

SSNS109 – Poutre console soumise à un effort tranchant

Résumé :

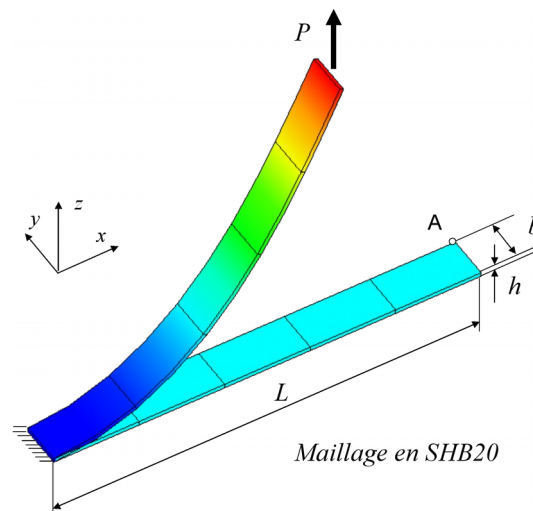
Ce test de mécanique quasi - statique non linéaire permet de valider les éléments SHB en non linéaire géométrique.

Quatre modélisations permettent d'étudier différentes configurations :

- modélisation A à D : comportement élastique linéaire, grands déplacements, test sur tous les éléments SHB (SHB8, SHB6, SHB20, SHB15)

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



Géométrie, chargement et déplacement de la poutre console en non-linéaire géométrique et grand déplacement, exemple d'un maillage de 5 éléments SHB20

- Dimensions de la poutre :
 - $L = 10\text{m}$
 - $b = 1$
 - Épaisseur $h = 0.1\text{m}$

1.2 Propriétés du matériau

Les caractéristiques fixées sont les suivantes :

Caractéristiques élastiques :

$$E = 1.2 \times 10^6 \text{ Pa}$$

$$NU = 0$$

1.3 Conditions aux limites et chargements

La poutre est encastree à une extrémité. L'autre extrémité est libre et on applique une force concentrée P suivant la direction Z . Cette force est appliquée incrémentalement de 0 à P_{max} :

$$P_0 = \frac{EI}{L^2} = 1 \text{ N} \text{ et } P_{max} = 4 P_0$$

Le chargement est piloté par la valeur du déplacement suivant Z du point A . L'amplitude de la force (coefficient ETA de pilotage) est augmentée de façon que le déplacement croisse jusqu'à 6.7mm par pas de 0.1mm.

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul

Solution numérique [bib1] : valeurs du paramètre de pilotage (donc de la force P) en fonction du temps (donc du déplacement U_z du point A).

2.2 Grandeurs et résultats de référence

Coefficient de pilotage (coefficient Multiplicateur de la force appliquée) en fonction du déplacement U_z du point A .

Résultats de référence obtenus par une modélisation en 16x1x1 éléments coque $S4R$ d'Abaqus.

| P/P_{max} | $-U_x(m)$ | $U_z(m)$ | P/P_{max} | $-U_x(m)$ | $U_z(m)$ | P/P_{max} | $-U_x(m)$ | $U_z(m)$ |
|-------------|-----------|----------|-------------|-----------|----------|-------------|-----------|----------|
| 0,05 | 0,026 | 0,663 | 0,4 | 1,184 | 4,292 | 0,75 | 2,541 | 6,031 |
| 0,1 | 0,103 | 1,309 | 0,45 | 1,396 | 4,631 | 0,8 | 2,705 | 6,190 |
| 0,15 | 0,224 | 1,922 | 0,5 | 1,604 | 4,933 | 0,85 | 2,861 | 6,335 |
| 0,2 | 0,381 | 2,493 | 0,55 | 1,807 | 5,202 | 0,9 | 3,01 | 6,467 |
| 0,25 | 0,563 | 3,015 | 0,6 | 2,002 | 5,444 | 0,95 | 3,151 | 6,588 |
| 0,3 | 0,763 | 3,488 | 0,65 | 2,190 | 5,660 | 1 | 3,286 | 6,698 |
| 0,35 | 0,971 | 3,912 | 0,7 | 2,370 | 5,855 | | | |

2.3 Incertitudes sur la solution

Sans objet

2.4 Références bibliographiques

1. Sze K.Y, Liu X.H, and Lo S.H. Popular benchmark problems for geometric nonlinear analysis of shells. *Finite Elements in Analysis and Design*, Volume 40, Issue 11, Pages 1551-156, 2004.

