

PATRAN / NASTRAN

Lecture 4/4

April 17th 2017



$$\varepsilon = \frac{1}{2} \{ \nabla u + (\nabla u)^T \} \quad \int_{\Omega} \nabla u \cdot \nabla v \, d\Omega = \int_{\Omega} f v \, d\Omega \quad \forall v \in H_0^1(\Omega)$$



INSA TOULOUSE
TP GÉNIE MÉCANIQUE
INGÉNIERIE DES SYSTÈMES

Julien LE FANIC

Lectures Scope

1. Lecture 1 deals with basics Finite Elements Method and introduces NASTRAN and PATRAN softwares. A cantilever beam is studied in linear elasticity and then with geometrical non linearity. If time left students can realize another exercise defined in appendixes §D.
2. Lecture 2 deals with plates and shells. A 2D plate with a hole is studied to assess a K_T . Then buckling modes are computed for the same plate under compressive load. Finally a GUYAN static reduction is performed.
3. Lecture 3 will let students finish Lecture 2 case studies before an assessment of a time dependent response for a beam and a contact 3D modelization.
4. Lecture 4 deals with FSM idealization.

Table of contents

Lectures Scope

Lecture 4/4 - Table of Contents

Case study # 8 - Study of FSM

 Definition

 Geometry

 Mesh

 Run 1

 Run 2

 Run 3

 Run 4

 Conclusion

The End

Case study # 8 - Study of FSM

Definition

Aim of Case study # 8 : Students have to realize an idealization of a complex structure.

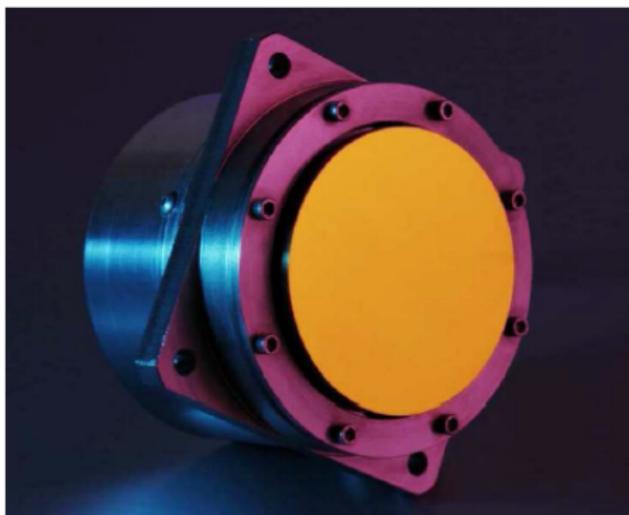
Case study # 8 - Study of FSM

Definition

Nous étudions un miroir de type FSM (Fast Steering Mirror). Ce miroir est utilisé pour les systèmes de communication HighTech dans différents domaines comme le spatial et la communication avec un satellite.

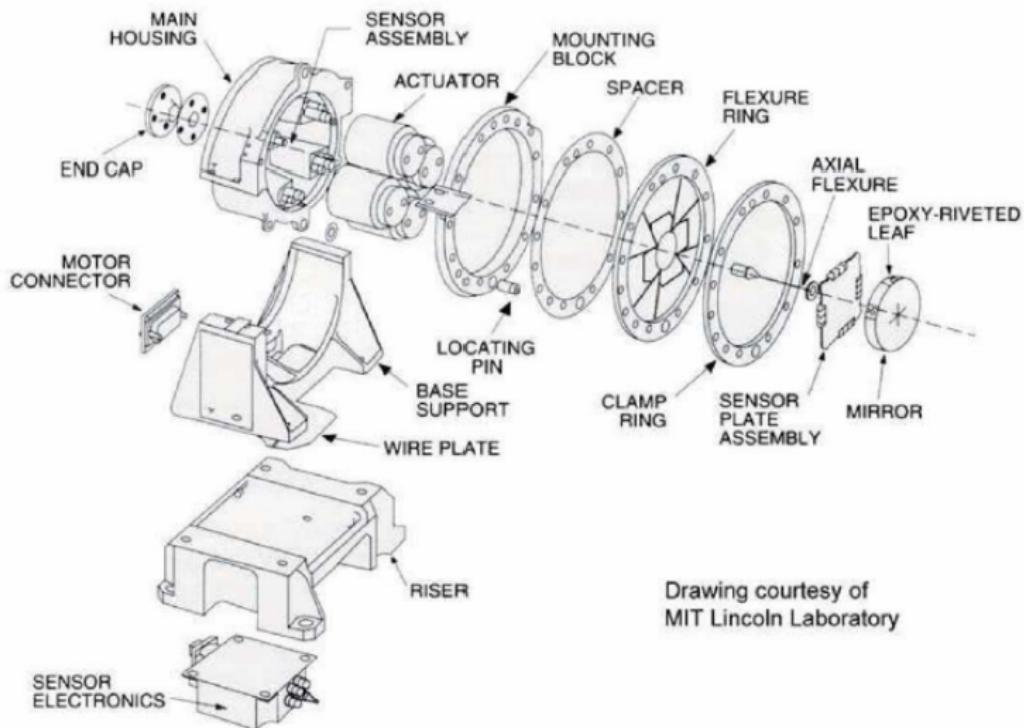
Nous nous intéressons au pilotage de l'inclinaison de la surface réfléchissante.

Nous étudions le sous système du miroir FSM permettant l'orientation de la surface réfléchissante.



