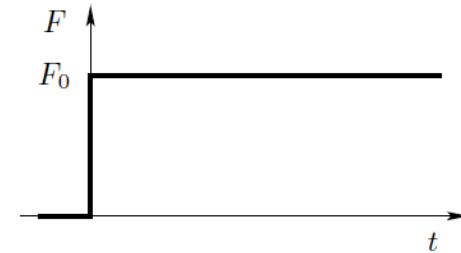
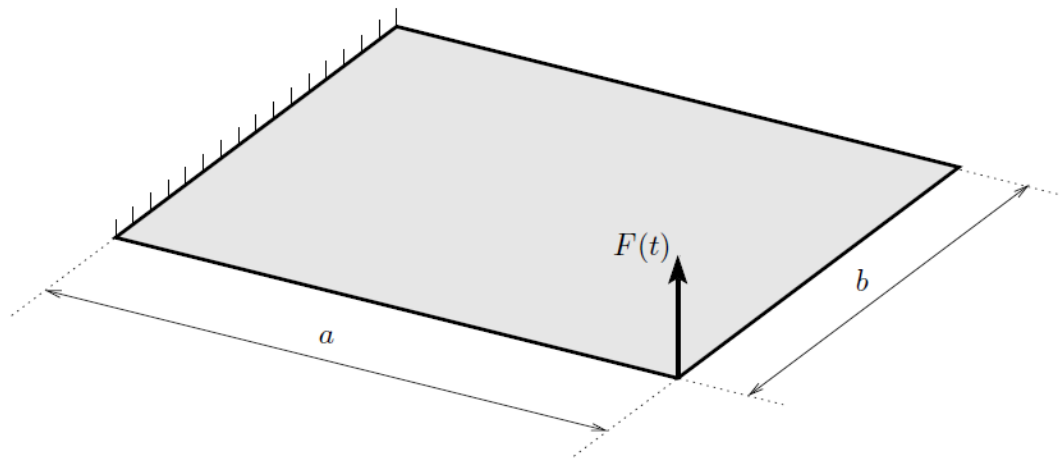


Problème à l'étude

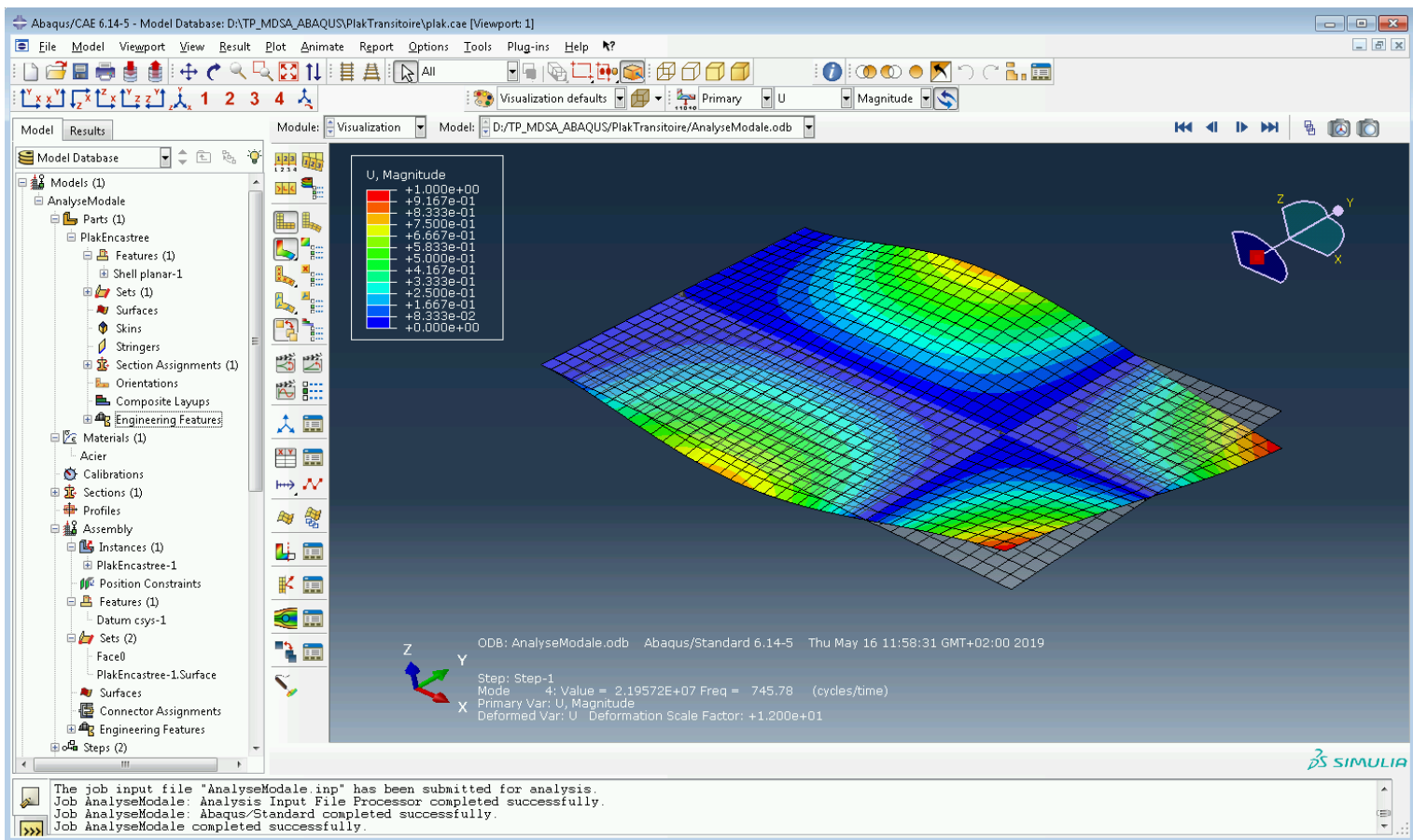


Dimensions	Longueur	$a = 120 \text{ mm}$
	Largeur	$b = 70 \text{ mm}$
	Épaisseur	$h = 1 \text{ mm}$
Matériau	Masse volumique	$\rho = 7800 \text{ kg/m}^3$
	Module d'Young	$E = 210 \text{ GPa}$
	Coefficient de Poisson	$\nu = 0.3$
Chargement	Amplitude de la force ponctuelle	$F_0 = 1 \text{ N}$

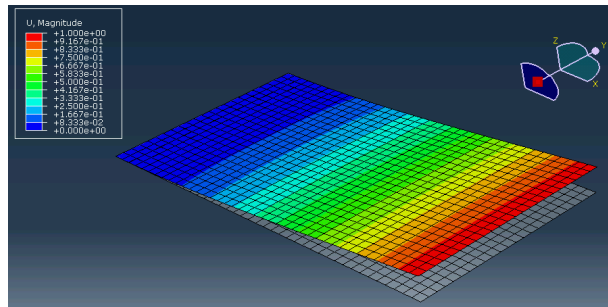
On se propose de calculer la réponse transitoire d'une plaque rectangulaire encastree soumise à un échelon de force à l'un de ses coins. Pour fixer les idées, on utilise les dimensions et les caractéristiques matérielles précisées ci-dessus

Point de départ

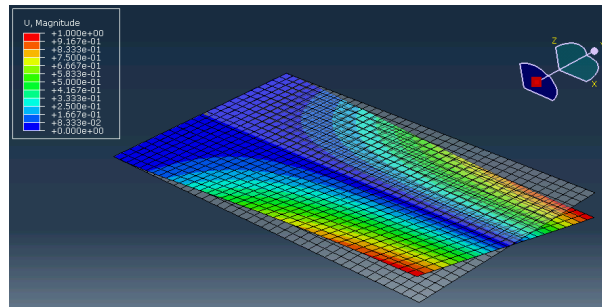
- La géométrie, le matériau, les conditions aux limites, le maillage et une analyse modale ont été définis et effectués