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

Encastrement d'une extrémité. Élasticité linéaire en grands déplacements.

3.2 Caractéristiques du maillage

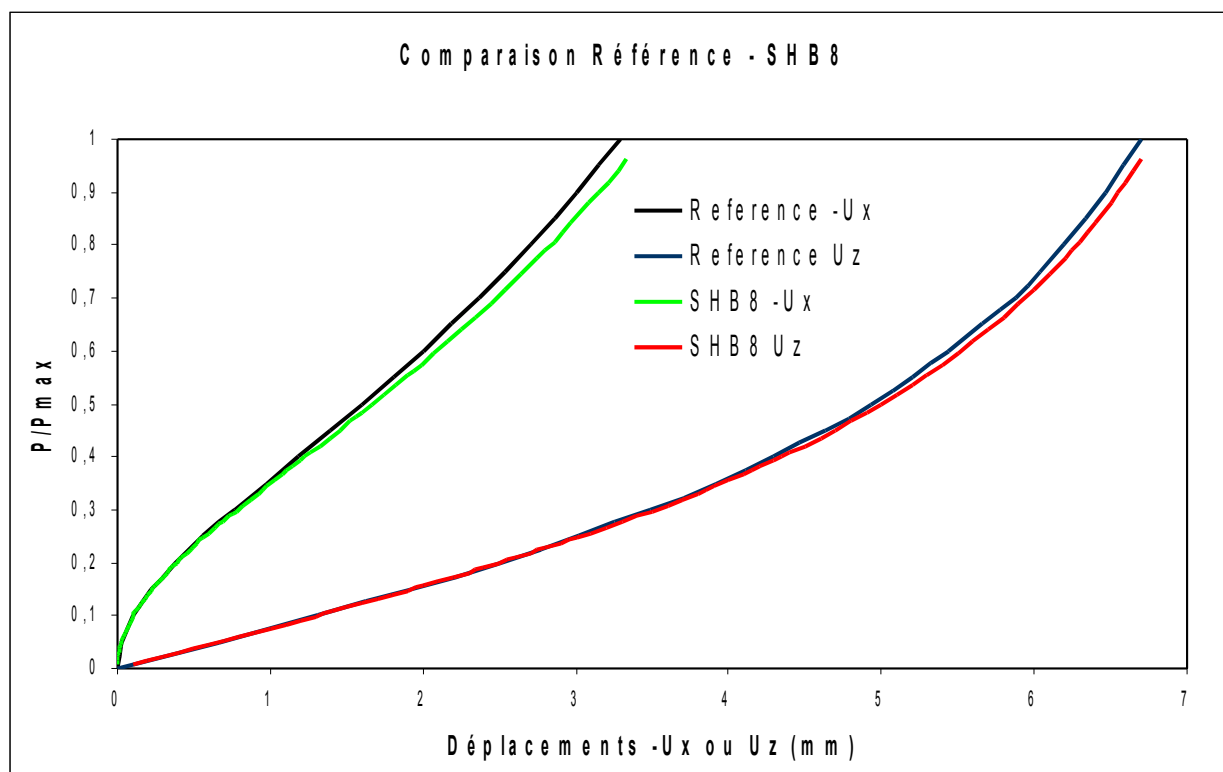
Nombre de nœuds : 126

Nombre de mailles et types : 40 HEXA8 .

