

Tutoriel Abaqus:

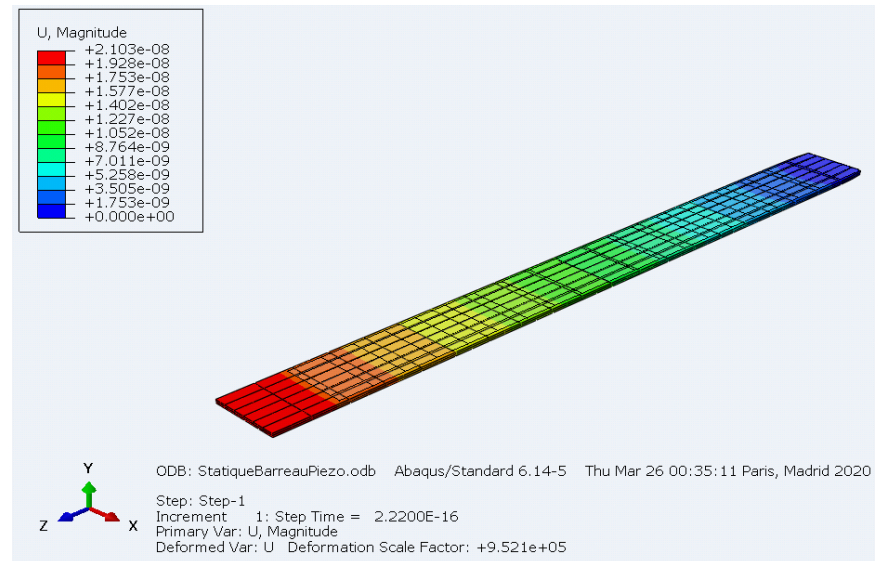
Analyse d'un barreau piézoélectrique

Éléments finis volumiques

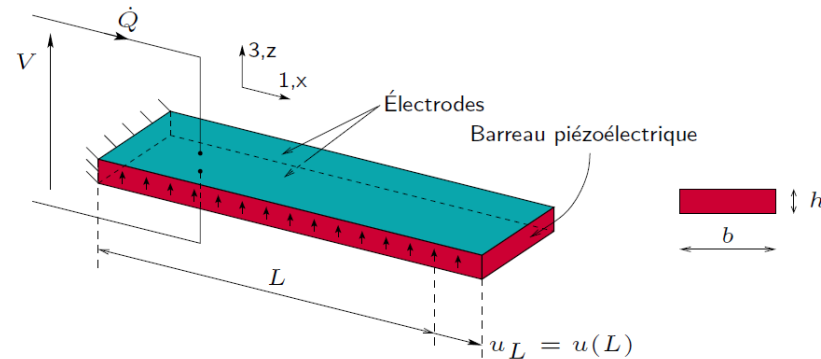
olivier.thomas@ensam.eu

SIMULIA
ABAQUS

Arts Sciences et
Technologies
et Métiers



Problème à l'étude

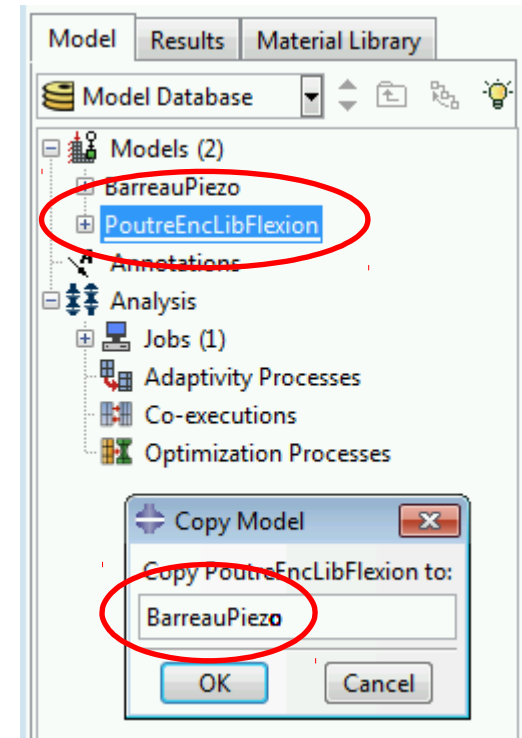


Dimensions	Longueur	$L = 200 \text{ mm}$
	Largeur de section	$b = 20 \text{ cm}$
	Épaisseur de section	$h = 2 \text{ mm}$
Matériau (PIC151)	Masse volumique	$\rho = 7800 \text{ kg/m}^3$
	Module d'Young	$E = 1/s_{11}^E = 66.7 \text{ GPa}$
	Coefficient de Poisson	$\nu = 0.3$
	Coefficients piézoélectriques	$d_{31} = -210 \text{ pC/N}$
		$d_{33} = 500 \text{ pC/N}$
		$d_{15} = 600 \text{ pC/N}$
	Permittivité	$\epsilon_{33}^\sigma = 2400\epsilon_0 = 21.25 \text{ nF/m}$

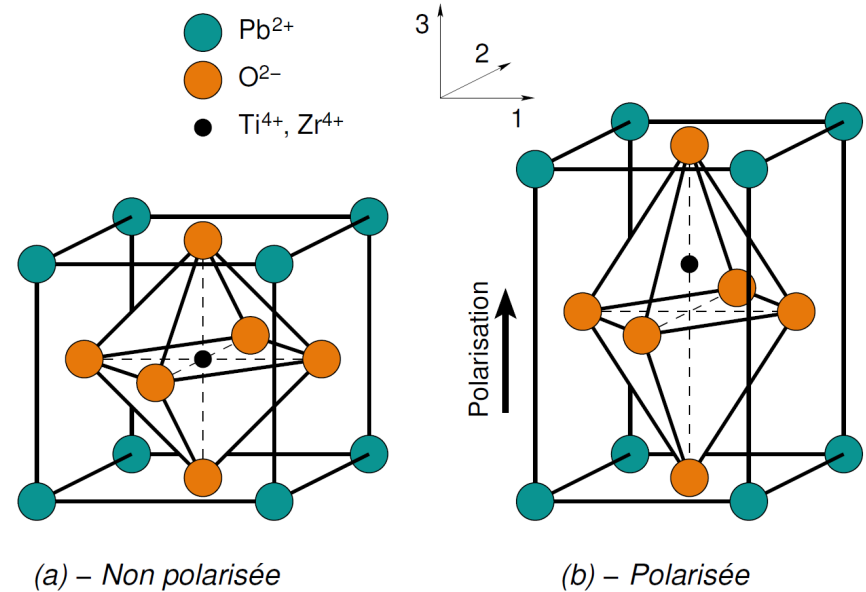
On se propose de calculer la réponse statique d'une poutre piézoélectrique à section rectangulaire en conditions aux limites encastree / libre soumise à une différence de potentiel entre ses électrodes.

Modélisation dans Abaqus

- Récupérer le modèle de poutre élastique du tutoriel 01
- Copier / coller le modèle « PoutreEncLibFlexion » (avec un clic droit de souris et « copy model ») et le nommer « BarreauPiezo »
- Cliquer deux fois sur « BarreauPiezo » dans l'arbre pour être sur d'activer ce nouveau modèle.
- Seules quelques parties du modèle sont à modifier :
 - le matériau (PIC151)
 - le chargement

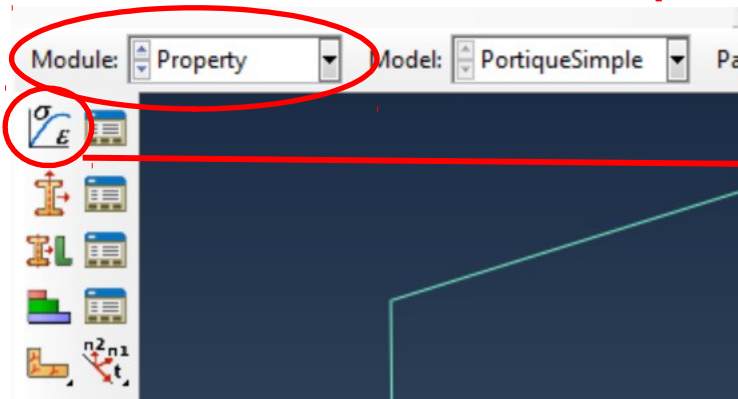


Matériau piézoélectrique

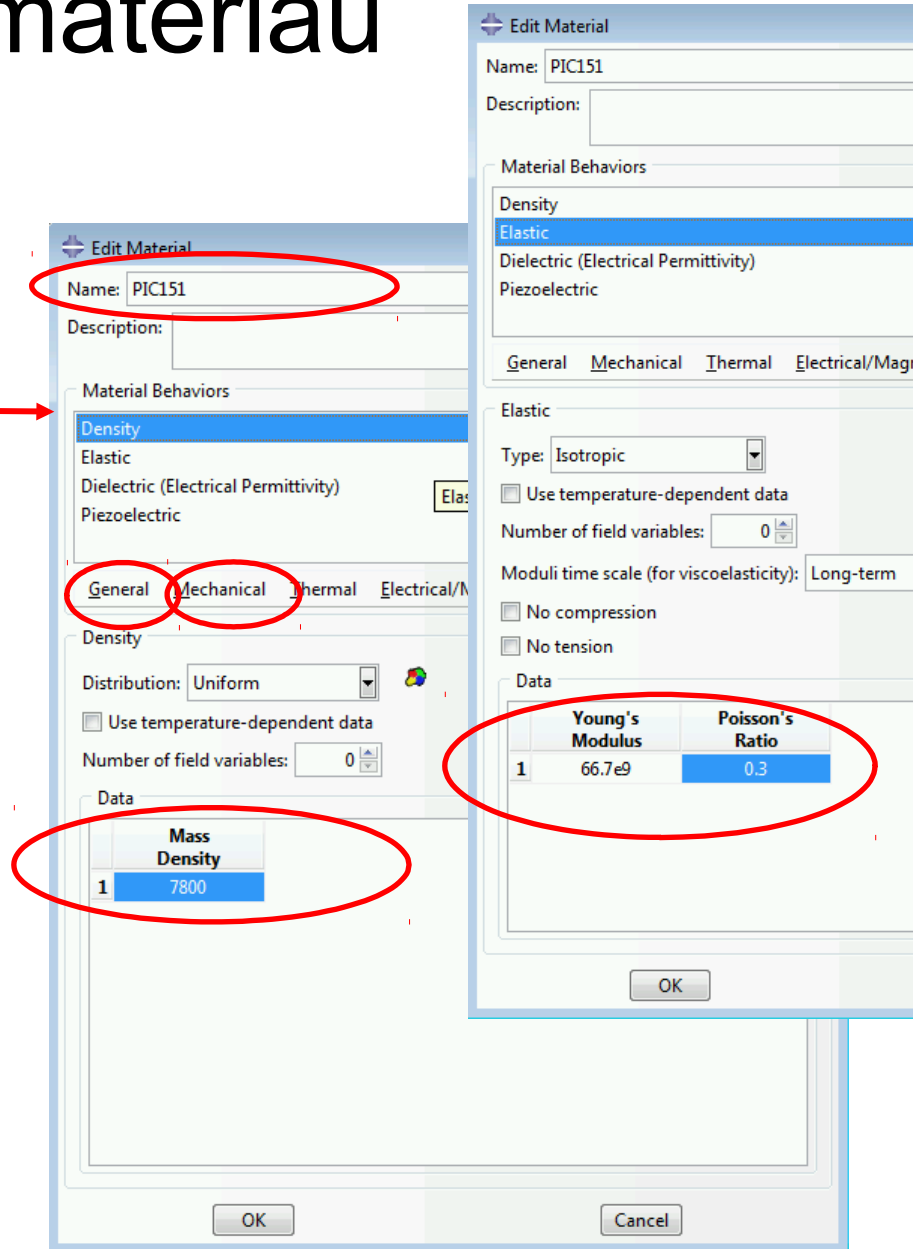


Définir le matériau

Activer le module **Property**



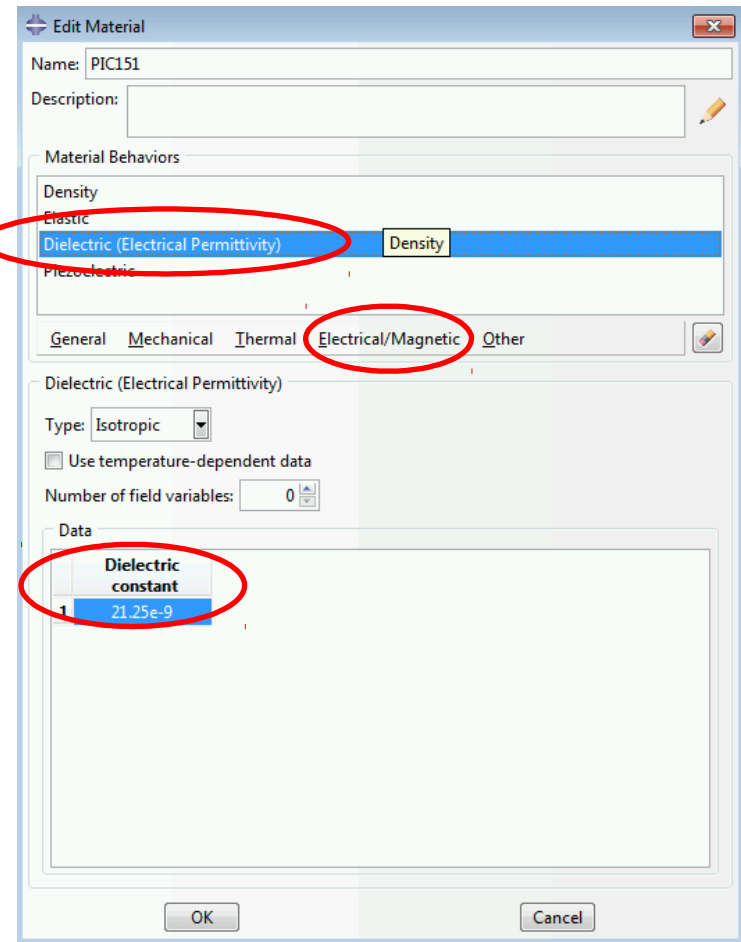
- Créer un nouveau matériau « PIC151 »
- Mechanical -> Elastic
 - Module Young
 - Coeff. Poisson
- General → Density



