



# Modélisation FE d'un implant glénoïdien

DUMERIL  
Clément



Arts Sciences et  
Technologies  
et Métiers

## Table des matières

<b>I. INTRODUCTION</b>	3
<b>II. Essaie expérimentale</b>	3
Dispositif d'essai	3
Conditions de chargement	3
Mesure de déplacement	3
<b>III. modélisation</b>	3
<b>IV. ASSEMBLY/ STEP</b>	4
<b>V. LOAD/CL</b>	5
<b>VI. MESH</b>	6
size=5 ( 250 elements)	7
size=3 ( 1082 elements)	7
size=2 (2996 elements)	8
size=1 (18 800 elements)	8
size=0.7 ( 50605 elements)	9
size=0.5 ( 128 693 elements)	9
<b>VII. Résultats post simulation</b>	9
<b>VIII. Conclusion</b>	11
<b>ANNEXE</b>	12

## I. INTRODUCTION

Dans le cadre de ce TP, l'objectif est de **mettre en place et valider un modèle par éléments finis** d'un implant glénoïdien à quille isolée soumis à un essai de traction-compression.

On cherche à reproduire numériquement l'essai expérimental réalisé sur un implant imprimé en résine Zortrax Resin Basic et à comparer le déplacement mesuré sur la prothèse à celui obtenu par calcul.

Après une présentation de l'essai expérimental, je détaillerai la modélisation numérique dans ABAQUS (géométrie, matériau, conditions aux limites, maillage), puis l'étude de convergence du maillage. Enfin, je confronterai les résultats numériques à la valeur expérimentale et je discuterai la pertinence du modèle.

## II. Essaie expérimentale

### Dispositif d'essai

L'implant glénoïdien à quille est testé sur une **machine de traction-compression**.

L'implant est fixé sur un support en aluminium qui représente schématiquement la scapula. Le support est posé sur le plateau de la machine d'essai. La charge est transmise à la face supérieure de l'implant via un **piston cylindrique** aligné avec l'axe de la machine.

Une caméra CCD est utilisée pour mesurer le déplacement d'un point repère situé sur la prothèse. Une petite tache noire est déposée sur le bord du petit côté de l'implant, à mi-hauteur, et suivie dans les directions X et Y de la machine.

### Conditions de chargement

L'essai est réalisé en **traction-compression quasi statique** suivant l'axe de la machine.

Une force croissante est appliquée jusqu'à **150 N**, avec une vitesse de croisement faible (1 mm/min) afin de rester dans un régime essentiellement statique et élastique. L'effort est appliqué sur la partie plate supérieure de l'implant via le piston. Le support en aluminium repose sur le plateau de la machine et joue le rôle d'appui rigide.

### Mesure de déplacement

Le déplacement du marqueur noir est suivi par corrélation d'images. Pour la charge  $F = 150 \text{ N}$ , le déplacement mesuré suivant l'axe Y (direction principale de chargement) vaut :

$$U_{Y, \text{exp}} = 0,228 \text{ mm}$$

Cette valeur servira de **référence expérimentale** pour la validation du modèle numérique.

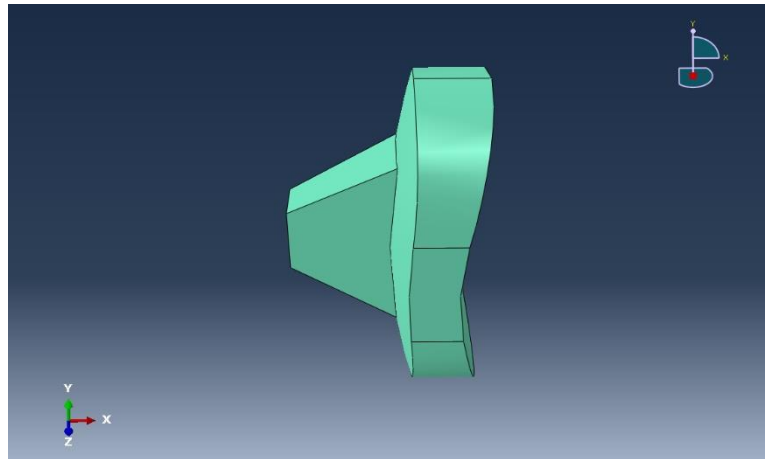
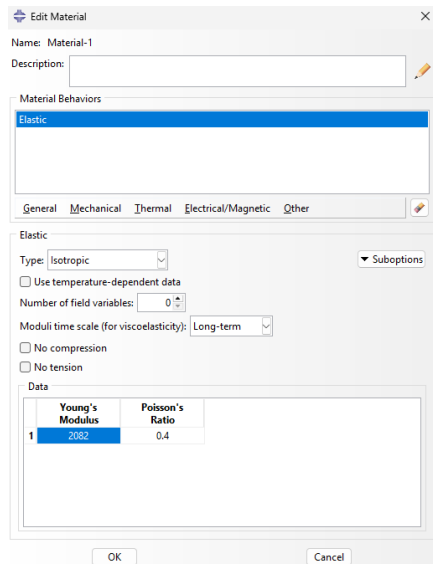
## III. modélisation

L'implant est fabriqué en **Zortrax Resin Basic**, une résine photopolymère utilisée en fabrication additive.

D'après la fiche technique du matériau, le **module d'Young** se situe entre environ 1,7 et 2,38 GPa. Pour la simulation, je retiens la valeur moyenne :

- $E = 2,1 \text{ GPa}$
- $\nu = 0,37$

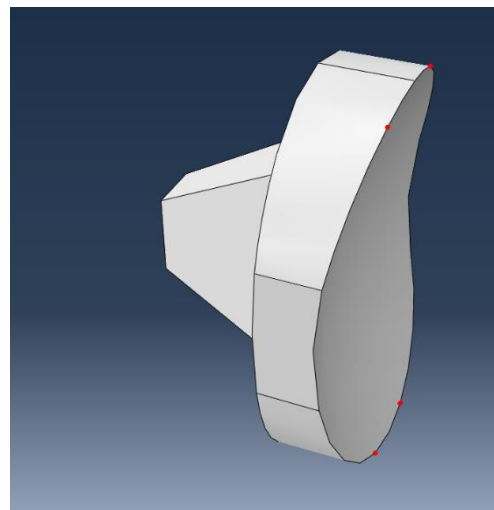
Le matériau est modélisé comme **homogène, isotrope et linéaire élastique** en petites déformations.



Puis il faut créer et sélectionner une section afin de faire comprendre au logiciel que le matériau de la prothèse est celui créé précédemment

## IV. ASSEMBLY/ STEP

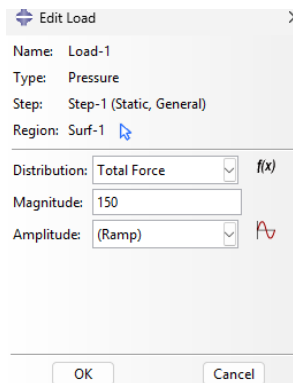
Dans assembly afin de préparer les conditions limites, on décide de partitionner la prothèse à l'aide de partition Edge.



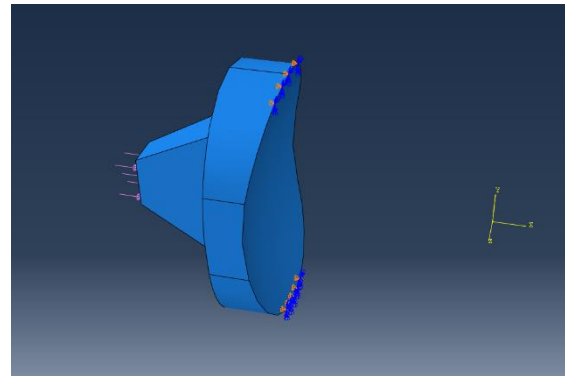


## V. LOAD/CL

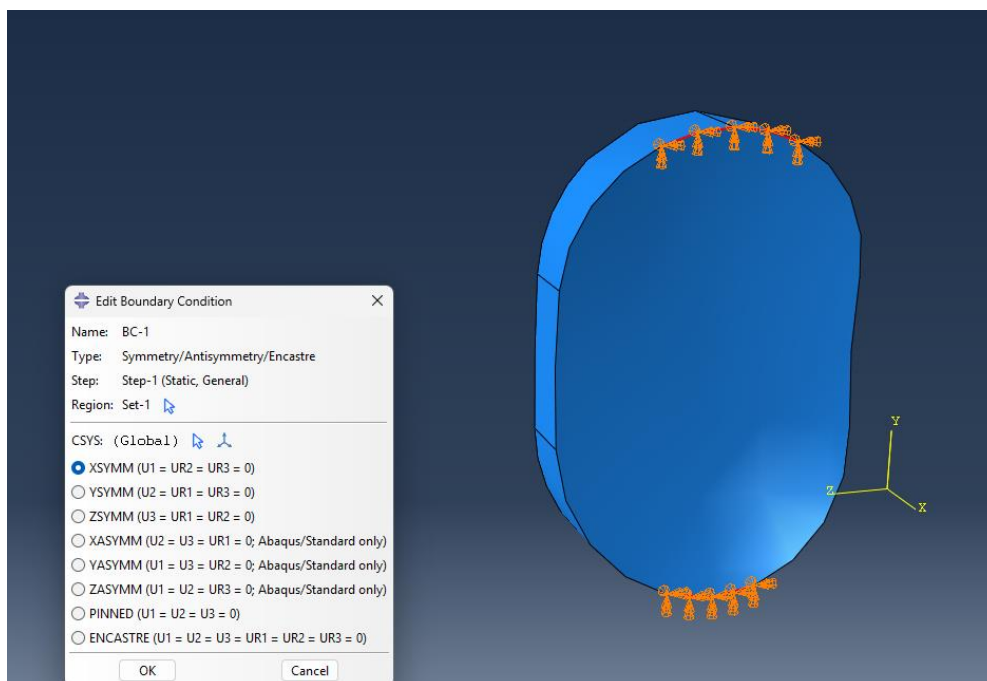
Pour les conditions limites on décide d'appliquer une pression statique de résultante de force de 150 N.