3.3 Grandeurs testées et résultats

Paramètres identifiés : coefficient de pilotage (force appliquée), déplacement en x et z du point A :

| Référence | | | % différence | |
|-------------|-----------|----------|--------------|-------------|
| P/P_{max} | $-U_x(m)$ | $U_z(m)$ | $-U_x(m)$ | P/P_{max} |
| 0,00 | 0,00 | 0,000 | 0,0 | 0 |
| 0,05 | 0,026 | 0,663 | 0,0 | 0,1 |
| 0,10 | 0,103 | 1,309 | 1,9 | 0,2 |
| 0,15 | 0,224 | 1,922 | 0,9 | 0,5 |
| 0,20 | 0,381 | 2,493 | -1,6 | 0,7 |
| 0,25 | 0,563 | 3,015 | 0,0 | 1,0 |
| 0,30 | 0,763 | 3,488 | -1,6 | 1,3 |
| 0,35 | 0,971 | 3,912 | -0,2 | 1,6 |
| 0,40 | 1,184 | 4,292 | -1,3 | 1,9 |
| 0,45 | 1,396 | 4,631 | -0,6 | 2,1 |
| 0,50 | 1,604 | 4,933 | 0,6 | 2,4 |
| 0,55 | 1,807 | 5,202 | -0,2 | 2,7 |
| 0,60 | 2,002 | 5,444 | 0,3 | 2,8 |
| 0,65 | 2,19 | 5,660 | -0,9 | 3,1 |
| 0,70 | 2,37 | 5,885 | -1,3 | 2,1 |
| 0,75 | 2,541 | 6,031 | -0,1 | 3,4 |
| 0,80 | 2,705 | 6,190 | -0,1 | 3,5 |
| 0,85 | 2,861 | 6,335 | 0,1 | 3,6 |
| 0,90 | 3,01 | 6,467 | -2,0 | 3,7 |
| 0,95 | 3,151 | 6,588 | -1,3 | 3,8 |
| 1,00 | 3,286 | 6,698 | -0,5 | 3,9 |



4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

Encastrement d'une extrémité. Élasticité linéaire en grands déplacements.