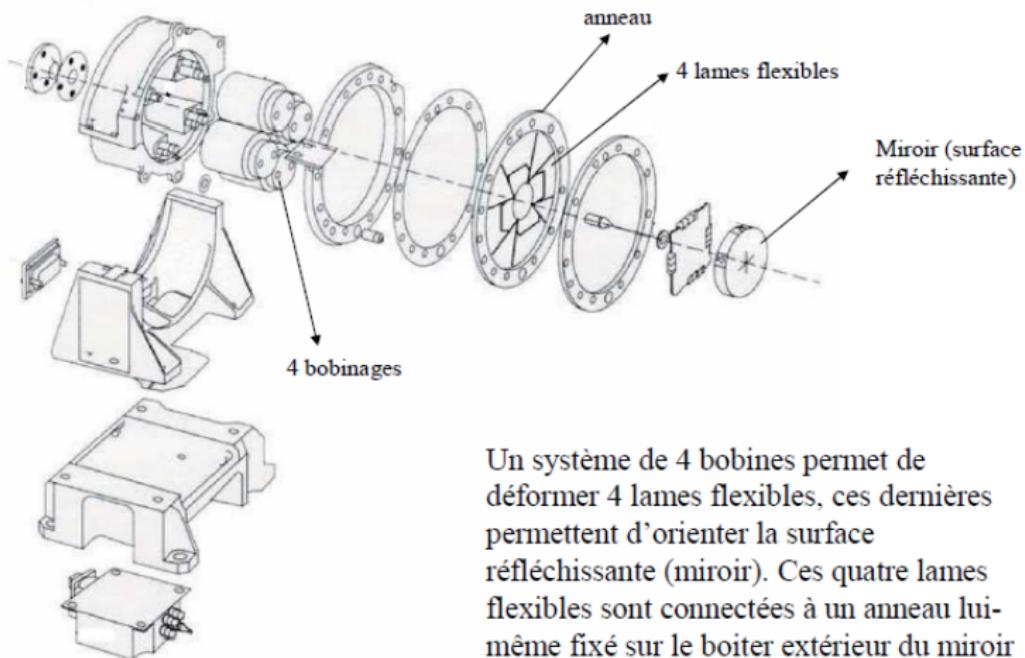
Case study # 8 - Study of FSM

Definition



Case study # 8 - Study of FSM

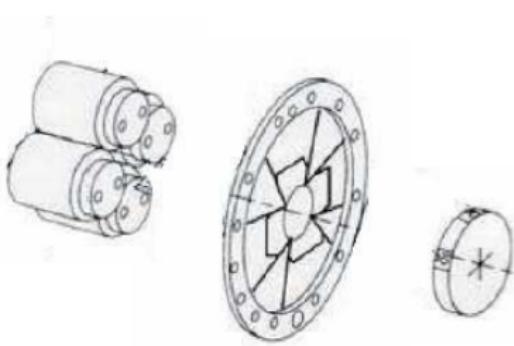
Definition



Un système de 4 bobines permet de déformer 4 lames flexibles, ces dernières permettent d'orienter la surface réfléchissante (miroir). Ces quatre lames flexibles sont connectées à un anneau lui-même fixé sur le boîtier extérieur du miroir FSM. Le miroir et les 4 bobinages sont fixés sur les 4 lames flexibles.

Case study # 8 - Study of FSM

Geometry



Nous nous intéressons au sous système permettant l'orientation de la surface réfléchissante.

Ce dernier est composé :

- ✓ 4 Lames flexibles + anneau
- ✓ 4 bobinages + 4 plots d'accrochage
- ✓ Surface réfléchissante + son support

Case study # 8 - Study of FSM

Geometry

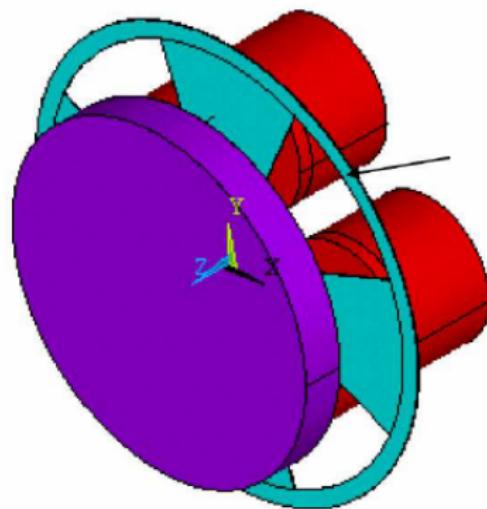
Modélisation du sous système :

- 1) La partie du miroir FSM non représentée « géométriquement » est modélisée par un encastrement de l'anneau, pour valider cette modélisation nous faisons les hypothèses :
 - ✓ raideur du boîtier très importante devant la raideur des 4 lames, le boîtier est considéré infiniment rigide et est modélisé par un encastrement
 - ✓ le comportement dynamique du boîtier (partie du système non modélisée) est découpé du comportement dynamique du sous système modélisé, les modes propres des 2 parties sont éloignées.
- 2) Les pièces modélisées (4 lames + anneau + 4 bobinages + 4 plots d'accrochage + miroir et son support) sont considérées comme connectées de manière rigide pour former une seule pièce, le maillage entre les différents composants est congruent.
- 3) Les lames et l'anneau sont modélisés en coque avec des éléments QUAD4; le miroir, son support et les 4 bobinages/plots d'accrochage sont modélisés en volumique avec des éléments HEXA8.