Puis on souhaite représenter le support de la machine de test sur laquelle la prothèse s'appuie, pour cela on utilise les différents points créés en amont pour définir une zone ou la pièce s'appuie



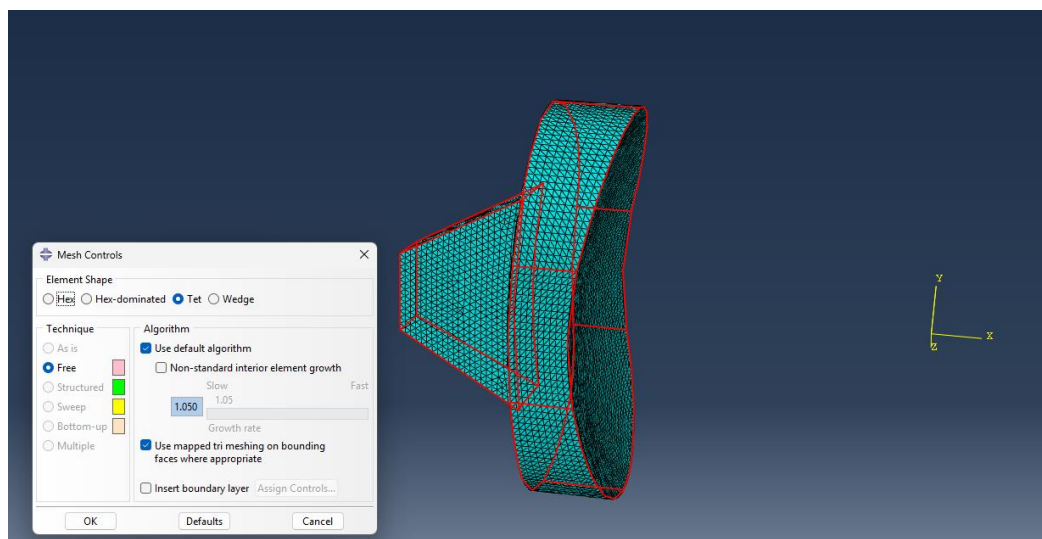
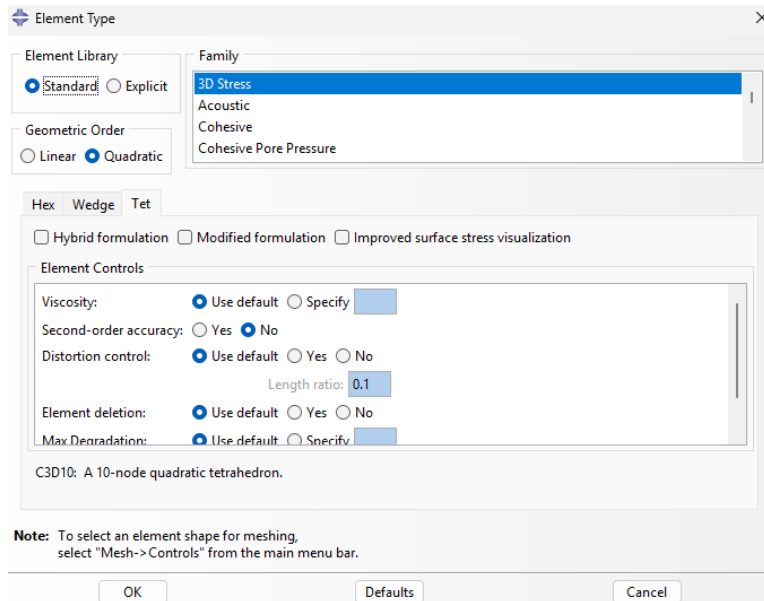
lors de la déformation.



Ici on voit que le décide de contraindre les conditions limites en utilisant Xsym afin de montrer que ces segments ne peuvent pas se déplacer suivant l'axe X mais peuvent suivant les axes Z et Y.

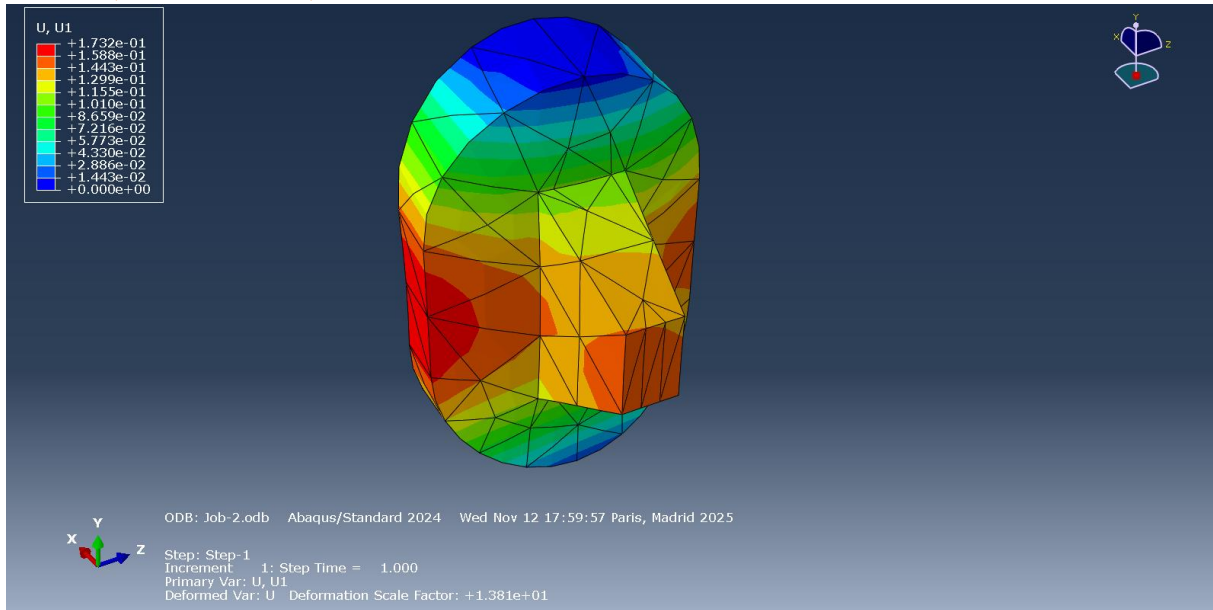
## VI. MESH

Pour le MeSH, on décide de définir le type d'élément, on choisit une approche quadratique avec des tétraèdres.

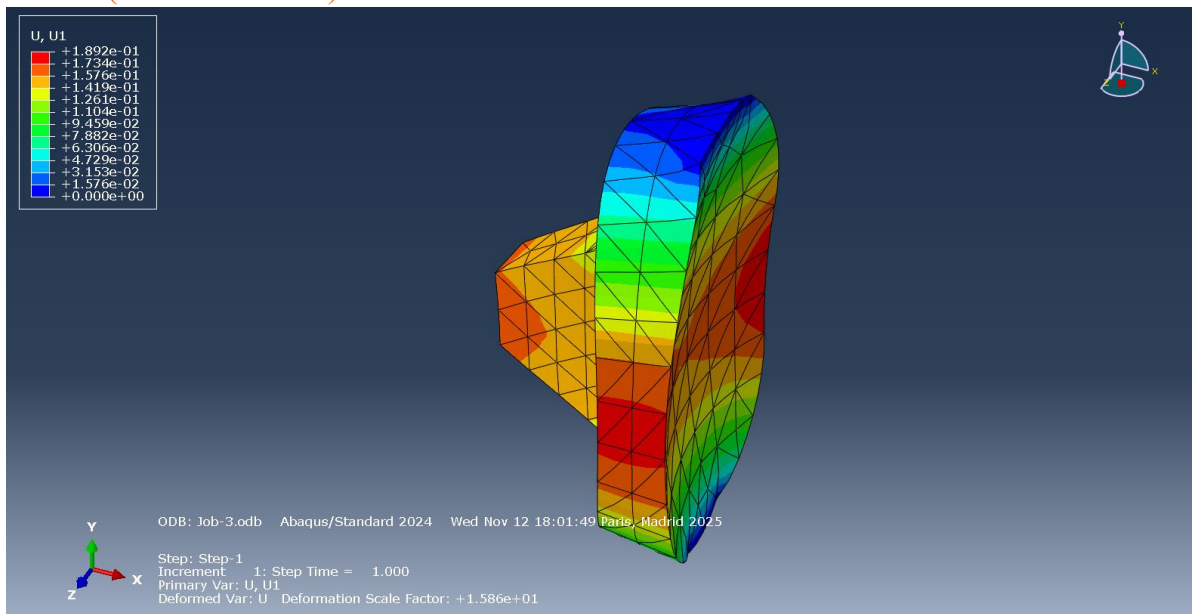


Maintenant nous nous intéressons à la taille qui sera un facteur déterminant de la simulation, pour ce faire nous allons opérer plusieurs simulations en faisant varier la taille du Mesh.

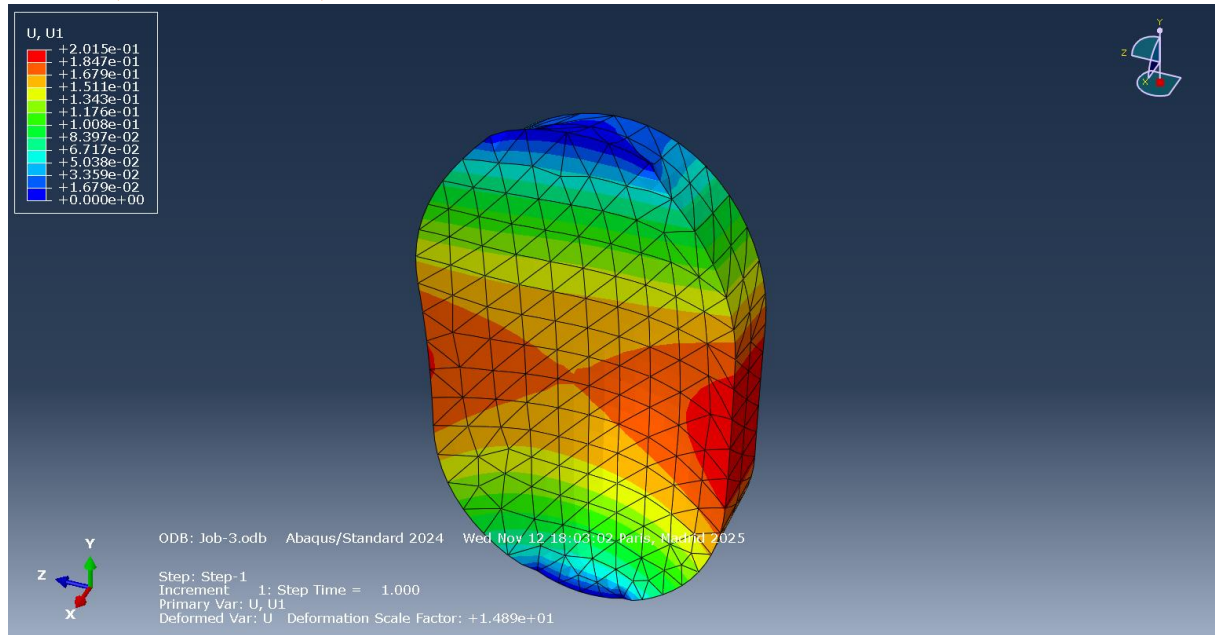
size=5 ( 250 elements)



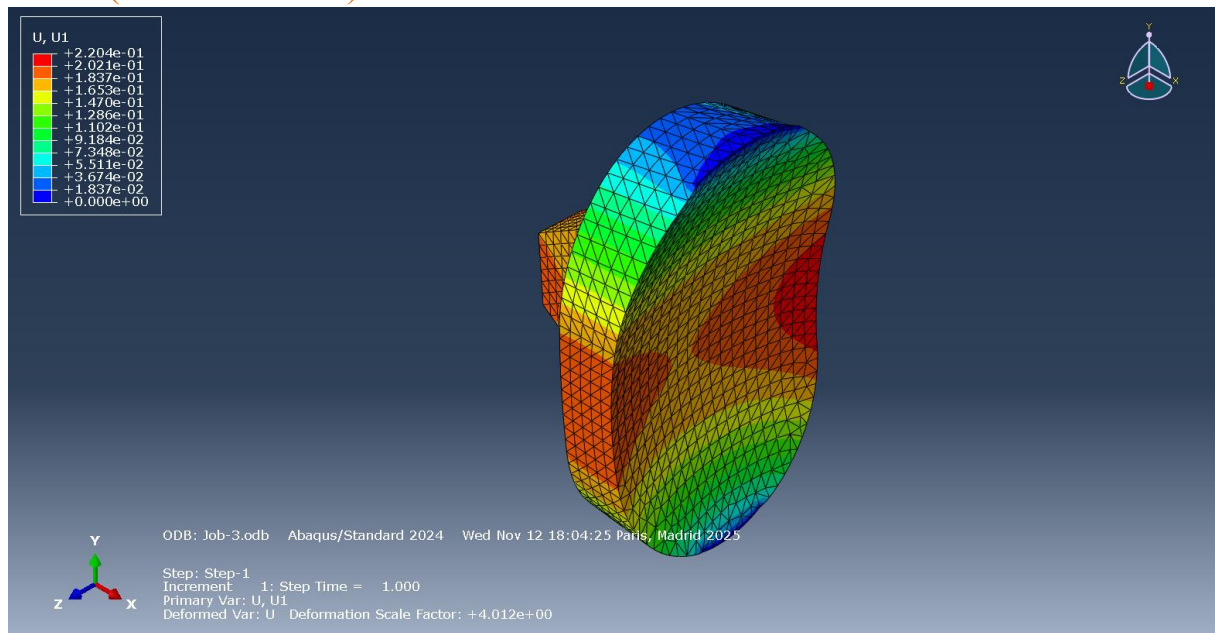
size=3 ( 1082 elements)



size=2 (2996 elements)