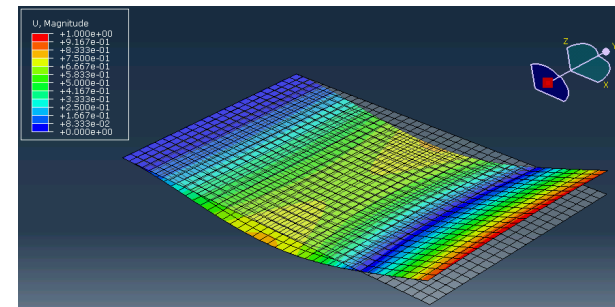
Analyse modale



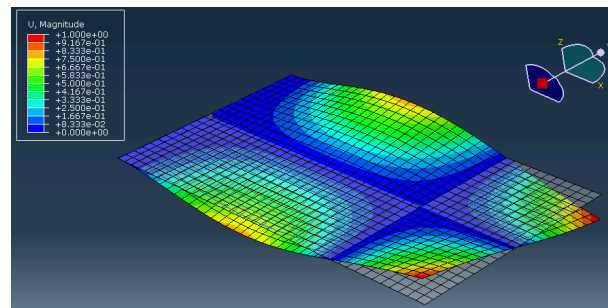
1F - 59.8 Hz



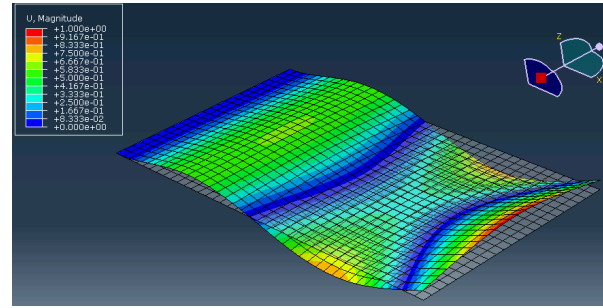
1T - 225.11 Hz



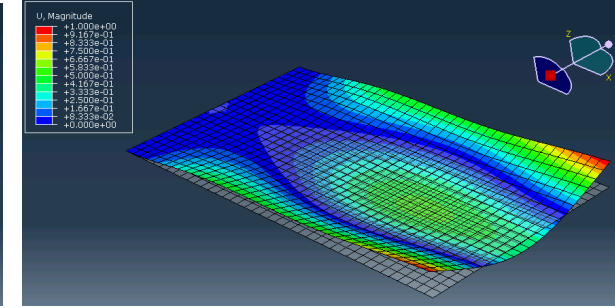
2F - 372.13 Hz



2T - 745.78 Hz



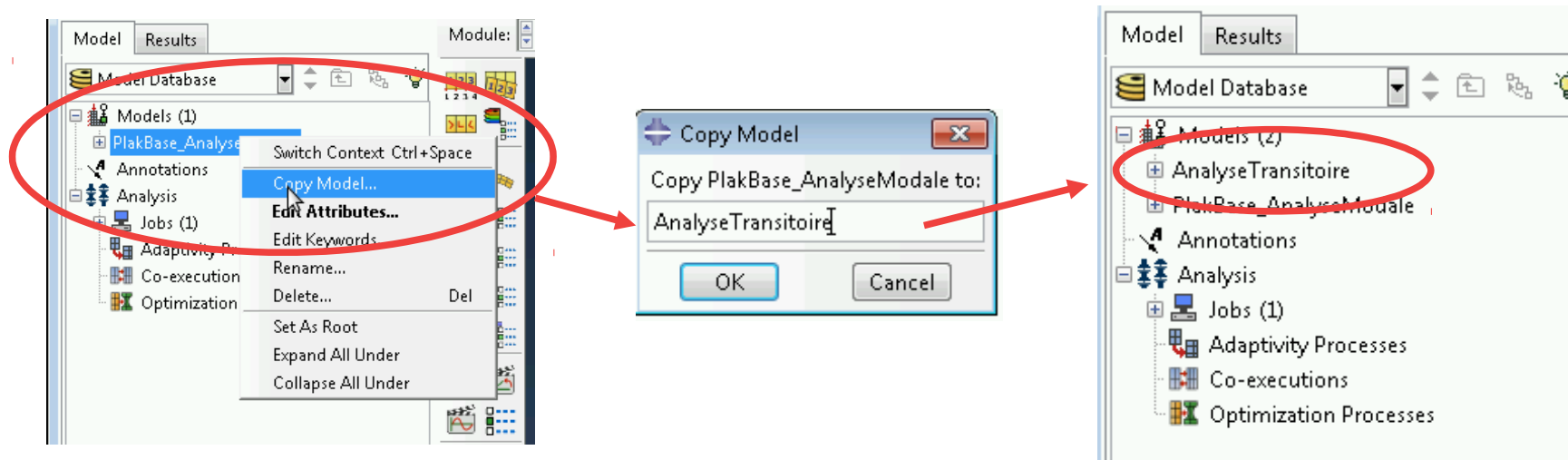
3F - 1035.4 Hz



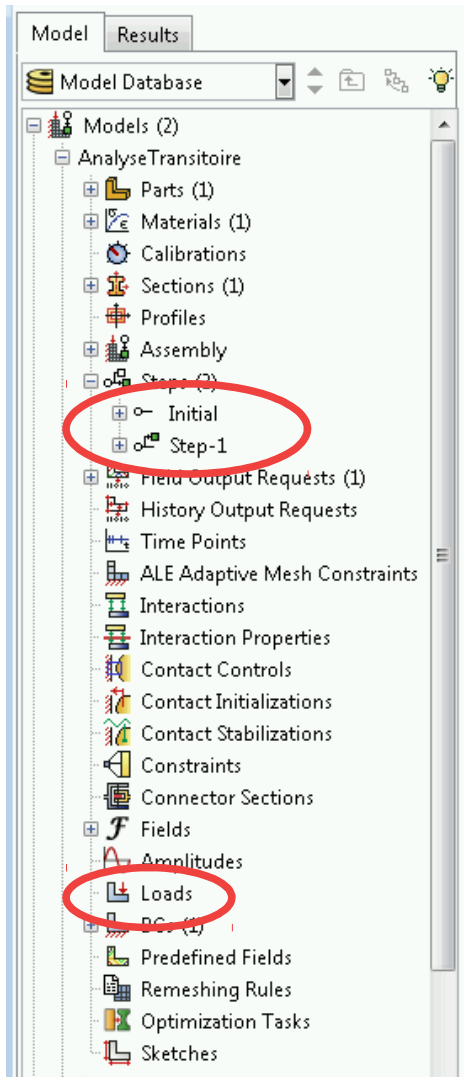
1FY - 1221.8 Hz

Création d'un modèle par étude

- Il est commode de dupliquer le modèle initial qui a servi à l'analyse modale, de le renommer et ensuite de s'en servir pour l'analyse transitoire.



Modification du modèle pour l'analyse transitoire



- On conserve tout (géométrie, matériau, maillage, conditions aux limites)
- On modifie :
 - → la partie « step » (étapes de calcul) pour créer une analyse transitoire
 - → le module « load » (chargement) pour créer le chargement en échelon

Étape de calcul

- Remplacer l'étape « Step-1 » d'analyse modale par une analyse transitoire
- On va utiliser un intégrateur temporel de type « implicite » qui a l'avantage d'être inconditionnellement stable sur ce problème linéaire.

The screenshot shows the ANSYS software interface. At the top, the 'Module' dropdown is set to 'Step', the 'Model' dropdown is set to 'AnalyseTransitoire', and the 'Step' dropdown is set to 'Step-1'. The 'Step Manager' dialog box is open, displaying a table of steps:

Name	Procedure	Nlgeom	Time
Initial	(Initial)	N/A	N/A
Step-1	Frequency	OFF	0

Below the table, the 'Replace...' button is highlighted with a red circle. To the right, the 'Replace Step' dialog box is open, showing the 'New procedure type' dropdown menu. The 'Dynamic, Implicit' option is selected and highlighted with a red circle. Other options in the list include 'General', 'Coupled temp-displacement', 'Coupled thermal-electric', 'Coupled thermal-electrical-structural', 'Direct cyclic', 'Dynamic, Explicit', 'Dynamic, Temp-disp, Explicit', and 'Geostatic'. The 'Continue...' and 'Cancel' buttons are also visible at the bottom of the dialog box.

