

Introduction à PATRAN/NASTRAN

Auteur : Professeur **Joseph MORLIER** : joseph.morlier@isae-supero.fr

Keywords : Prise en main du logiciel, fichiers d'entrée/sortie, choix d'unités consistantes.

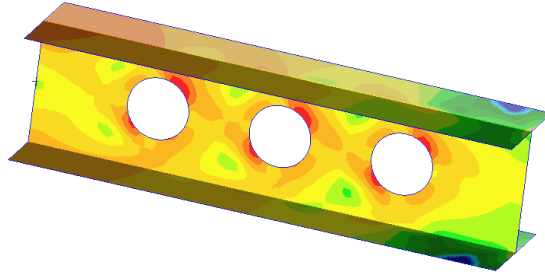


FIGURE 1 – Analyse stress (contraintes au sens mécanique) Jolies couleurs ?non ? .

Table des matières

1	Patran/Nastran/What else ?	2
2	La doc ?	2
3	Système d'unités ?	2
4	Types d'analyse	3
5	Pour commencer...	3
6	Step by step	4
7	Enfin, quelques petits conseils	6

1 Patran/Nastran/What else ?

NASA STRuctural ANalysis, Créé dans les années 60, commercialisé en 1969 (COSMIC) est le programme EF le plus utilisé dans l'industrie aéronautique. MSC-Nastran (Macneal Swendler Corp.) est la version la plus populaire. Comme en PC SM201, ici le logiciel va permettre de créer la matrice de rigidité K , la matrice de masse M à partir d'entrée utilisateur (E, ν, ρ , formulation et type d'éléments - barre-poutre-plaque-coque, plus les épaisseurs). Puis Nastran va lancer la résolution du problème mécanique (inversion de K dans le cas statique, problème aux valeurs propres pour l'analyse modale/flambage).

PATRAN : pré et post-processeur de MSC.Software pour NASTRAN (semblable à un programme CAO).
 NASTRAN : code de calcul pour résoudre les problèmes par la méthode des éléments finis.
 NASTRAN n'est pas un outil graphique, pour effectuer un calcul il faut créer un fichier de données ASCII qui décrit le problème = c'est le rôle de Patran.

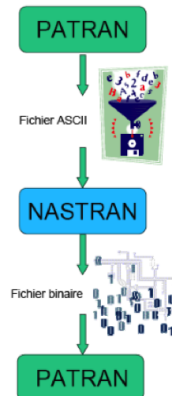


FIGURE 2 – Chaîne de calcul patran/nastran .

2 La doc ?

Dans un premier temps, le Linear Static User Guide est une mine d'informations : Type d'éléments, de matériaux, Guides de modélisations, Vérification du modèle, organisation d'un jeu de donnée Nastran...

Vous pouvez trouver des informations pertinentes sur : Nastran : MSC.Nastran 2016 - Quick Reference Guide – MSC.Software

[Taper sur google "nastran quick reference guide 2016"](#)

MSC ne donne pas d'information sur la conception de ses éléments, vous pouvez trouver de la documentation sur la partie plus théorique :

- «Modélisation des structures – Calcul par éléments finis», Jean-Charles Craveur, Dunod, 2e édition, 2001.
- «Analyse des structures par éléments finis» de J.-f. Imbert, 1991, Cépaduès, SUP'AERO
- "The Finite Element Method third edition", O.C. Zienkiewitch, McGraw-Hill, London, 1977
- "Concepts and Applications of Finite Element Analysis", Robert D. Cook and al., , John Wiley and Sons, Inc., 2001.

Pour finir sur internet, on peut trouver un certain nombre d'exemples Nastran, Patran sur le site de MSC.

3 Système d'unités ?

Les logiciels EF n'ont pas de système d'unités prédéfini. Ils sont universels. C'est l'utilisateur qui définit son système d'unités et qui s'assure de sa consistance. Un système consistant définit les unités de toutes les propriétés nécessaires au modèle : Longueur, Aire, Volume, Moment de section Force, Moment, Accélération, Masse, Densité Module de Young, Contrainte, etc. Dans Nastran il n'y a pas d'unités par défaut. C'est à l'utilisateur de toujours travailler avec des unités **consistantes** : Patran ne travaille qu'avec des nombres!!! Pour des problèmes de mécanique des structures l'utilisateur choisit les unités de longueur et force. Pour des problèmes où le temps intervient, il devra choisir l'unité de temps.