4.2 Caractéristiques du maillage

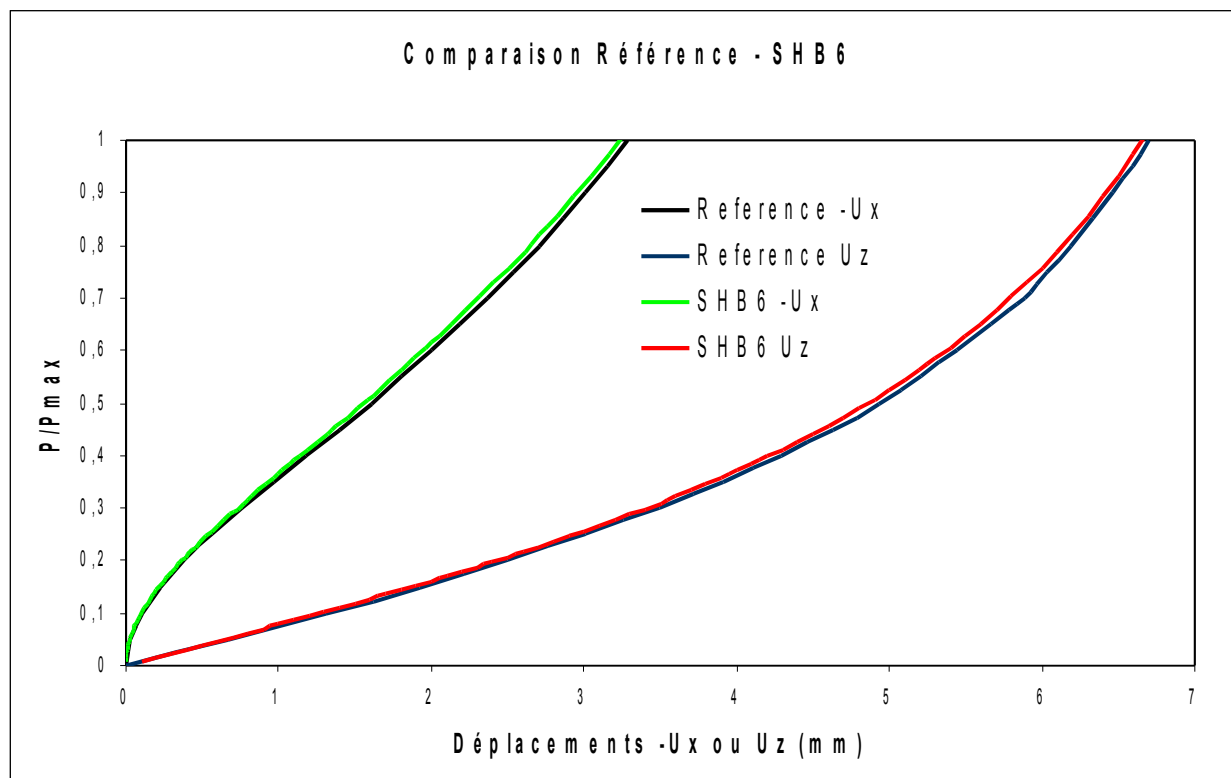
Nombre de nœuds : 2222

Nombre de mailles et types : 2000 PENTA6 .

4.3 Grandeurs testées et résultats de la modélisation B

Paramètres identifiés : coefficient de pilotage (force appliquée), déplacement en x et z du point A :

| Référence | | | % différence | |
|-------------|-----------|----------|--------------|-------------|
| P/P_{max} | $-U_x(m)$ | $U_z(m)$ | $-U_x(m)$ | P/P_{max} |
| 0,00 | 0,00 | 0,000 | 0,0 | 0 |
| 0,05 | 0,026 | 0,663 | 0,00 | -2,00 |
| 0,10 | 0,103 | 1,309 | -0,97 | -3,00 |
| 0,15 | 0,224 | 1,922 | 0,89 | -2,67 |
| 0,20 | 0,381 | 2,493 | -1,57 | -3,00 |
| 0,25 | 0,563 | 3,015 | 0,36 | -2,80 |
| 0,30 | 0,763 | 3,488 | 1,70 | -2,67 |
| 0,35 | 0,971 | 3,912 | 0,10 | -2,57 |
| 0,40 | 1,184 | 4,292 | 2,62 | -2,50 |
| 0,45 | 1,396 | 4,631 | 1,15 | -2,67 |
| 0,50 | 1,604 | 4,933 | 1,18 | -2,60 |
| 0,55 | 1,807 | 5,202 | -0,06 | -2,55 |
| 0,60 | 2,002 | 5,444 | 1,70 | -2,50 |
| 0,65 | 2,19 | 5,660 | 2,37 | -2,46 |
| 0,70 | 2,37 | 5,885 | 2,15 | -3,57 |
| 0,75 | 2,541 | 6,031 | 1,22 | -2,27 |
| 0,80 | 2,705 | 6,190 | -0,33 | -2,25 |
| 0,85 | 2,861 | 6,335 | 1,43 | -2,12 |
| 0,90 | 3,01 | 6,467 | 0,66 | -2,11 |
| 0,95 | 3,151 | 6,588 | -0,29 | -2,00 |
| 1,00 | 3,286 | 6,698 | 0,15 | -1,90 |



5 Modélisation C

5.1 Caractéristiques de la modélisation

Encastrement d'une extrémité. Élasticité linéaire en grands déplacements.