Définir le matériau

$$\begin{cases} \varepsilon_{ij} = s_{ijkl}^E \sigma_{kl} + d_{kij} E_k \\ D_k = d_{kij} \sigma_{ij} + \epsilon_{kl}^{\sigma} E_l \end{cases}$$

- Electric / Magnetic → Dielectric
- permittivité



Définir le matériau

$$\begin{cases} \varepsilon_{ij} = s_{ijkl}^E \sigma_{kl} + d_{kij} E_k \\ D_k = d_{kij} \sigma_{ij} + \epsilon_{kl}^\sigma E_l \end{cases}$$

- Electric / Magnetic → Piezoelectric
 - type « déformation » (strain)
 - rentrer les valeurs du tenseur piézoélectrique

Edit Material

Name: PIC151

Description:

Material Behaviors

Density

Dielectric (Electrical Permittivity)

Elastic

Piezoelectric

General Mechanical Thermal **Electrical/Magnetic** Other

Piezoelectric

Type: **Strain**

☐ Use temperature-dependent data

Number of field variables: 0

Data

	d1 11	d1 22	d1 33	d1 12	d1 13	d1 23
1	0	0	0	0	5.5E-010	0

Data

	d2 11	d2 22	d2 33	d2 12	d2 13	d2 23
1	0	0	0	0	0	5.5E-010

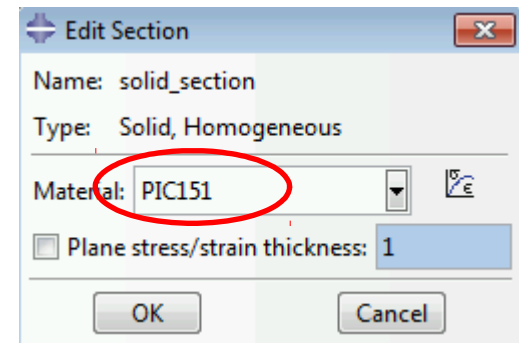
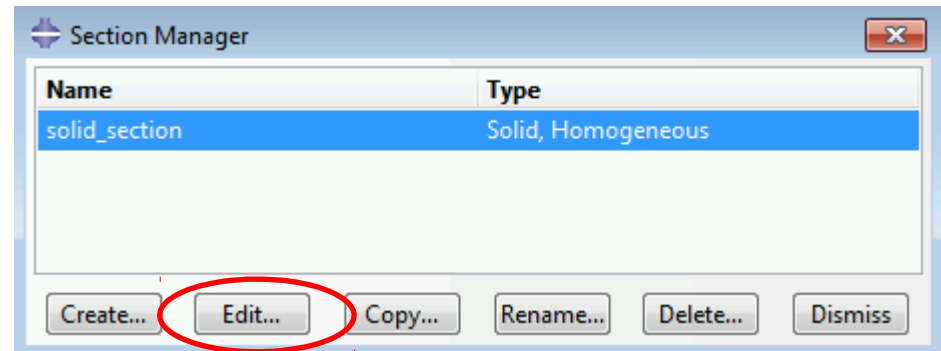
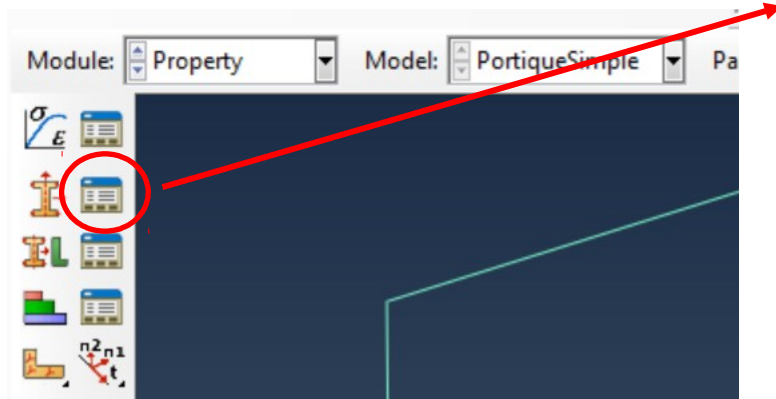
Data

	d3 11	d3 22	d3 33	d3 12	d3 13	d3 23
1	-2.1E-010	-2.1E-010	4E-010	0	0	0

OK Cancel

Section

- Modifier la section

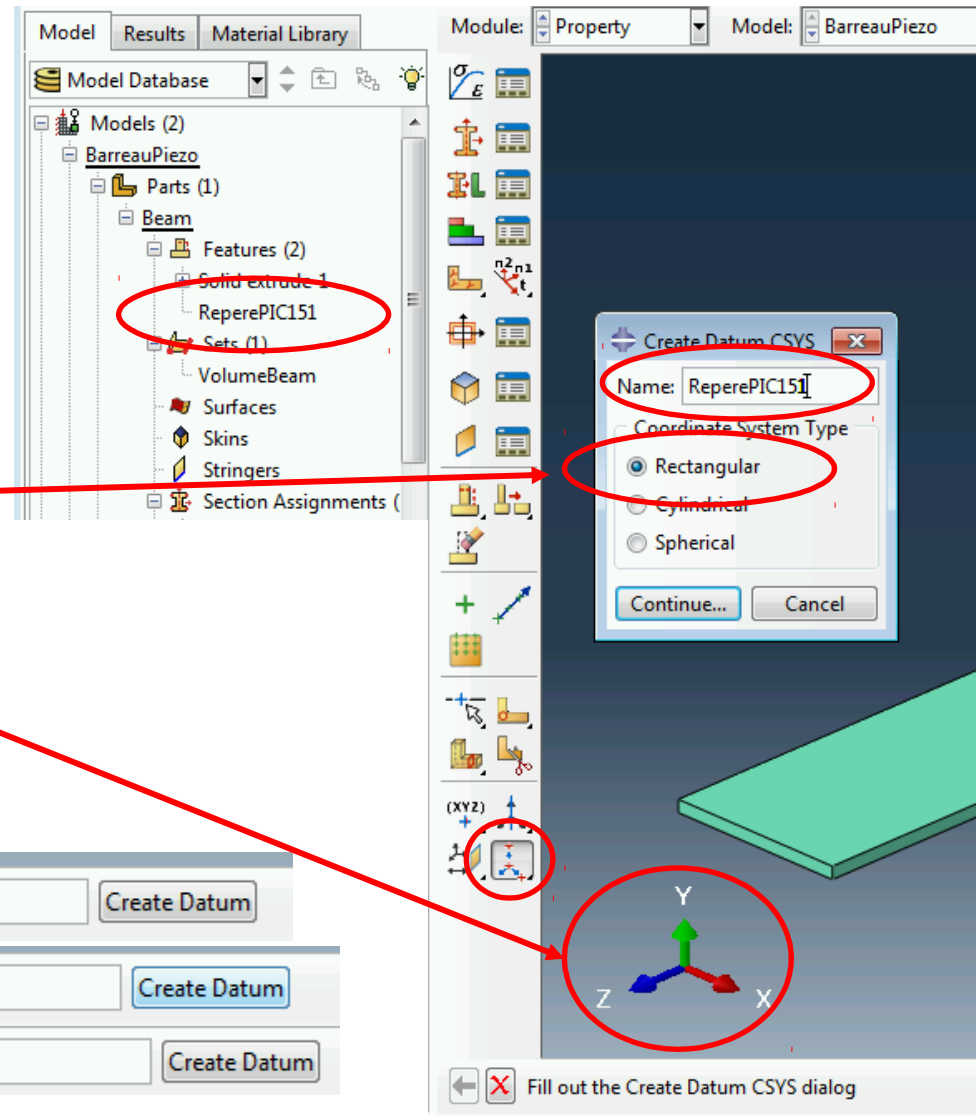


Créer un repère matériau

- Le matériau piézoélectrique est orthotrope, avec la direction « 3 » désignant par convention la direction de polarisation
- Créer un repère dont la direction « 3 » est la direction normale aux électrodes du barreau.

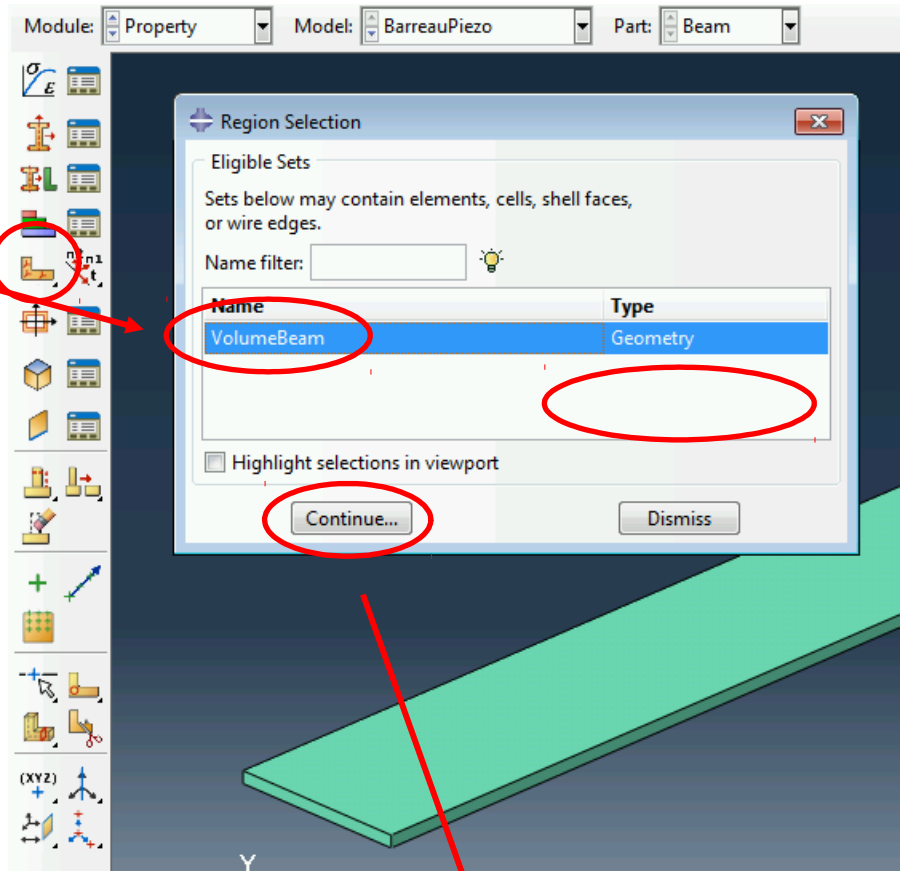
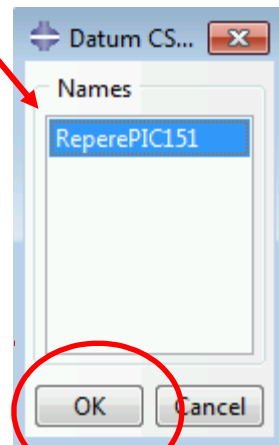
- Cartésien

- donner les composantes de l'origine, l'extrémité de X et celle de Y, dans le repère GLOBAL (valider par la touche « enter »)