Algorithme d'intégration temporelle

- L'intégrateur implicite d'Abaqus est fondé sur un algorithme HHT (Hilbert-Hugues-Taylor). Il permet d'intégrer en temps le problème :

$$\begin{cases} \mathbf{M}\ddot{\mathbf{u}} + \mathbf{C}\dot{\mathbf{u}} + \mathbf{K}\mathbf{u} = \mathbf{f}, \\ \mathbf{u}(0) = \mathbf{u}_0, \quad \dot{\mathbf{u}}(0) = \dot{\mathbf{u}}_0 \end{cases}$$

I. Résolution approchées

○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○

II. Résolution numérique de problèmes de dynamique

○○○○○○●○○○○○○○○

Intégrateurs pour système au 2^e ordre : bref aperçu

- ▶ Ils attaquent directement les systèmes du type :

$$\mathbf{M}\ddot{\mathbf{u}} + \mathbf{C}\dot{\mathbf{u}} + \mathbf{K}\mathbf{u} = \mathbf{f},$$

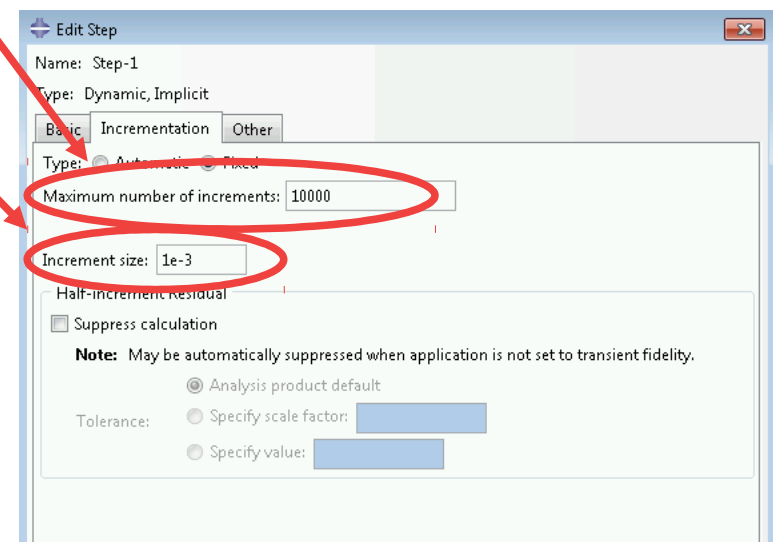
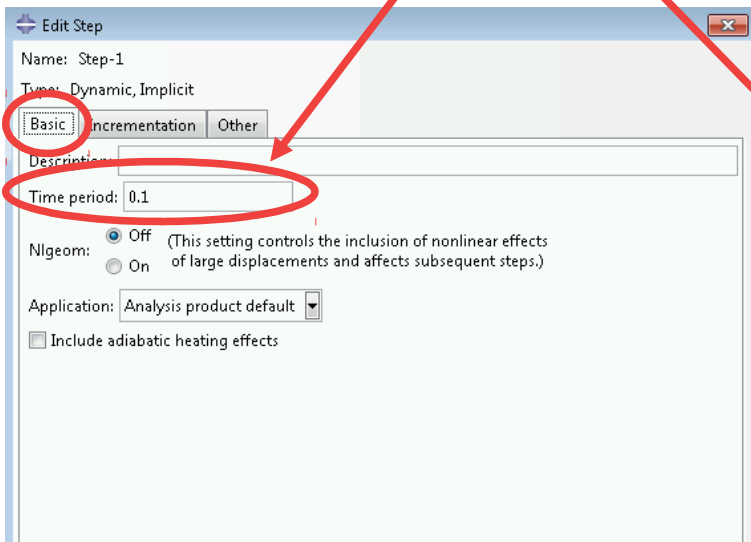
- ▶ Ils ont été spécialement développés pour la mécanique des structures, lorsque N , la taille du vecteur \mathbf{u} , est très grand ($N > 10^6$ par exemple);
- ▶ Quelques algorithmes utilisés par les codes éléments-finis du commerce :
 - algorithme de **Newmark** avec les paramètres $\beta = 1/2$ et $\gamma = 1/4$;
 - algorithmes **HHT** (Hilbert-Hugues-Taylor) avec de l'amortissement numérique en haute fréquences (paramètre α). C'est celui implémenté dans Abaqus;
 - algorithme des **différences centrées** : utilisé pour les calculs de crash.
- ▶ La matrice d'amortissement est quasiment toujours de la forme :

$$\mathbf{C} = a\mathbf{M} + b\mathbf{K}, \quad a, b \in \mathbb{R}$$

La représentation de l'amortissement est donc très "rustique" (voir diaporama 4).
On peut alors avoir recours à des méthodes modales.

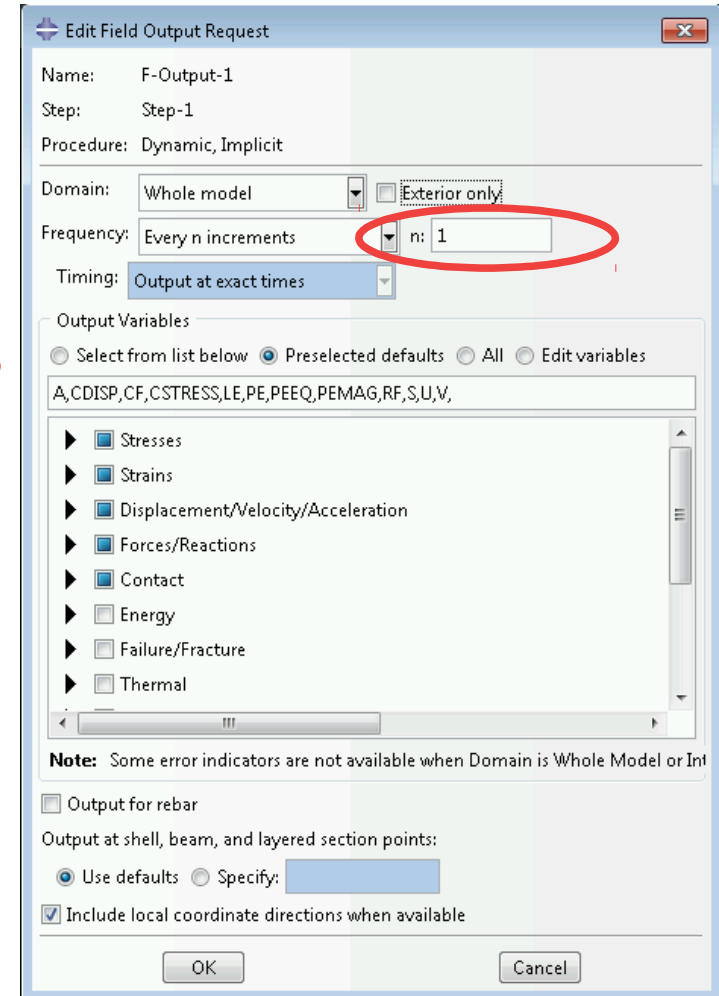
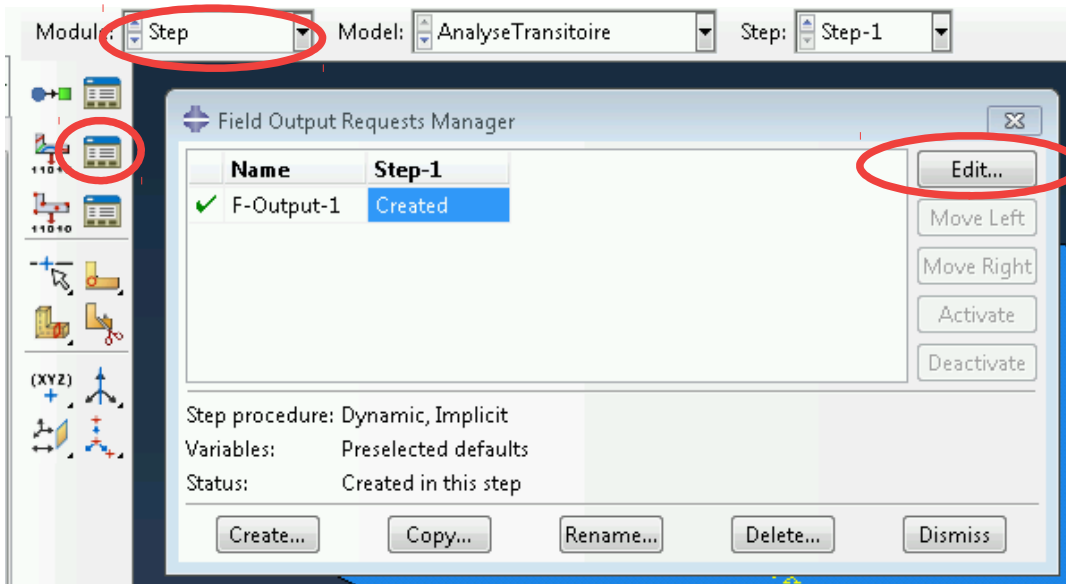
Réglage des paramètres

- Régler le temps total de simulation, en fonction du nombre N1 de période du mode fondamental par exemple ($T=N1/f_0$)
- Régler le pas d'échantillonnage, inverse de la fréquence d'échantillonnage (penser au théorème de Shannon en fonction de la plus haute fréquences souhaitée dans le spectre)
- On peut régler un critère d'arrêt avec un nombre maximum de pas de calcul.
- Attention au coût de calcul : c'est de l'intégration temporelle directe (tous les degrés de liberté du modèle sont calculés à chaque pas de temps !!!!)



