

Université Claude Bernard



Lyon 1

Dynamique Rapide : Etude d'un impact d'oiseau sur un pare brise d'avion

EL ATROUBI Ouided

HE Bingran

ZHANG Xunjie

Encadré par Mme Laure-lise Gras

Mars 2018

Table des matières

1	Introduction	2
2	Présentation du logiciel Radioss	3
3	Présentation du projet	4
3.1	L'oiseau	5
3.2	Le pare-brise	5
3.3	Contact entre l'oiseau et le pare-brise	7
4	Simulation numérique sous Radioss	7
4.1	Tension Von Mises	7
4.2	La force entre l'oiseau et le pare-brise	9
5	Conclusion	11
6	Bibliographie	12

1 Introduction

Les oiseaux frappant un pare-brise d'avion est un sujet très important, pour des raisons de sécurité et aussi financièrement.

Ce risque porte un nom : le « risque aviaire », celui d'une collision entre les oiseaux et les aéronefs. Ces chocs entraînent le plus souvent la mort de l'oiseau, mais qu'en est-il pour les l'avion ? Quels sont les dégâts ? Ces chocs peuvent dans de rares cas être fatals pour les aéronefs et provoquer des catastrophes aériennes.

Le risque d'un accident fatal est cependant très bas : il se produit au bout d'un milliard d'heures de vol. On recense chaque année de 5 000 à 6 000 incidents avec des oiseaux, dont 800 en France, mais aucun accident mortel.

Le but de cet exemple est d'introduire comment simuler un impact d'oiseau sur un pare-brise d'avion à l'aide du logiciel Radioss.

2 Présentation du logiciel Radioss

RADIOSS est un logiciel de simulation par éléments finis.

RADIOSS permet de résoudre des problèmes de simulation numérique dans les domaines suivants :

- Domaine linéaire : analyse statiques, analyse modale, flambage, réponse en fréquence directe ou modale, réponse transitoire directe ou modale et réponse aléatoire.
- Domaine non-linéaire : crash, sécurité des transports (airbag, mannequins de crash...), procédés de mise en forme, drop tests, impact moyennes et hautes vitesses, explosion, FSI2,... (**notre cas pour l'impact d'un oiseau sur le pare brise d'un avion**)
- Problèmes multi-corps
- Interaction fluide-structure

Le principale but est d'établir étape par étape, des concepts nécessaires à une étude en dynamique rapide non linéaire. Des parties théoriques sur les algorithmes sont utilisés, ainsi que des applications pratiques avec les logiciels RADIOSS, HyperCrash et HyperView sont abordés tel que les algorithmes explicites en dynamiques, une étude des différents types d'éléments, les lois matériaux, les conditions cinématiques, les limites, et les interfaces de contact.

3 Présentation du projet

Le but de notre projet est d'introduire comment simuler un impact d'oiseau sur un pare-brise d'avion.

On a le problème suivant : Un oiseau pesant environ 4 livres (1.93kg) avec une vitesse initiale de 80 m.s^{-1} impactant le pare-brise d'un avion.