SI Units : Longueur -(metres), Force - (Newtons) Masse (Kg)

Alors on analysera des contraintes en Pa et la densité doit être spécifiée en Kg/m^3 pour obtenir des s^{-1} Hz

Longueur-(mm), Force - (Newtons) Masse (Kg)

Alors on analysera des contraintes en MPa et la densité doit être spécifiée en t/mm^3 pour obtenir s^{-1} ou Hz

4 Types d'analyse

Chaque type d'analyse disponible est appelé une « solution sequence » (SOL). Les « SOL » les plus connues sont :

- **101 - Linéaire statique**
- **103 - Modale**
- **105 - Flambement**
- 106 - Non linéaire statique
- 108 - Réponse directe en fréquence
- 109 - Réponse directe transitoire
- 111 - Réponse modale en fréquence
- 112 - Réponse modale transitoire
- 129 - Transitoire non linéaire
- 153 - Non linéaire statique couplé au transfert thermique
- 159 - Non linéaire transitoire couplé au transfert thermique
- 200 - Optimisation et analyse de sensibilités
- 400 - Non linéaire statique et dynamique (implicite)

Celles utilisées dans le cadre de ce cours sont en gras.

5 Pour commencer...

- Copier les raccourcis Patran et Nastran sur le bureau.
 - Créer un dossier de travail sur le disque local (**pas sur le réseau**)
 - Propriété du raccourci : chemin de votre dossier de travail
- Tous les fichiers E/S générés par Patran/Nastran seront stockés ici.

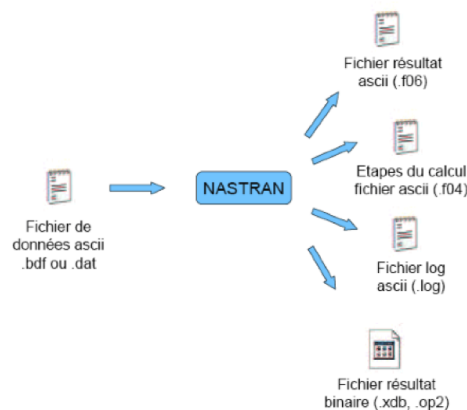


FIGURE 3 – Fichiers générés .

.f06

Résultats au format ASCII. Indique également les erreurs et les avertissements, il faut toujours le regarder (chercher les mots « fatal » et « warning » dans ce fichier).

.f04

Reprend les étapes de la résolution (assemblage des matrices, élimination des d.d.l bloqués, ...) avec leur temps d'exécution.

.log

Récapitule la configuration du calcul (chemins d'accès des fichiers et des exécutables, configuration machine, ...)

.xdb, .op2

Fichiers résultats au format binaire. Les .xdb et .op2 sont lisibles par Patran mais on peut également créer des op2 lisibles par IDEAS, ...

.ses, .jou

Toutes les commandes nastran/patran sont stockées. C'est l'équivalent des macro sous excel par exemple.

6 Step by step

- Etape 1 : récupération de la géométrie.

Généralement la CAO est réalisée sur un autre système que Patran, pour effectuer le transfert il faut passer par un fichier de transfert dans un format neutre (IGES, STEP).

- Etape 2 **pas traité dans ce module** : préparation pour le maillage.

Parmi les préparations qui sont le plus souvent réalisées : suppression des « détails » qui ne seront pas modélisés, création de lignes, de surfaces, de points pour servir de support aux mailles, préparation des zones de contact entre les différentes pièces, création des fibres neutres.

- Etape 3 : maillage **pas traité dans ce module**.

Pour ne pas surcharger les calculs il faut supprimer les détails inutiles : critère : « ce détail a-t-il de l'importance pour la simulation que je vais réaliser ? » Ne pas mailler trop fin les zones qui ne sont pas sollicitées.

Pour Nastran il existe différents moyens de lier les noeuds : les liens rigides (RBE2) qui permettent de créer un lien rigide indéformable entre deux noeuds. Les liens de type MPC qui ajoutent des équations entre les d.d.l. des noeuds qu'ils relient (exemple : $Ux1=Ux2$).

- Etape 4 : Liaisons solides - coques. **pas traité dans ce module**

Les codes pour le calcul standard fonctionnent de la manière suivante : solides : 3 degrés de liberté par noeud (3 translations). coques : 6 degrés de liberté par noeud (3 translations et 3 rotations).

Le problème : si on lie simplement des coques sur des solides avec des noeuds en commun les rotations ne sont pas maintenues.

- Etape 5 : Vérification du maillage **pas traité dans ce module**.

Bords libres : **Verify > element > boundaries** Permet de vérifier que les bords de votre maillage correspondent bien à votre pièce (vous n'avez pas d'éléments qui ne sont pas liés aux autres dans la pièce).

- Etape 6 : Conditions aux limites.

Les conditions aux limites et les chargements sont créés dans la section «**Loads/BCs**» : **create > displacement > nodal** (et il suffit de suivre les instructions).

- Etape 7 : création du matériau.