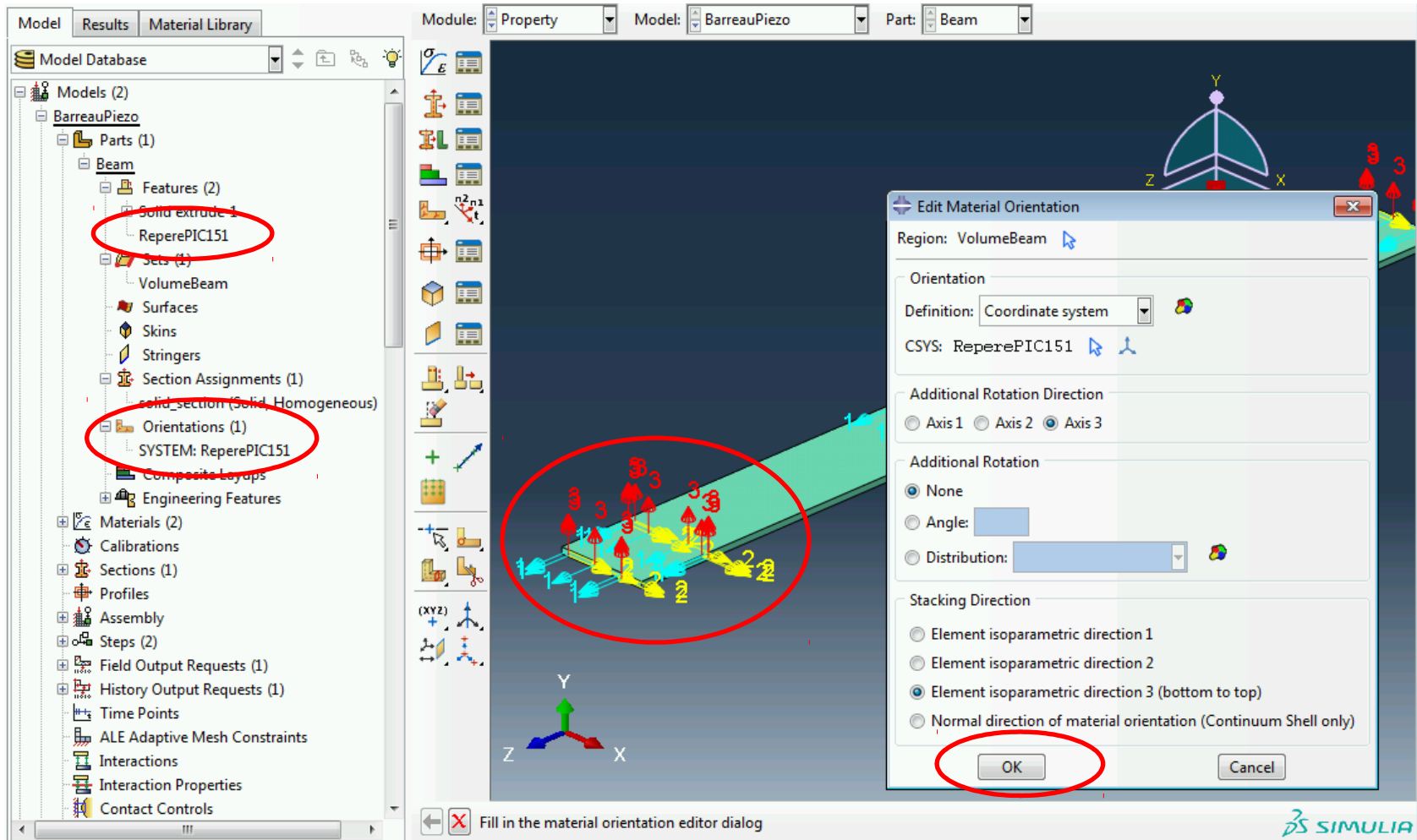


Créer un repère matériau

- Affecter l'orientation matérielle
- Choisir la région à orienter. Le « set géométrique » VolumeBeam créé lors de la création de la géométrie doit être présent.
- Choisir le repère créé à l'étape précédente

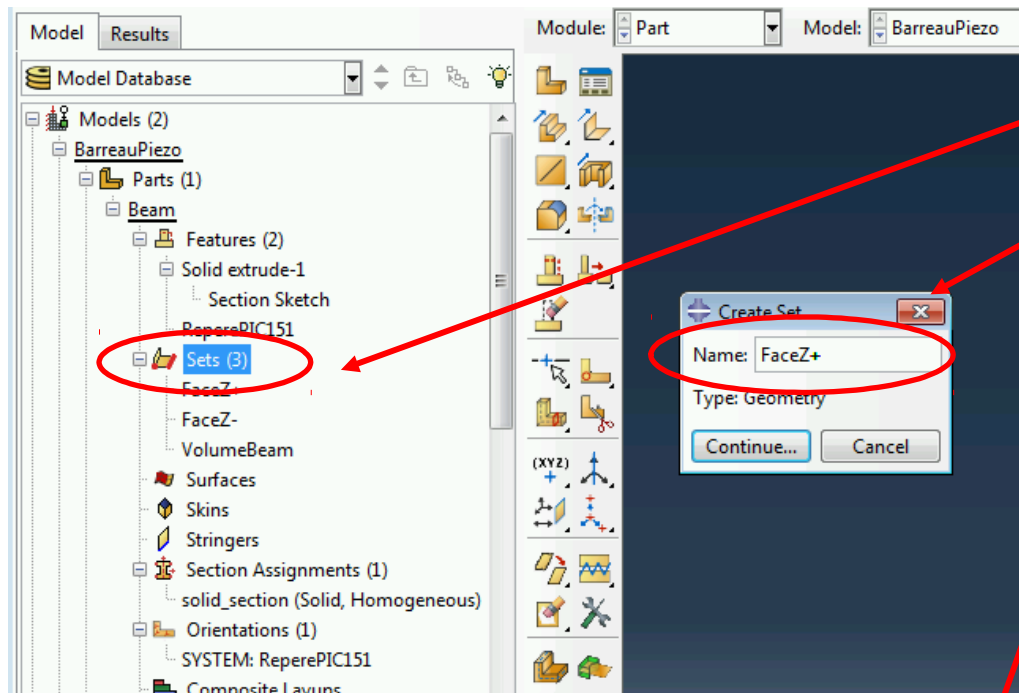


Créer un repère matériau



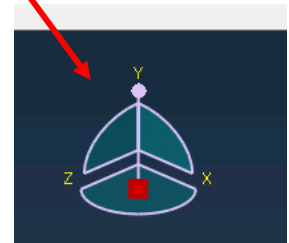
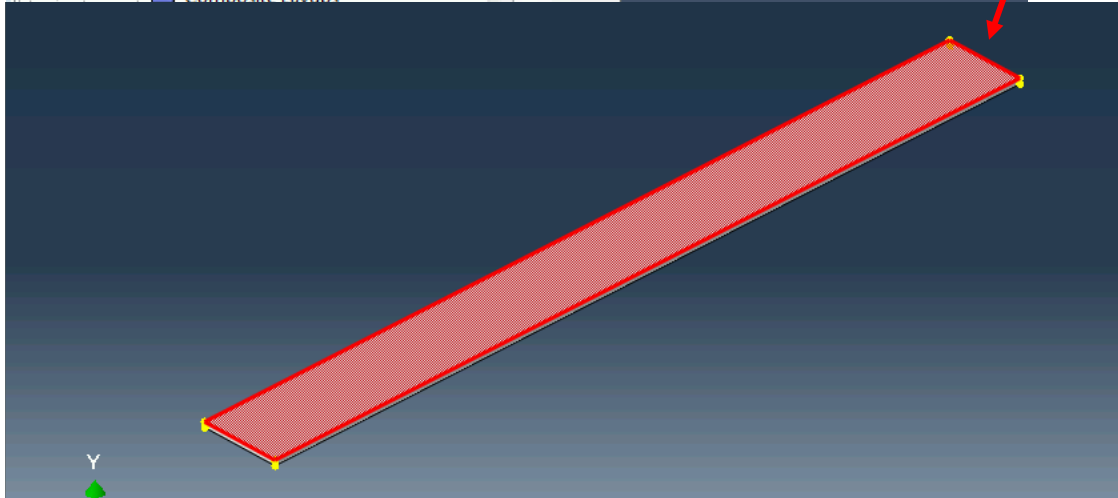
- Vérifier que l'orientation est bonne, avec la direction 3 normale aux électrodes
- Vérifier dans l'arbre la présence du repère et de l'orientation matérielle

Créer les surfaces des électrodes

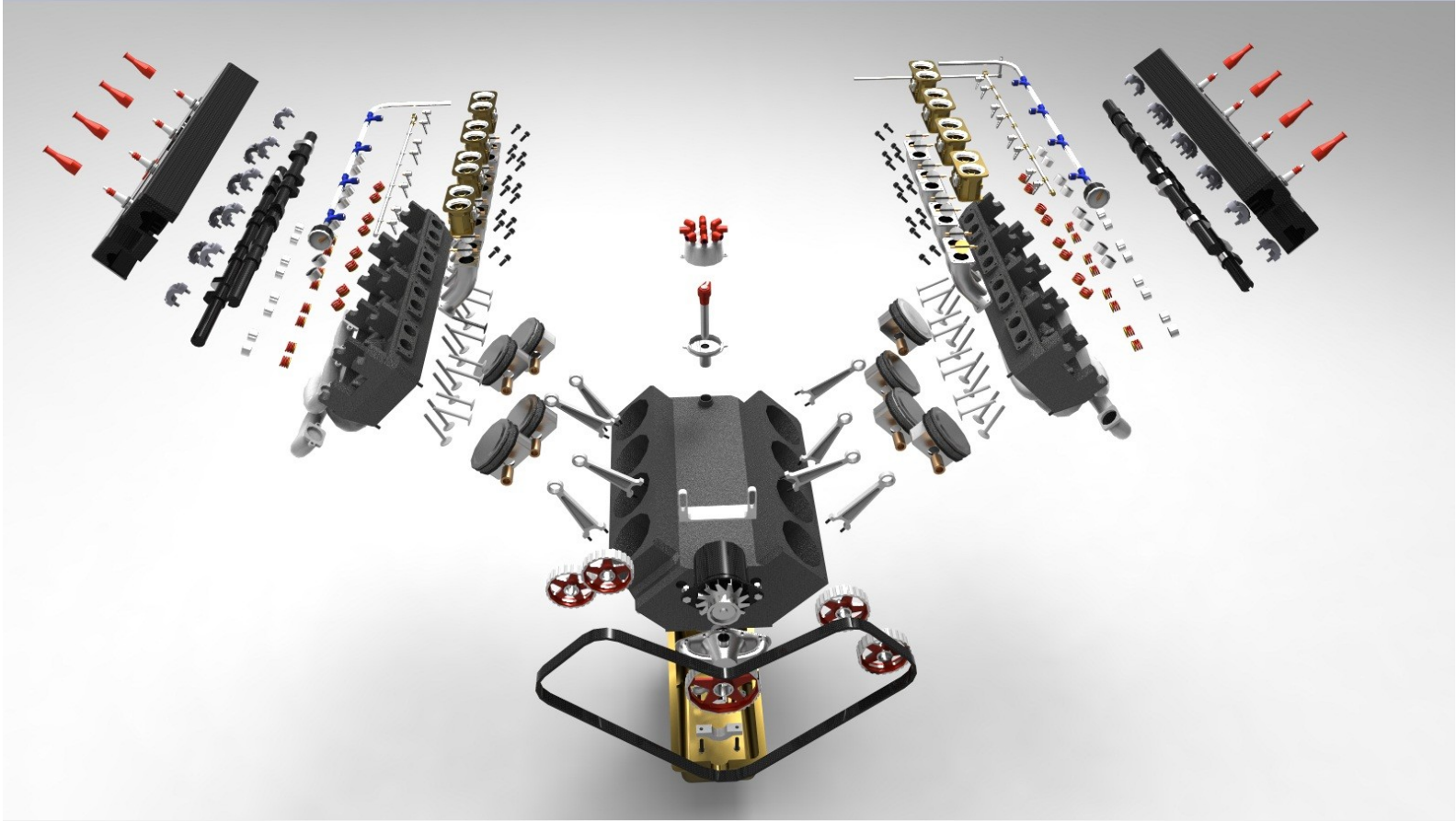


- Créer un « set » en cliquant deux fois dans l'arbre. Le nommer FaceZ+. Cliquer ensuite sur la surface supérieure de la poutre.

- Faire de même pour un set FaceZ-, affecté à la surface inférieure de la poutre. Pour cela faire tourner la poutre (soit à la souris, soit avec les arcs de cercle du repère.)

