Tutoriel Abaqus: Analyse d'un bimorphe piézoélectrique - vibrations

Éléments finis volumiques olivier.thomas@ensam.eu



Problème à l'étude



Dimensions	Longueurs	$L_{\it p}=200$ mm, $L=260$ mm
	Largeur de section	b=20 cm
	Épaisseurs de section	$h_p=2$ mm, $h=4$ mm
Matériau élastique (acier)	Masse volumique	$\rho = 7800 \text{ kg/m}^3$
	Module d'Young	Y = 210 GPa
Matériau piezo (PIC151)	Masse volumique	$ ho=7800~{ m kg/m}^3$
	Module d'Young	$Y = 1/s_{11}^E = 66.7 \text{ GPa}$
	Coefficient de Poisson	$\nu = 0.3$
	Coefficients piézoélectriques	$d_{31} = -210 \; pC/N$
		$d_{33} = 500 \text{ pC/N}$
		$d_{15} = 600 \text{ pC/N}$
	Permittivité	$\epsilon^{\sigma}_{33}=2400\epsilon_0=21.25~\mathrm{nF/m}$

On se propose de calculer la fréquence du premier mode de vibration de flexion avec les électrodes en court circuit puis en circuit ouvert

Modélisation dans Abaqus

- Récupérer le modèle de poutre élastique / piézoélectrique (bimorphe) du tutoriel 03
- Copier / coller le modèle

 « BimorphePiezo» (l'analyse statique du bimorphe du tutoriel 03) et le nommer « BimorphPiezoVibration-CC »
- Cliquer deux fois sur « BimorphPiezoVibration-CC » dans l'arbre pour être sur d'activer ce nouveau modèle.



Type et étapes de calcul



Définition du type de calcul

- On va procéder à un calcul de fréquences propres. Vous verrez les détails en 2^e année.
- Activer le module Step
- Remplacer la « Step-1 » par un calcul « Frequency »

🖶 Step Manager				83
Name	Procedure		Nlgeom	Time
🖌 Initial	(mitial)		N/A	N/A
🖌 Step-1	Frequency		OFF	0
Create Edit	Replace Rename	Delete	Nlgeom	Dismiss



Options du calcul

- Prendre l'algorithme par défaut : Lanczos
- Indiquer le nombre de modes à calculer
- Préciser la normalisation des déformées modales

Module:	Step 💌 M	odel: BimorphPiezoVibration-CC	▼ Step: 🚽 Initial 👻					
•••	🖨 Step Manager			X				
₽	Name	Procedure	Nlgeom	Time				
L	🖌 Initial	(Initial)	N/A	N/A				
1010	Step-1	Frequency	OFF	0				
± <u>−</u> <u>−</u>								
🔓 🔩								
(XYZ) 🛉	Create	It Replace Rename	Delete Nigeom	Dismiss				
+ ^. 24 :	A Edit Stop							
⊖∕ *.	Name: Step 1							
	Tare Desuency							
	Pacie Other							
	basic Other							
	Description:							
	Nigeom: Off							
	Eigensolver: La	inczos 🔘 Subspace 🔘 AM9						
	Number or eigen	dues requested. All in frequency ra	nge					
		• Value: 30						
	Frequency shift (cycles/time)**2:							
	Minimum frequency of interest (cycles/time):							
	Maximum frequency of interest (cycles/time):							
	🔽 Include acousti	c-structural coupling where applicable	_					
	Block size: 🔘 Def	ault 🔘 Value:						
	Maximum number	of block Lanczos steps: 💿 Default) Value:					
	🔲 Use SIM-based	linear dynamics procedures						
	🔲 Include residua	l modes						
		ОК	C	ancel				