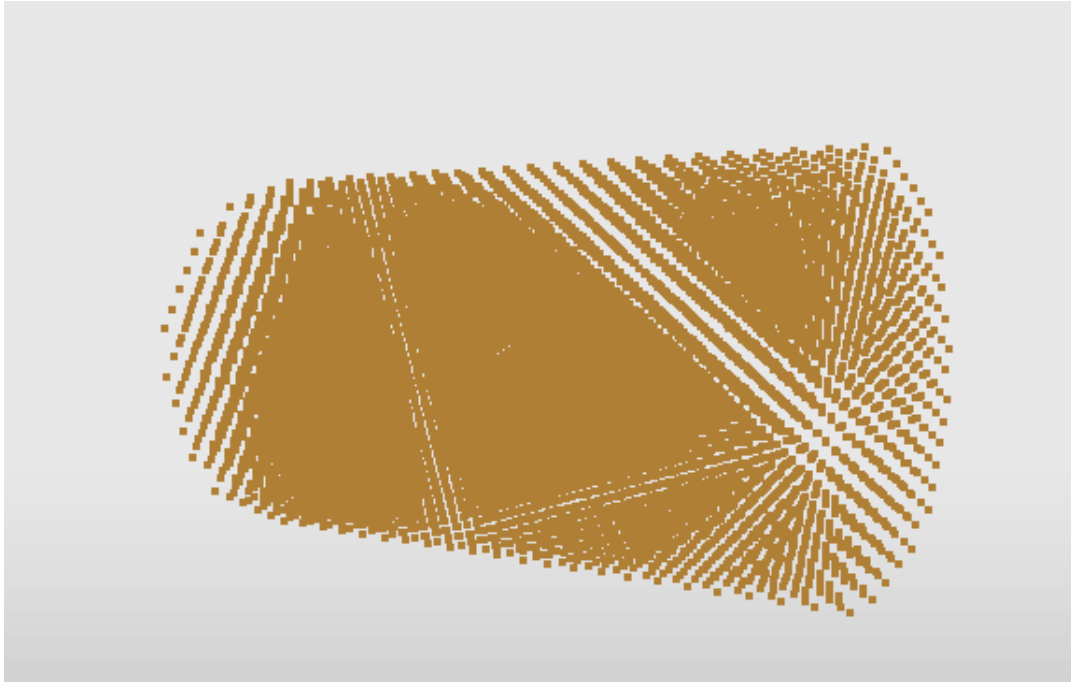


Figure 1 – Cylindre représentant l'oiseau lors de la simulation

L'oiseau est représenté par des points, c'est l'élément SPH, il y a 11 190 éléments et noeuds. On simplifie le modèle d'oiseau avec un cylindre de diamètre 106 mm et de hauteur : 195 mm. (figure 1 et 2)

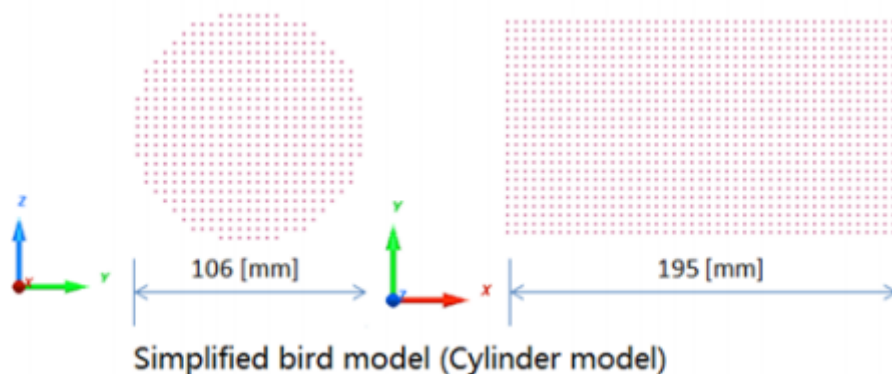


Figure 2 – Modèle simplifié de l'oiseau

Ci-dessous la représentation du pare-brise sous Radioss : il y a 11741 éléments et 12 076 noeuds et c'est un élément shell.