Case study # 8 - Study of FSM

Geometry

Modélisation du sous système :



Encastrement des nœuds
externes à l'anneau

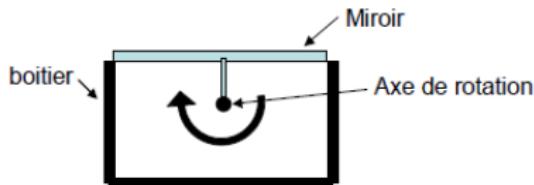
Case study # 8 - Study of FSM

Geometry

L'objet de ce TP est de déterminer les caractéristiques mécaniques du miroir afin de réaliser une modélisation 1D simplifiée du système de contrôle de l'orientation de la surface réfléchissante.

Les calculs EF doivent permettre de déterminer les caractéristiques statiques et dynamiques du sous-système. Deux modélisations 1D seront réalisées :

- 1) Calcul simplifié 1D : nécessite la connaissance de la raideur en rotation de la surface réfléchissante et l'inertie correspondante.



- 2) Modélisation système 1D, nécessite :

- ✓ la matrice de raideur condensée sur les DDL de contrôle de l'orientation du miroir et des DDL caractérisant l'orientation du miroir,
- ✓ La base modale du sous système

Case study # 8 - Study of FSM

Geometry

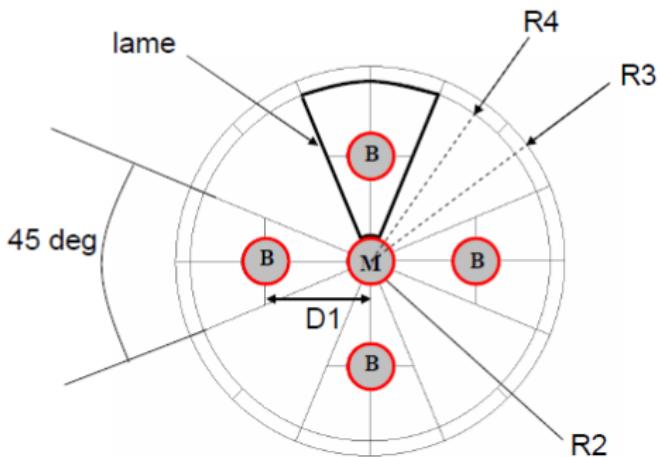
Rayon du miroir	R1	25.4 mm
Epaisseur du miroir	E1	6 mm
Rayon du support miroir	R2	4 mm
Epaisseur du support miroir	E2	6 mm
Epaisseur des lames + anneau	E3	0.2 mm
Rayon externe de l'anneau	R3	33.1 mm
Rayon interne de l'anneau	R4	30.6 mm
Distance entre le centre du miroir et celui d'un bobinage	D1	17.9 mm
Rayon de bobinage	R5	10.5mm
Epaisseur de bobinage	E4	2 mm
Longueur de bobinage	L1	15 mm
Rayon du plot d'accrochage bobinage	R6	4 mm
Epaisseur du plot d'accrochage bobinage	E5	2 mm

	Miroir + support	Lames + anneau	Bobinage + point d'encrage
Matériaux	Pyrex	Acier	Plastique + Cuivre
Module d'Young (GPa)	64	210	4
Coef de Poisson	0.2	0.3	0.3
Masse volumique (kg/m3)	2670	7800	7000

Case study # 8 - Study of FSM

Mesh

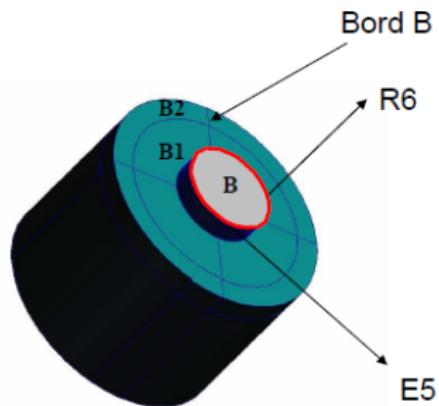
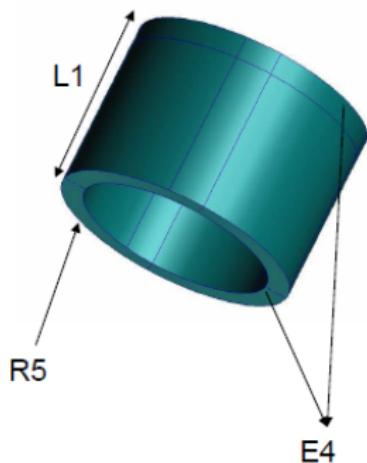
Géométrie du système lame + anneau



Les surfaces notée B et M sont les zones d'encrage des plots d'encrage des 4 bobinages et du support miroir. Le maillage de ces surfaces doit être congruent avec les surfaces en vis-à-vis appartenant aux plots d'encrage des 4 bobinages et au support miroir