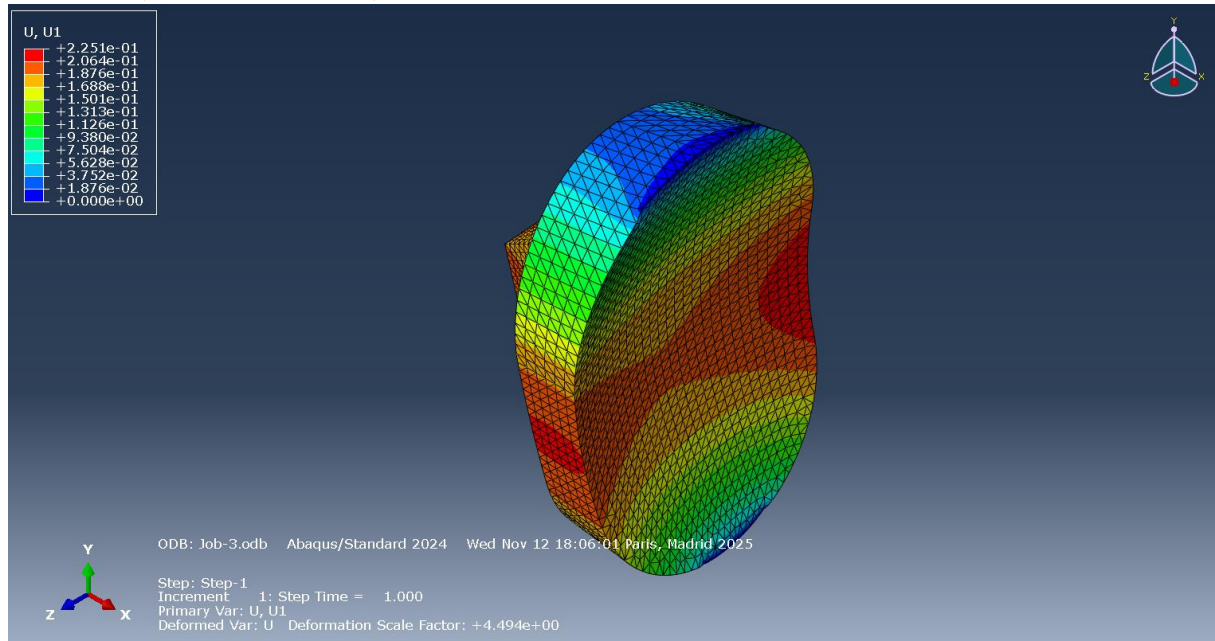


size=1 (18 800 elements)

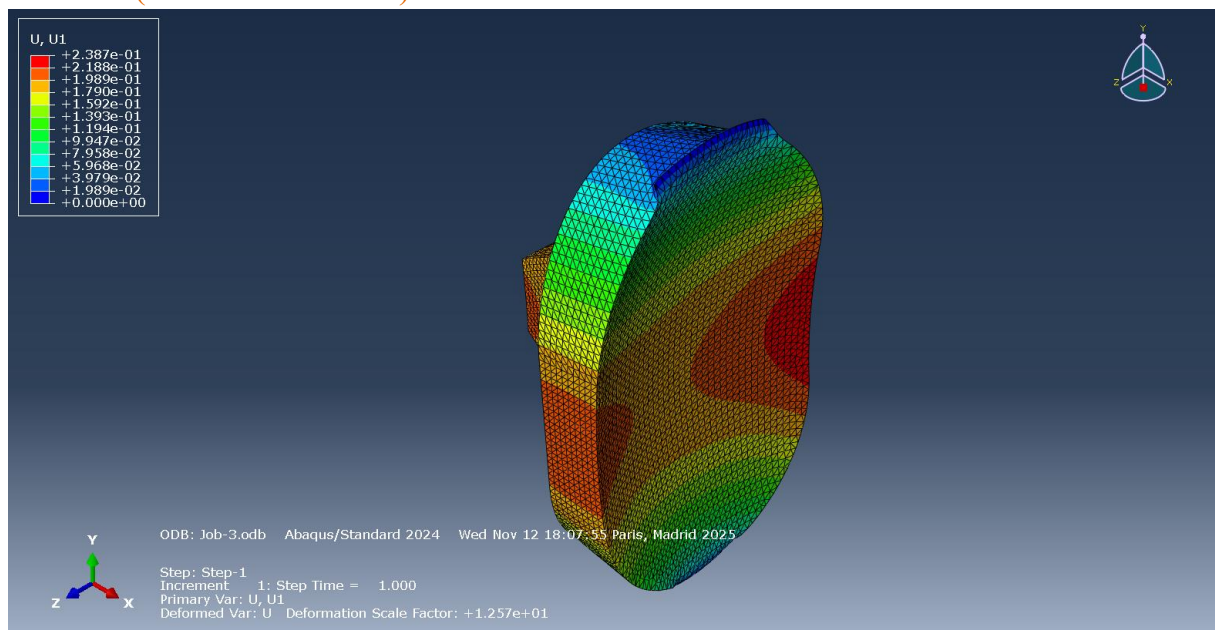




size=0.7 ( 50605 elements)



size=0.5 ( 128 693 elements)



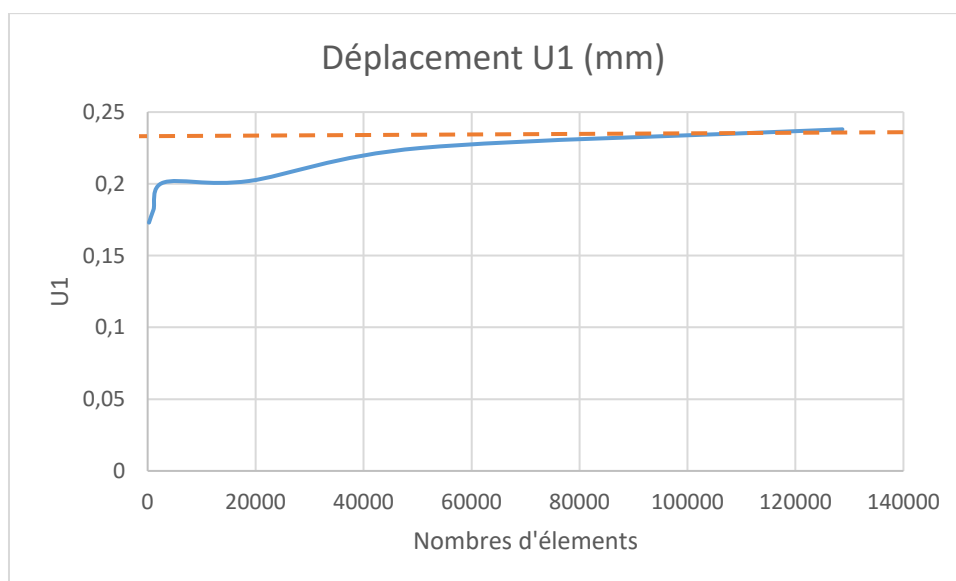
Afin de comprendre comment lire ces résultats, il faut dans Abaqus observer les déplacement selon U1. Avant de commenter les résultats et de les comparer avec les résultats expérimentaux on doit d'abord savoir si notre méthodologie de simulation et nos paramètres de MeSH mènent à une convergence de la simulation.

## VII. Résultats post simulation

Aussi on obtient ce tableau suivant

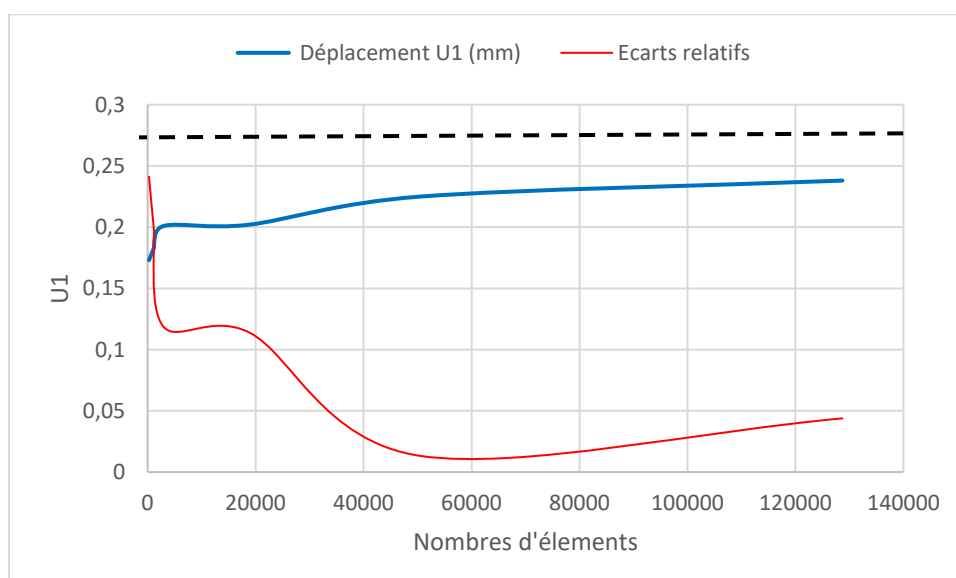
Size	Nombre d'éléments	Déplacement U1 (mm)
5	250	0.173
3	1082	0.182
2	2996	0.201
1	18800	0.202
0.7	50605	0.225
0.5	128693	0.238

Enfin on obtient cette courbe



On note que le déplacement semble converger vers une valeur de 0.24 mm

Si on compare avec les valeurs expérimentales qui nous dis que  $U1=0.228$  on peut quantifier les écarts suivants



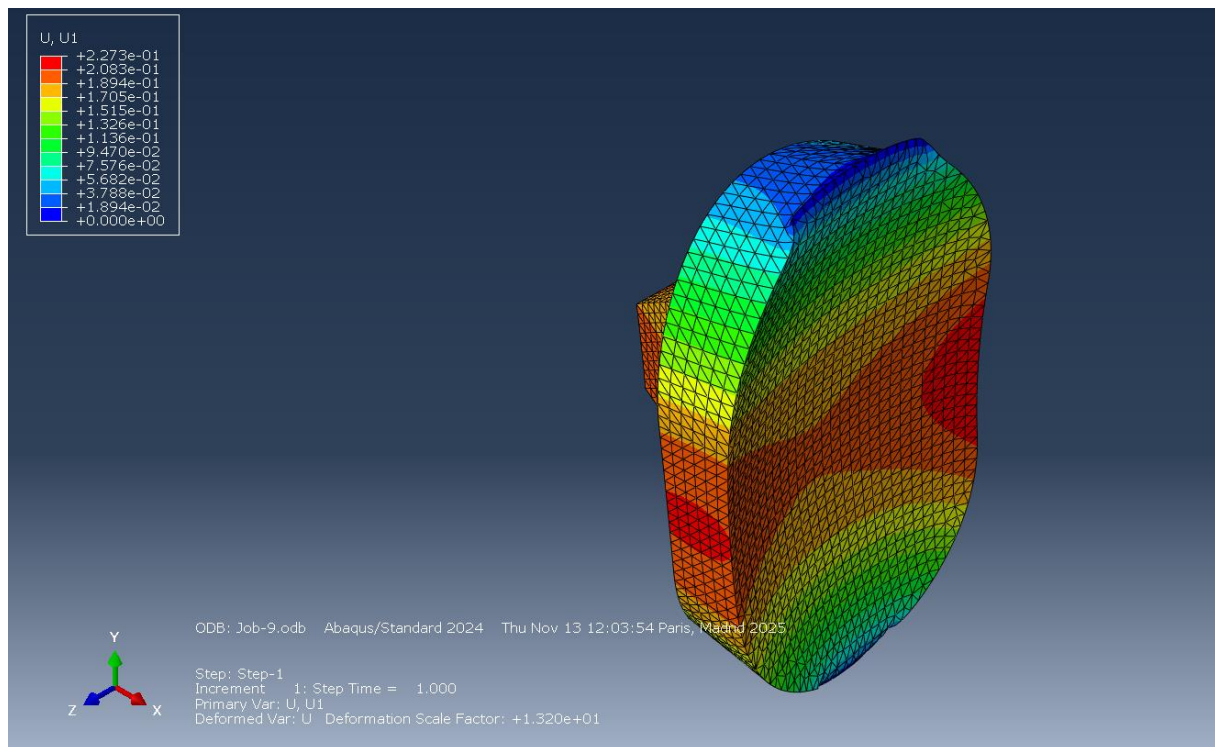
En conclusion on observe que l'écart est le plus faible pour la valeur  $Size=0.7$  hors on note que la simulation converge donc on est censé être plus précis lorsque la valeur  $Size$  diminue. Aussi on peut conclure que notre valeur de  $E$  n'est pas la bonne est qu'elle serait en réalité un tout petit plus élevée car on rappelle que l'on avait pris la moyenne de la valeur du module qui variait de 1.7 GPa à 2.38 GPa