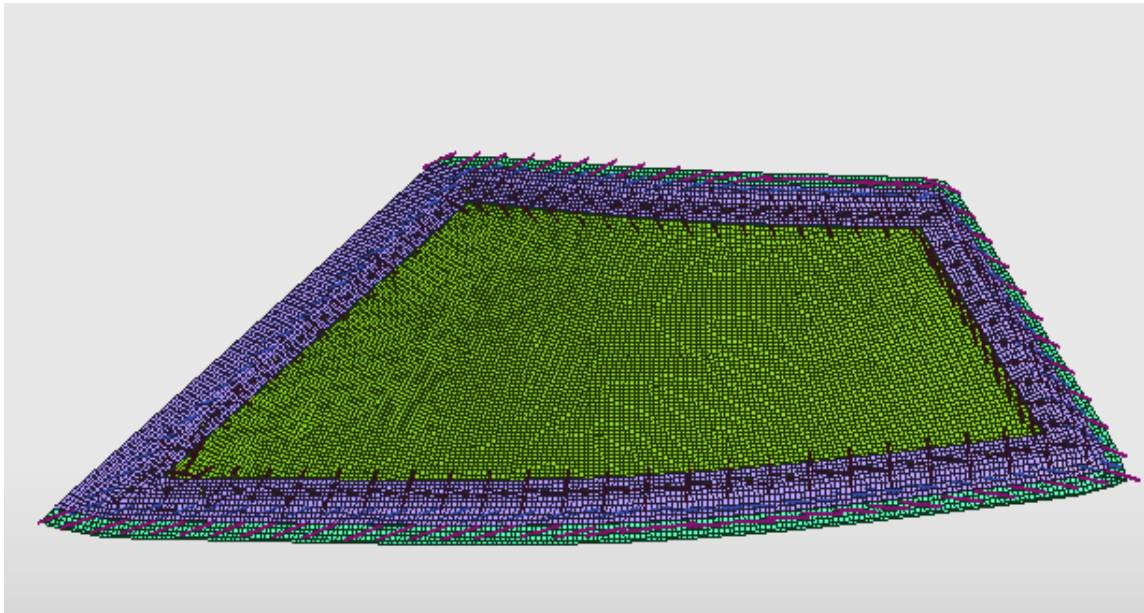


Figure 3 – model de pare-brisie

3.1 L'oiseau

L'oiseau est modélisé par 20000 points qui forme une cylindre et pèse 1.93Kg, de plus il à une densité d'environ $9.82 \cdot 10^{-7} \text{ kg/mm}^3$.

On utilise la méthode d'hydrodynamique de particule lissées (SPH) :

- q_a (viscosité quadratique) = $2e30$
- q_b (viscosité linéaire) = $1e30$
- $\text{order} = 0$
- $C1 = 2.24$

Dans la propriété, MP qui est la masse de chaque particule. Il y a 11190 particules dans le modèle d'oiseau, de sorte que l'oiseau pèse $11190 * 1.725149 \text{ E4} = 2.18 \text{ kg}$ (4 livres).

Pour simuler correctement une frappe d'oiseau, la phase de compression de l'oiseau est la plus importante; par conséquent, l'onde de compression initiale devrait se propager correctement à travers l'oiseau. La conservation de l'énergie est également importante, de sorte que l'oiseau communique la quantité d'énergie la plus réaliste à la cible, assurant ainsi que l'impact est raisonnablement prudent.

La longueur de lissage est $h=6.286\text{mm}$

Sur le logiciel on utilise /INIVEL/TRA pour définir la partie de l'oiseau avec la vitesse initiale 80m/s sur la structure.

3.2 Le pare-brise

Pour le pare-brise on utilise un matériau composite avec du verre matriciel et du tissu plastique, modélisé par des éléments rectangles avec 11791 éléments et 12076 noeuds.

Les deux utilisent /mat/PLASBRIT (composite avec des couches isotrope). Le verre est un matériau amorphe, transparent et isotrope, avec des caractéristiques de fragilité élevée si elle est soumise à des charges dynamiques et statiques.

Les lois de matériaux utilisés sont la déformation élastique et plastique.

On fixe le verre matriciel en translation et rotation en X, Y,Z.

Le verre matriciel possède les propriétés suivante :

- Densité = $1.74 \times 10^{-6} [kg/mm^3]$
- Module de Yong = $61 [GPa]$
- Coefficient de Poisson = 0.3
- longueur de lissage $h = 6.286 [mm]$
- rendement de pression $a = 0.045 [GPa]$
- durcissement du plastique $b = 0.05$
- $\epsilon_t = 0.01$
- $\epsilon_m = 0.03$
- élément supprimé à $\epsilon_f = 0.06$

Le tissu plastique possède les propriétés suivante :

- Densité = $8 \times 10^{-7} [kg/mm^3]$
- Module de Yong = $3 [GPa]$
- Coefficient de Poisson = 0.3
- rendement de pression $a = 1 \times 10^{30} [GPa]$
- Épaisseur de pare-brise = $9 [mm]$
- Nombre de poses $N = 9$

De plus dans le tissu plastique se trouve une partie métallique en aluminium qui à les propriétés suivantes :

- Densité initial = $2.7 \times 10^{-6} [kg/mm^3]$
- E-module = $[GPa]$
- Coefficient de Poisson = 0.33

De plus, on a un raccordement de pièces métalliques (boulon) dans l'avion.