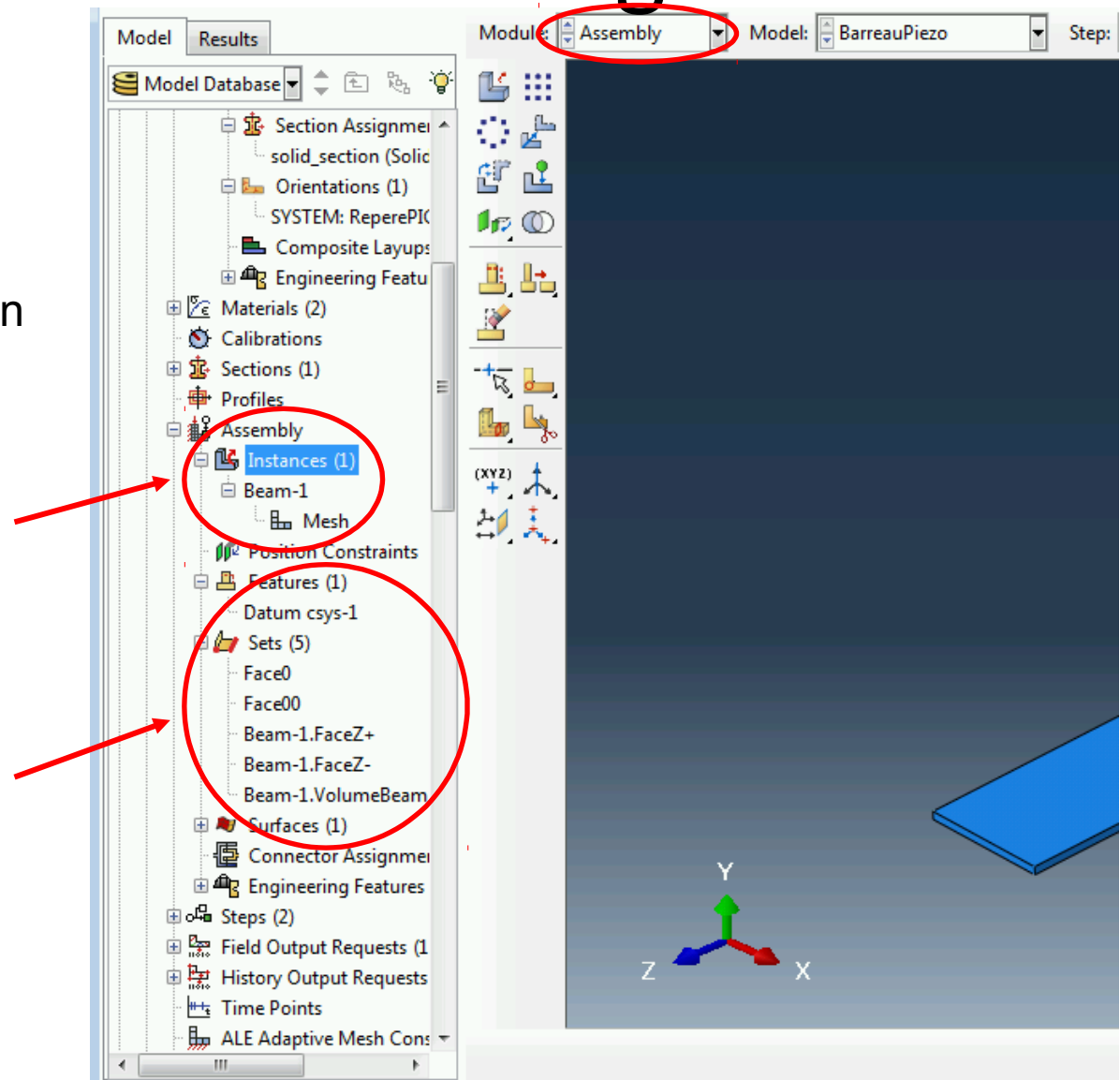


Instance et Assemblage

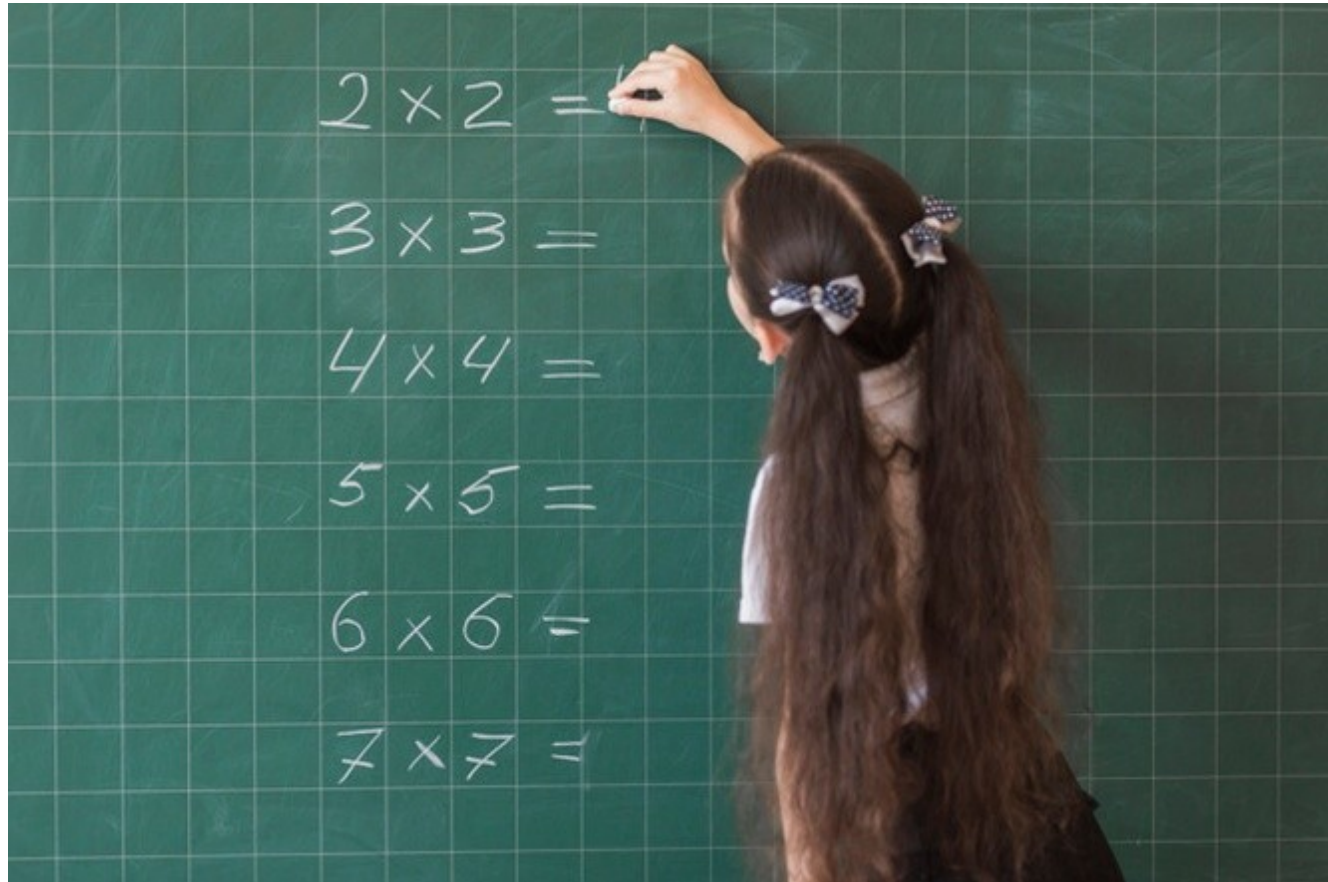


Vérifier l'assemblage

- L'instance de la poutre est a priori toujours présente dans l'assemblage
- En revanche, comme on a modifié la « part », il faut régénérer l'assemblage
→ clic droit de souris sur « Instances » puis « regenerate ».
- On peut vérifier que tous les « sets » créés ont été propagés.

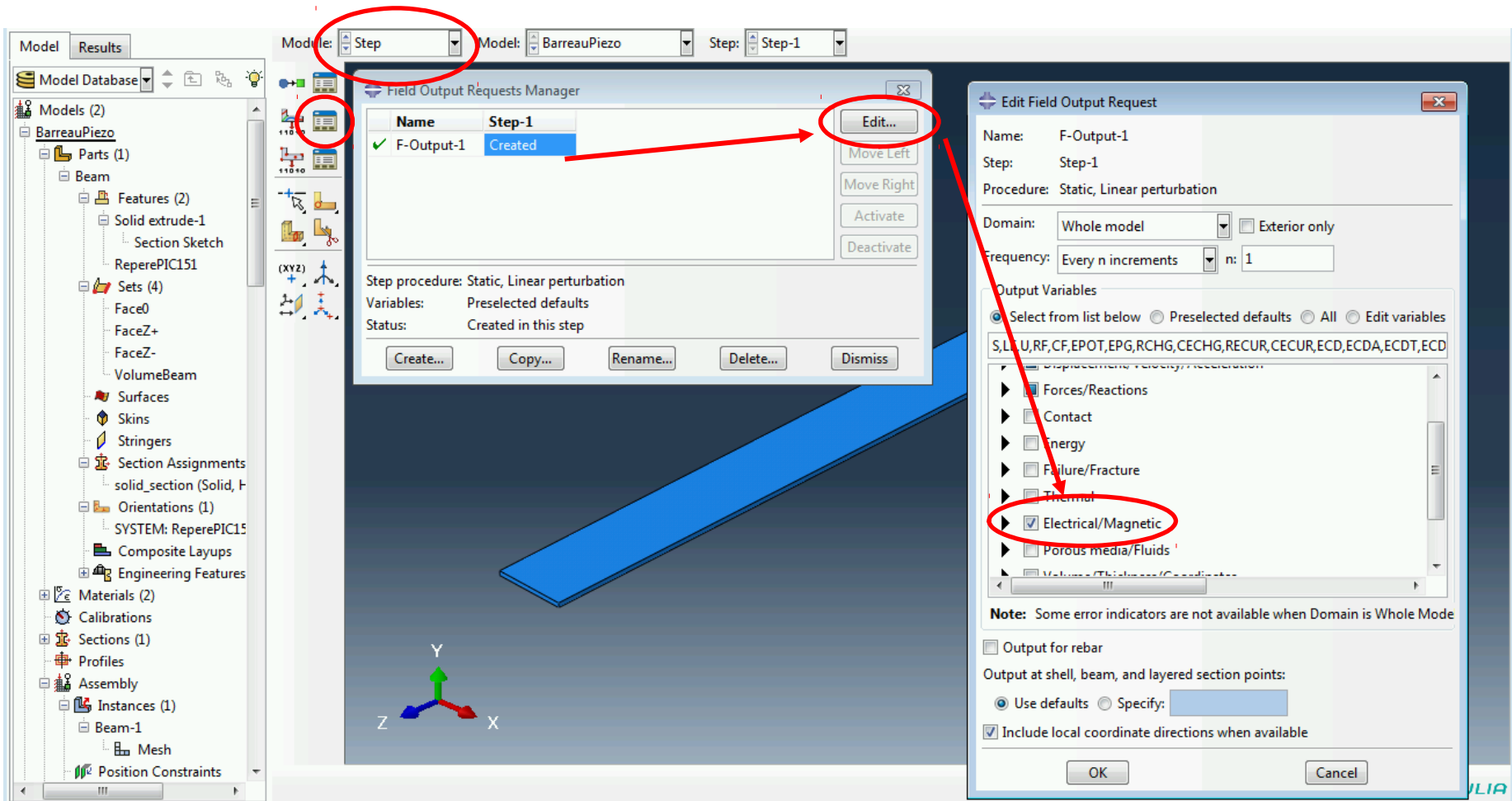


Type et étapes de calcul



Définition du type de calcul

- On ne modifie pas la « Step-1 » (on veut toujours un calcul statique...)
- On vérifie la liste des champs calculés

