

FINAL DE L'UV TN90

Durée : 2h.

Document autorisé: une feuille recto manuscrite.

Calculatrice autorisée.

- Toute réponse non justifiée sera ignorée.
- Seules les explications claires et précises seront prises en compte lors de la correction.
- **Attention ... quantité ne rime pas avec qualité !**

L'objectif de ce final est de tester vos connaissances et compétences nécessaires à la création d'un modèle éléments finis. Nous vous proposons de nous expliquer la démarche sur un cas d'étude réel.

PRESENTATION DU PROBLEME

Le but de cette étude est de vérifier et valider (ou non) les performances statiques d'une nouvelle version d'un triangle de suspension d'une automobile de compétition. La comparaison de performance et la validation se feront par comparaison entre les performances simulées par éléments finis du nouveau design et les données mesurées sur la précédente version. Les critères de comparaisons retenus sont :

- rigidité de flexion augmentée de 20%.
- contraintes max. admissibles (charge 1000N)

Pour ce faire, nous souhaitons effectuer un calcul statique avec un ensemble de conditions limites pour déterminer les contraintes maximales et la rigidité de flexion de la pièce.

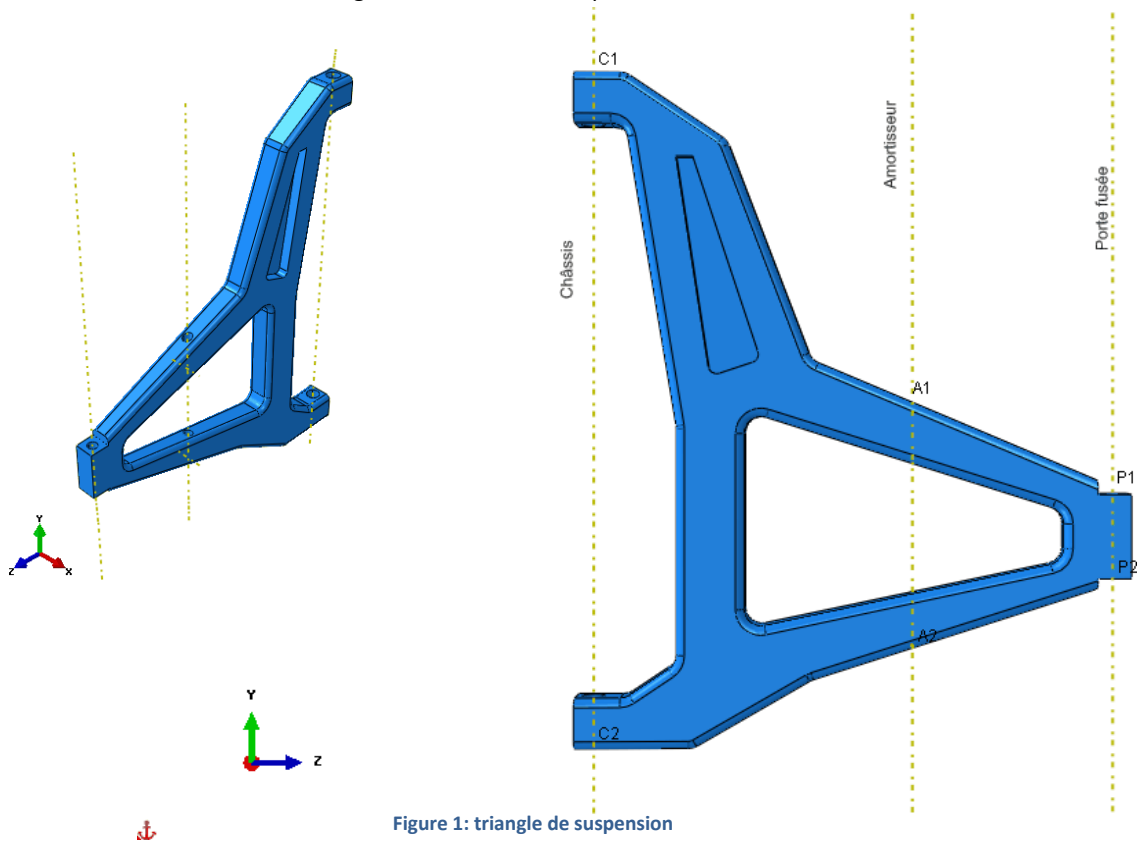


Figure 1: triangle de suspension

Dans le cas présent, on suppose les axes d'articulation châssis, porte fusée et amortisseur comme infiniment rigides. L'amortisseur est également considéré comme parfaitement rigide. Ainsi, les axes A_1-A_2 et C_1-C_2 ne peuvent pas se déplacer sous l'effet de la charge. Une force totale de 1000 N est appliquée sur l'axe de porte fusée P_1-P_2 dans la direction x.