Électrodes en court-circuit



Vérifier l'encastrement

Module: Load Vodel: BimorphPiezoVibration-CC Step: Step-1	
	¥
Boundary Condition Manager	
Name Initial Step-1	Edit
Image: Image	
□: I→ PotZ- Created	Edit Boundary Condition
	Name: Encastrement
-+ 👼 📥 Step procedure: Frequency	Step: Step-1 (Frequency)
Boundary condition type: Displacement/Rotation Boundary condition status: Created in this step	Region: Face0 📘
(xyz) Create Copy Rename De	CSVS: (Global) 🔉 🙏
	▼ 02 ▼ 03
	Note: The displacement value will be
z 🖍 x	OK Cancel

Vérifier les potentiels

• Normalement, les potentiels sont « fixed at current value », ce qui signifie qu'ils sont imposés nuls. C'est ce qu'on veut pour des électrodes en « court-circuit » (CC)

🖶 Boundary Conditi	on Manager	r	EX .	
Name I	nitial	Step-1	Edit	
 Encastrement 		Created	MoveLeft	
✓ PotZ+		Created		
🖌 PotZ-		Created	Move Right	
			Activate	
			Deactivate	
Step procedure:	Frequ	iency		
Boundary condition t	ype: Electr	ric potential	🖶 Edit Boundary Condition 🛛 💭 🖨 Edit Boundary Condition	— ×
Boundary condition s	tatus: Creat	ed in this step	Name: PotZ+ Name: PotZ-	
Create		Сору	Type: Electric potential Type: Electric potential	
			Step: Step-1 (Frequency) Step: Step-1 (Frequency)	
			Region: Bimorphe-1.FaceZ+	\$
			Magnitude: Fixed at current value Magnitude: Fixed at current va	lue
	<	\succ		
	\sim			
			OK Cancel OK Ca	ancel

Définir et lancer un calcul



Définir et lancer le calcul en CC

- Activer le module « Job »
- Créer et soumettre le job « AM-Bimorphe-CC »

Morule:	🚔 Job	Model: 🖉 Bimorp	hPiezoVibration-CC	Step: 🚔 Step	→ -1 ▼		
		🐥 Job Manager					× ×
	1	Name	Wodei	Туре	Status		Write Input
		AM-Bimorphe-CC	BimorphPiezoVibration	Full Analysis	Completed	>	Data Check
HT ==		AM-Bimorphe CO	<u>BimorphPiezoVibration</u>	- Full Analysis	Completed	1	Submit
		StatiqueBarreauPiezo	BarreauPiezo	Full Analysis	Completed		Jubinic
		StatiqueBimorphe StatigueBendesElector	BimorphPiezo	Full Analysis	Completed		Continue
		StatiquePoutreFlexion	PoutreEncLibFlexion	Full Analysis	Completed		Monitor
							Results
							Kill
		Create	Edit	Сору	Rename	Delete	Dismiss
				~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	XIII		
		⇔ Create Job		<b>—</b>			
		Name: AM-Bimorphe-G	c				
		Source: Model					
		BarreauPiezo					
		BimorphPiezoVibration	CC				
		BimonshPiczoVibration	0				
		PoutreEncLibFlexion					
	Z 🗖	Continue	Cance				
			Conte				

#### Résultat du calcul en CC



### Résultat du calcul en CC



## Électrodes en circuit ouvert



### Dupliquer le modèle

- Copier / coller le modèle

« BimorphPiezoVibration-CC » (le calcul de fréquence propre en court-circuit) et le nommer « BimorphPiezoVibration-CO » (le calcul de fréquence propre en circuitouvert)

Cliquer deux fois sur
 « BimorphPiezoVibration-CO » dans
 l'arbre pour être sur d'activer ce nouveau modèle.



## Vérifier le potentiel inférieur

• En circuit ouvert, le potentiel est uniforme sur les électrodes (condition d'équipotentialité. Sur les électrodes inférieure (FaceZ-) il est imposé nul :

Name	Initial	Step-1		Edit
<ul> <li>Encastreme</li> </ul>	ent	Created		Move Lef
✓ PotZ+		Created		Marris Di 1
<ul> <li>PotZ-</li> </ul>		Created		IVIOVE Righ
				Activate
				Deactivat
oundary condi	tion type: Elec tion status: Cre	ctric potential eated in this step Copy	Edit Boundary Condition         Name:       PotZ-         Type:       Electric potential         Step:       Step-1 (Frequency)         Region:       Bimorphe-1.FaceZ-	Dismiss
			Magnitude: Fixed at current value	