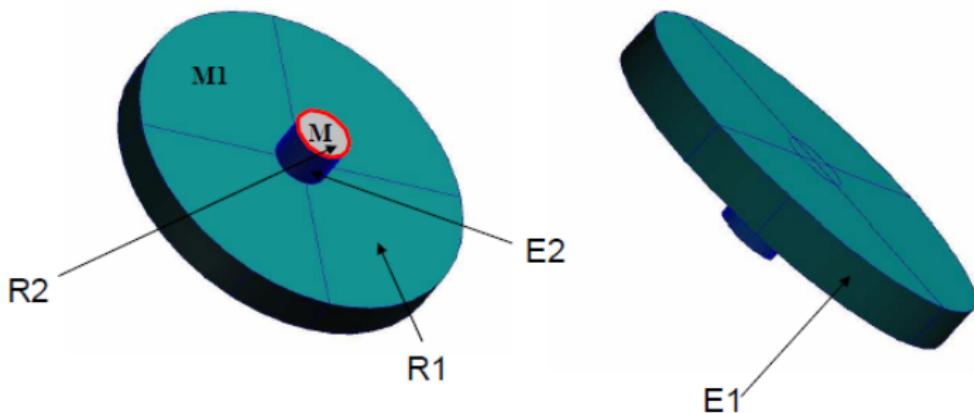
Case study # 8 - Study of FSM Mesh

Géométrie d'un bobinage + point d'encrage



Case study # 8 - Study of FSM Mesh

Miroir (surface réfléchissante) + son support



Case study # 8 - Study of FSM Mesh

Technique de maillage à utiliser

Les lames et l'anneau sont maillés avec des éléments coques : maillage 2D

Le maillage volumique (miroir + support + bobinage + plot d'enrage des bobinages) est réalisé par extrusion :

Menu ELEMENT : ACTION : SWEEP

Choix du nombre d'éléments dans la direction d'extrusion

Direction d'extrusion

Distance d'extrusion

Valeur de l'offset

Éléments 2D à extruder



Pour la sélection des éléments à extruder, il peut être plus simple d'utiliser les listes et de sélectionner les éléments associés à des surfaces :

Menu : TOOLS / LIST / CREATE

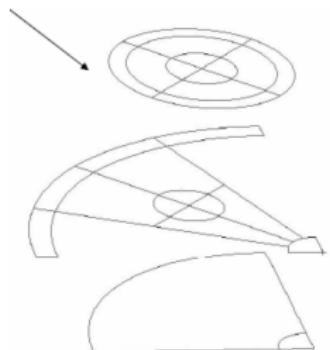
Model : FEM, Objet : ELEMENT, Method : ASSOCIATION

Attention : lors de la création d'une nouvelle liste ne pas oublier de faire un CLEAR de la liste existante

Case study # 8 - Study of FSM

Mesh

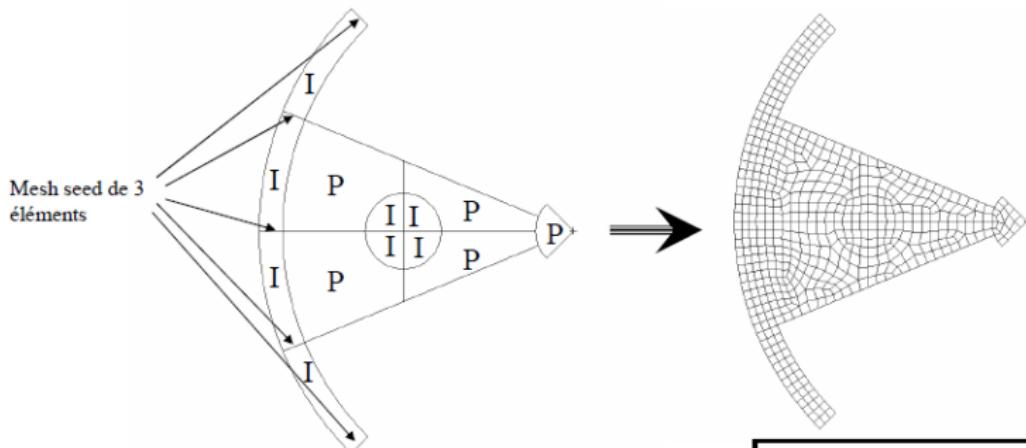
1. Maillage 2D de la lame et de l'anneau ($\frac{1}{4}$ du modèle)
2. Création du maillage ($\frac{1}{4}$ du modèle) du miroir + support pour extrusion
3. Création du maillage ($\frac{1}{4}$ du modèle) d'une bobine + plot d'ancrage par extrusion
4. Génération du maillage entier par rotation. Menu form
Element>Transform/Element>Rotate
5. Equivalence des nœuds pour obtenir la congruence du maillage



Case study # 8 - Study of FSM Mesh

Maillage de la lame + anneau

Taille globale de maillage = 1mm



Les surfaces marquées avec I sont maillées avec le mailler ISOMESH,
les surfaces marquées avec P qui sont maillées avec le mailler PAVER

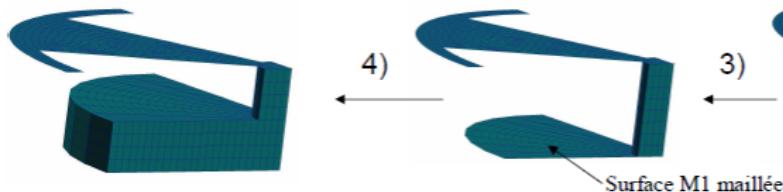
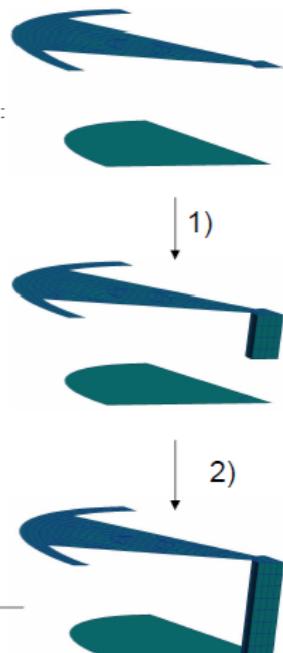
Attention : commencer par mailler les surfaces en isomesh, notées par I