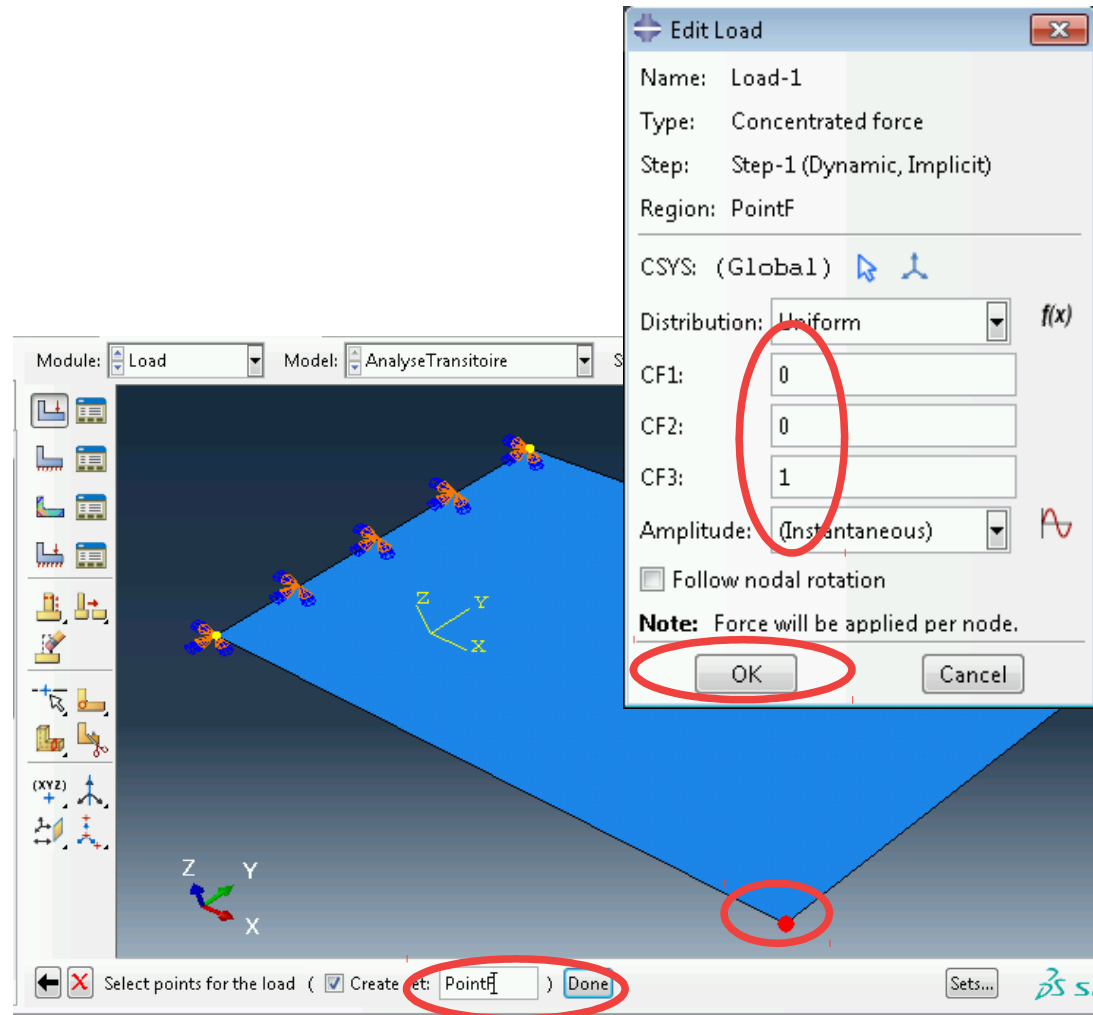
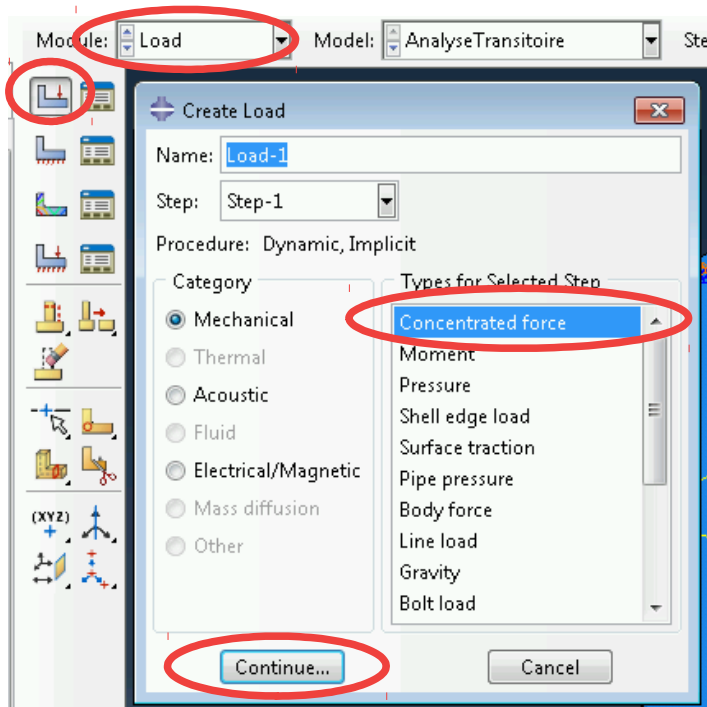
Réglage des paramètres

- Pour avoir de jol visualisation, il peut être nécessaire de stocker tous les pas de calcul.
- Attention au coût de stockage mémoire !



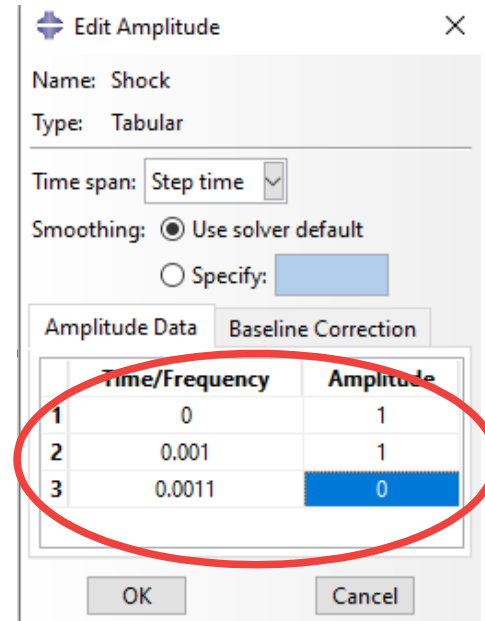
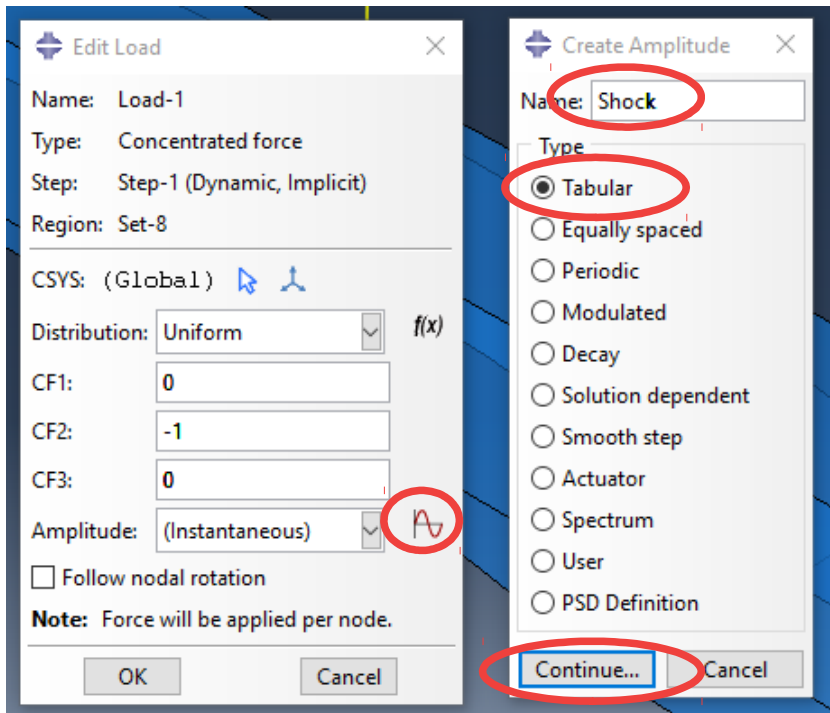
Création du chargement