Dans le logiciel on applique la matière et la propriété */mat/PLAS_JOHNSet/prop/Beam*.

Elle possède les propriétés suivante :

- Densité = $7.8 \times 10^{-6} [kg/mm^3]$
- Module de Yong = $210 [GPa]$
- Coefficient de Poisson = 0.28
- rendement de pression $a = 0.58 [GPa]$
- $b = 0.6$
- $n = 1$
- coefficient de taux de déformation = 0.017

et pour la propriété *beam* :

- AREA = $50.265 [mm^2]$
- $I_{yy} = I_{zz} = 201.061 [mm^4]$
- $I_{xx} = 403.12 [mm^4]$

Les boulons, peuvent sensiblement affecter les performances de la structure en cas d'application de charge statique et dynamique.

La présence de boulons pourrait produire une concentration considérable de pression dans les trous, après une défaillance initiale et la propagation de fissures des couches de verre soumis à la charge dynamique, ainsi que l'oiseau.

On remarque que le rendement de pression est environ 30 fois plus grand pour le tissu plastique que pour le verre matriciel

On utilise un coefficient de sécurité noté $\alpha = 0.25$ qui permet de réduire le temps de calcul.

3.3 Contact entre l’oiseau et le pare-brise

Sur le logiciel on a utilisé le type d’interface 7 pour simuler le contact entre l’oiseau SPH et la structure, et on a définie la structure du pare-brise comme maître et l’oiseau comme esclave.

La valeur physique du contact possède un écart de $1/2$ (diamètre des particules) + $1/2$ (épaisseur de la cible). Il s’agit de la valeur physique du contact.

De plus, afin d’obtenir des résultats plus proche de la réalité, la rigidité entre l’oiseau et la structure sont différentes, sur le logiciel, on a $ISTF=0$ ET $Stfac=0.1$ (interface torsionnelle faible) cela signifie donc que l’interface est égale a 0.1 fois la rigidité du coté maître donc du côté de notre structure.

Lors du choc, l’oiseau s’aplatit sur le pare-brise, lorsque l’oiseau affecte la plaque cible, une fragmentation des particules de projectile apparaît et un choc se propage dans l’oiseau, l’onde de choc se propage dans l’oiseau. La pression dans la région comprimée de choc est initialement très élevée et uniforme dans la zone d’impact.

De même que pour les couches stratifiées, la structure périphérique a été modélisée par des éléments en brique de plusieurs noeuds.

Cette phase sur l’interaction entre le contour et la stratification, n’a pas considéré la présence des boulons, mais une approche de prise simple. Sur les premières approximations, les conditions aux limites sont définies en fixant chaque degré de liberté de translation et de rotation du contour. On a utilisé la même procédure éléments finis pour la modélisation de la structure autour, en prenant à nouveau en compte la courbure des poutres.

Par ailleurs, On fixe les frontières du pare-brise, donc $\frac{\partial w}{\partial x} = 0$

4 Simulation numérique sous Radioss

4.1 Tension Von Mises

Pour vérifier notre simulation en avance, on doit regarder si l’erreur est suffisamment petite (-10%). On retrouve sur la figure ci-dessous le fichier où on peut lire l’erreur. L’erreur trouvée est de 3.9% . Donc c’est suffisamment petit et on peut dire que la simulation est bien convergée. On a laissé le logiciel tourné environ 15 min.