Case study # 8 - Study of FSM Mesh

Maillage du miroir + son support

Le maillage du miroir+support est réalisé par extrusion

- 1) Extrusion des éléments maillant la surface M pour créer Le support miroir :
Mesh control : 4 éléments, Extrude distance = 6mm, offset =0
- 2) Extrusion de la partie centrale du miroir : extrusion des mêmes éléments avec les mêmes réglages mais en rajoutant un offset de 6mm.
- 3) Maillage de la surface du miroir externe (M1) en prenant garde d'avoir un maillage congruent (mesh seed) avec la partie centrale (M)
Mesher : isomesh, taille globale = 1mm,
- 4) Extrusion du maillage réalisé au 3) :
Mesh control : 4 éléments, Extrude distance = 6mm, offset =0
- 5) Contrôle que les éléments 2D du 3) sont supprimés (maillage de M1), les éléments de la surface M connectée aux lames sont nécessaires au calcul



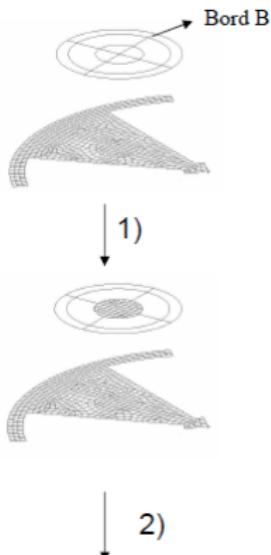
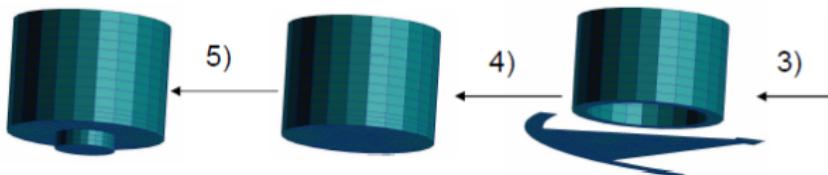
Case study # 8 - Study of FSM

Mesh

Maillage d'un bobinage et de son plot d'enrage (1)

Le maillage d'un bobinage et de son plot d'enrage est réalisé par extrusion d'un maillage 2D des surfaces importées

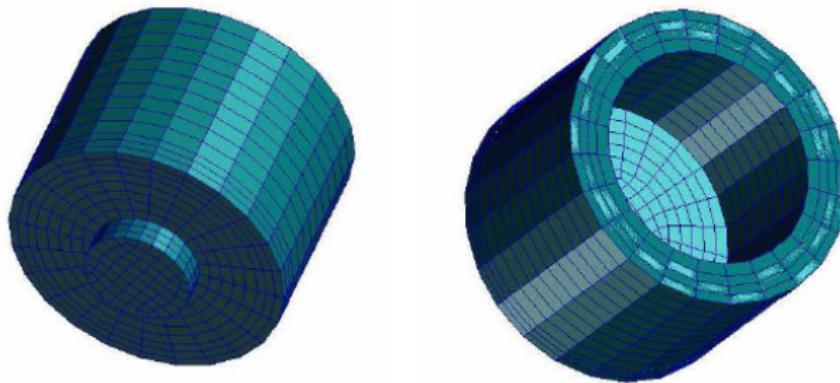
- 1) Maillage de la surface B (sous-divisée en 4 surfaces) : vérifier que le maillage est identique avec le maillage de la surface B de la lame
Mesher : isomesh, taille globale = 1mm,
- 2) Maillage des autres surfaces (B1 et B2) en imposant un mesh seed de 3 sur les bord B
Mesher : isomesh, taille globale = 1mm,
- 3) Extrusion des éléments de la surface B2:
Mesh control : 10 éléments, Extrude distance = 13 mm = (15-2), offset =0
- 4) Extrusion des éléments des surfaces B, B1 et B2:
Mesh control : 3 éléments, Extrude distance = 2 mm , offset =13
- 5) Création du plot d'enrage : Extrusion des éléments de la surface B :
Mesh control : 3 éléments, Extrude distance = 2 mm , offset =15



Case study # 8 - Study of FSM Mesh

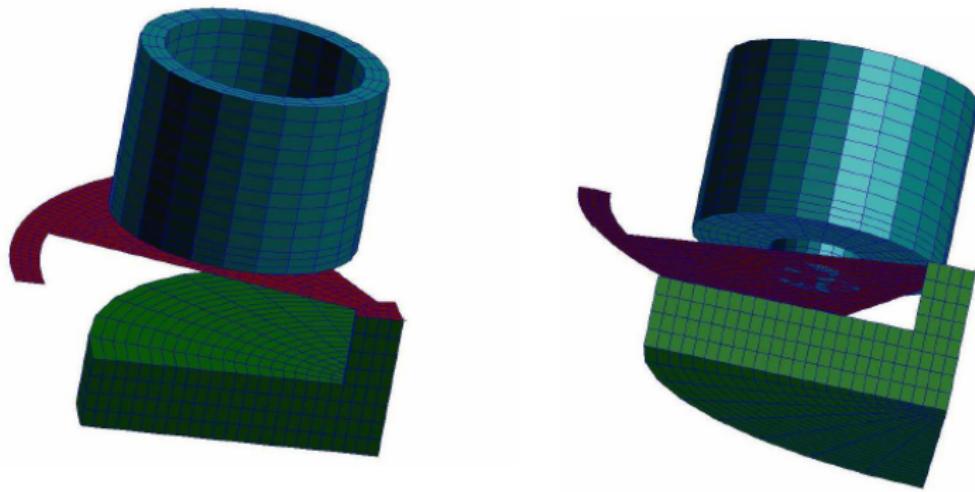
Maillage d'un bobinage et de son plot d'encrage (2)