- Création d'une force en échelon de 1N (1 sur Z dans le repère global à une extrémité de la plaque)



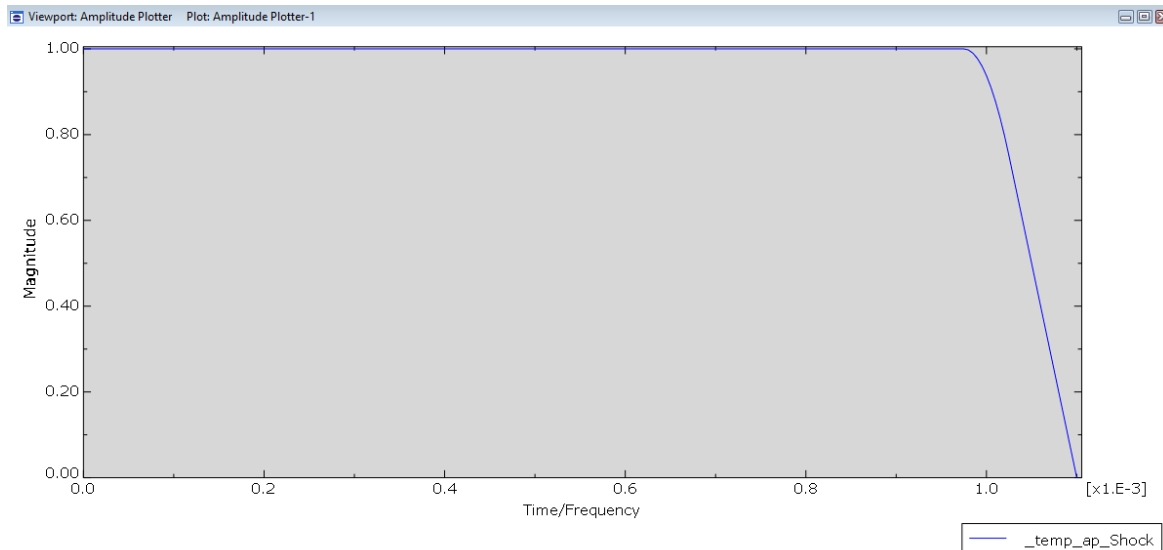
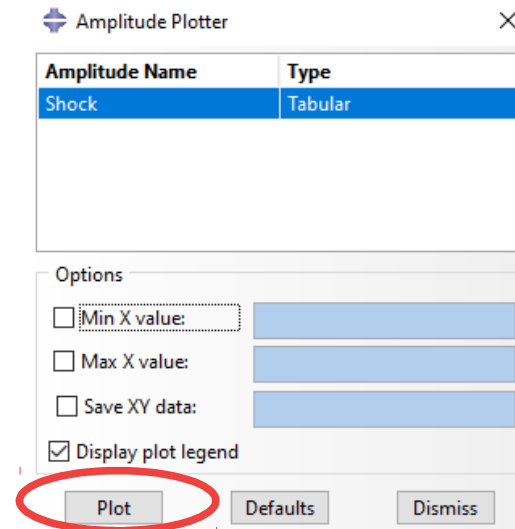
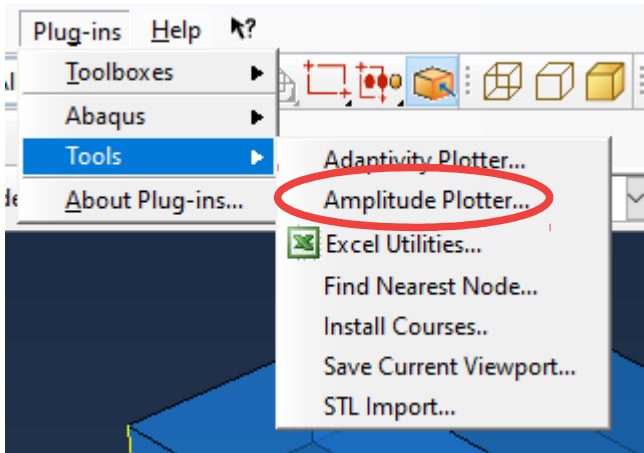
OU création d'un choc

- Création d'un choc de 1N pendant 1ms

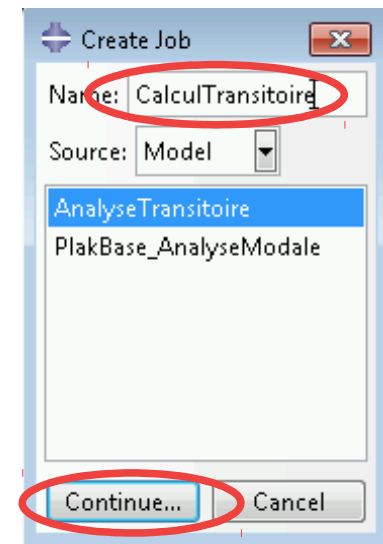
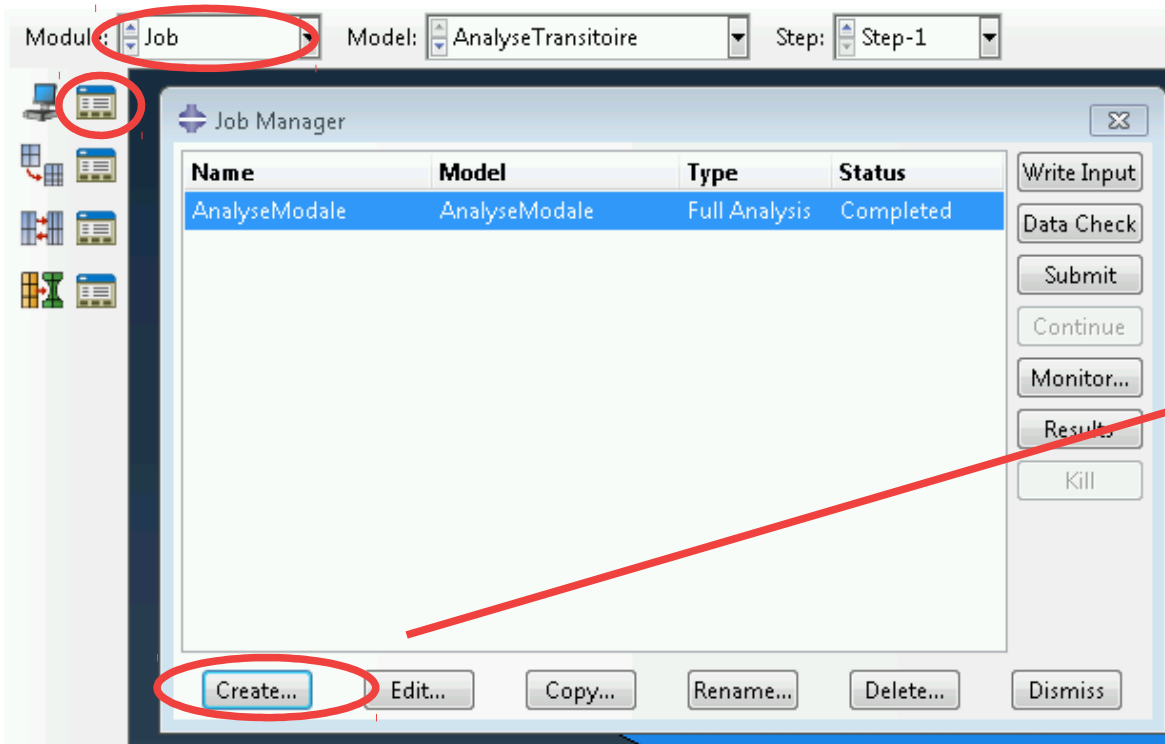