4. SIMULATION NUMÉRIQUE SOUS RADIOSS

```

3109 CYCLE      TIME      TIME-STEP ELEMENT      ERROR      I-ENERGY      K-ENERGY T      K-ENERGY R      EXT-WORK      MAS.ERR
3110 16500      9.888      0.6000E-03 NODE      172622      -3.9%      848.0      5075.      10.88      0.000      0.1060E-01
3111 ** INFO ** SPH RE-SEARCH FOR NEIGHBOURS AT TIME = 0.9892E+01
3112 ** INFO ** SPH RE-SEARCH FOR NEIGHBOURS AT TIME = 0.9896E+01
3113 ** INFO ** SPH RE-SEARCH FOR NEIGHBOURS AT TIME = 0.9901E+01
3114 ** INFO ** SPH RE-SEARCH FOR NEIGHBOURS AT TIME = 0.9906E+01
3115 ** INFO ** SPH RE-SEARCH FOR NEIGHBOURS AT TIME = 0.9911E+01
3116 ** INFO ** SPH RE-SEARCH FOR NEIGHBOURS AT TIME = 0.9916E+01
3117 ** INFO ** SPH RE-SEARCH FOR NEIGHBOURS AT TIME = 0.9920E+01
3118 ** INFO ** SPH RE-SEARCH FOR NEIGHBOURS AT TIME = 0.9925E+01
3119 ** INFO ** SPH RE-SEARCH FOR NEIGHBOURS AT TIME = 0.9930E+01
3120 ** INFO ** SPH RE-SEARCH FOR NEIGHBOURS AT TIME = 0.9935E+01
3121 ** INFO ** SPH RE-SEARCH FOR NEIGHBOURS AT TIME = 0.9940E+01
3122 ** INFO ** SPH RE-SEARCH FOR NEIGHBOURS AT TIME = 0.9944E+01
3123 16600      9.948      0.6000E-03 NODE      172740      -3.9%      848.1      5075.      10.92      0.000      0.1060E-01
3124 ** INFO ** SPH RE-SEARCH FOR NEIGHBOURS AT TIME = 0.9949E+01
3125 ** INFO ** SPH RE-SEARCH FOR NEIGHBOURS AT TIME = 0.9954E+01
3126 ** INFO ** SPH RE-SEARCH FOR NEIGHBOURS AT TIME = 0.9959E+01
3127 ** INFO ** SPH RE-SEARCH FOR NEIGHBOURS AT TIME = 0.9964E+01
3128 ** INFO ** SPH RE-SEARCH FOR NEIGHBOURS AT TIME = 0.9970E+01
3129 ** INFO ** SPH RE-SEARCH FOR NEIGHBOURS AT TIME = 0.9974E+01
3130 ** INFO ** SPH RE-SEARCH FOR NEIGHBOURS AT TIME = 0.9979E+01
3131 ** INFO ** SPH RE-SEARCH FOR NEIGHBOURS AT TIME = 0.9985E+01
3132 ** INFO ** SPH RE-SEARCH FOR NEIGHBOURS AT TIME = 0.9990E+01
3133 ** INFO ** SPH RE-SEARCH FOR NEIGHBOURS AT TIME = 0.9995E+01

```

Figure 4 – L'erreur

Un critère de plasticité, ou critère d'écoulement plastique, est un critère permettant de savoir, sous des sollicitations données, si une pièce se déforme plastiquement ou si elle reste dans le domaine élastique.

De nombreux essais ont montré que l'on pouvait utiliser deux critères principaux : le critère de Tresca-Guest ou le critère de von Mises. En résistance des matériaux, on désire parfois rester dans le domaine élastique, on parle alors de critère de résistance.

Pour notre projet, on utilise le critère de von Mises qui est un critère énergétique.

On retrouve ci-dessous les figures de tension de Von mises sur le pare-brise en fonction du temps(en microsecondes).