HYPOTHESES GEOMERIQUES

La pièce étudiée nous est fournie dans un fichier CAO (Format Step) et est présentée sur la figure 1. La géométrie est donnée en millimètres.

1. Donner le système d'unités dans lequel vous travaillez (Longueurs, Déplacements, Contraintes, module d'Young).
2. Espace de modélisation.
 - a. Cette géométrie possède un plan de symétrie. Peut-on considérer ce problème comme symétrique ? Justifier votre réponse.
 - b. Quel type de modélisation retenez-vous donc ici ?

HYPOTHESES DE COMPORTEMENTS PHYSIQUES

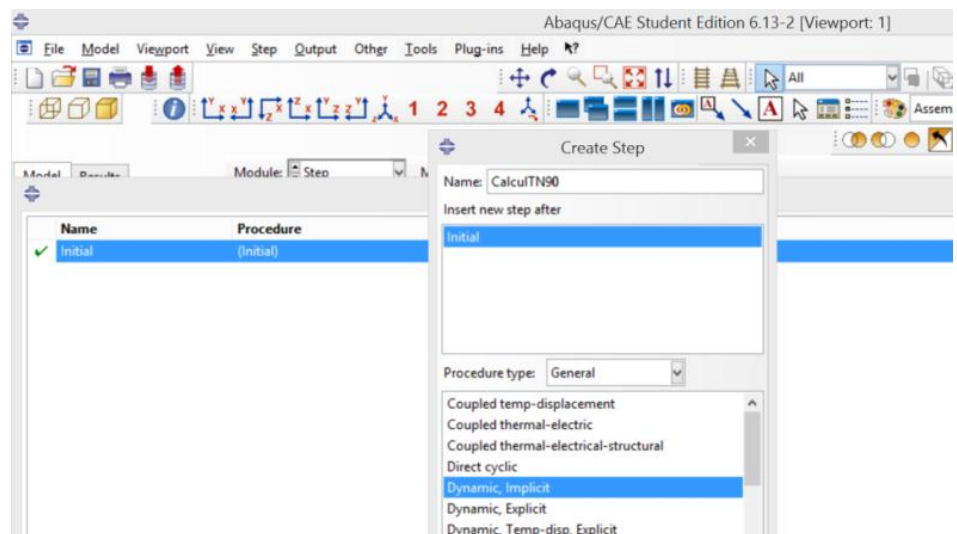
La pièce est usinée dans un bloc d'aluminium 7000 monolithique précédemment moulé. Aucun autre matériau n'est utilisé. L'aluminium 7000 utilisé est supposé linéaire, élastique et isotrope. Il est caractérisé par les propriétés constitutives suivantes :

- module de Young $E = 71$ GPa
 - coefficient de Poisson = 0.33
3. Qu'est-ce qu'une loi de comportement ?
 4. Qu'est-ce qu'un matériau isotrope ?
 5. Qu'est-ce qu'un matériau élastique ?
 6. Loi retenue dans le problème traité :
 - a. Donner le nom de loi retenue dans votre problème.
 - b. Décrire et expliquer cette loi.

TYPE DE PROBLEME / RESOLUTION

Nous arrivons au type de simulation à réaliser (module STEP, figure 2).

Figure 2: type de calcul à réaliser



7. Quelle option choisissez-vous ici ? Justifier.
8. Décrire le problème physique que vous allez traiter.
9. Donner les inconnues du problème et l'équation différentielle qui régit ce problème.
10. Ce problème est donc résolu avec Abaqus en mettant en œuvre la méthode des éléments finis.
 - a. Donner la formulation discrète de ce problème que résout finalement Abaqus.
 - b. Donner et expliquer les grandes étapes pour passer de l'EDP à la formulation discrète.

CHARGEMENT

11. Deux types de conditions aux limites sont imposés à la structure. Expliquer (éventuellement à l'aide d'un dessin sur la figure 1) les différents types de conditions aux limites appliqués à la structure considérée.
12. Expliquer les principales différences entre ces deux types de conditions aux limites.

MAILLAGE

Une étape importante dans la création d'un modèle éléments finis est la création d'un maillage. Dans le cas présent, à cause de la relative complexité de la géométrie analysée et des contraintes de temps, une méthode de maillage tétraédrique libre est utilisée majoritairement.