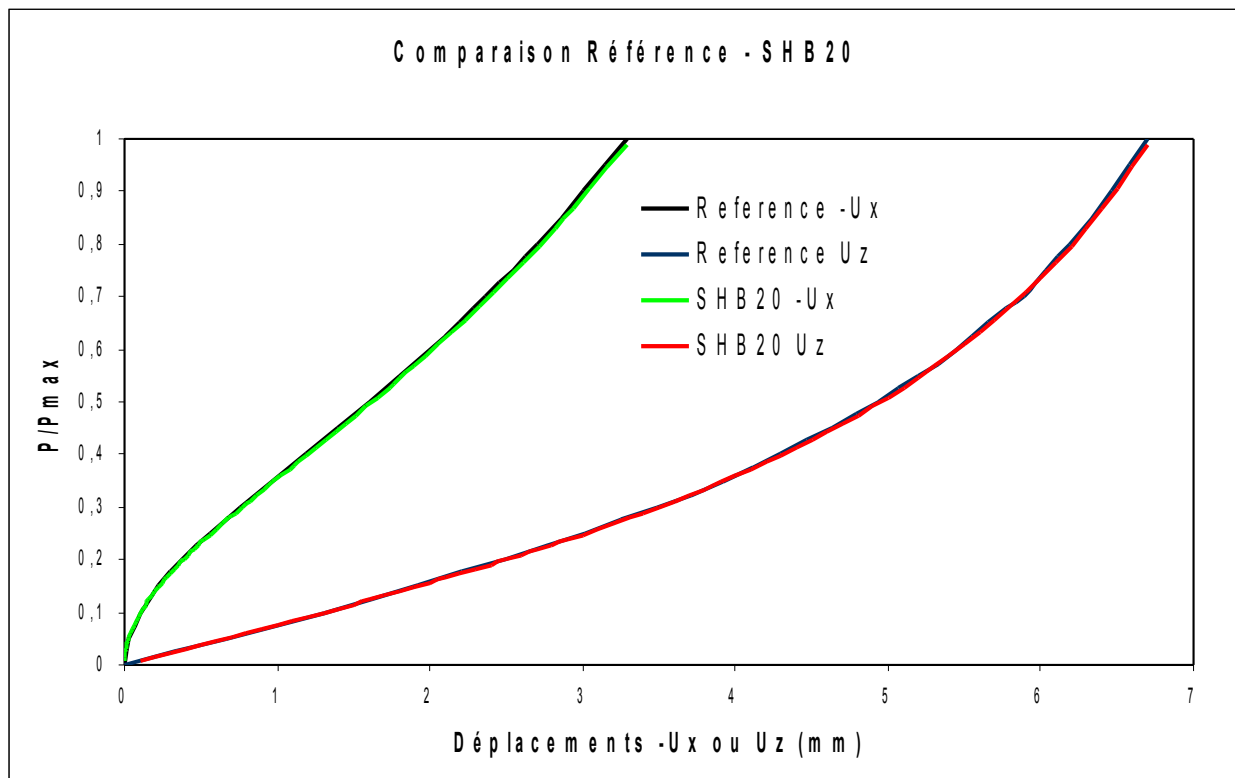
5.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 68
Nombre de mailles et types : 5 HEXA20.

5.3 Grandeurs testées et résultats de la modélisation C

Paramètres identifiés : coefficient de pilotage (force appliquée), déplacement en x et z du point A :

| Référence | | | % différence | |
|-------------|-----------|----------|--------------|-------------|
| P/P_{max} | $-U_x(m)$ | $U_z(m)$ | $-U_x(m)$ | P/P_{max} |
| 0,00 | 0,00 | 0,000 | 0,00 | 2,00 |
| 0,05 | 0,026 | 0,663 | -0,97 | 1,00 |
| 0,10 | 0,103 | 1,309 | 0,89 | 0,67 |
| 0,15 | 0,224 | 1,922 | -1,57 | 0,50 |
| 0,20 | 0,381 | 2,493 | 0,36 | 0,40 |
| 0,25 | 0,563 | 3,015 | 0,39 | 0,33 |
| 0,30 | 0,763 | 3,488 | 0,10 | 0,57 |
| 0,35 | 0,971 | 3,912 | 0,93 | 0,50 |
| 0,40 | 1,184 | 4,292 | 0,43 | 0,44 |
| 0,45 | 1,396 | 4,631 | 0,56 | 0,60 |
| 0,50 | 1,604 | 4,933 | -0,06 | 0,55 |
| 0,55 | 1,807 | 5,202 | -0,05 | 0,67 |
| 0,60 | 2,002 | 5,444 | 0,37 | 0,77 |
| 0,65 | 2,19 | 5,660 | -1,69 | -0,43 |
| 0,70 | 2,37 | 5,885 | 0,43 | 0,80 |
| 0,75 | 2,541 | 6,031 | -0,26 | 0,88 |
| 0,80 | 2,705 | 6,190 | 0,28 | 0,94 |
| 0,85 | 2,861 | 6,335 | -0,37 | 1,00 |
| 0,90 | 3,01 | 6,467 | 0,03 | 1,05 |
| 0,95 | 3,151 | 6,588 | 0,06 | 1,10 |
| 1,00 | 3,286 | 6,698 | 0,00 | 2,00 |



6 Modélisation D

6.1 Caractéristiques de la modélisation

Encastrement d'une extrémité. Élasticité linéaire en grands déplacements.