Visualisation du profil de force

- Création d'un choc de 1N pendant 1ms

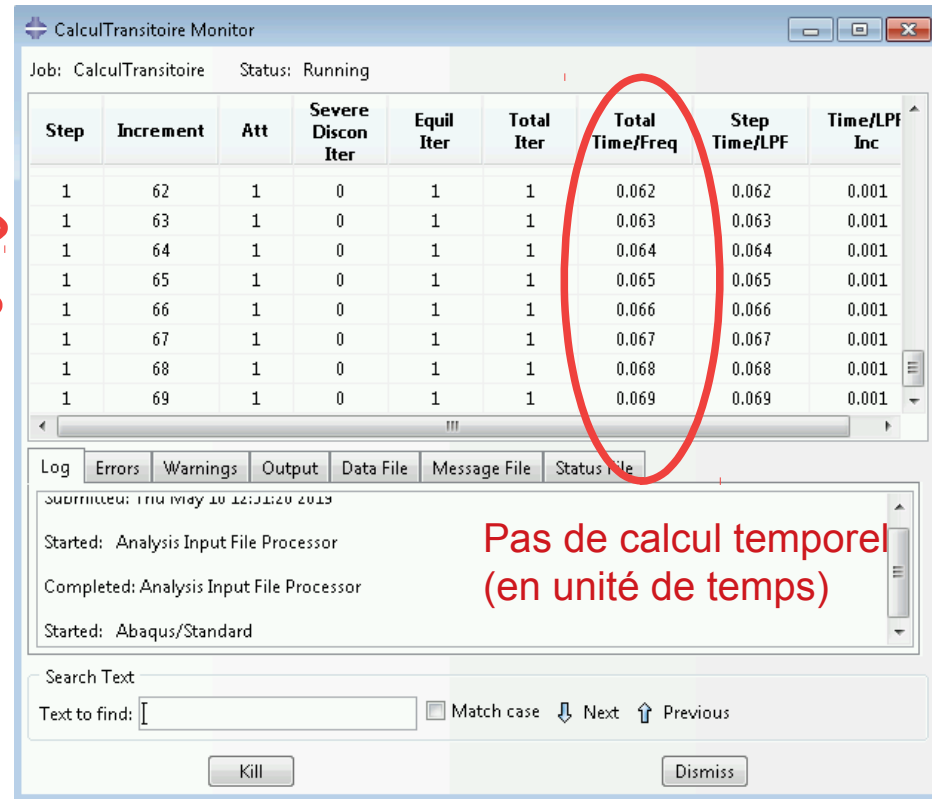
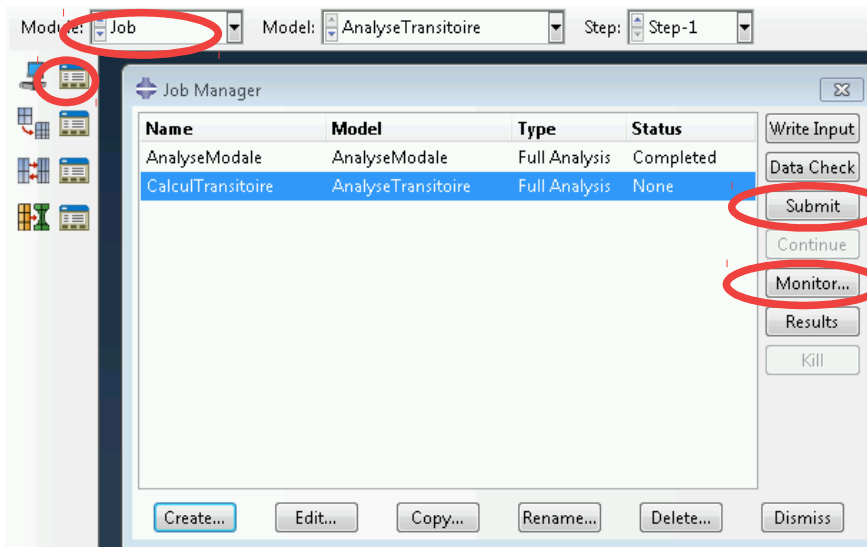


