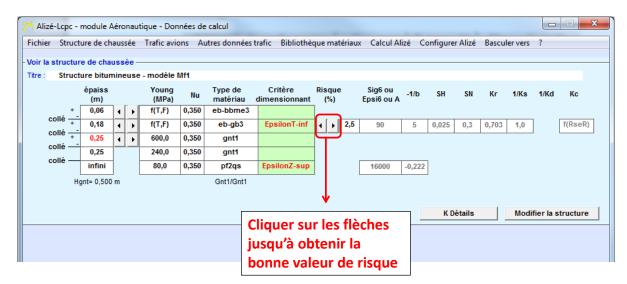


Figure 69. Choix de la valeur du risque

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.

<u>Utilisation de Alizé-Aéronautique : température équivalente</u>

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.

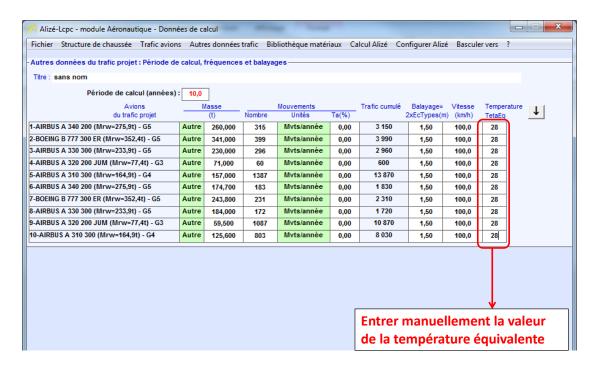


Figure 70. Choix de la température équivalente

Données du projet concernant la structure de chaussée

Choix de la couche de surface

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.

Couche de base

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.

Plate-forme support

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.

Caractéristiques mécaniques des matériaux

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	$E(15^{\circ}C,10Hz)$ (MPa)	$E(10^{\circ}C,10Hz)$ (MPa)	$E(28^{\circ}C,10Hz)$ (MPa)	$arepsilon_6(10^{\circ}C,25Hz)$ (µdef)	$\beta = -1/b$	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) $S_h = 1 \text{ si } e \le 10 \text{ cm}, S_h = 1 + 0.3 \text{ (e-10) si } 10 \text{ cm} < e < 15 \text{ cm}, S_h = 2.5 \text{ si } e \ge 15 \text{ cm}$

Tableau 41 : Caractéristiques mécaniques des matériaux hydrocarbonés (2)

Pour ce qui concerne la grave non traitée, celle-ci est subdivisée (pour le dimensionnement) en sous-couches de 0,25 m d'épaisseur. Le module de la GNT 1 est égal à 3 fois le module de la couche sous-jacente, jusqu'à ne pas dépasser la valeur limite maximale de 600 MPa. Le module de la première sous-couche 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.

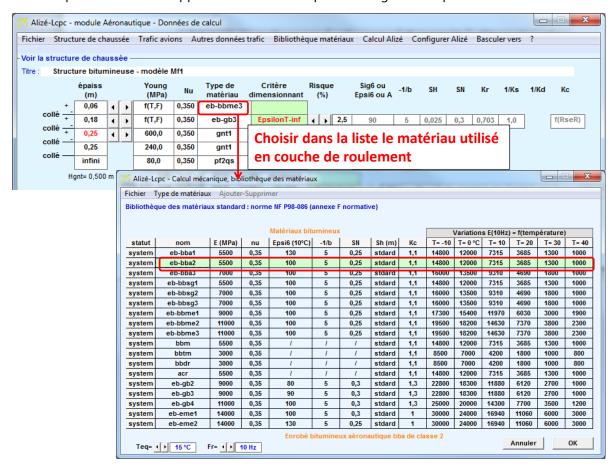


Figure 71. Choix du matériau utilisé en couche de roulement

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.

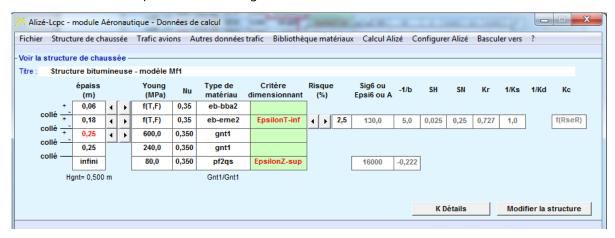


Figure 72. Structure de chaussée avec les matériaux choisis

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 $\mathcal{E}_{\tau\tau}$).

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.