Dans la section «**Materials**» : **create > isotropic > manual input** (et il suffit de suivre les instructions)

- Etape 8 : propriétés.

Attention aux unités : l'épaisseur doit être dans une unité compatible avec le matériau et les dimensions. Si on ne voulait pas mailler à la fibre neutre il est possible ici d'imposer une propriété d'offset qui permet de réaliser le calcul comme si les éléments étaient placés à la fibre neutre alors qu'ils sont placés sur une des surfaces de la pièce. On peut affecter les propriétés sur les éléments ou sur la géométrie si elle a été utilisée intégralement comme support de maillage.

- Etape 9 : Cas de charge.

Dans la section «**Load Case**» : **create >** et il suffit de suivre les instructions Dans notre cas nous allons créer des cas de charges statiques (type : « static ») car nous effectuons un calcul statique linéaire. La

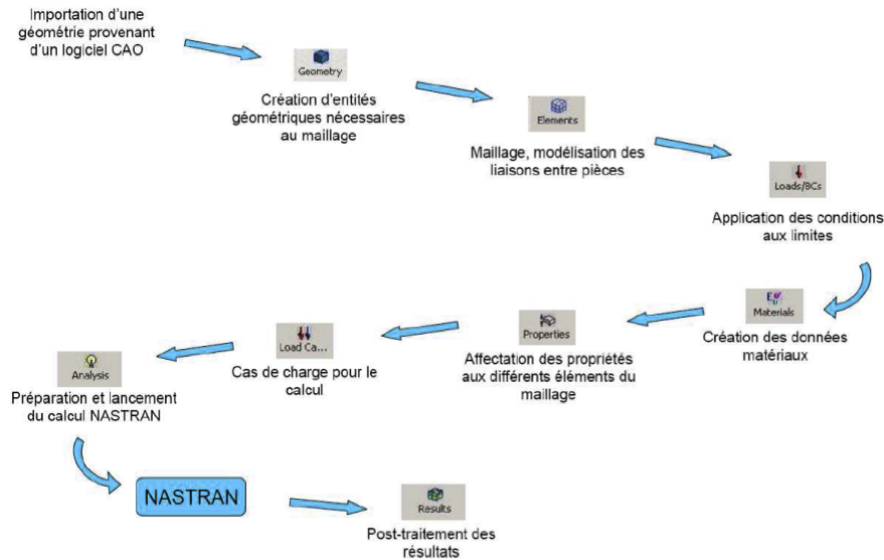


FIGURE 4 – Principales étapes d'un calcul .

notion de cas de charge sous Patran correspond aux « subcases » de Nastran. Un cas de charge regroupe un ensemble de conditions aux limites et de chargements pour réaliser le calcul. L'intérêt de créer plusieurs cas de charges dans un même calcul est un gain de temps : on ne calcule et on n'inverse qu'une seule fois la matrice de rigidité de cette manière : Assemblage de K , Inversion de K

En fonction des cas de charges, on calcule par la méthode des déplacements le vecteur u_i en fonction du cas de charge f_i soit :

$$u_1 = K^{-1} * f_1$$

...

$$u_n = K^{-1} * f_n$$

— Etape 10a : Lancement du calcul.

Dans la section «**Analysis**» :

analyse > entire model > full run Les rubriques suivantes sont utilisées pour :

- *Translation parameters : paramètres spécifiques du calcul, choix sur la création du fichier (formats longs ou courts, quels fichiers en sortie, ...)
- *Solution type : choix du type de solution (dans cet exemple statique)
- *Direct text input : section pour ajouter des commandes spécifiques (des options pour des solutions « maison » par exemple)
- *Subcases : choix de ce qu'on va demander en résultats des calculs pour chaque subcase (contraintes, déplacements, efforts, ...)
- *Subcase select : choix des cas de charge à utiliser pour le calcul

— Etape 10b : Verification du calcul.

Dans le répertoire de calcul chercher les fichiers du calcul NASTRAN et ouvrir le fichier **.f06**

Rechercher dans ce fichier le terme « **FATAL** », s'il est présent dans le fichier : le calcul ne passe pas il faut corriger le modèle en fonction des informations contenues dans ce fichier

*chercher également le terme « **warning** », il peut indiquer des problèmes lors du calcul

*chercher dans le fichier « **epsilon** », on y trouve un résidu pour le calcul, si la valeur est trop élevée (supérieure à $1e-4$) on peut supposer qu'il y a un problème dans le maillage et il faut analyser les résultats avec grande prudence.

*chercher le terme **SPCFORCE RESULTANT** : on y trouve la somme des réactions d'appui, il faut retrouver la somme des efforts appliqués. Toujours vérifier que la somme des efforts appliqués est égale à la somme des efforts mesurés au niveau des conditions aux limites (équilibre mécanique)///.