## VIII. Conclusion

Ce TP m'a permis de construire et d'exploiter un modèle éléments finis d'un implant glénoïdien à quille sous ABAQUS, puis de le confronter à un essai de traction-compression. L'étude de convergence du maillage a conduit au choix d'une taille de maille  $size = 0,7$  mm. Avec ce maillage et le matériau Zortrax Resin Basic modélisé par  $E = 2,1$  GPa et  $\nu = 0,37$ , le déplacement simulé sous 150 N est de 0,225 mm, très proche de la valeur expérimentale 0,228 mm (erreur d'environ 1,3 %). Le modèle reproduit donc correctement la réponse globale de l'implant dans les conditions du TP.

L'étude de convergence, réalisée avec des éléments volumiques quadratiques, montre qu'en raffinant le maillage le déplacement simulé augmente d'abord et tend vers une valeur limite : les maillages grossiers sous-estiment la déformation et rendent la prothèse artificiellement trop rigide. Au-delà d'un certain raffinement, on observe toutefois une légère dégradation de la convergence (par exemple pour  $size = 0,5$  mm), ce qui est classique avec des éléments quadratiques très petits : la qualité du maillage, le conditionnement numérique et le traitement du contact peuvent perturber la convergence monotone. Dans ce contexte, le maillage  $size = 0,7$  mm se situe dans la zone de plateau et fournit un résultat très proche de l'essai, ce qui justifie de le retenir comme maillage de référence.

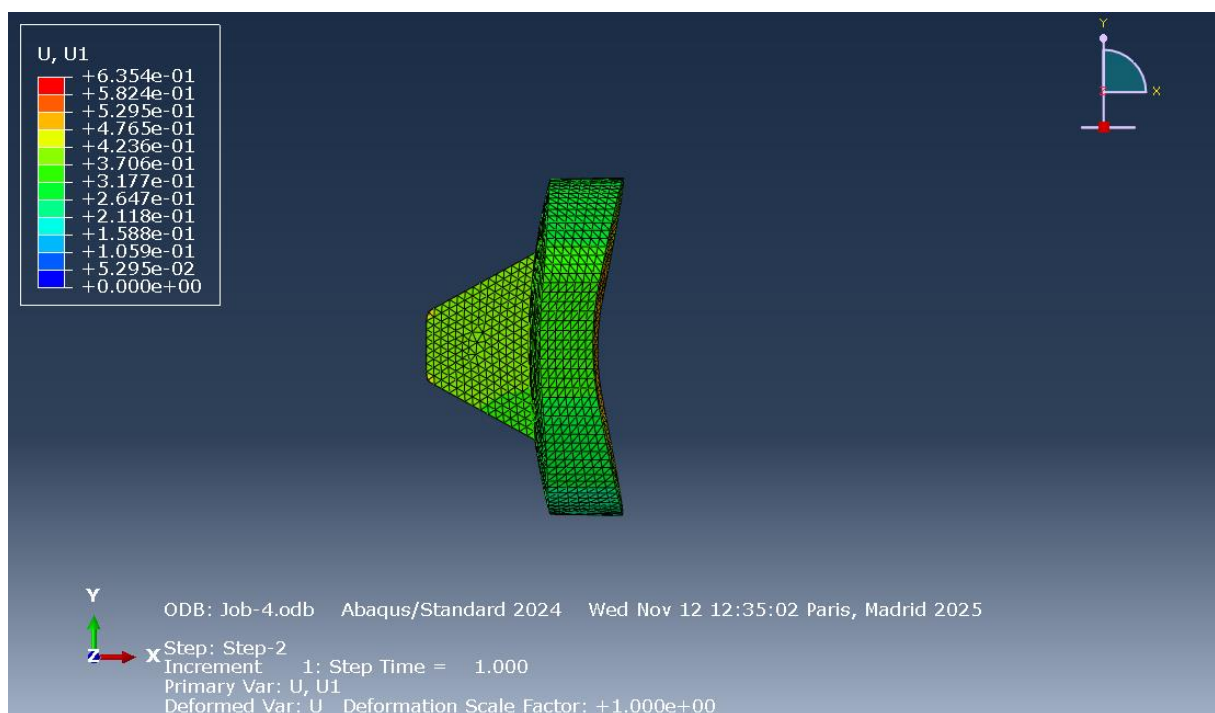
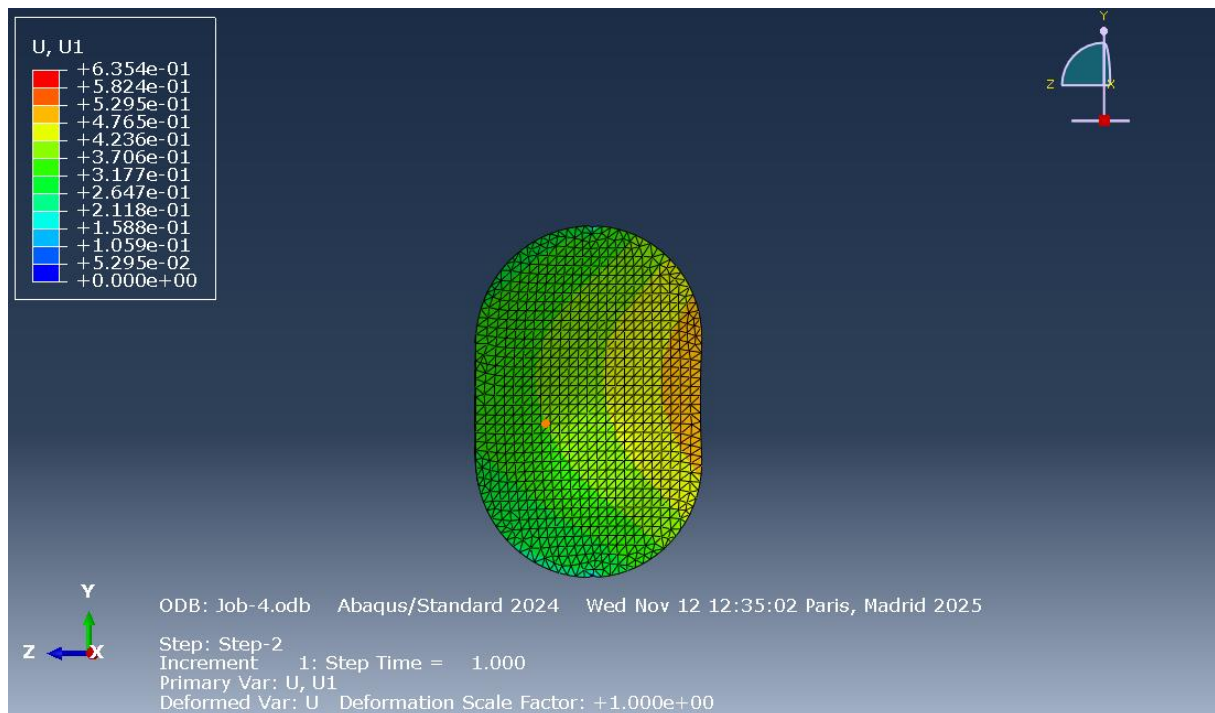
D'un point de vue physique, pour une géométrie et des conditions aux limites fixées, le déplacement sous une force imposée est en première approximation inversement proportionnel au module d'Young. La légère différence entre la solution numérique et la mesure expérimentale peut donc s'interpréter comme un petit écart entre le module  $E$  utilisé dans le modèle et le module effectif de la résine imprimée. Afin d'affiner la validation, j'ai ajusté la valeur de  $E$  dans la plage fournie par la fiche matériau : avec  $E = 2,08$  GPa et un maillage  $size = 0,7$  mm, on obtient un déplacement simulé de 0,227 mm, encore plus proche de la valeur expérimentale 0,228 mm. Cela confirme que le modèle est cohérent et que le recalage du module d'Young dans l'intervalle [1,7 ; 2,3] GPa permet d'améliorer l'accord numérique/expérimental.