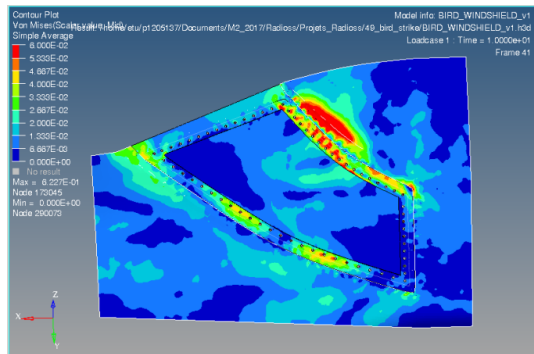


Figure 5 – t=1

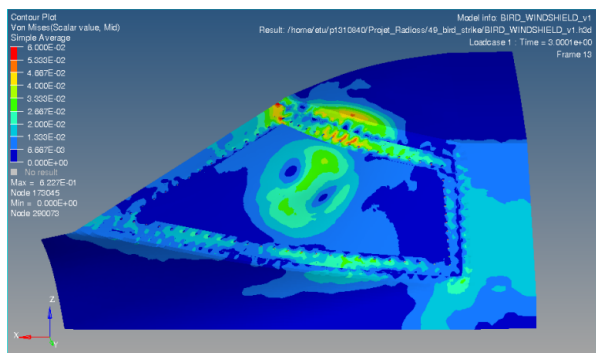


Figure 6 – t=3

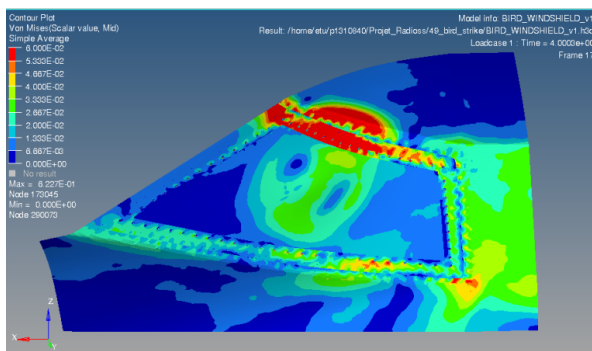


Figure 7 – t=4

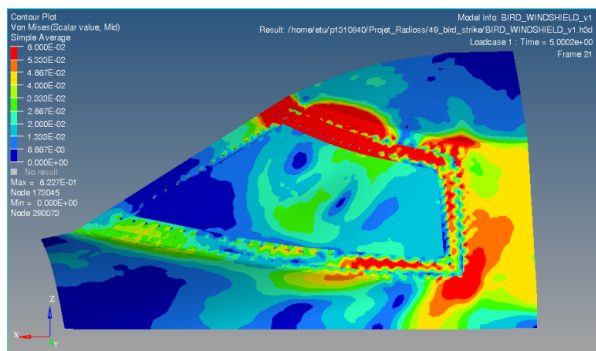


Figure 8 – t=5

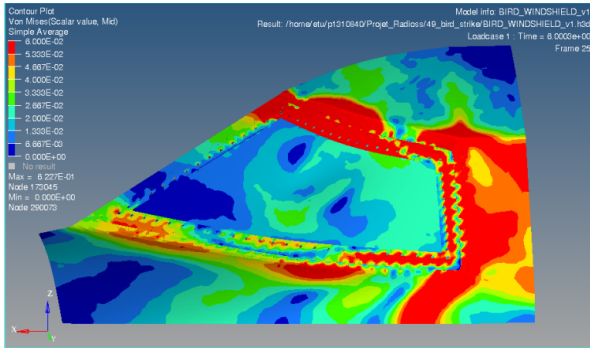


Figure 9 – $t=6$

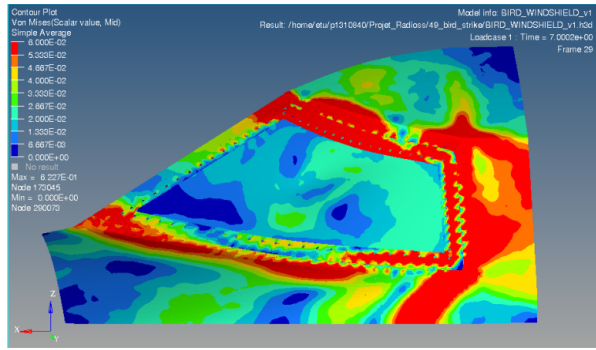


Figure 10 – $t=7$

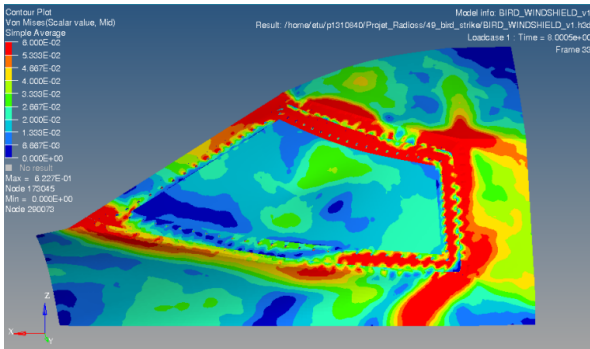


Figure 11 – $t=8$

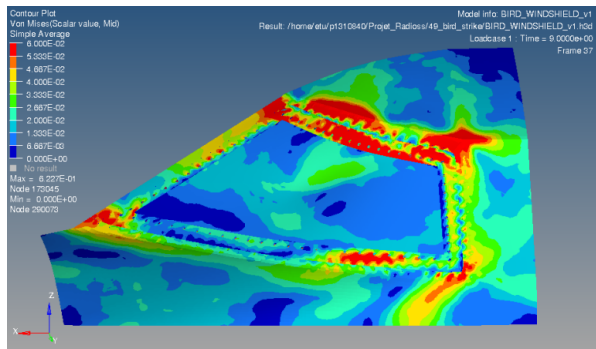


Figure 12 – $t=9$

Au début du choc, seule la tension Von mise existe autour du point de choc. Sa valeur est environ à $2.5E-02$ unités de Von Mises. Après environ 3 microsecondes, l'effet du choc se propage autour de la région d'impact sur le pare-brise.

A partir de $t = 4ms$ et plus, on trouve que la défaillance de la plaque qui se propage autour de l'extérieur du pare-brise, soit du corps de l'avion est la seule zone intacte de la plaque du pare-brise qui a encore une capacité de charge restante.

4.2 La force entre l'oiseau et le pare-brise

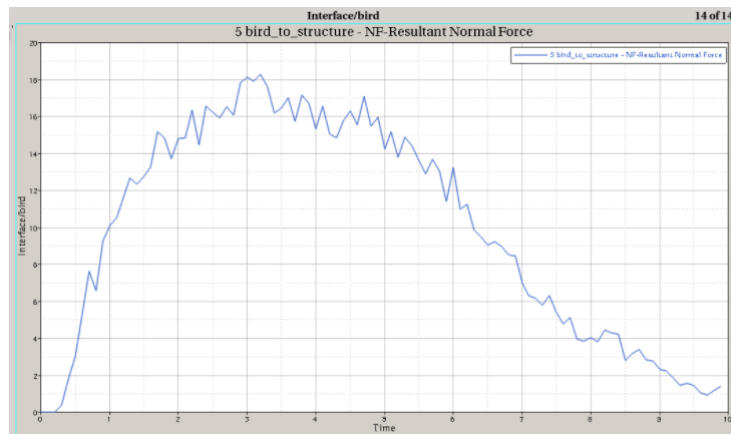