#### Equipotentialité sur l'électrode supérieure

х

Element

Cancel

- En circuit ouvert, le potentiel est uniforme sur les électrodes (condition d'équipotentialité. Sur la face supérieure il est imposé uniforme mais variable...
- On va créer pour cela une contrainte au moyen d'une équation : le potentiel (degré de liberté 9) sera égal pour tous les nœuds de la face supérieure.
- On crée d'abord un « set » nommé « PointX+ » qui contient 1 point de la face supérieure : Tools → Set → Create

🐡 Create Set

Type

Name: PointX+

Continue...

Geometry 

Node

Warning: Native node and element sets will be invalidated if the mesh changes.



#### Equipotentialité sur l'électrode supérieure

- On crée un deuxième « set » qui contient tous les nœuds de l'électrode supérieure MOINS le nœud X+ défini préalablement :
- - Tools  $\rightarrow$  Set  $\rightarrow$  Create. Nommez le « FaceZ+Nodes »
- Dans la barre du bas, choisissez « by angle » et promener la souris vers la face supérieure. La totalité des nœuds de cette surface apparaît en orange. Cliquer.
- Choisissez ensuite « individually » et enlever le nœud « X+ » en maintenant la touche « Ctrl » appuyée.





#### Equipotentialité sur l'électrode supérieure

			•	- dans le modul
C <u>o</u> nstraint Co <u>n</u> ne <b>N</b> ↑1 : 24 丹 :	ctor Special Feature Tools	; Plug-ins <u>H</u> elp <b>\?</b> ↓	•	- Menu Contrai
Module:	Accembly defaults	hPiezoVibration-CO	• •:	- La nommer « « Equation »
	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·		•	<ul> <li>remplir le table</li> <li>l'équation :</li> </ul>
+ Edit Constraint		<b>.</b>	•	1* (le degré de FaceZ+Nodes
Name: Equipotentia Type: Equation	lity	-tion X	•	-1*(le degré de
Enter one row of dat Click	a for each term in the equ mouse button 3 for table	options.		
Coefficient	Set Name DC	OF CSYSID		
1 1	FaceZ+Nodes 9	(global)		
2 -1	PointX+	(global)		Contraction of the second
ОК		Cancel		
2				

- Créer la contrainte d'équation :
- le « Interaction »
- $nt \rightarrow Create$
- Equipotentiality », de type
- eau comme proposé pour définir
  - e liberté 9 (potentiel) de =
  - e liberté 9 (potentiel) de PointX+)



### Définir et lancer un calcul



## Définir et lancer le calcul en CO

- Activer le module « Job »
- Créer et soumettre le job « AM-Bimorphe-CO »

Morule: 🚽 Job	Model: 🖶 Bimor	ohPiezoVibration-CC 🔻	Step: 📄 Step	-1 🔻		
	- Internet					Y
	Name	Model	Тупе	Status		Write Input
	AM-Rimsiphe CC	BIMORPHPIEZOVIDIATION	Full Analysis	Completed		Data Check
	AM-Bimorphe-CO	BimorphPiezoVibration	- Full Analysis	Completed	>	Submit
	StatiqueBancouPiezo StatiqueBimorphe	Barreau Piezo Bimornh Piezo	Full Analysis	Completed Completed	1.	Continue
	StatiquePoutreFlexion	PoutreEncLibFlexion	Full Analysis	Completed		Monitor
						Results
						Kill
	Create	Edit	Сору	Rename	Delete	Dismiss
				<u> </u>		
	⇔ Create Job		×			
	Name: AM-Bimorphe-0	c				
	Source: Model 🔻					
	BarreauPiezo					
	BimorphPiezo					
	BimorphPiezoVibration	-co				
	PourcEncLibElovion					
Z	Continue	Cancel				

#### Résultat du calcul en CO



### Résultat du calcul en CO