## ANNEXE

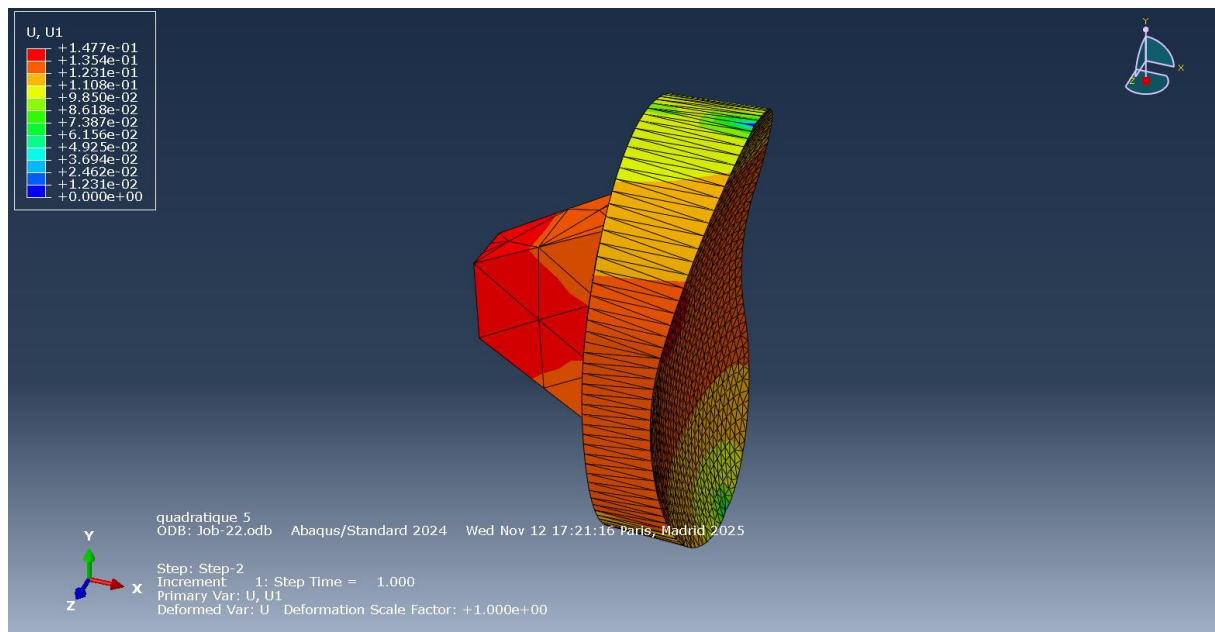
quadratique

0.8 40046 elements

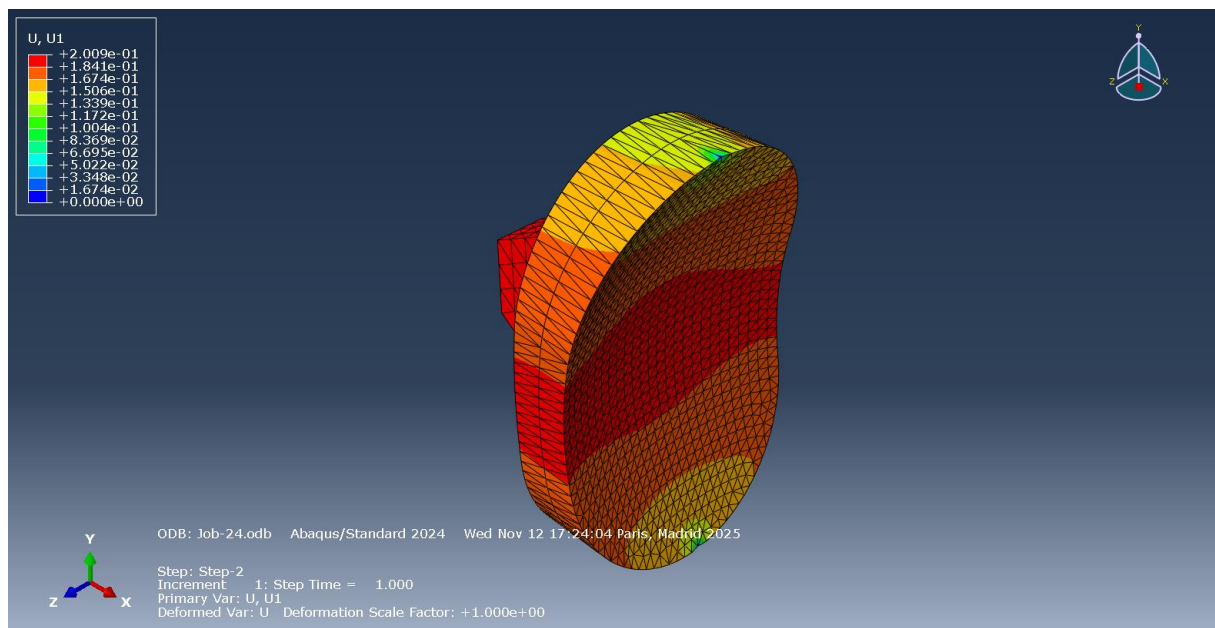


Avec 5 13895 elements

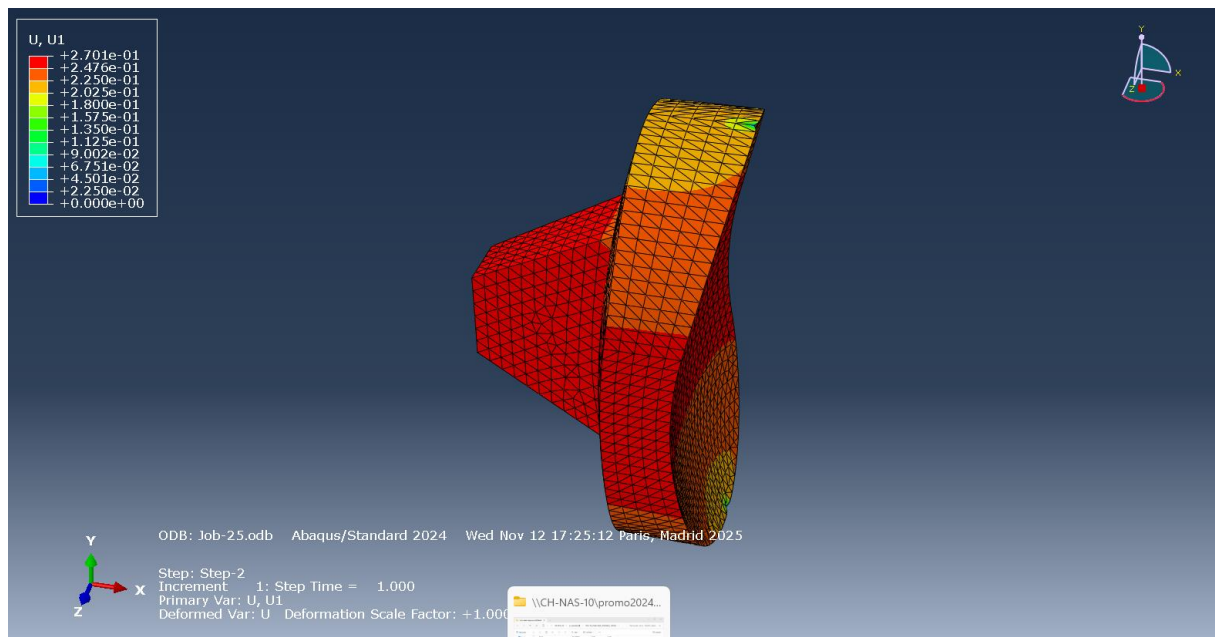




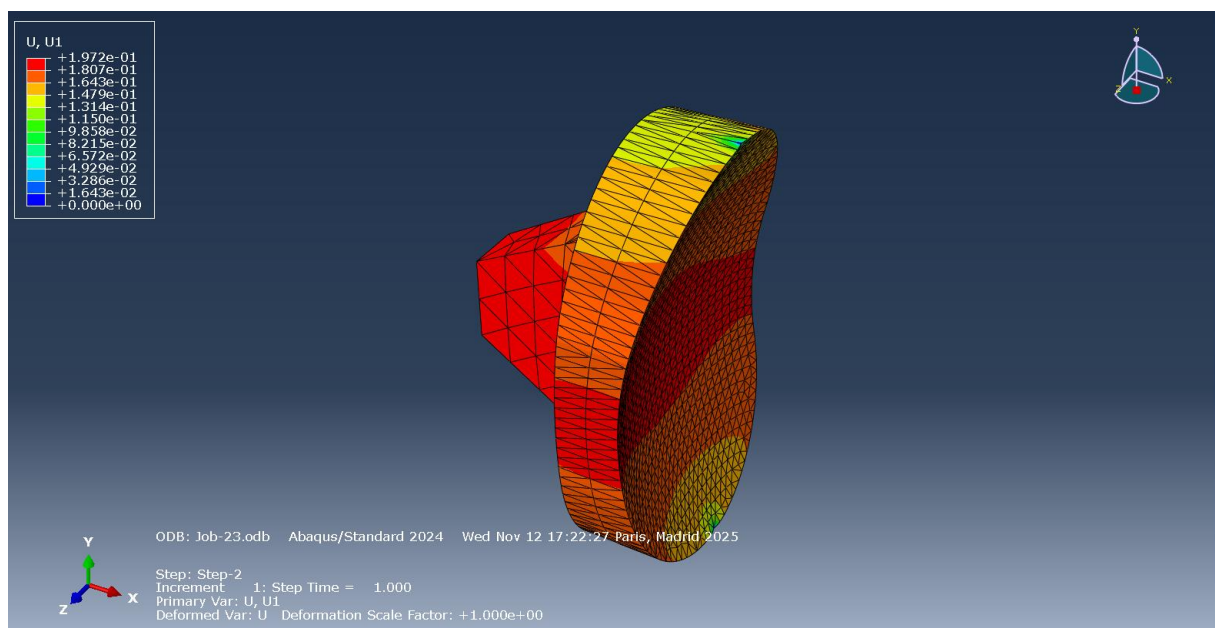
Avec 2 16704 elements



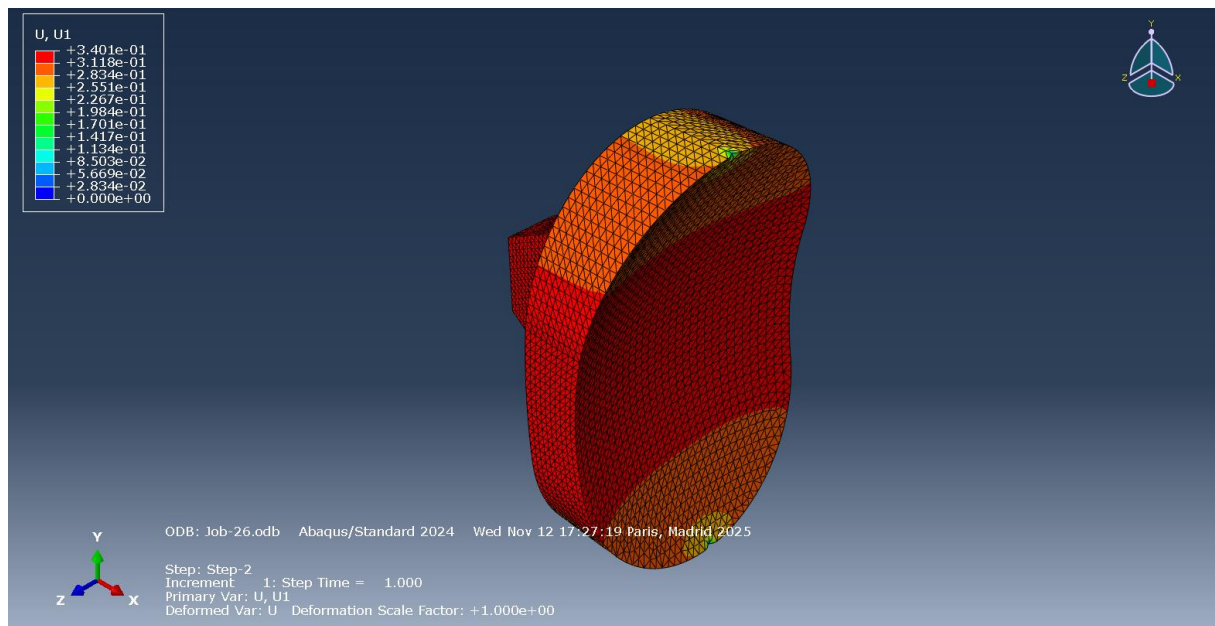
Avec 1 32136 elements



3 14724 éléments

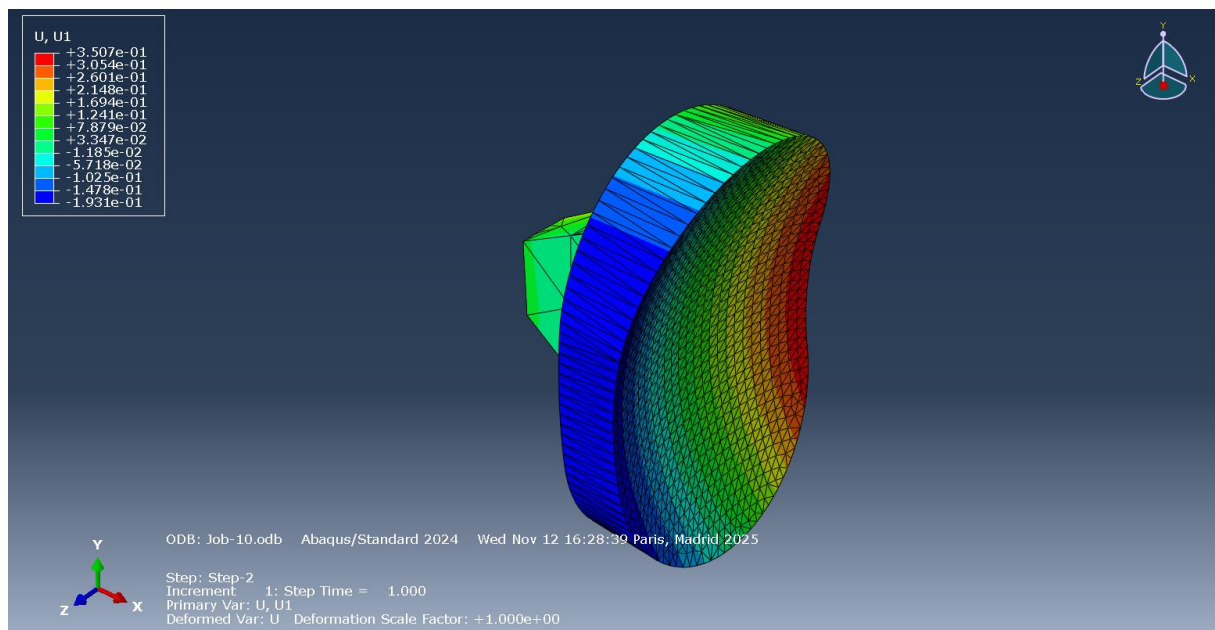


0.5 101668 elements

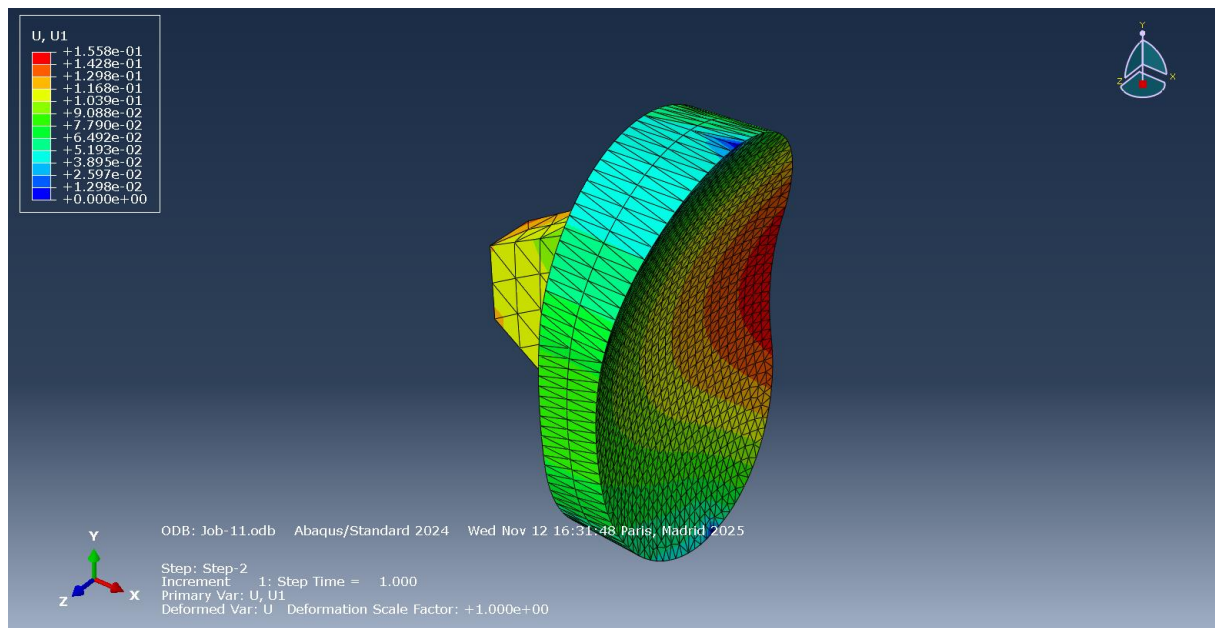


Linéaire

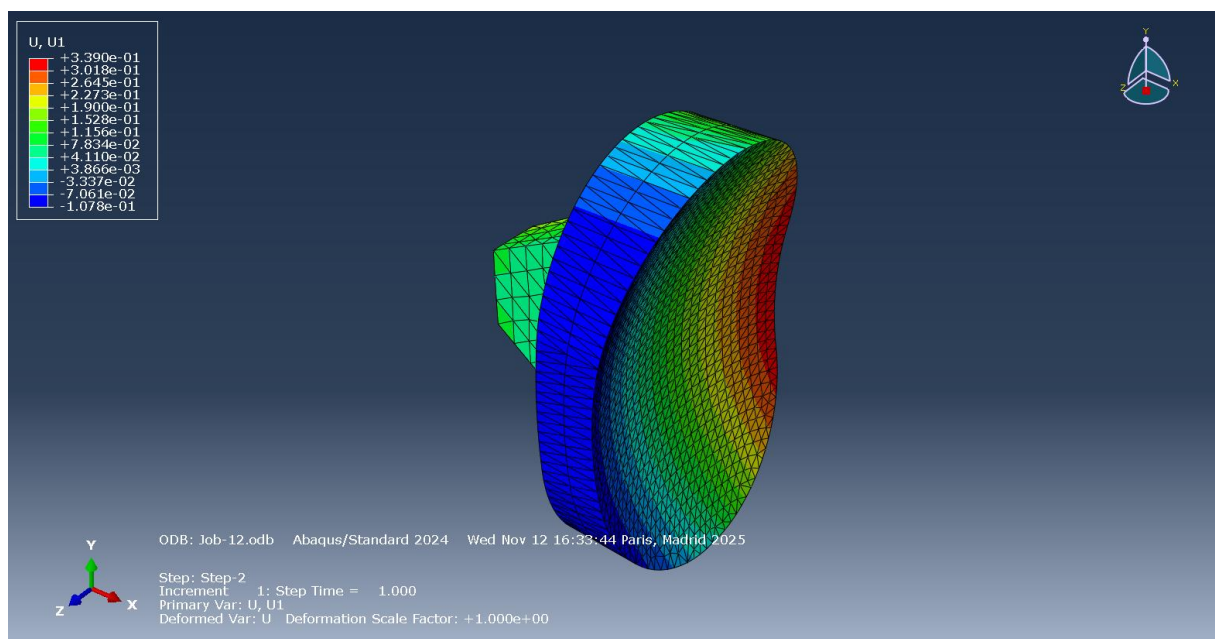
5 13895 elements



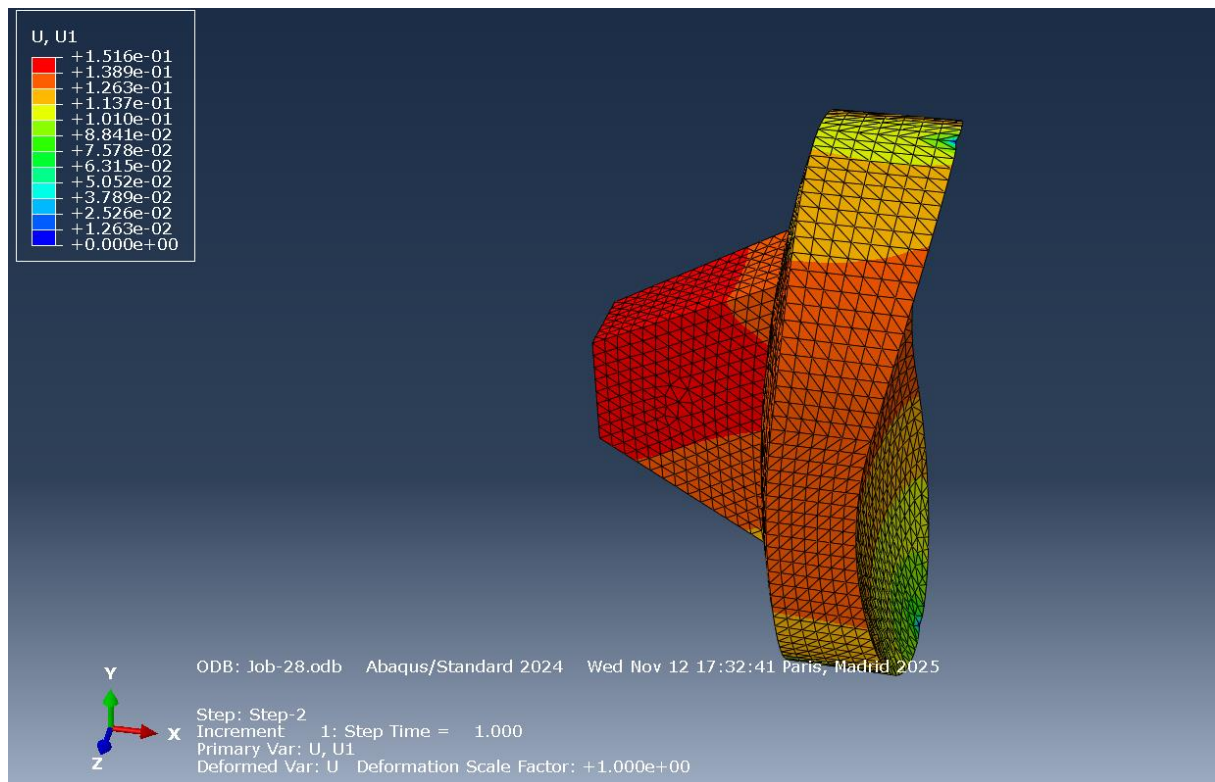
3 14724 elements



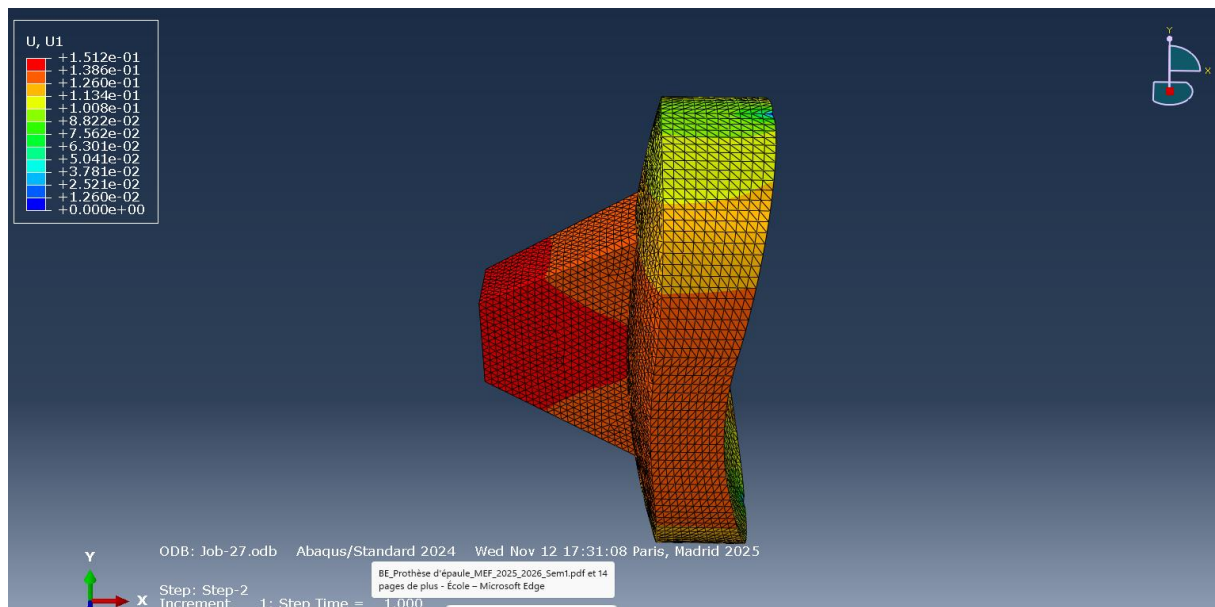