13. Que signifie ceci ?

Deux maillages sont générés pour mener une étude de convergence. Pour chaque cas, la qualité du maillage est vérifiée pour s'assurer qu'aucun élément n'est invalide ou distordu.

14. Qu'est-ce qu'un élément distordu ?
15. Quelles peuvent être les conséquences de la présence de ce type d'éléments dans votre maillage ?
16. Que pouvez-vous faire pour éviter la présence de ce type d'éléments ?

Le premier maillage est donné Figure 3.

17. Quel est le nombre d'éléments et de nœuds de ce maillage ? (Répondre à cette question dans le tableau 1).
18. Donner la forme des éléments qui ont été utilisés pour ce maillage.
19. Approximation.
 - a. Quel est la nature de l'approximation retenue ici ? Détailler.
 - b. Quels sont ses avantages ? Inconvénients ?

Le second maillage est donné Figure 4.

20. Quel est le nombre d'éléments et de nœuds de ce maillage ? ? (Répondre à cette question dans le tableau 1).
21. Quelles sont les différences majeures entre les maillages 1 et 2 ? Expliquer.
22. Selon vous, lequel apportera les meilleurs résultats ? Pourquoi ?

La convergence du maillage est étudiée en comparant les déplacements maximaux et les contraintes équivalentes de Von Mises pour les deux maillages sous le cas de charge considéré. Les résultats sont présentés sur les Figures 5 et 6.

23. Quel est le déplacement maximal lié à la déformation du triangle de suspension sous charge de 1000 N dans les deux cas ? ? (Répondre à cette question dans le tableau 1).

24. Quel est la contrainte équivalente de Von Mises maximale calculée pour une charge de 1000 N dans les deux cas ? ? (Répondre   cette question dans le tableau 1).
25. Que constatez-vous ?