Création du calcul

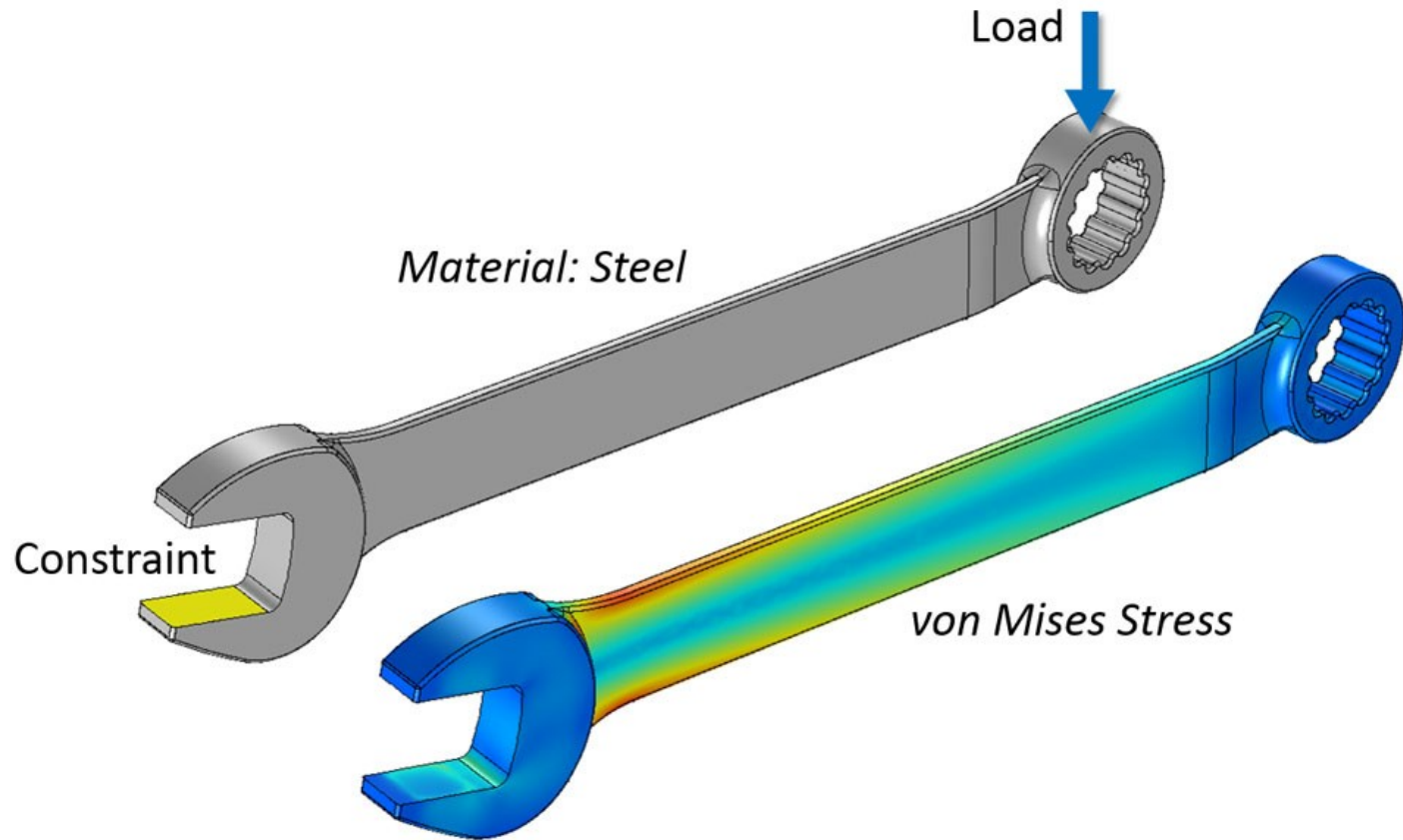


Lancement du calcul

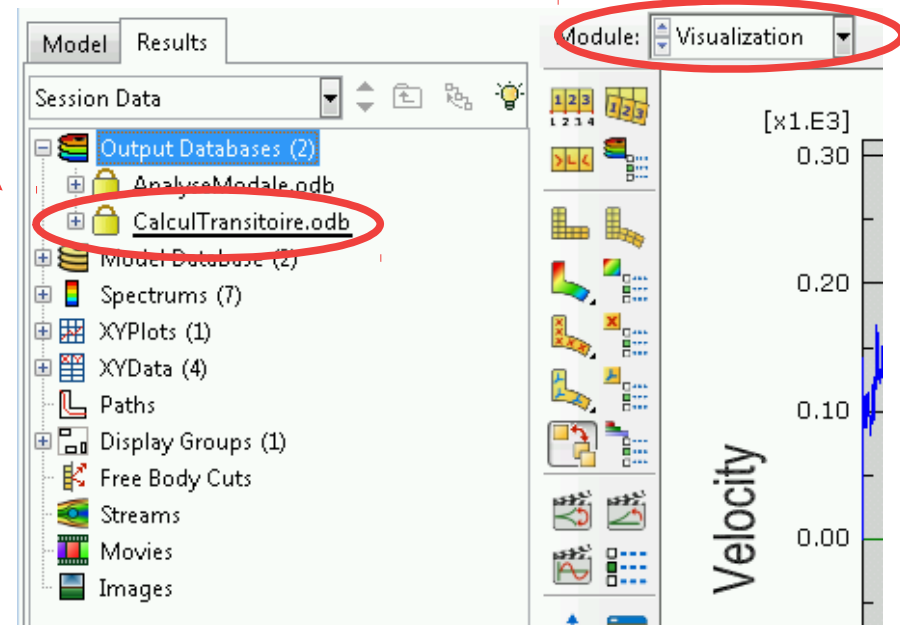
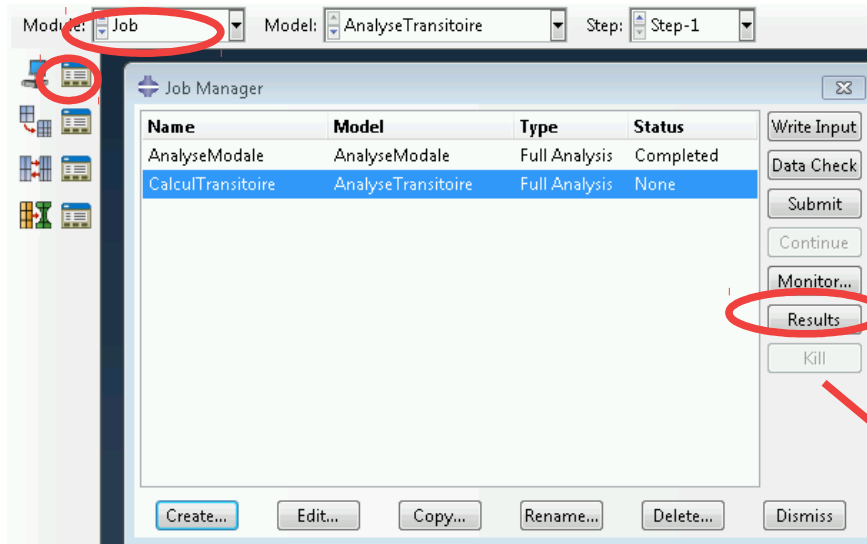
- Lancement du calcul (submit)
- Visualisation de l'avancement du calcul avec « monitor ». Attention, cela peut être très long !!!!



Visualisation des résultats

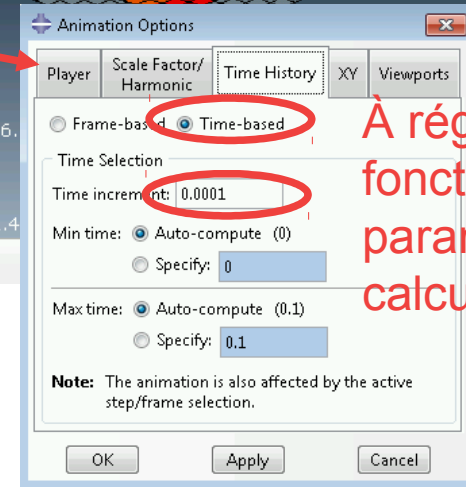
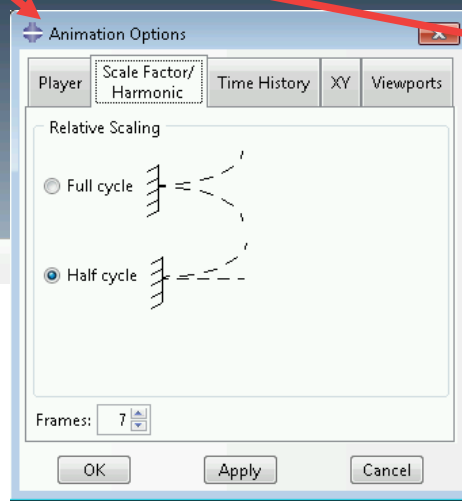
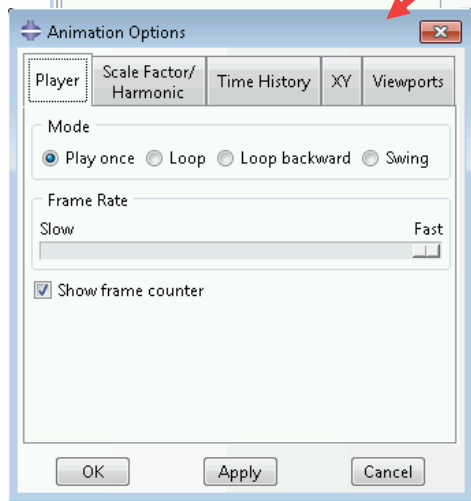
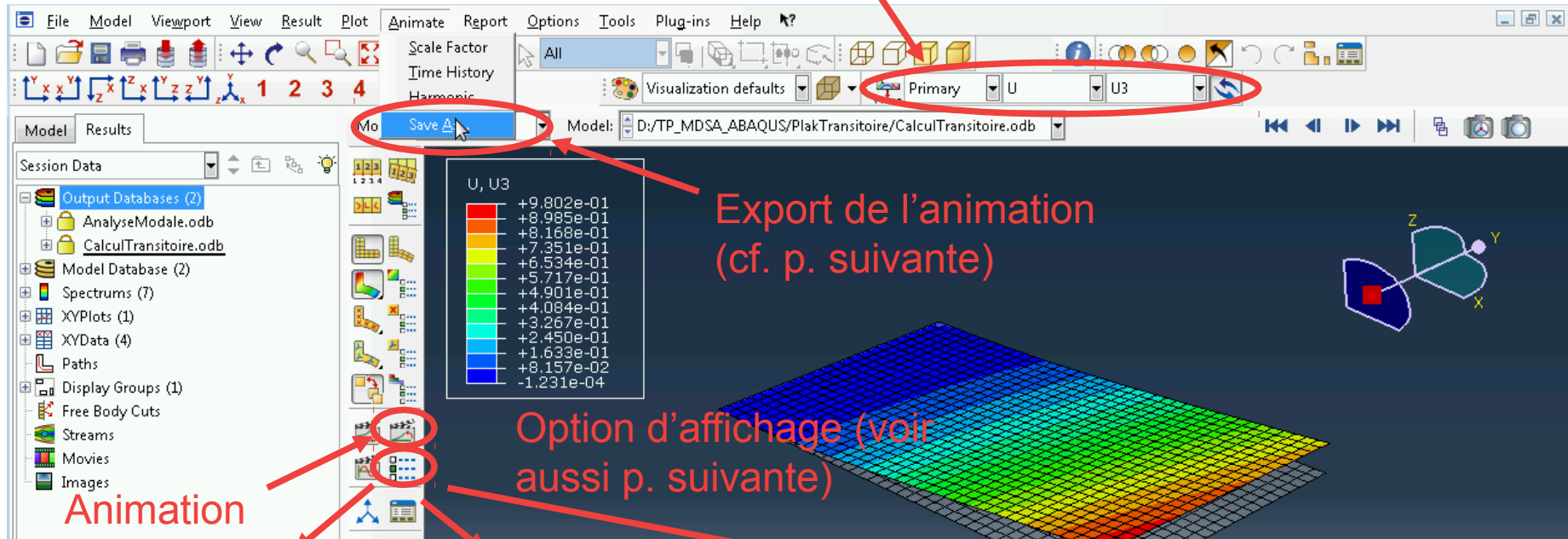


Visualisation des résultats



Animation de la déformée

Visualisation du déplacement en niveau de couleur



À régler en fonction des paramètres du calcul (step)

Export de l'animation

Common Plot Options

Basic Color & Style Labels Normals Other

Render Style

- Wireframe
- Hidden
- Filled
- Shaded

Deformation Scale Factor

- Auto-compute (1)
- Uniform
- Nonuniform

Value: 100

Visible Edges

- All edges
- Exterior edges
- Feature edges
- Free edges
- No edges

OK Apply Defaults Cancel

Contour Plot Options

Basic Color & Style Limits Other

Note: User-defined interval values override the settings below.