- 6) Supprimer les éléments 2D des surfaces B, B1 et B2 ayant permis les extrusions



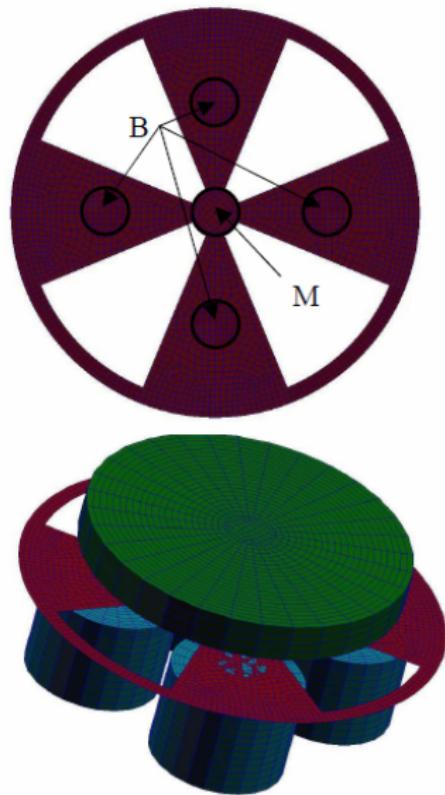
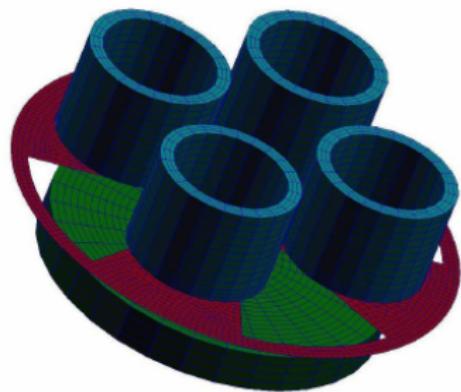
Case study # 8 - Study of FSM Mesh

Maillage du quart de modèle

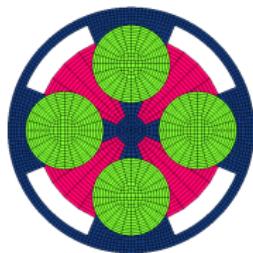


Case study # 8 - Study of FSM

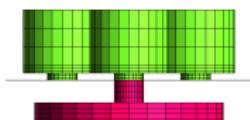
Mesh

Maillage du modèle entier

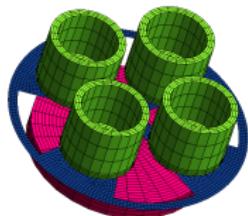
Case study # 8 - Study of FSM Mesh



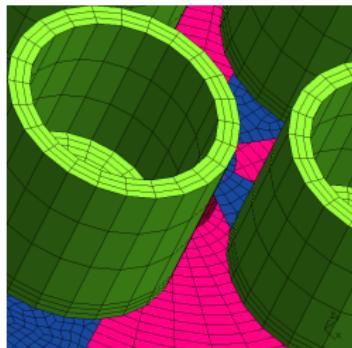
\hat{z}
 \hat{x}



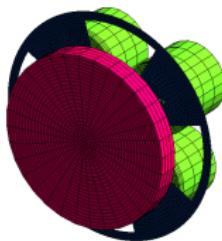
\hat{z}
 \hat{y}



\hat{y}
 \hat{x}



\hat{x}



Maillage Binôme FLEURY /
MORaine - 2014

Case study # 8 - Study of FSM

Mesh

Contrôler les éléments coques :

- 1) Uniquement maillage des 4 lames (+ disque central) et de l'anneau
- 2) Normales aux coques orientées dans une seule direction
- 3) Bords libres
- 4) Eléments dupliqués

Contrôler des éléments volumiques :

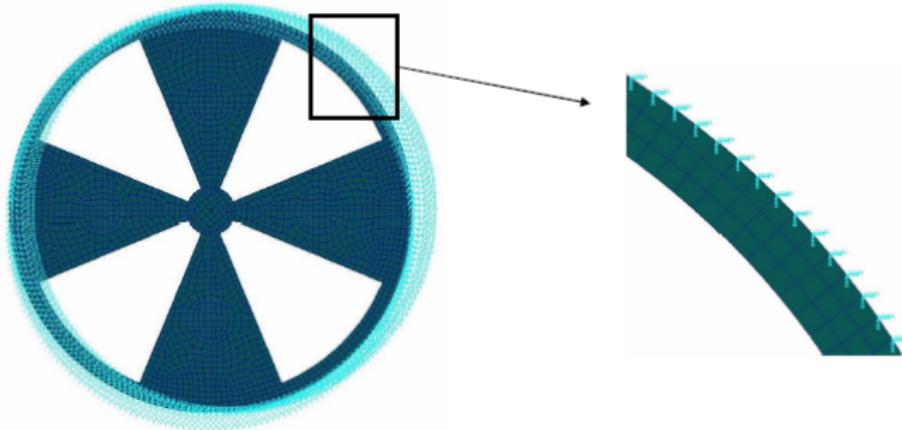
- 1) Uniquement maillage des bobines + plots d'enrage + miroir + son support
- 2) Bords libres
- 3) Eléments dupliqués

Case study # 8 - Study of FSM Mesh

- 1) Création des 3 matériaux et des 3 propriétés.
- 2) Le système d'unités utilisé doit être :

Longueur	Effort	Masse	temps	pression
mm	N	tonne	?	?