2 16704 elements



0.8 40046

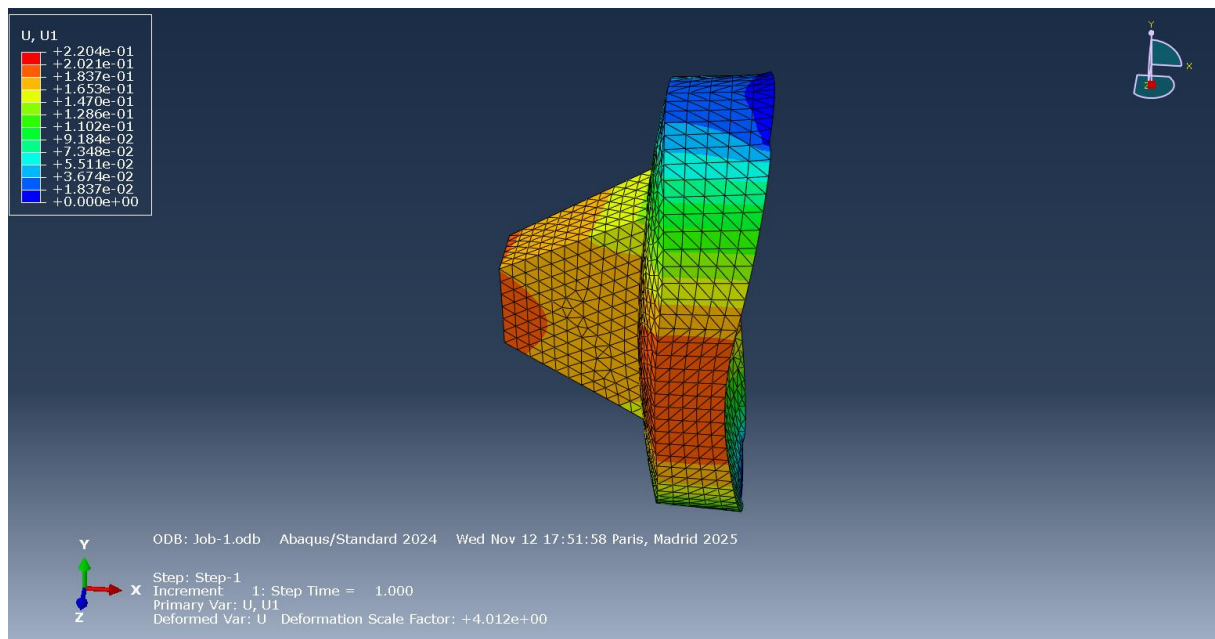


0.5 101668 elements

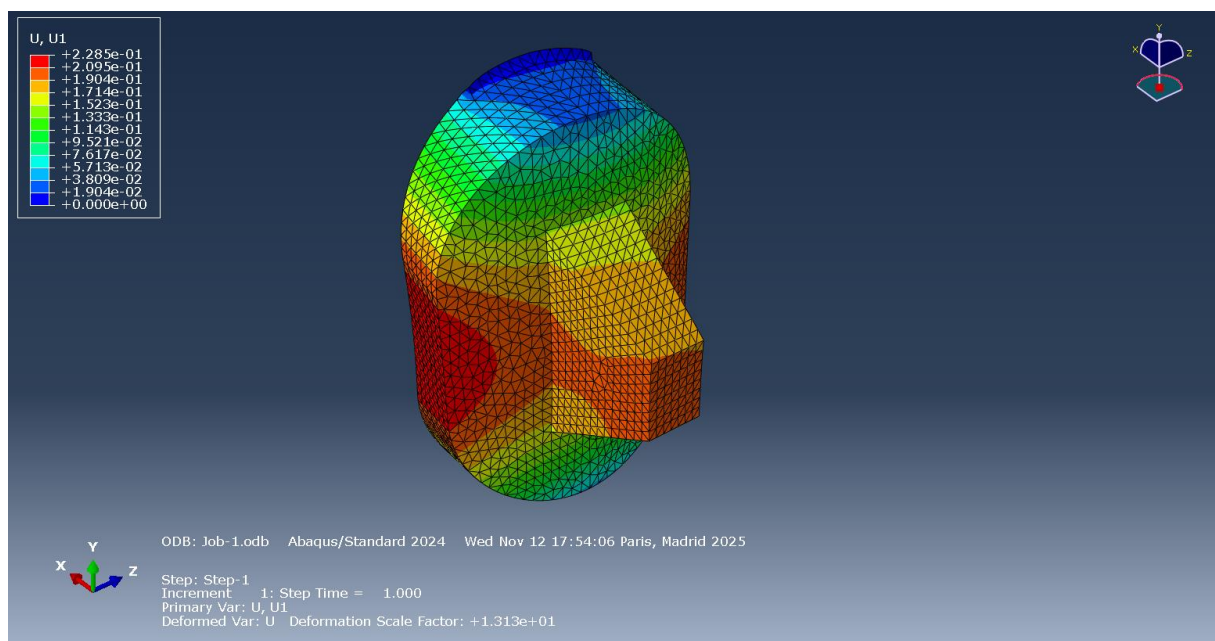


On change les bc avec des trucs genre partitions et puis la  
1 18800 elements

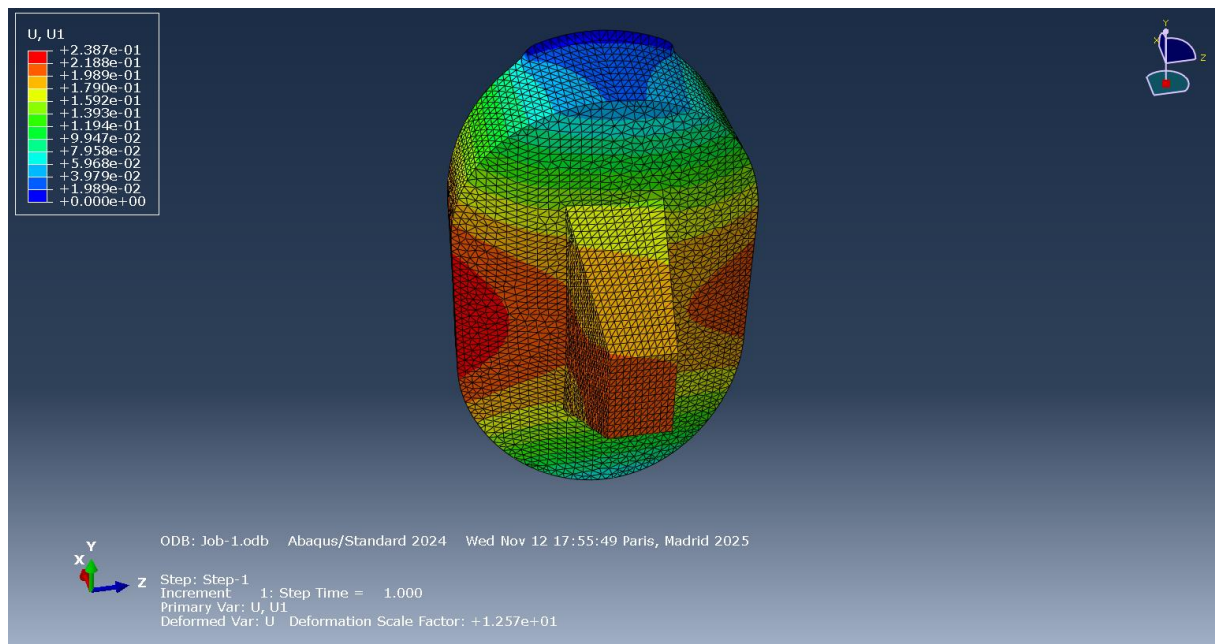




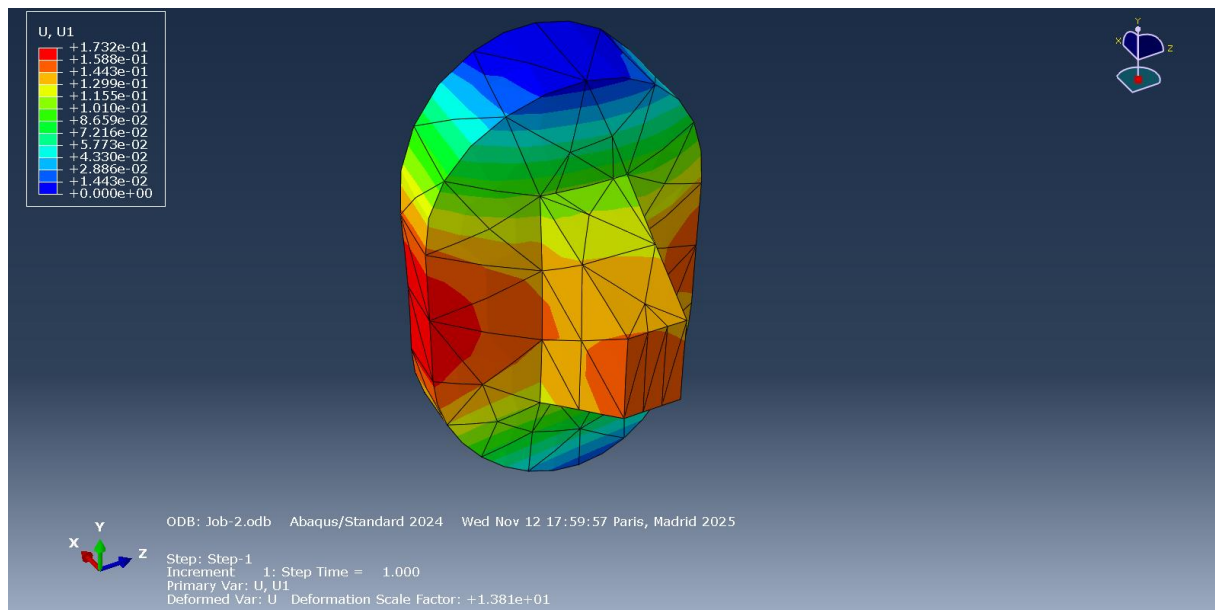
0.8 39648 elements



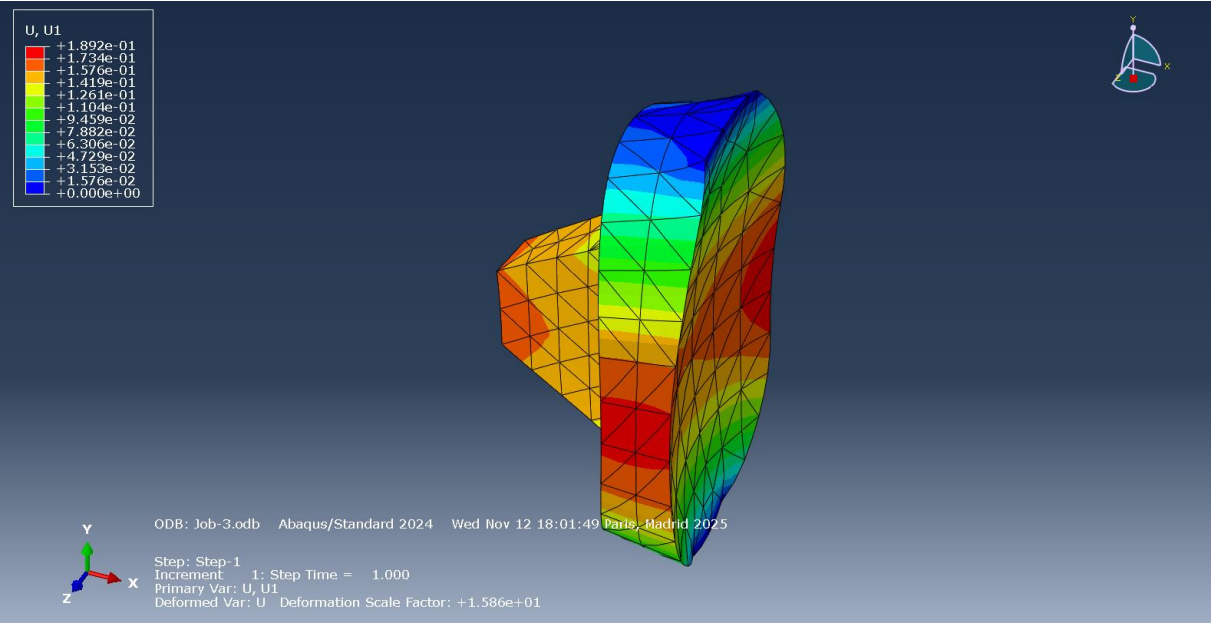
0.5 128693



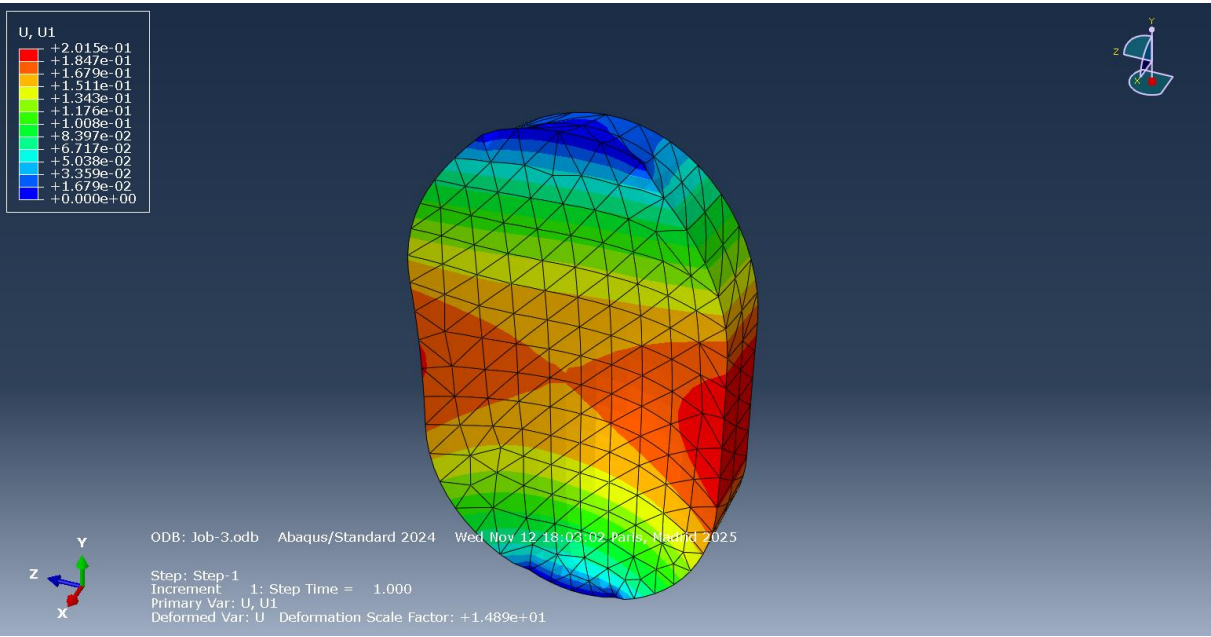
5 250 elements



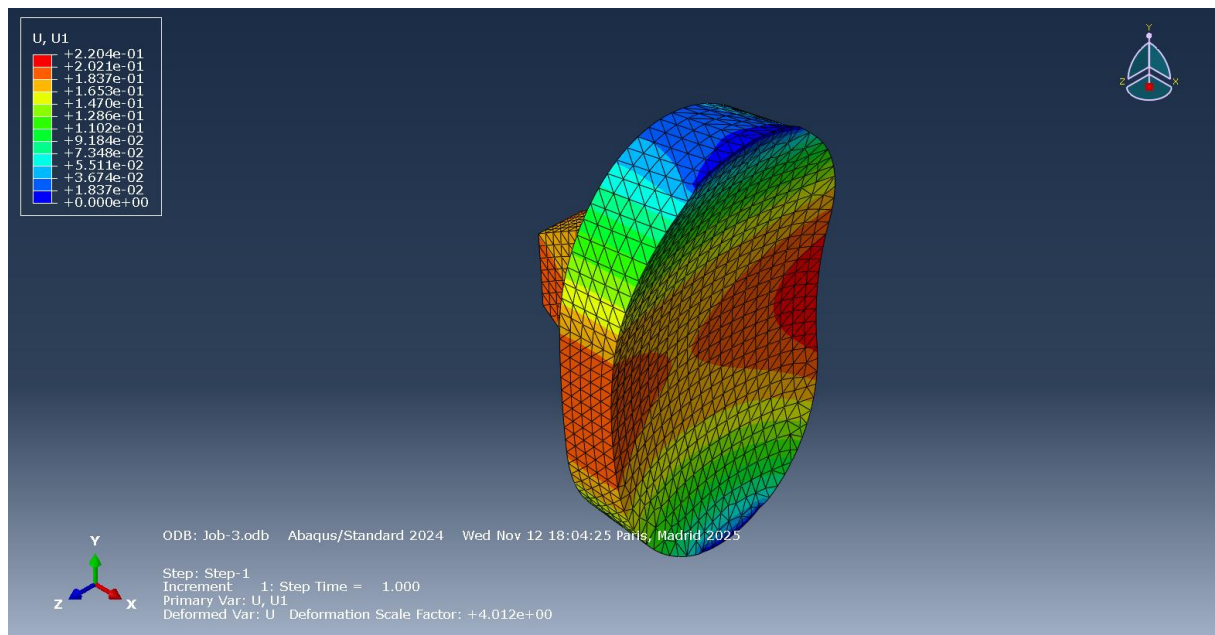
3 1082 elements



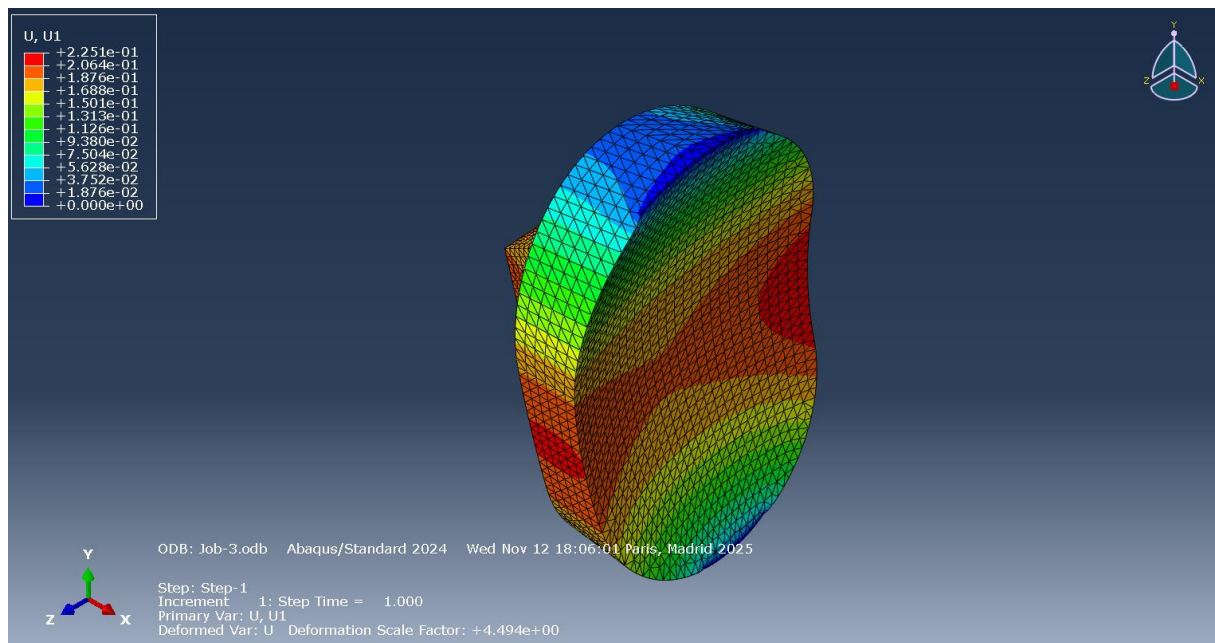
2 2926



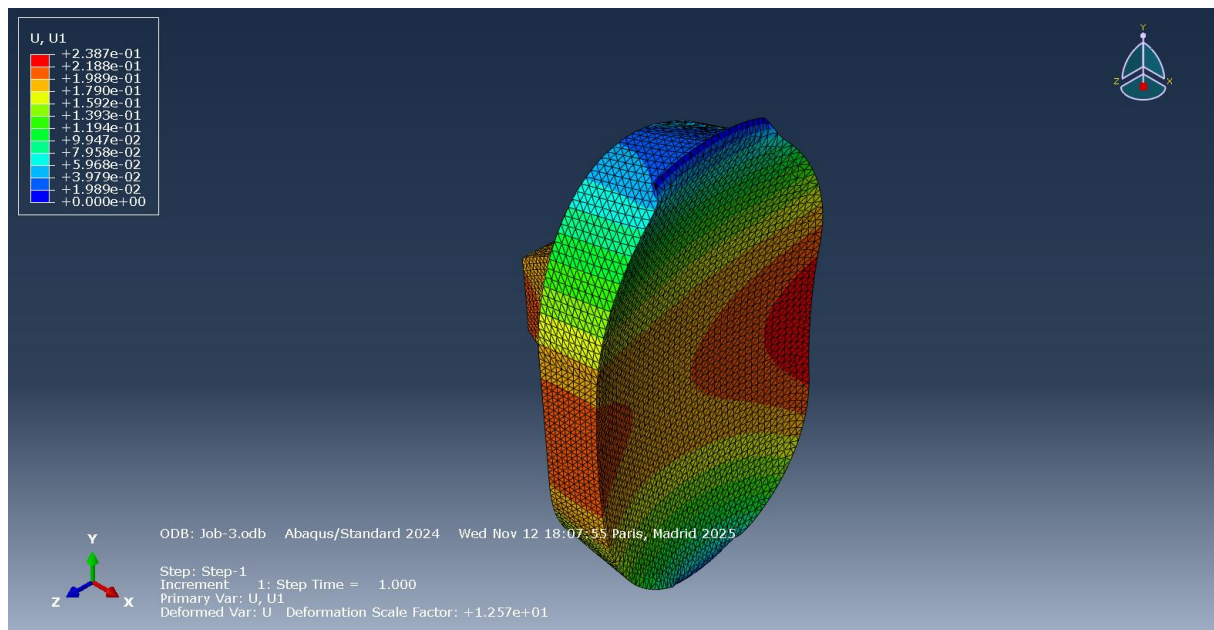
1 18800



0.7 50605



0.5 128693



Il ya plein de type de géométrie de mailles linéaire, hexaédre tétradrère, quadratique ou linéaire carr cela a une influence directe sur le résultat.

On pourrait se dire de rendre directement les éléments à 20 noeuds mais il faut regarder le temps de calculs

Il faut faire une étude de convergence pour vérifier les résultats, physical validation are necessary

Nuance de faire les mesh selon si on assemble avant genre si on a dix écrous il ne faut pas faire le maillage 10 fois

Pour load manager on a des points pas des noeuds car on n'a pas encore de maillage

En gros les étapes

Dans property matériaux sections, create section et assign section

Assembly create instance

Load ou on met en haut avec hypothèse que c'est uniforme sur quatre points puis on a aussi en bas



The background of the entire page is a photograph of a historic building's courtyard. The building is constructed of red brick with multiple stories, featuring arched windows and doorways. A central courtyard is visible, with a green lawn and some dark foliage in the foreground. A large, semi-transparent pink rectangle is overlaid on the center of the image, containing the contact information.

## Contact

—  
Mail  
Téléphone  
Adresse