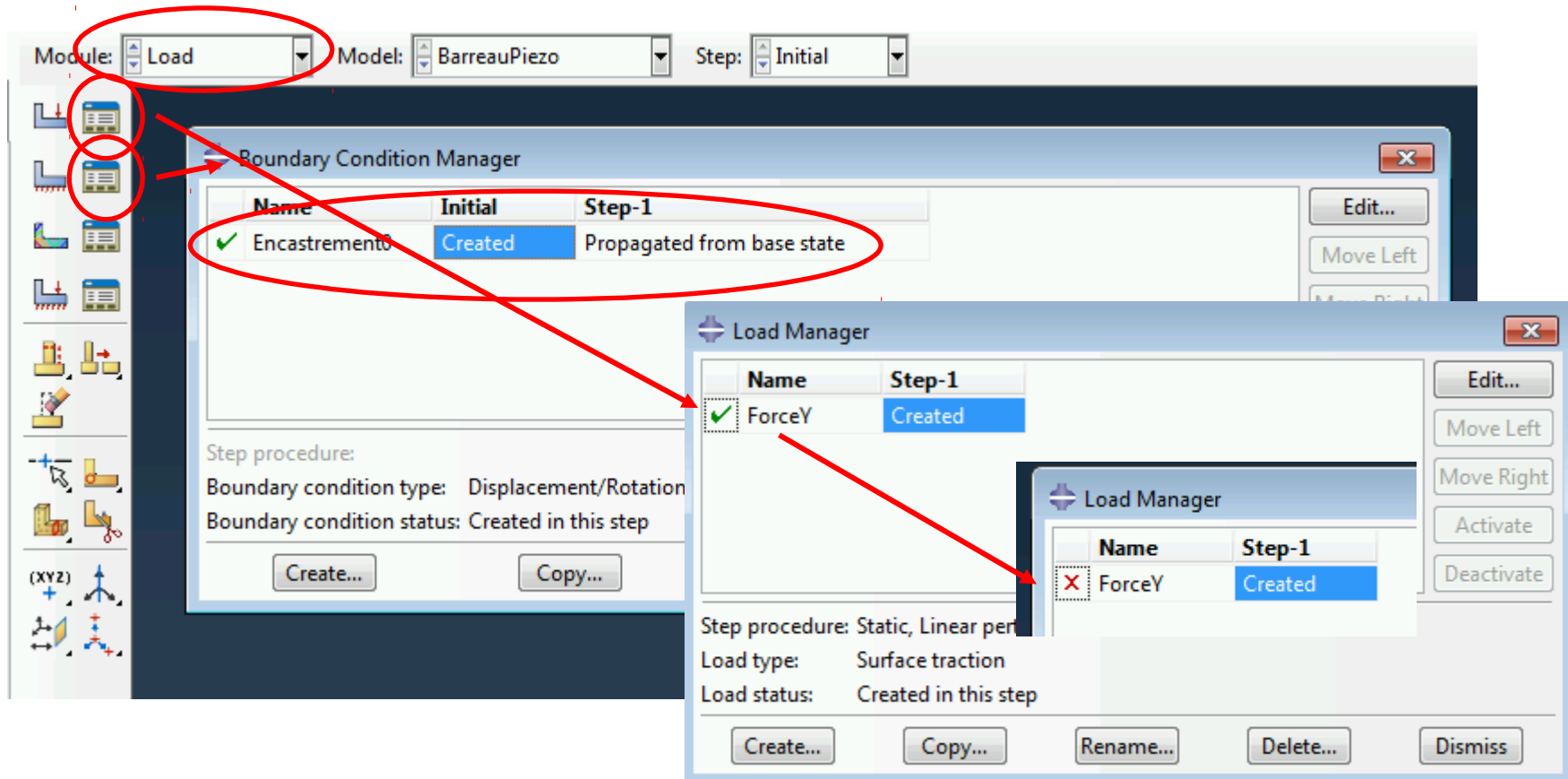


Chargement et conditions aux limites



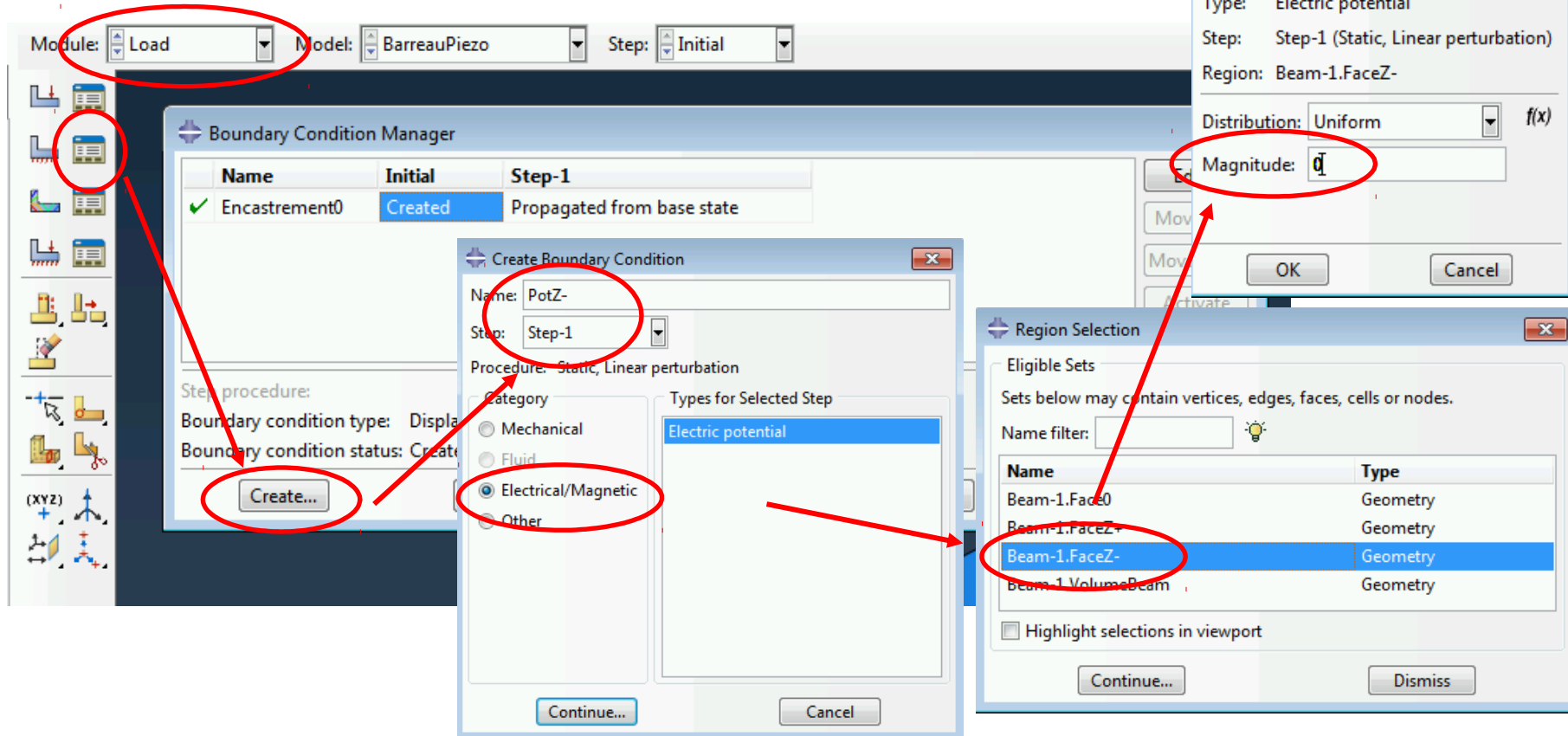
Conditions aux limites / forçage

- Activer le module **Load**
- On garde l'encastrement réalisé dans le modèle précédent.
- On désactive la force réalisé dans le modèle précédent (en cliquant sur le bouton vert).



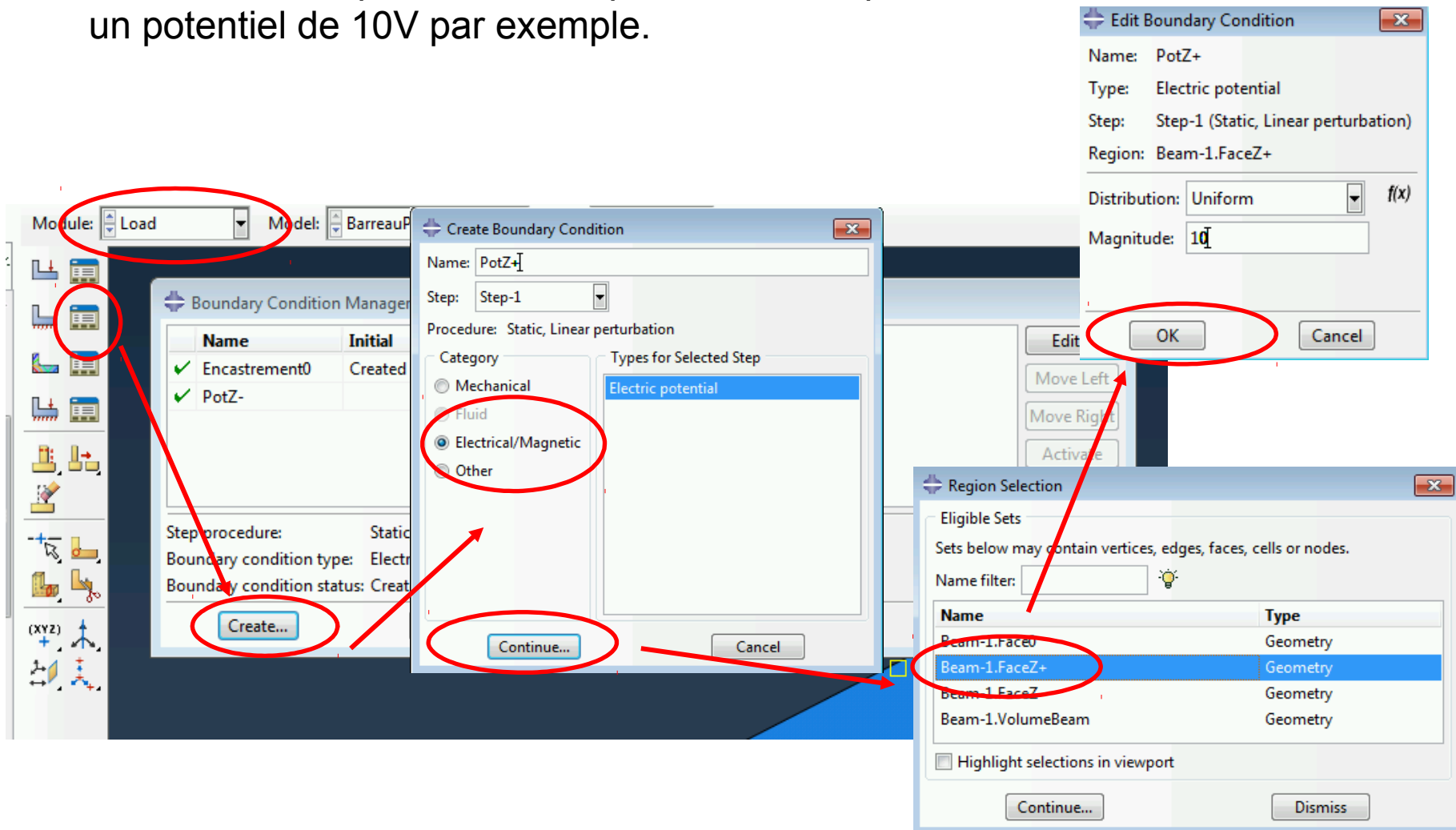
Conditions aux limites / forçage

- La différence de potentielle est vue comme une **condition aux limites** car on impose le potentiel électrique sur les faces supérieures et inférieures de la poutre (FaceZ+ et FaceZ-).
- La créer, à la « Step-1 », avec une amplitude nulle (potentiel de référence nul)



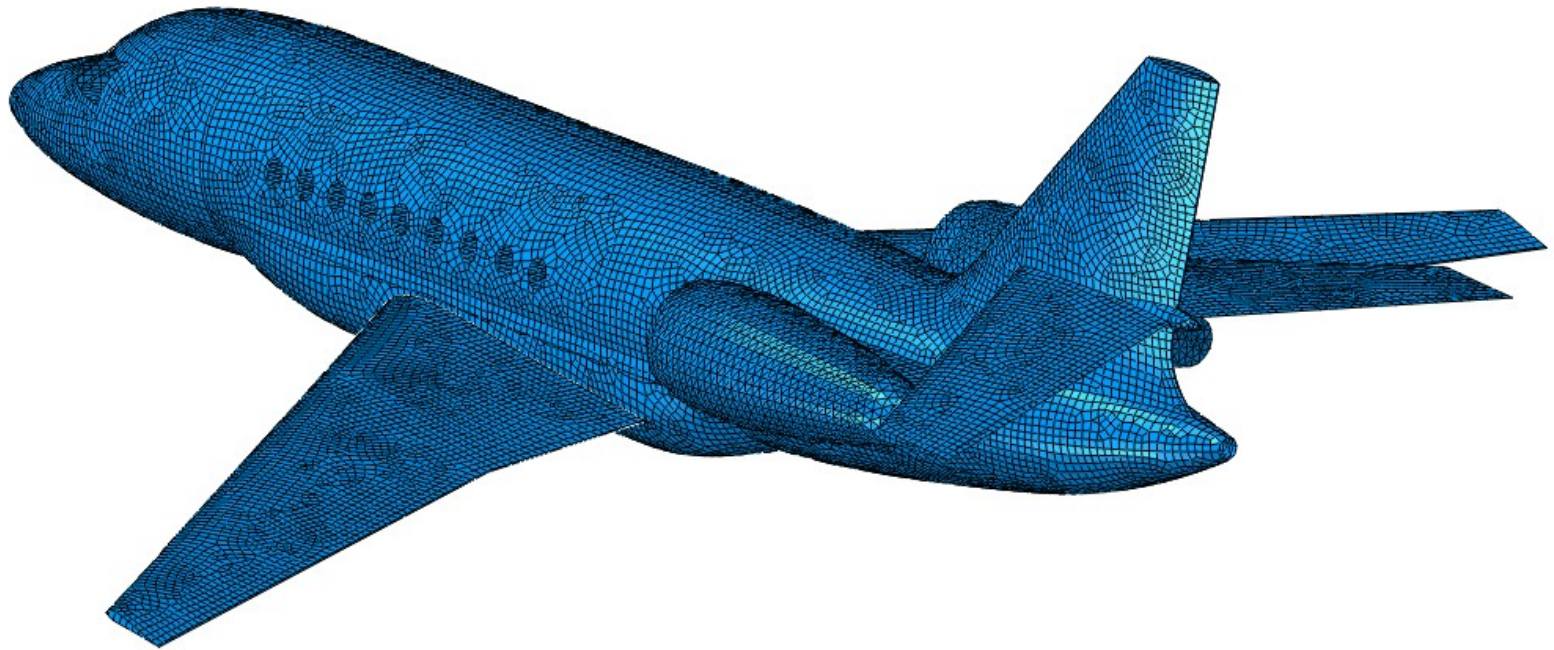
Conditions aux limites / forçage

- Faire de même pour la face supérieure, en imposant un potentiel de 10V par exemple.



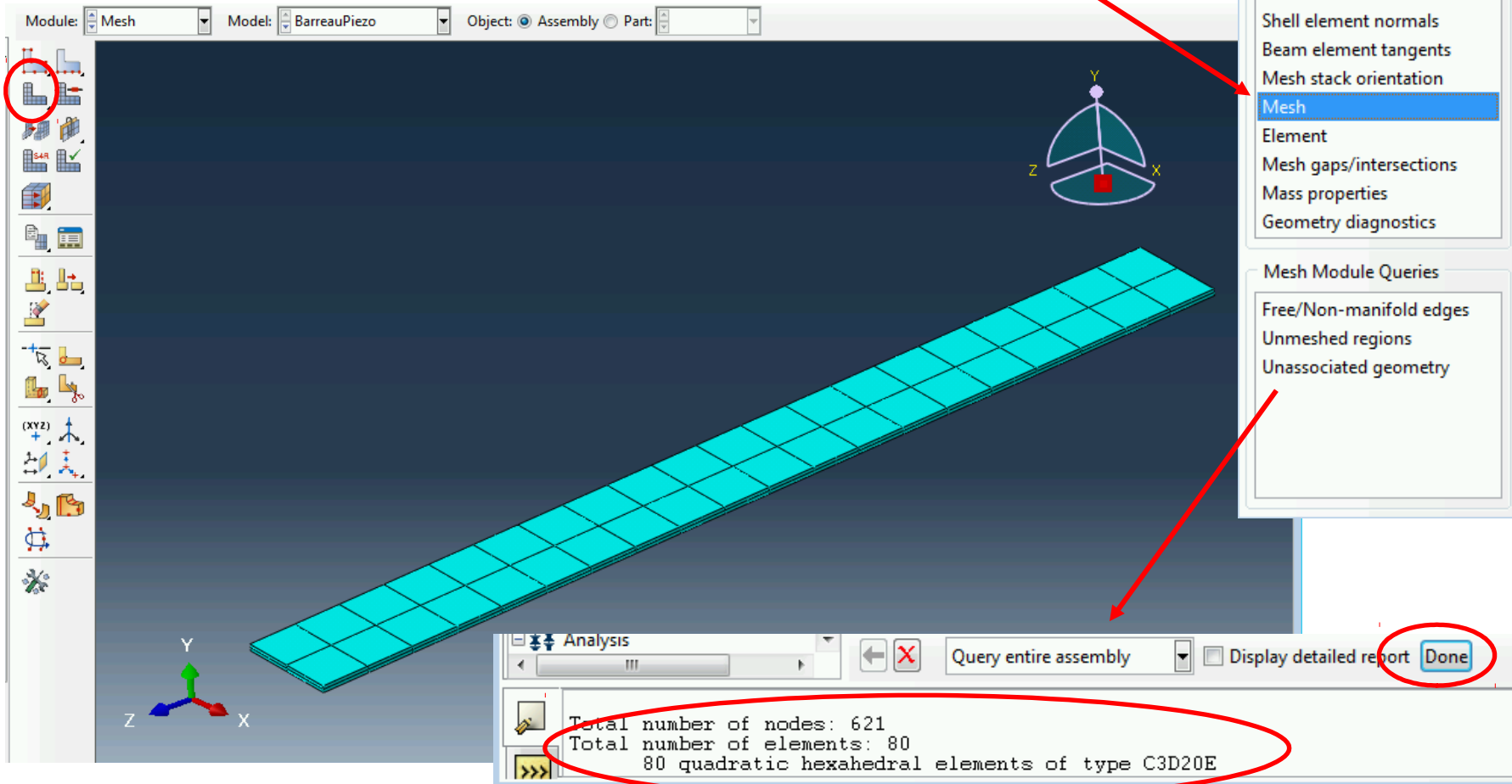
The screenshot displays the Abaqus/CAE software interface. On the left, the 'Model Database' tree is visible, showing a hierarchical structure of the model. The 'PoutreEnLibFlexion' model is selected, and its components are listed, including 'Parts (1)', 'Beam', 'Features (1)', 'Solid extrude-1', and 'Sets (1)'. The 'Encastrement0' set is highlighted with a red circle. The main viewport shows a 3D model of a beam structure. Three red circles highlight specific regions: the bottom-left corner, the middle section, and the top-right corner. The top bar indicates the current 'Module' is 'Load', the 'Model' is 'BarreauPiezo', and the 'Step' is 'Step-1'. The bottom right corner features the SIMULIA logo.