- 3) Création de l'encastrement (6DDL bloqués)



Case study # 8 - Study of FSM

Run 1

CALCULS 1 :

Détermination de l'inertie en rotation autour de l'axe X au centre de la lame :

Le paramètre GRDPNT fixé en 0, permet de sortir la matrice de masse ramenée en 1 point, ce point est le centre du repère global. Cette matrice de masse (taille 6x6) permet de connaître la masse suivant les 3 directions du repère global et les inerties massiques dans les 3 direction.

Activation du paramètre dans Patran :

Menu Analysis / Solution Type / Solution Parameter

Fixer ce champ à 0



Case study # 8 - Study of FSM

Run 1

CALCULS 1 :

La matrice de masse est alors écrite dans le fichier F06 :

Matrice de masse

```
OUTPUT FROM GRID POINT WEIGHT GENERATOR
REFERENCE POINT = 0
M O
{ 8.573235E+04 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00 7.176440E+05 -2.148221E+05 *
  0.000000E+00 8.573235E+04 0.000000E+00 -7.176440E+05 0.000000E+00 2.138397E+05 *
  0.000000E+00 0.000000E+00 8.573235E+04 2.148221E+05 -2.138397E+05 0.000000E+00 *
  0.000000E+00 -7.176440E+05 2.148221E+05 6.471132E+06 -5.358199E+05 -1.790578E+06 *
  7.176440E+05 0.000000E+00 -2.138397E+05 -5.358199E+05 6.466220E+06 -1.797842E+06 *
  -2.148221E+05 2.138397E+05 0.000000E+00 -1.790378E+06 -1.797842E+06 1.545172E+06 *
```

Masse et
Centre de
gravité

DIRECTION	MASS AXIS SYSTEM (S)	MASS	X-C.G.	Y-C.G.	Z-C.G.
X	8.573235E+04	0.000000E+00	2.505730E+00	8.370749E+00	
Y	8.573235E+04	2.494270E+00	0.000000E+00	8.370749E+00	
Z	8.573235E+04	2.494270E+00	2.505730E+00	0.000000E+00	

Matrice d'inertie exprimée
dans le repère global

```
{ 1.925628E+06 -4.499017E+00 1.795608E+02 *
  -4.499017E+00 1.925628E+06 -1.796061E+02 *
  1.795608E+02 -1.796061E+00 4.735114E+05 *
```

I(S)

I(Q)

Matrice d'inertie exprimée
dans le repère principal

```
{ 4.735112E+05
  1.925628E+06
  1.925628E+06 *
```

Q

Matrice de passage entre le
repère global et repère principal

```
{ 2.613909E-04 9.999999E-01 0.000000E+00 *
  -2.614156E-04 6.833171E-08 9.999999E-01 *
  9.999999E-01 -2.613909E-04 2.614156E-04 *
```

Case study # 8 - Study of FSM

Run 1

CALCULS 1 :

- 1) Déterminer l'inertie massique autour de l'axe X (l'axe Z est normal à la surface réfléchissante) calculée au centre des lames (dans notre cas le centres des lames et également le centre du repère global). Déterminer également la masse du modèle.
- 2) Déterminer l'inertie « géométrique » autour de l'axe X, dans ce cas l'inertie ne prend pas en compte la masse, son calcul avec la méthode utilisé au 1) nécessite d'imposer une masse volumique de 1 pour l'ensemble des matériaux.

Attention : pour les calculs suivants la masse volumique doit être celle des matériaux

Case study # 8 - Study of FSM

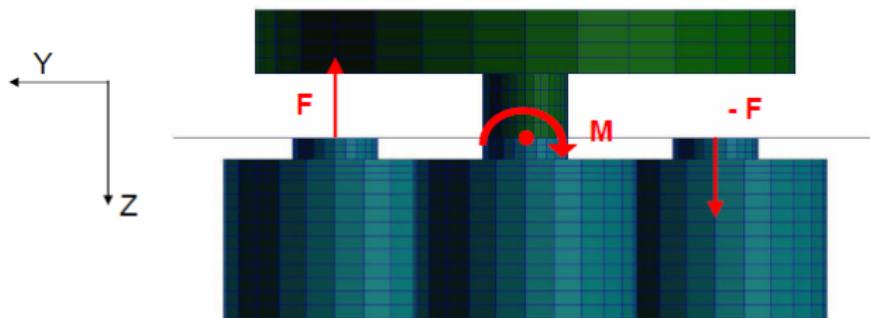
Run 2

CALCUL 2 :

Détermination de la raideur en rotation des lames : $M=K \times \text{angle}$

Le moment M est modélisé par deux efforts qui sont appliqués sur deux lames au centre des plots d'encrage des bobines

L'angle mesuré caractérise l'inclinaison de la surface réfléchissante.



Calcul à réaliser : calcul statique avec comme chargement les deux efforts modélisant le moment au centre de la lame

Case study # 8 - Study of FSM

Run 3

CALCUL 3 : extraction de la base modale du sous système

Extraire les 20 premiers modes et leur masse effective.

Visualiser les modes, en déduire leur importance dans la base modale.

Analyser les masses effectives dans les 6 directions en les comparant aux vecteurs propres.