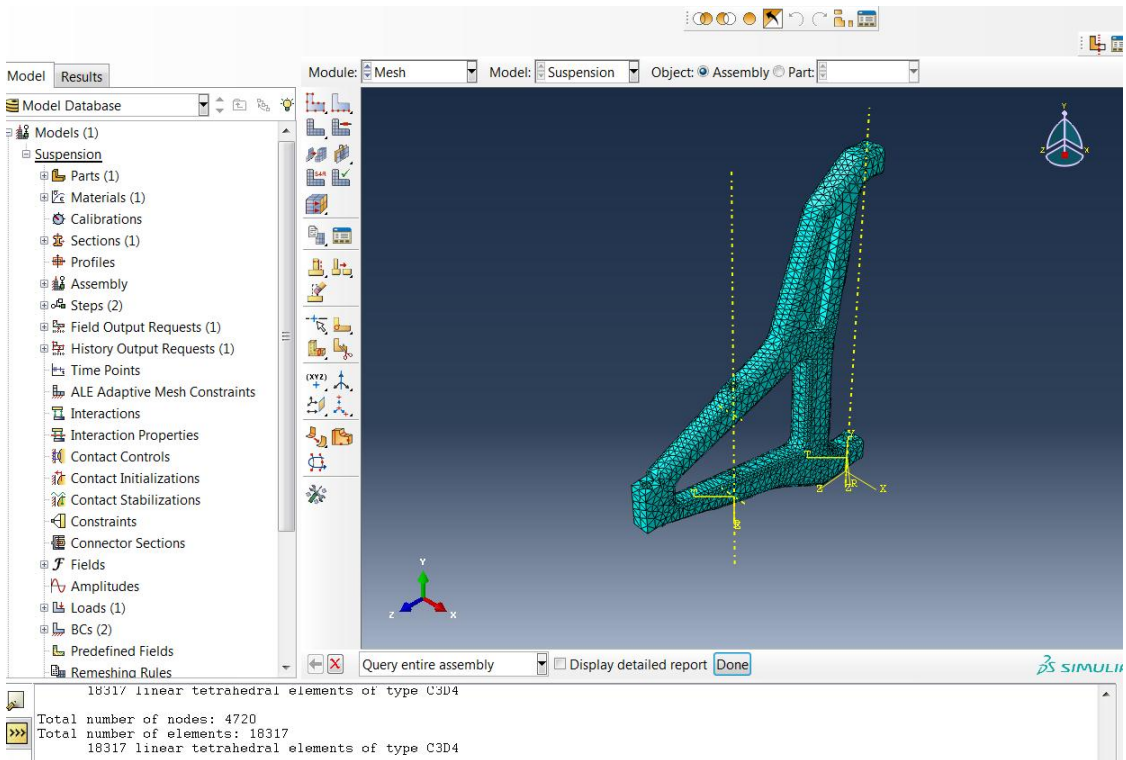


Figure 3: maillage 1

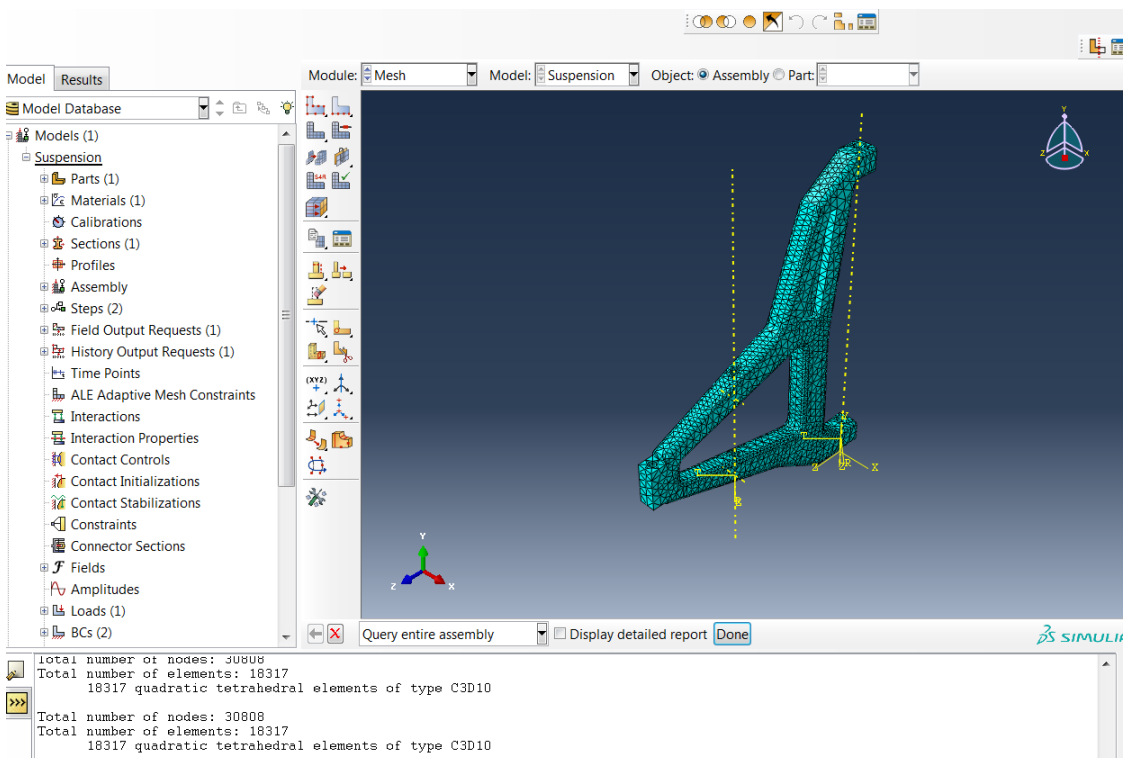


Figure 4: maillage 2

	Maillage 1 (Figure 3)	Maillage 2 (Figure 4)
Nombre de nœuds		
Nombre d'éléments		
Déplacement maximal		
Contrainte de Von Mises maximale		

Tableau 1 : etude de convergence

RESULTATS ET ANALYSES

Le maillage 2 a été retenu pour la suite de l'étude.

26. Critère en contraintes. L'aluminium 7000 a une limite élastique σ_e d'environ 400 MPa et on choisit un coefficient de sécurité S_f de 1.5. Quelles conclusions pouvez-vous faire concernant le cas de charge ?

27. La rigidité de flexion est définie ici comme étant

$$k_{flex} = \frac{\text{Force sur l'axe de porte fusée (direction X)}}{\text{déplacement de l'axe de porte fusée (direction X)}}$$

avec les axes de châssis et d'amortisseurs bloqués. Le précédent design conduisait à $k_{flex} = 2200$ N/mm.

Nous souhaitons augmenter cette rigidité d'au moins 20% avec ce nouveau design. Ce critère est-il vérifié ?

28. Avez-vous des recommandations concernant ce nouveau design ?

DISCUSSION

On souhaiterait encore améliorer les performances de cette pièce. Pour ce faire, on souhaiterait diminuer la masse de ce triangle de suspension tout en s'assurant que la contrainte de Von Mises reste inférieure à la limite élastique. On décide donc de mettre en place un processus d'optimisation de forme paramétrique.