Maillage



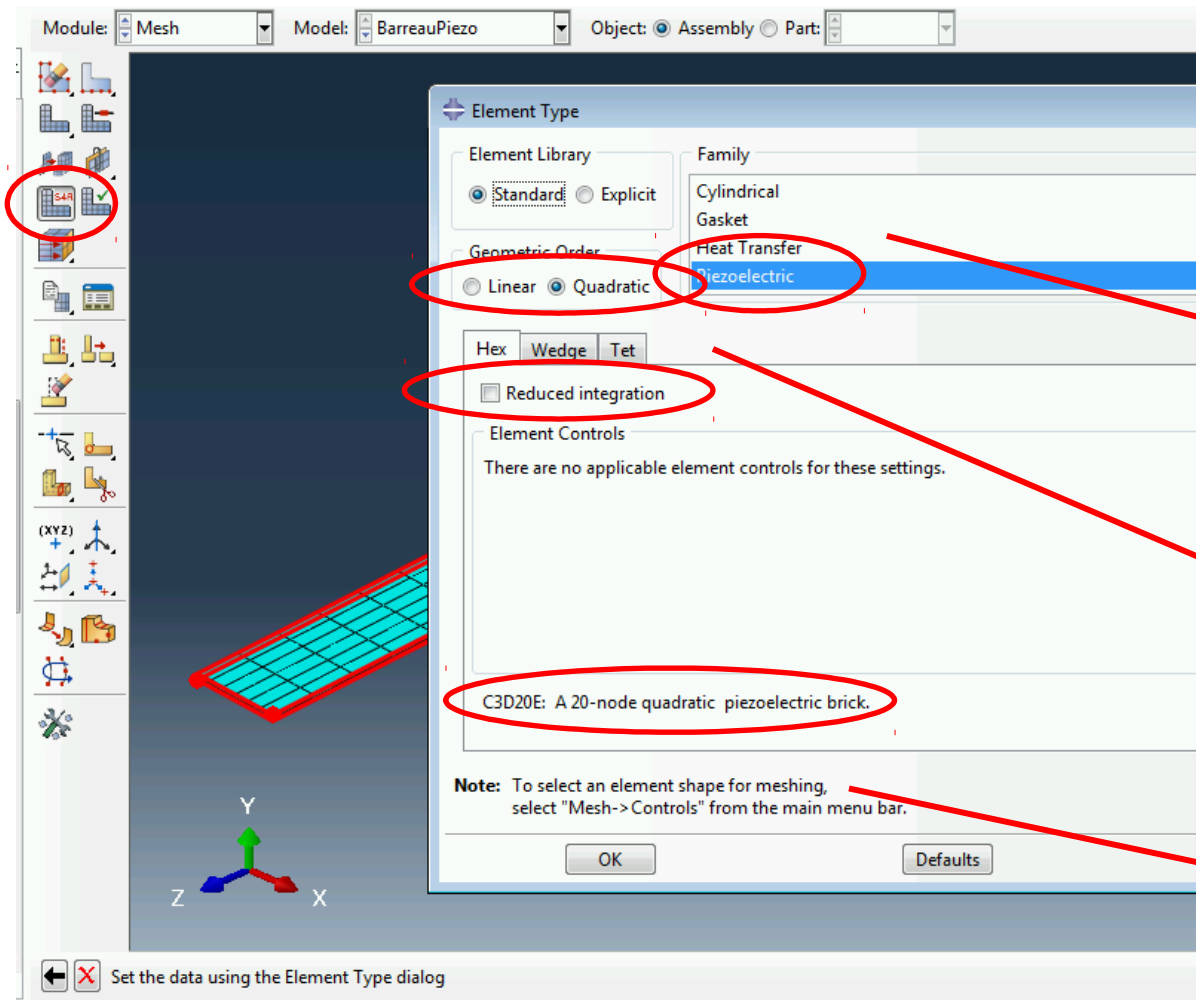
Définir le maillage

- Refaire le maillage
- Vérifier le nombre de nœuds : tools → query → mesh



Définir le maillage

- Choix du type d'élément et du degré des fonctions d'interpolation

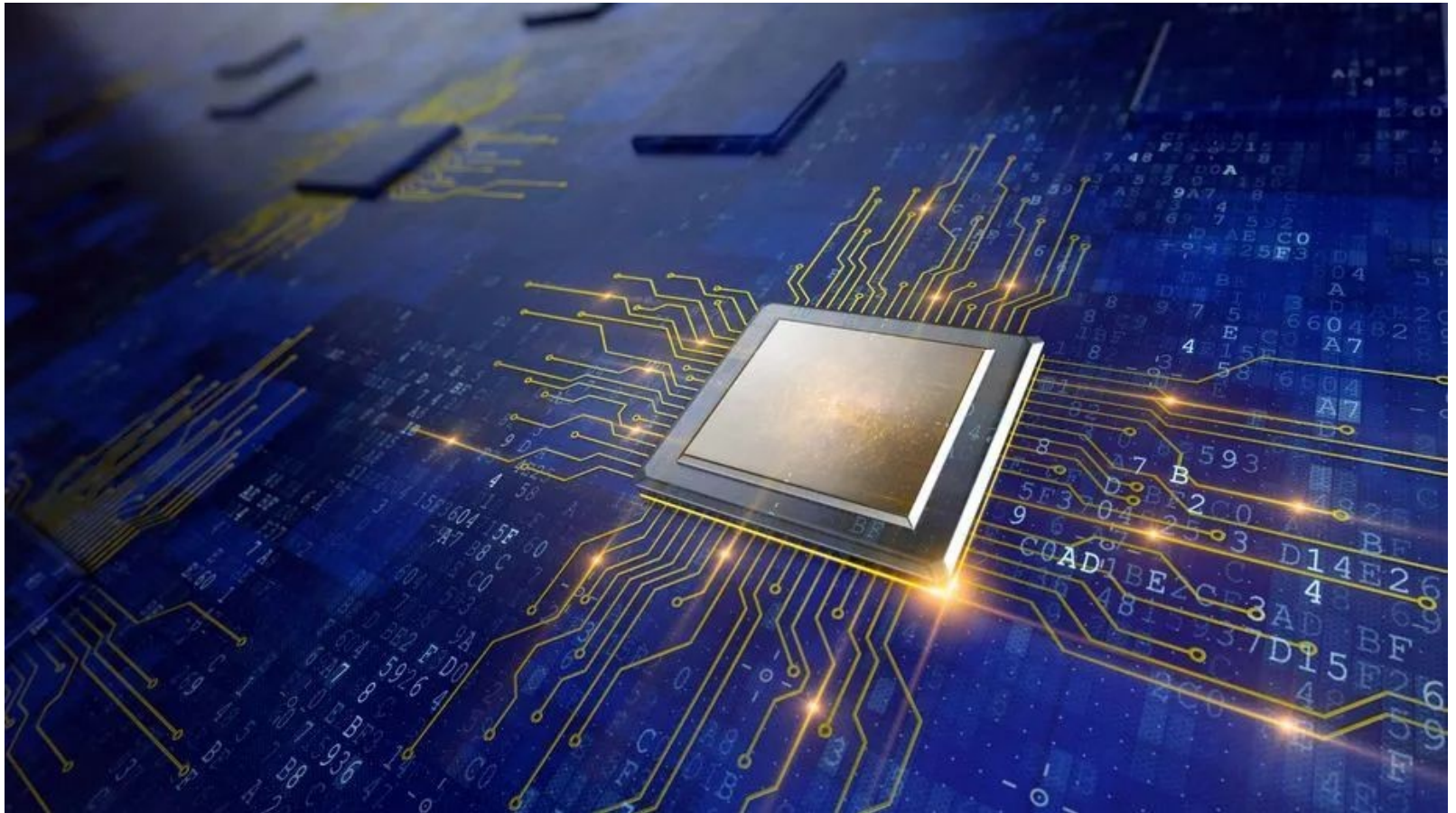


Physique des éléments finis
(Piezoelectric)

Degré d'interpolation
(fonctions de formes linéaires
ou quadratiques)

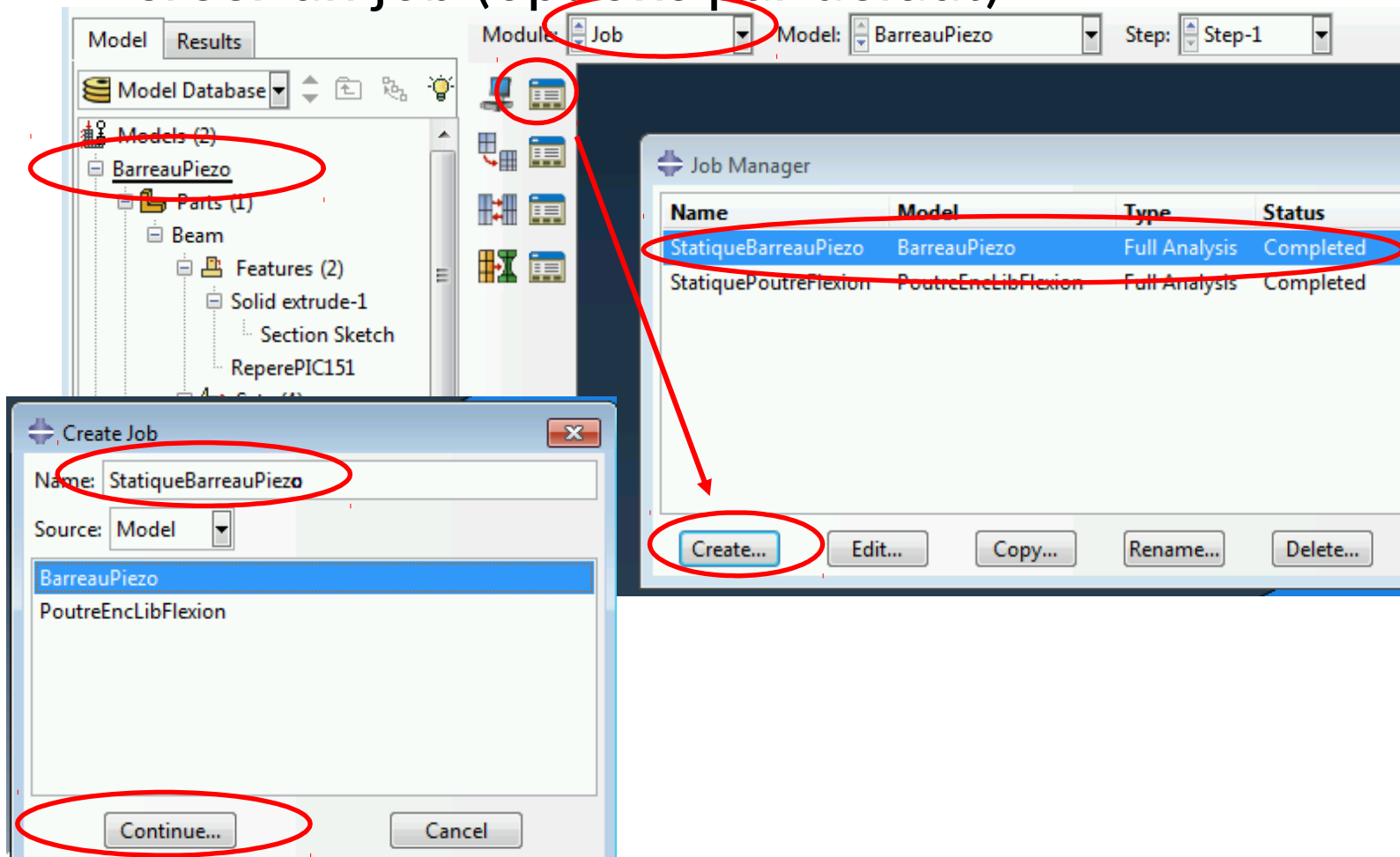
Nom de l'élément
(voir les prop. dans l'aide)