Figure 13 – La force entre l'oiseau et le pare-brise

Les forces de réaction sont calculées normalement sur le plan de coupe le long de l'axe des x (la direction de l'impact) pour chaque modèle en haut de la plaque. La figure 13 représente l'historique de la force de contact résultante inter-faciale entre l'oiseau et la face externe de la plaque cible, et elle présente une valeur maximale de $\simeq 18kN$. Dans la figure des forces de connectés entre l'oiseau et le pare-brise, on trouve que la force augmente en fonction du temps par rapport au choc, après 3 microseconde, la force de Von mises à un maximum à environ $18kN$, et diminue par la suite.

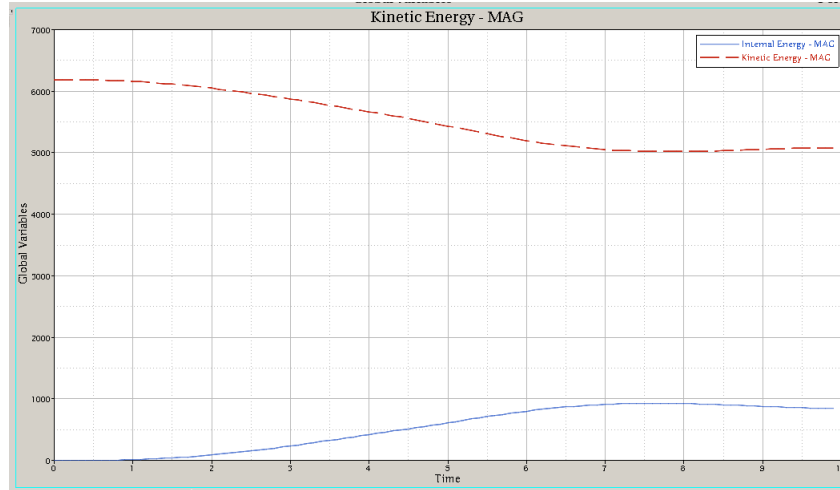


Figure 14 – L'énergie interne et cinétique

On remarque à partir de la figure ci-dessus, une diminution de l'énergie cinétique et se stabilise à partir de 7 microsecondes, contrairement à l'énergie interne qui elle augmente et se stabilise à partir de 7 microsecondes. Donc l'énergie cinétique est transféré en énergie interne.