Extrait d'un fichier F06 avec les masses effectives pour les 3 mouvements en rotation :

MODE NO.	FREQUENCY	R1		R2		R3	
		FRACTION	SUM	FRACTION	SUM	FRACTION	SUM
15	2.279744E+02	1.435125E-13	9.818759E-01	1.099609E-15	9.818759E-01	9.458802E-09	2.738305E-01
16	9.155073E+02	3.661320E-25	9.818759E-01	2.528941E-22	9.818759E-01	2.626651E-01	5.364956E-01
17	1.688349E+03	1.783812E-11	9.818759E-01	1.879421E-08	9.818760E-01	3.007506E-11	5.364956E-01

Ratio entre la masse effective du mode N et la masse du modèle

Somme des fractions jusqu'au mode N

Case study # 8 - Study of FSM

Run 3

CALCUL 3 : extraction de la base modale du sous système

Remarque :

Nous avons vu en cours que la masse effective d'un mode permet de caractériser la masse entraînée par ce mode.

La somme des masses effectives de tous les modes est la masse totale du modèle.

Les masses effectives sont calculées suivant les 6 directions.

Un indicateur de la qualité de la base modale extraite est la somme des masses effectives des modes extraits dans les 6 directions.

Néanmoins : cet indicateur n'est souvent pas suffisant. Par exemple dans le cas d'une structure symétrique certains modes sont symétriques, ces modes ont leur masse effective nulle, pourtant leur contribution dans la réponse dynamique de la structure n'est pas nulle.

Il est donc nécessaire de compléter l'analyse des masses effectives par une analyse des déformées modales pour en déduire les modes prépondérants dans la base modale.

Par ailleurs, il est possible de demander les énergies de déformation et cinétiques des modes.

L'énergie de déformation : critère pour déterminer les modes prépondérant de la base modale

L'énergie cinétique : critère permettant de déterminer les parties du modèle entraînées par chaque mode, et permettant de déterminer les modes locaux et les modes globaux.

Pour les modélisations 1D (suite de ce TP), cet aspect devra être pris en compte.

Case study # 8 - Study of FSM

Run 3

CALCUL 3 : extraction de la base modale du sous système

Le fichier F06 contient les fréquences propres de chaque mode :

MODE NO.	EXTRACTION ORDER	EIGENVALUE	REAL EIGENVALUES		GENERALIZED MASS	GENERALIZED STIFFNESS
			RADIANS	CYCLES		
1	1	5.693916E+03	7.5458024E+01	1.200955E+01	1.000000E+00	5.693946E+03
2	2	5.694060E+03	7.545899E+01	1.200967E+01	1.000000E+00	5.694060E+03
3	3	2.167223E+04	1.472149E+02	2.312998E+01	1.000000E+00	2.167223E+04
4	4	4.220365E+04	2.054353E+02	3.269604E+01	1.000000E+00	4.220365E+04
5	5	4.220527E+04	2.054392E+02	3.269666E+01	1.000000E+00	4.220527E+04

λ, ω^2

ω (rad/s)

f (Hz)

$\Phi^T M \Phi$

$\Phi^T K \Phi$

Case study # 8 - Study of FSM

Run 4

CALCUL 4 :

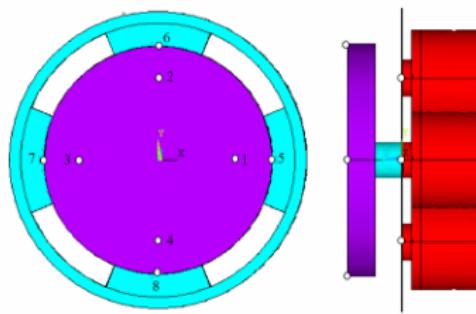
Calcul de la matrice de raideur condensée en 8 points selon le DDL UZ (déplacement selon Z)

La matrice de raideur est sortie au format DMIGPCH.

4 points sont situés au centre des plots d'accrochage des 4 bobinages au niveau des 4 lames.

4 points sont situés sur le bord de la surface réfléchissante à la même position angulaire que les 4 premiers points.

Figure 1



Case study # 8 - Study of FSM

Run 4

CALCUL 4 :

Remarque 1 : pour la suite du TP (modélisation 1D), les vecteurs propres du calcul 3 peuvent être sortis uniquement au niveau des 8 points.

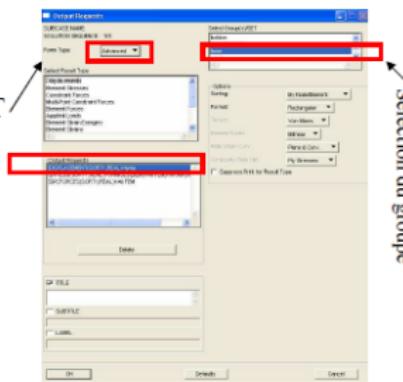
Il est possible de réduire les sorties Nastran uniquement sur certains noeuds,
pour ce faire dans Patran :

- 1) Créer un groupe contenant que les 8 noeuds
- 2) Menu ANALYSIS / SUBCASE / OUTPUT REQUEST

Remarque 2 :

La matrice condensée au format DMIG, permet de connaître la raideur entre les DLL (numéro du DDL + numéro du noeud).

Pour l'utilisation de cette matrice dans la modélisation 1D, il faut connaître la connectivité entre le numéro local des points définis figure 1 et le numéro des noeuds dans le modèle éléments finis



Case study # 8 - Study of FSM

Conclusion

FSM substructure has been studied with NASTRAN for static and modal sizing.

GODDARD SPACE FLIGHT CE
IBM SYSTEM 360 OPERATING

LEVEL 12

RIGID FOR

THE END OF THE LECTURES.



Space Div
North Amer

INSA

TOULOUSE