Définir et lancer un calcul



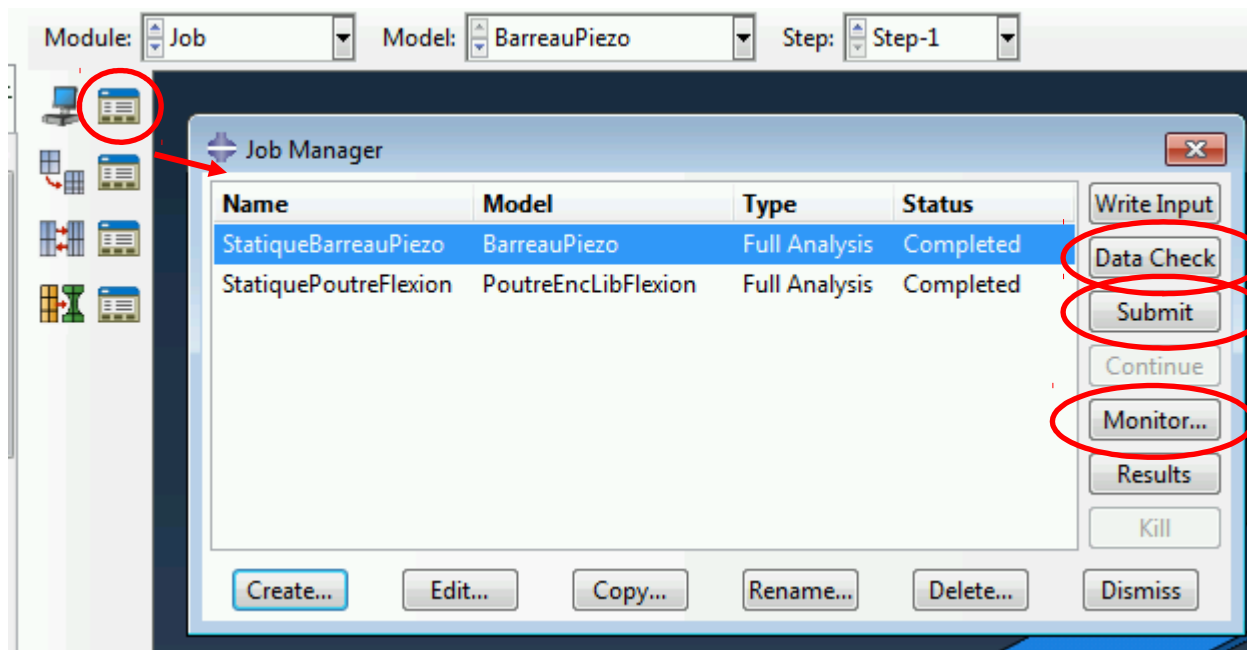
Définir le calcul

- Activer le module « **Job** »
- Créer un job (options par défaut)



Lancer le calcul

- Ouvrir le « job manager »
- Lancer le calcul
- Le calcul se fait en deux temps :
 - - une étape d'analyse (vérification)
 - - le calcul proprement dit



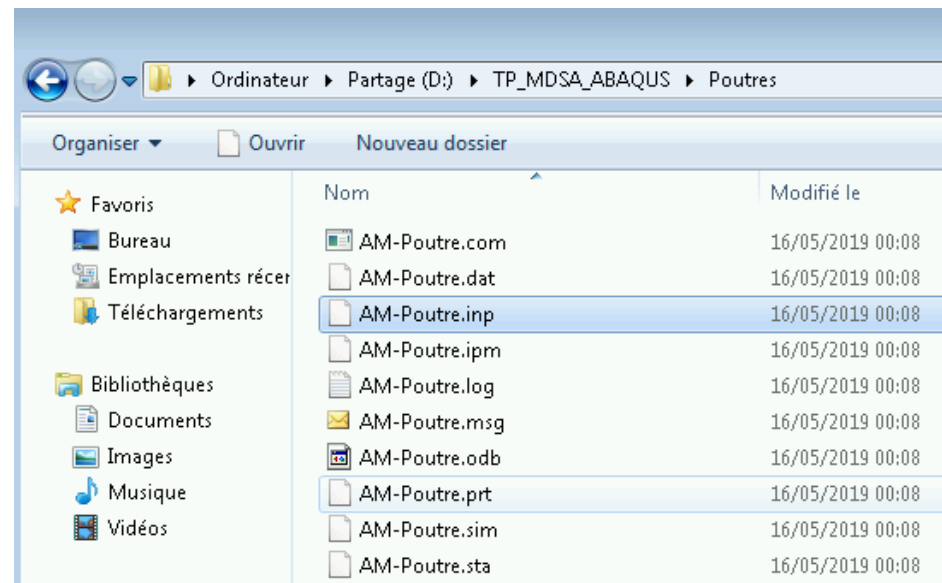
Vérifie si le jeu de données est OK

Lance le calcul

Utile pour surveiller le déroulement du calcul
Et pour trouver les différentes informations
(nombre de nœuds, temps de calcul, ...)

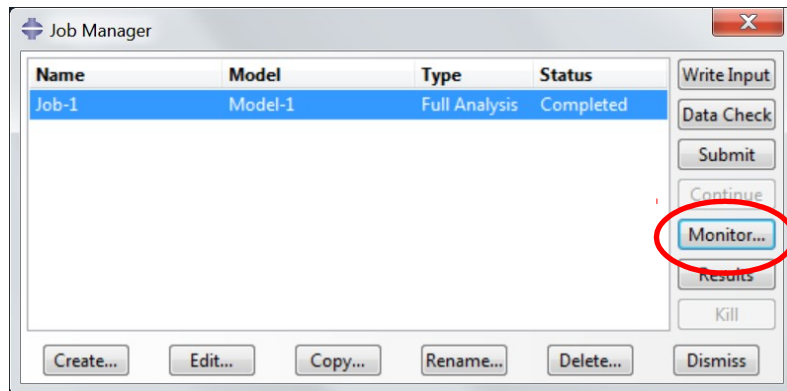
Résultat du calcul

- Pour chaque « job » plusieurs fichiers sont créés :
- → Fichier INPUT « .inp » : contient la définition des nœuds, des éléments, du matériaux, des calculs, ... (format texte)
- → Fichier OutputDataBase « .odb » : contient les résultats d'un calcul (peut être recouvert directement depuis le module visualisation, format binaire)
- → Fichier Data « .dat » : fichier texte contenant les caractéristiques et résultats de calcul