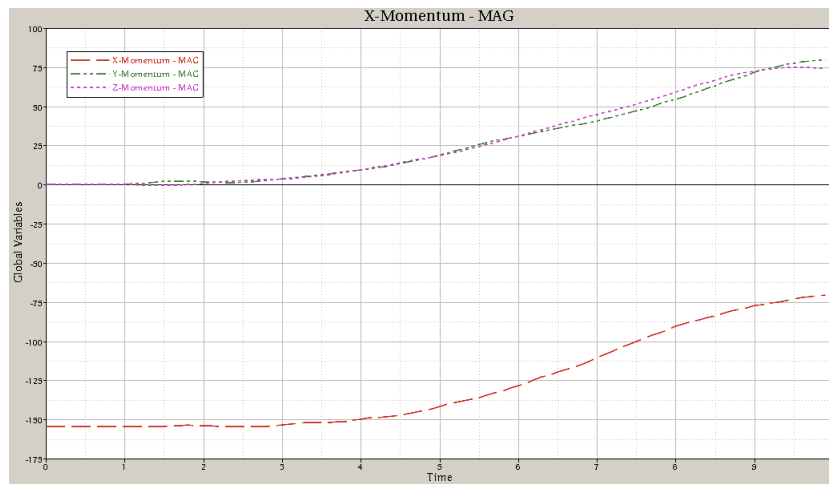


Figure 15 – L'énergie interne total de verre

On a représenté le moment de l'oiseau suivant x, y et z. On observe une superposition de y et z ceci représente les morceaux de corps de l'oiseau lors du choc du à l'augmentation de la vitesse suivant y et z. Suivant x, on observe une diminution de la vitesse de l'oiseau car c'est dans cette direction qu'est établi le choc entre l'oiseau et le pare-brise.

5 Conclusion

Ce projet nous à permis de nous familiariser avec le logiciel RADIOSS ,tout au long de notre étude nous avons simulé l'impact entre un oiseau et le pare-brise d'un avion.

On à pu noter tout au long de notre projet que la vitesse d'impact reste faible par rapport à la vitesse du son dans le matériau (c'est-à-dire inférieure à 300 m/s).

Que la longueur de lissage h doit être définie sur une valeur supérieure à la distance intercellulaire pour éviter une décohésion excessive, mais elle ne doit pas être trop grande pour éviter une absorption d'énergie excessive par l'oiseau.

De plus, on à pus observer une vitesse maximal au niveau de l'impact dès 1 ms puis qui se réparti tout autour du pare brise.

On retrouve aussi que la vitesse est plus élevée près de la paroi horizontale de l'obstacle et que le pare-brise à une capacité à absorbé l'énergie d'impact des oiseaux de manière sûre et efficace. Au final, L'attention a principalement porté sur le pare-brise de l'avion en raison de la contrainte de conception potentielle d'élargir la fenêtre du pilote avec une fenêtre de cockpit plus grande que d'habitude faite par deux pièces uniques symétriques

6 Bibliographie

https://fr.wikipedia.org/wiki/Risque_aviaire

<https://fr.scribd.com/document/313396608/RADIOSS-13-0-Tutorials-pdf>

file:///C:/Users/OUIDED/AppData/Local/Temp/MGD_v17-1.pdf

http://www.fedoa.unina.it/8221/1/grimaldi_arcangelo_23.pdf

https://www.skybrary.aero/index.php/Bird_Strike

https://www.researchgate.net/publication/257095280_Parametric_study_of_a_SPH_high_velocity_impact_analysis_-_A_birdstrike_windshield_application

https://altairuniversity.com/wp-content/uploads/2017/08/Bird_Strike_RP.pdf

file:///C:/Users/OUIDED/AppData/Local/Temp/Guida_Designcriteriaforbirdstrikedamageonw.pdf

<https://altairuniversity.com/wp-content/uploads/2015/06/CP207-prise-en-main-Hypermesh.pdf>