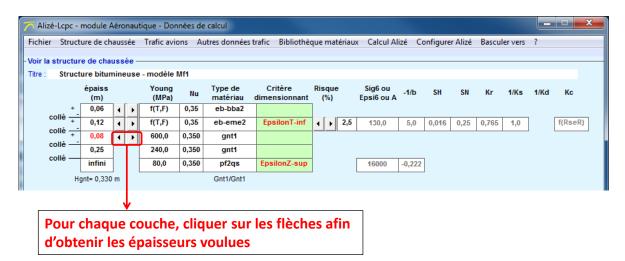


Figure 73. Modification des épaisseurs

<u>Utilisation de Alizé-Aéronautique : calcul des endommagements</u>

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.

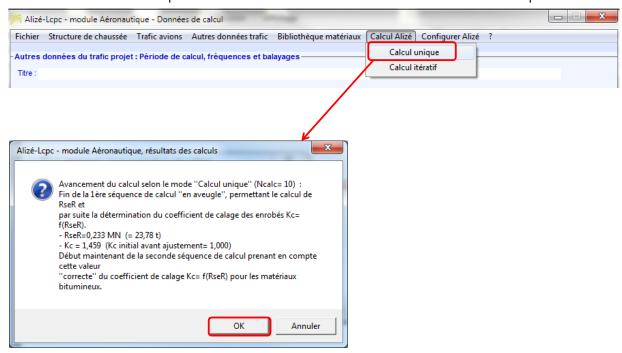


Figure 74. Lancement des calculs

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 ».

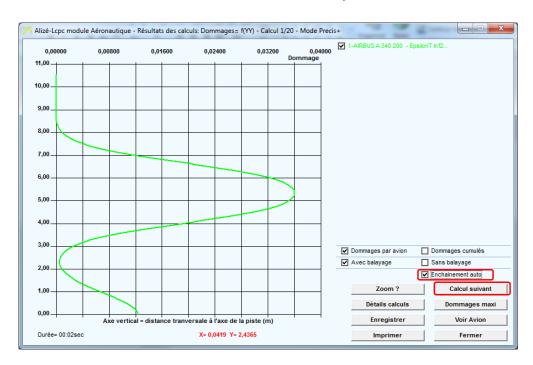


Figure 75. Calcul du dommage à la base des couches d'enrobés pour le 1er avion du trafic projet

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

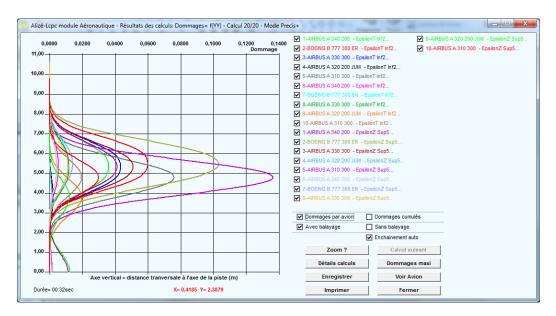


Figure 76. Résultats des calculs : dommage EpsT et EpsZ pour tous les avions du trafic projet

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

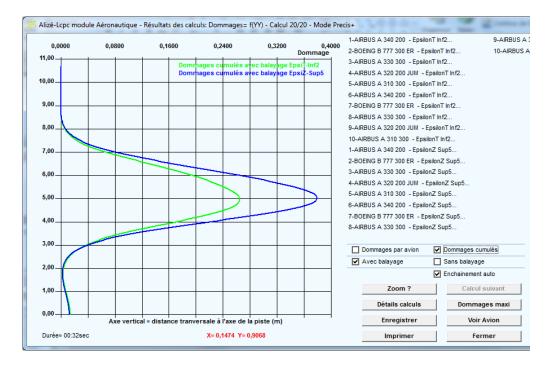


Figure 77. Dommages cumulés

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: 0.265Pour EpsZ: 0.379

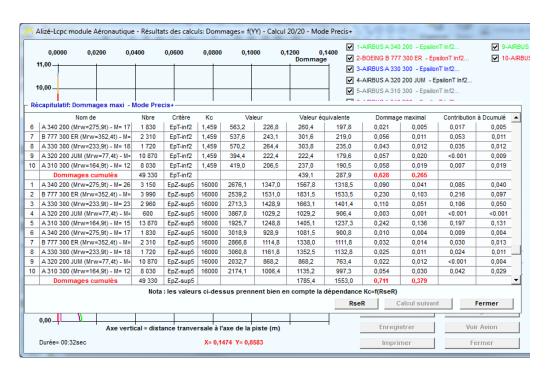


Figure 78. Tableau récapitulatif des dommages

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