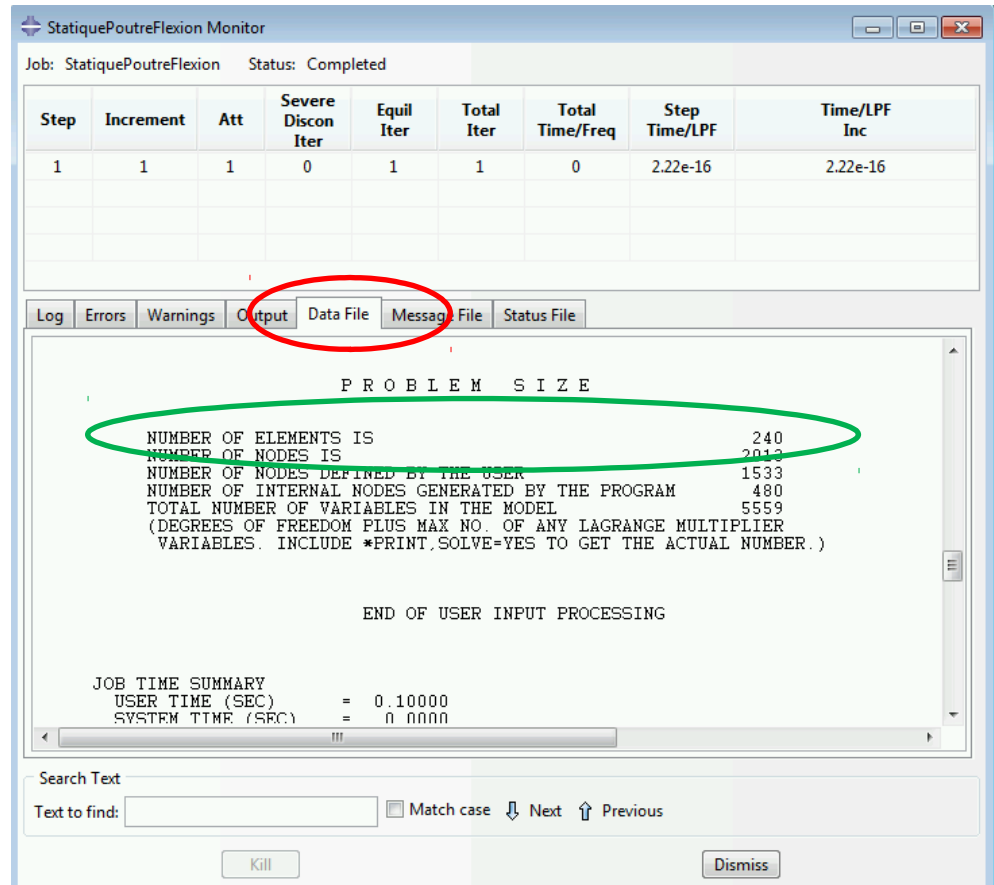


Résultat du calcul

- Taille du modèle

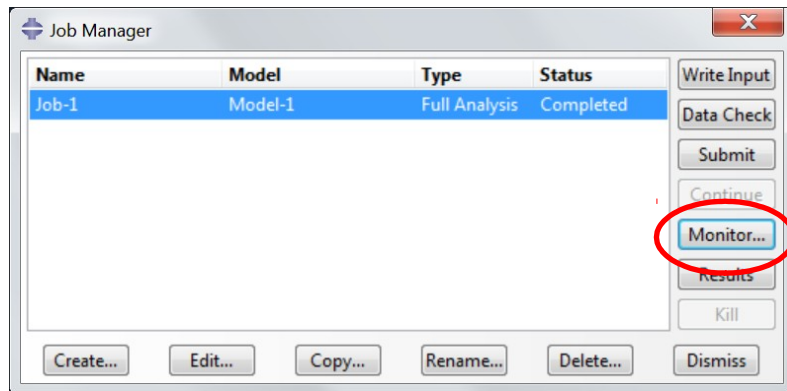


Le nombre d'éléments doit être inférieur à 100 pour les licences étudiant

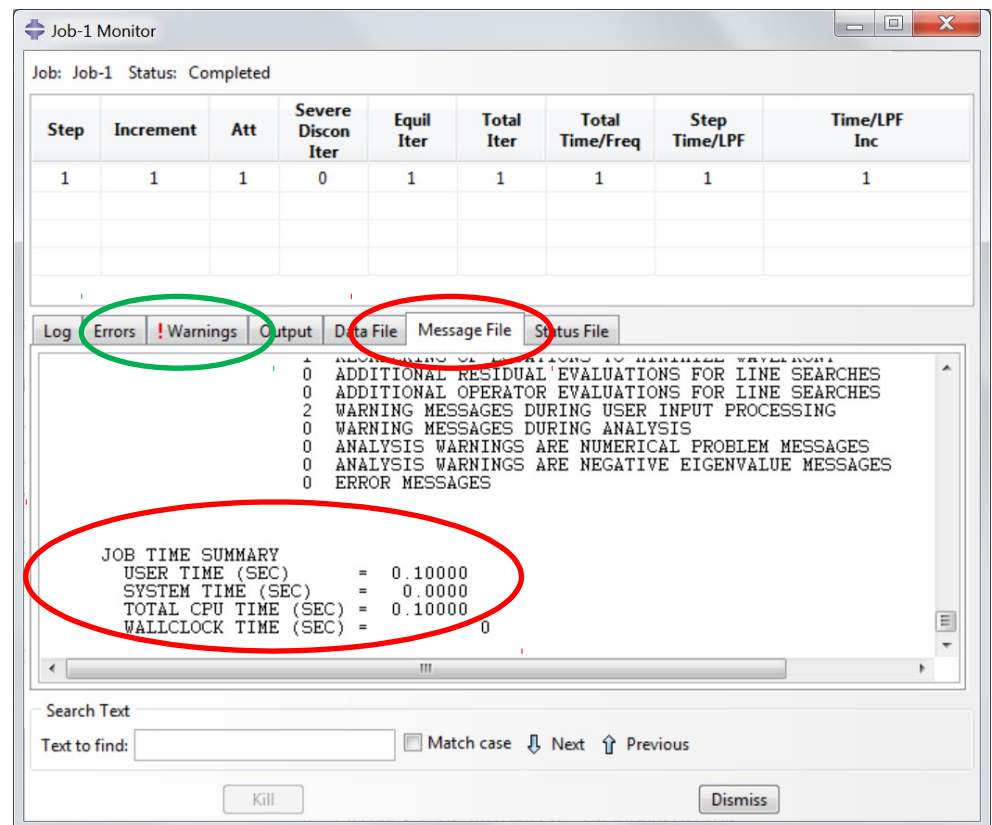


Résultat du calcul

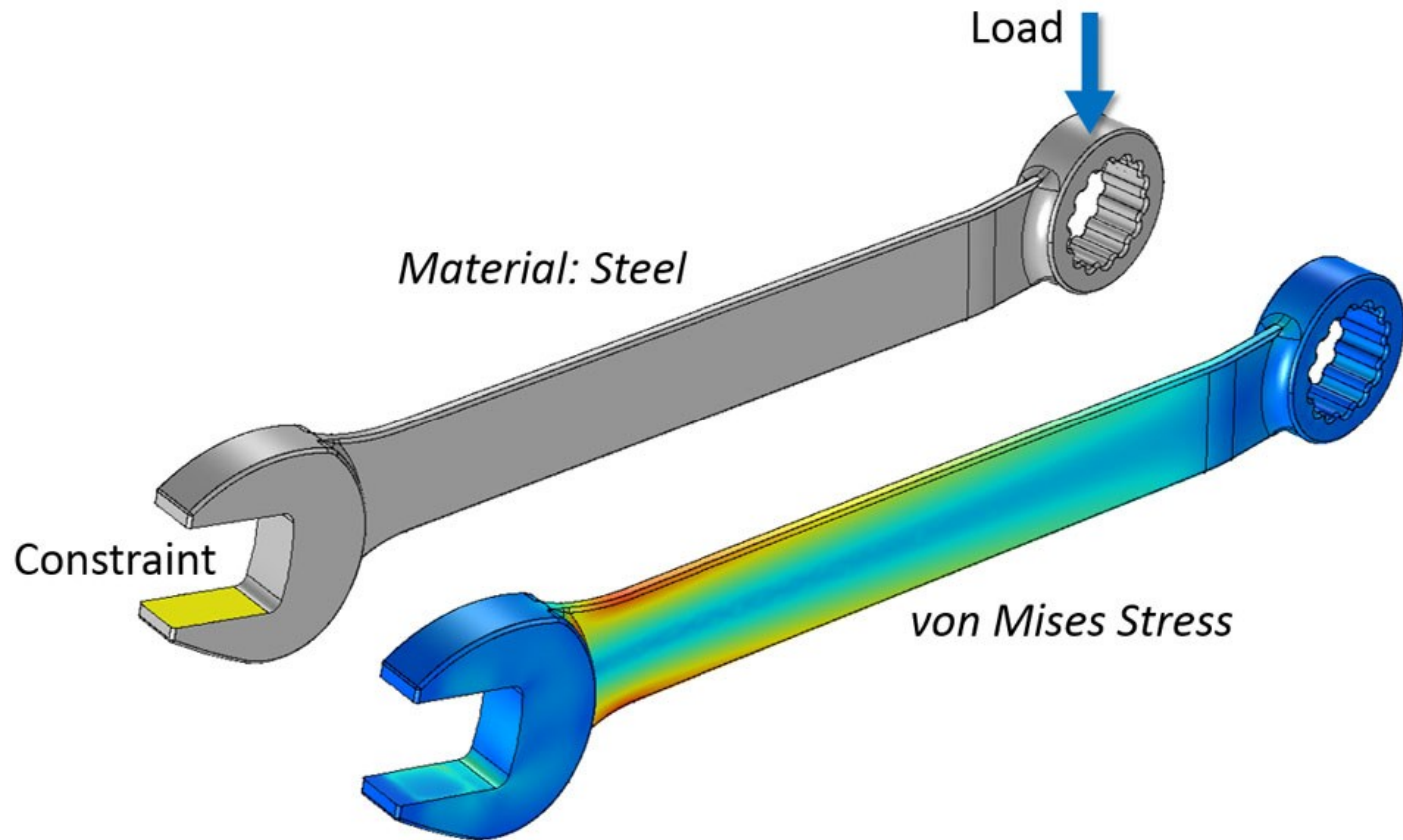
- Temps de calcul et information sur le modèle



Vérifier absolument
s'il n'y a pas de
« warnings » ou
d' « errors »



Visualisation des résultats



Visualisation des résultats

- A partir du « job manager », lancer la **visualisation** en cliquant sur « results »

Trace la déformée

Choix de la grandeur à afficher en niveau de couleur

Job Manager

Name	Model	Type	Status
StatiqueBarreauPiezo	BarreauPiezo	Full Analysis	Completed
StatiquePoutreFlexion	PoutreEncLibFlexion	Full Analysis	Completed

Write Input
Data Check
Submit
Continue
Monitor...
Results
Kill

Create... Edit... Copy... Rename... Delete... Dismiss

U, Magnitude

+2.103e-07
+1.928e-07
+1.753e-07
+1.577e-07
+1.402e-07
+1.227e-07
+1.052e-07
+8.764e-08
+7.011e-08
+5.258e-08
+3.505e-08
+1.753e-08
+0.000e+00

Module: Visualization Model: D:\ABAQUS\PJT_Piezo_2020.03\StatiqueBarreauPiezo.odb

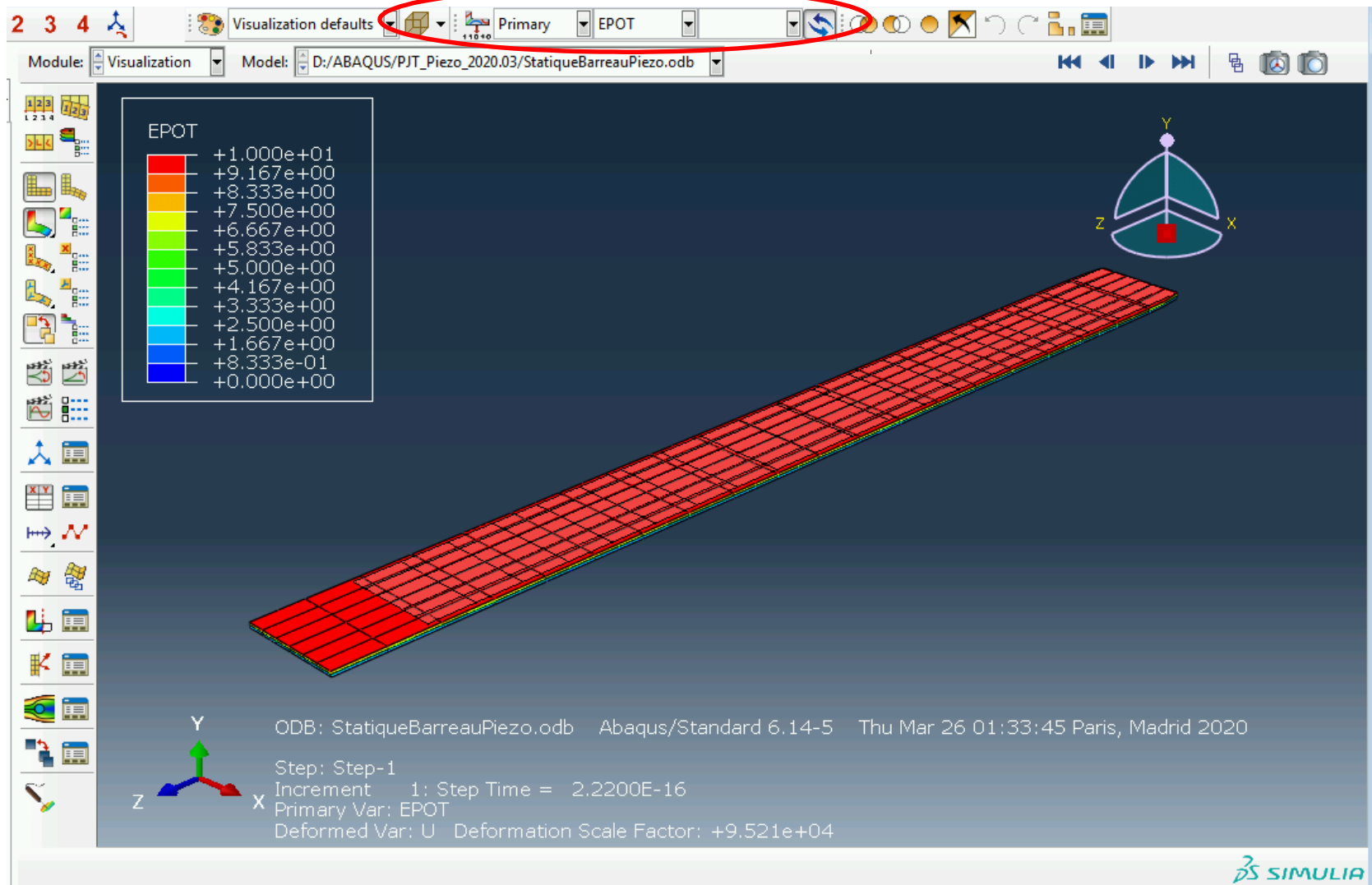
Primary U Magnitude

ODB: StatiqueBarreauPiezo.odb Abaqus/Standard

Step: Step-1
Increment 1: Step Time = 2.2200E-16
Primary Var: U, Magnitude
Deformed Var: U Deformation Scale Factor

Visualisation des résultats

- Visualisation du potentiel électrique



Valeur en un point

Sélectionner la grandeur à afficher

U, Magnitude

	+3.759e+02
	+3.446e+02
	+3.132e+02
	+2.819e+02
	+2.506e+02
	+2.193e+02
	+1.879e+02
	+1.566e+02
	+1.253e+02
	+9.397e+01
	+6.265e+01
	+3.132e+01
	+0.000e+00

Probe Values

Field Output...

Step: 1, Step-1 Frame: 1

Field output variable for Probe: U, Magnitude

Probe Values

☒ Select from viewport ☐ Key-in label ☐ Select a display group

Probe: Nodes Components: Selected

<input type="checkbox"/>	Part Instance	Node ID	Orig. Coords	Def. Coords	Attached elements	U, Magnitude
<input checked="" type="checkbox"/>	BEAM-1	885	-15.4167, -13, 2	-15.4173, 362, 82		375.895

Note: Click on respective check button to annotate values in viewer

Write to File... Cancel

ODB: StatiquePoutreFlexion.odb Abaqus/Standard 6.14-5 Wed Mar 25 16:47:07 Paris, Madrid 2020

Step: Step-1
Increment 1: Step Time = 2.2200E-16
Primary Var: U, Magnitude
Deformed Var: U Deformation Scale Factor: +5.321e-02

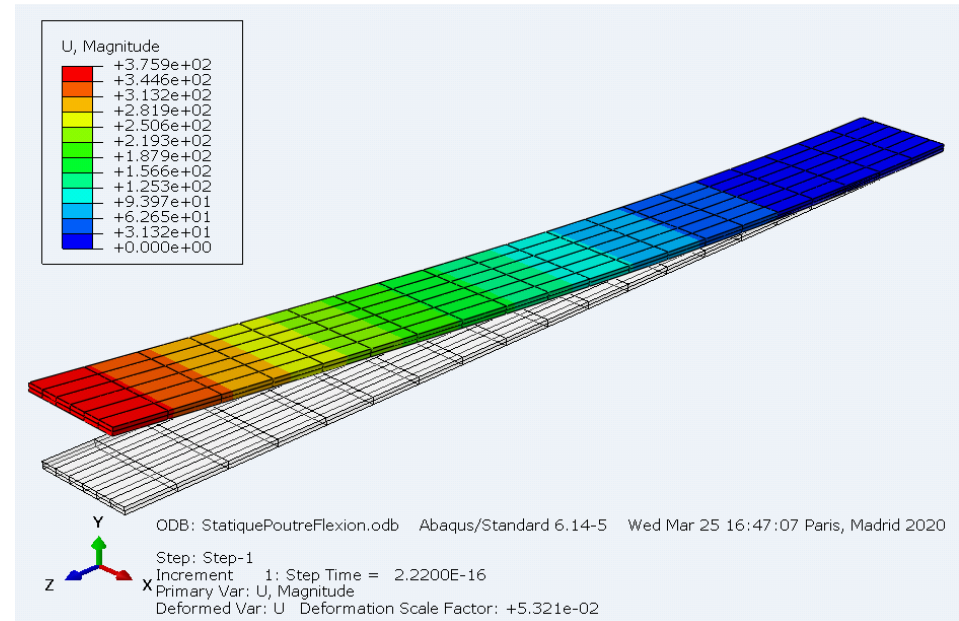
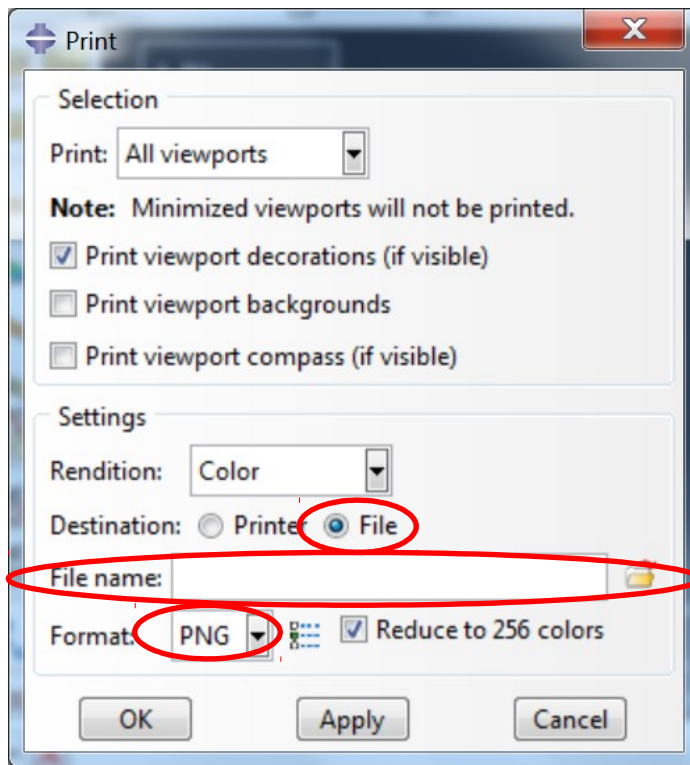
Move the cursor in the current viewport or click MB1 to report values in the Probe Values dialog

Probe value

Sélectionner des nœuds / éléments

Enregistrement des figures

- Menu: File / print



Exemple de rendu (contenu du fichier .png)

Eviter les impressions d'écran directes