Min/Max

Max: Auto-compute (0) Show location

Specify: 0

Min: Auto-compute (0) Show location

Specify: 0

Auto-Computed Limits

When auto-computing animation limits:

- Recompute limits for each frame

OK Apply Defaults Cancel

Save Image Animation

Settings

File name: []

Format: AVI

Selection

Capture: All Viewports

- Capture viewport decorations (if visible)
- Capture viewport backgrounds
- Capture viewport compass (if visible)

Frame Rate (frames/sec)

Rate: 24

OK Apply Cancel

AVI Options

Image Size (pixels)

- Use size on screen (1507 x 738)
- Use settings below

Width: 1507 Height: 738

Compression

Codec: Microsoft Vidéo 1

Quality: 75

OK Cancel

2. export de l'animation

1. lancer l'animation

Amplification à régler à la main

U, U3

+	9.802e-01
+	8.985e-01
+	8.168e-01
+	7.351e-01
+	6.534e-01
+	5.717e-01
+	4.901e-01
+	4.084e-01
+	3.267e-01
+	2.450e-01
+	1.633e-01
+	8.157e-02
-	1.231e-04

ODB: CalculTransitoire.odb Abaqus/

Step: Step-1

Increment: 2440; Step Time = 2.440

Primary Var: U, U3

Deformed Var: U Deformation Scale F

Création de données « XY »

Create XY Data

Source

- ODB history output
- ODB field output
- Thickness
- Free body
- Operate on XY data
- ASCII file
- Keyboard
- Path

Continue... Cancel

ODB: CalculTransitoire.odb Abaqus/Standard 6.14-5 Thu May 16 12:56:40 GMT+02:00 2019

Step: Step-1
Increment: 2440; Step Time = 2.4400E-02

Select nodes for the display group: individually Done

XY Data from ODB Field Output

Steps/Frames

Note: XY Data will be extracted from the active steps/frames Active Steps/Frames...

Variables Elements/Nodes

Output Variables

Position: Unique Nodal

Click checkboxes or edit the identifiers shown next to Edit below.

- U: Spatial displacement
 - Magnitude
 - U1
 - U2
 - U3
- UR: Rotational displacement
- V: Spatial velocity
 - Magnitude
 - V1
 - V2
 - V3
- VR: Rotational velocity

Edit: U,U3,V,V3

Section point: All Select Settings...

Save Plot Dismiss

XY Data from ODB Field Output

Steps/Frames

Note: XY Data will be extracted from the active steps/frames Active Steps/Frames...

Variables Elements/Nodes

Selection

Method: Edit Selection Add Selection Delete Selection

Pick from viewport 1 Nodes selected

Node labels: 1 Nodes selected

Node sets

Internal sets

Highlight items in viewport

Save Plot Dismiss

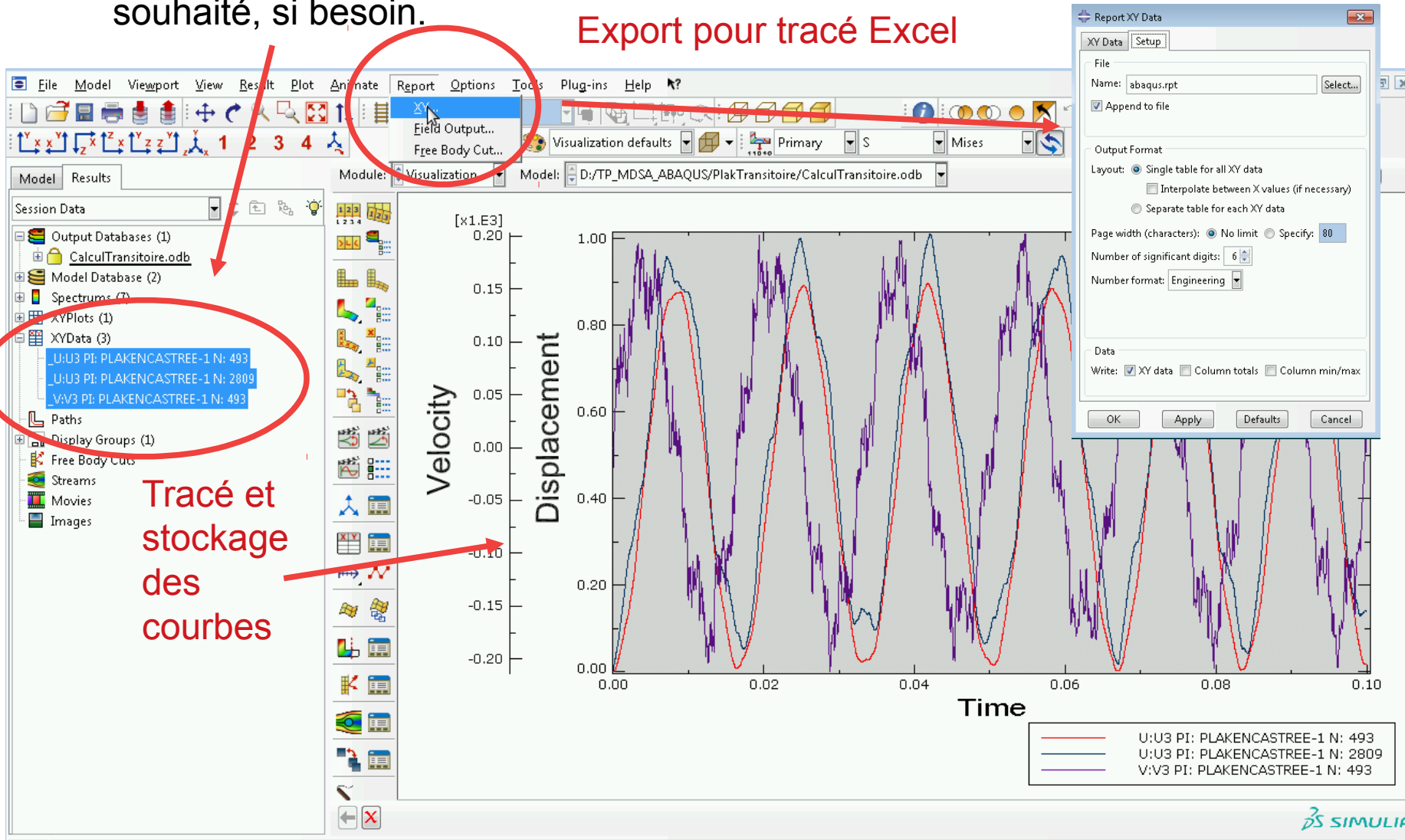
Sélection de plusieurs champs

Sélection de plusieurs noeuds

Tracé de l'évolution temporelle

- Répéter les opérations précédentes pour créer autant de courbes que souhaité, si besoin.

Export pour tracé Excel



Opérations mathématiques sur les données

Create XY Data

Source

- ODB history output
- ODB field output
- Thickness
- Free body
- Operate on XY data
- ASCII file
- Keyboard
- Path

Operate on XY Data

Enter an expression by typing and selecting XY Data and Operators below.
Example: maxEnvelope("XYData-2", "XYData-4") * 2.5 + "XYData-5"

"U:U3 PI: PLAKENCASTREE-1 N: 944" - "U:U3 PI: PLAKENCASTREE-1 N: 988"

XY Data

Name	Description
U:U3 PI: PLAKENC.	From Field Data: U:U3 at part instance PLAKENCASTREE
U:U3 PI: PLAKENC.	From Field Data: U:U3 at part instance PLAKENCASTREE

Operators

- A - XYData, float, or integer
- X - XYData
- I - integer
- F - float
- 0
- +
-
- *
- /
- 1/A
- abs(A)
- acos(A)
- append((X,X,...))
- asin(A)
- atan(A)
- avg((A,A,...))
- butterworthfilter(X,F)

Save XY Data As

Name: DiffU

Note: The created XY Data object is saved only for the current Abaqus session.

Operate on XY Data (Bottom Buttons)

- Create XY Data...
- Save As...
- Plot Expression
- Clear Expression
- Cancel

Annotations:

- Écriture de l'opération mathématique
- Sélection des courbes sauvées précédemment
- Sauvegarde comme une nouvelle courbe
- Opérations mathématiques

Opérations mathématiques sur les données