29. Quelle est la différence entre optimisation topologique et optimisation paramétrique ?

30. Définition du problème d'optimisation géométrique.

- a. Quelle est dans ce cas votre fonction objectif ?
- b. Quelles pourraient être les variables d'optimisation ?
- c. Quelles sont vos contraintes d'optimisation ?

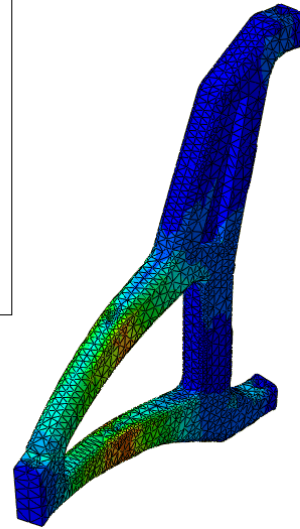
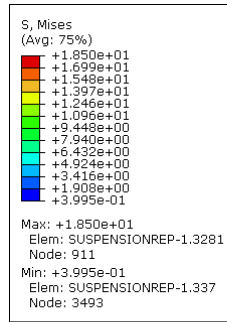
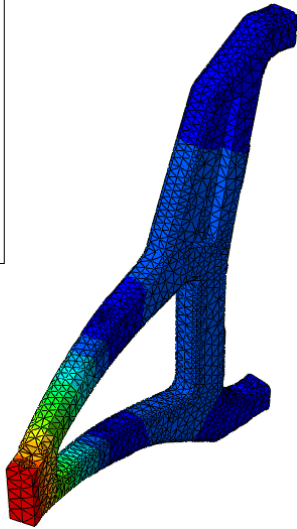
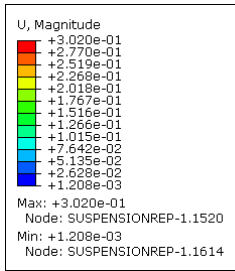


Figure 5: résultats du maillage 1

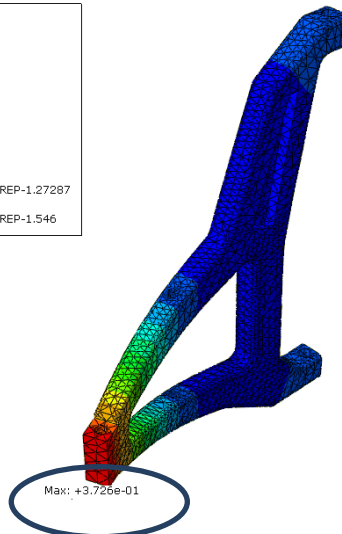
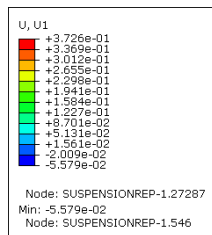
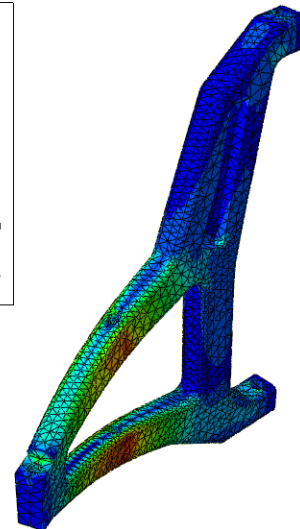
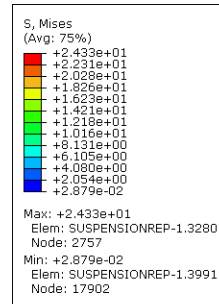
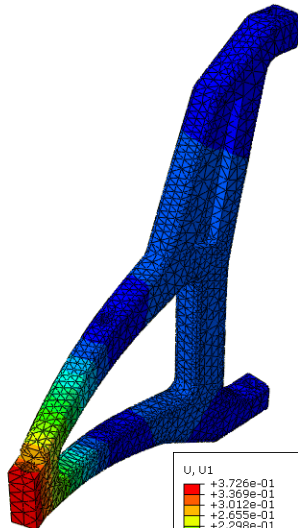
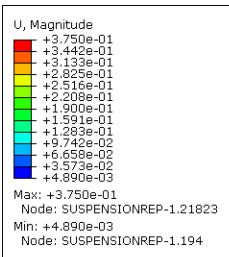


Figure 6: résultats du maillage 2