*Demander les **OLOADs** Résultantes (chargement appliqué) et les **SPCFORCEs** Résultantes (Réactions aux points d'encastements) :

Si tout ces points sont validés on peut regarder les résultats avec confiance.

— Etape 11 : post-traitement des résultats.

Avant le post-traitement sous Patran il faut relire le fichier résultat généré par Nastran (dans notre cas le fichier .xdb) : *dans la section « Analysis » : action « attach xdb » **Par défaut, Patran moyenne les contraintes entre deux éléments voisins pour créer un graphique d'allure continu. C'est un « piège » car cette visualisation peut lisser des pics de contraintes locaux et conduire à une sous estimation de la valeur dans un élément. Pour éviter cela il faut choisir de ne pas moyenner dans une option de la création des « Fringe » et visualiser les valeurs aux points d'intégration.**

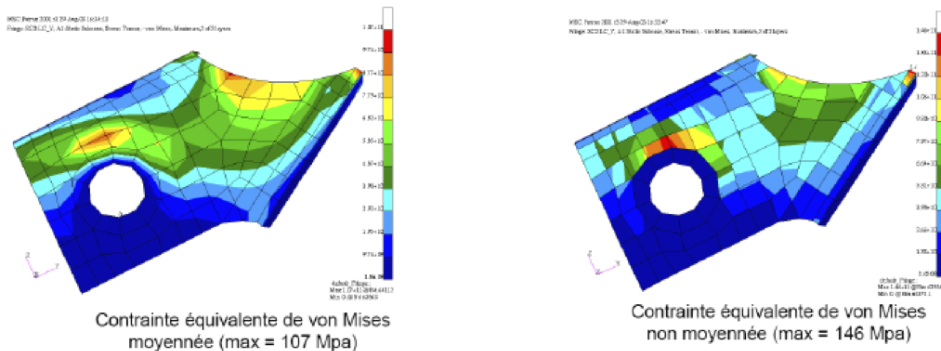


FIGURE 5 – Fringe ? .

Enfin, dans la section «**Results**» :

- ***Quick Plot** : tracé d'isovaleur rapide (convient pour les déplacements mais limite pour les contraintes)
- ***Deformation** : permet de visualiser la déformée
- ***Fringe** : tracé d'isovaleur plus évolué (utile pour visualiser les contraintes non moyennées)
- ***Marker** : tracé des efforts sous forme de torseurs (flèches)
- ***Cursor** : Permet de connaître soit une valeur Scalaire, Vectorielle ou Tensorielle
- ***Graphes** : Permet de tracer un résultat nodal ou élémentaire le long d'un chemin
- ***Report** : afficher des résultats dans un fichier pour les utiliser dans excel par exemple.

Cas des triangles : Les calculs réalisés avec les éléments de type triangle d'interpolation linéaire doivent amener à la remarque suivante : les contraintes sont constantes dans un élément triangle. Cette remarque est tout à fait normale : la contrainte est calculée à partir du gradient d'interpolation, or pour les triangles à interpolation linéaire le gradient d'interpolation est constant :

$$N(x, y) = [1, -x, -y, x, y]$$

$$\nabla N(x, y) = [-1, 1, 0; -1, 0, 1]$$

7 Enfin, quelques petits conseils

- *éviter les triangles (et les tétraèdres pour des maillages 3D) dans les zones sensibles ou alors mailler plus fin
- *Toujours porter un regard critique sur les résultats d'un calcul, ils ne font que refléter les instructions que vous avez donné au logiciel de calcul

Patran et Nastran permettent d'afficher sur le modèle de la structure les cartes de visualisation des champs de contraintes. Les cartes donnant la variation des composantes de contrainte (s_x, s_y, \dots) ne donnent qu'une image partielle et ne permettent aucune interprétation sur les risques de dépassement de Re. De plus elles dépendent du repère dans lequel elles sont exprimées. La contrainte équivalente de Von Misès est une combinaison de ces composantes et ne dépend pas du repère.

Seule l'image de la carte des contraintes équivalentes de Von Misès permet de visualiser clairement la(les) zone(s) soumise(s) au risque de plastification.

L'affichage des contraintes ou déformations nécessitent une attention toute particulière dans la mesure où Patran propose différentes options notamment pour le calcul des moyennes.

Patran utilise un certain nombre d'options par «**defaut**» qui peuvent faire apparaître des valeurs différentes de celles calculées par le solveur. Si on considère que les valeurs fournies par le solveur sont les valeurs de référence, il est bon de savoir comment retrouver ces valeurs dans Patran. La documentation en ligne de Patran peut donc aider.

Book: Results Postprocessing > Chapter: 13 Numerical Methods >