6.2 Caractéristiques du maillage

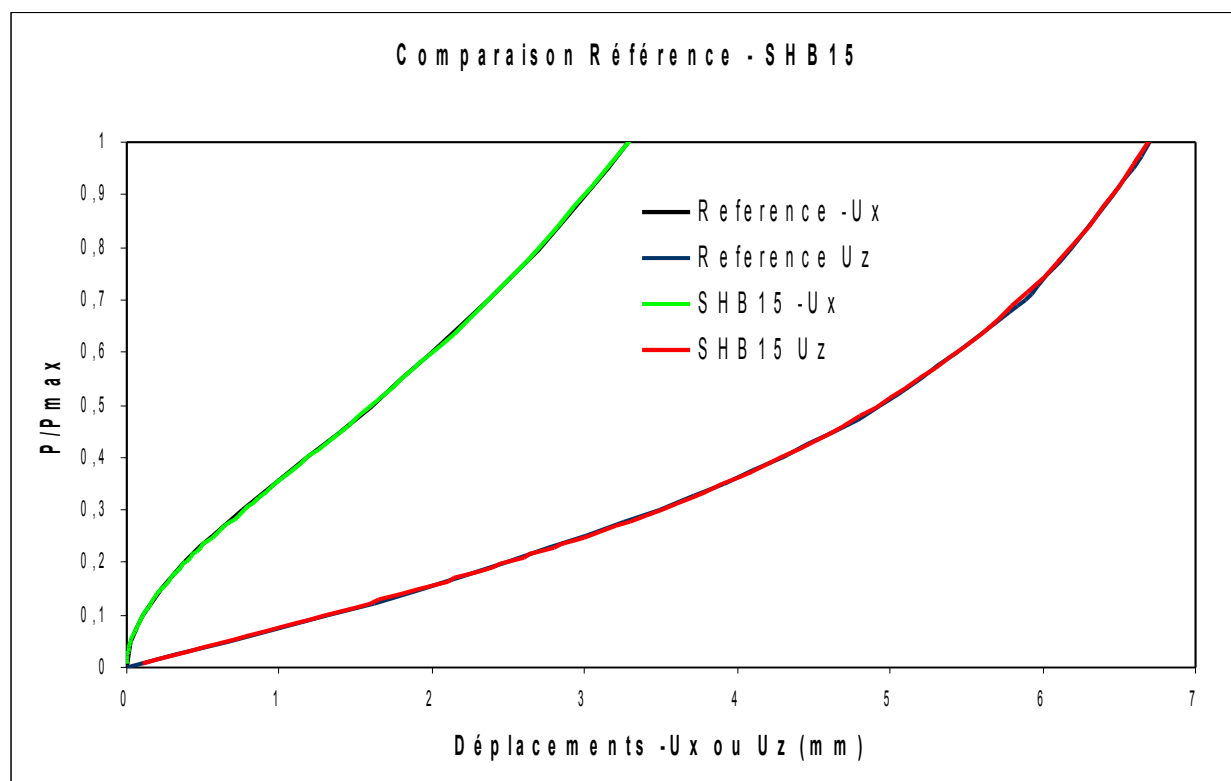
Nombre de nœuds : 218

Nombre de mailles et types : 30 PENTA15.

6.3 Grandeurs testées et résultats de la modélisation D

Paramètres identifiés : coefficient de pilotage (force appliquée), déplacement en x et z du point A :

| Référence | | | % différence | |
|-------------|-----------|----------|--------------|-------------|
| P/P_{max} | $-U_x(m)$ | $U_z(m)$ | $-U_x(m)$ | P/P_{max} |
| 0,00 | 0,00 | 0,000 | 0,00 | 2,00 |
| 0,05 | 0,026 | 0,663 | -1,94 | 1,00 |
| 0,10 | 0,103 | 1,309 | 0,45 | 0,67 |
| 0,15 | 0,224 | 1,922 | -0,26 | 0,50 |
| 0,20 | 0,381 | 2,493 | -5,86 | 0,40 |
| 0,25 | 0,563 | 3,015 | 0,26 | 0,33 |
| 0,30 | 0,763 | 3,488 | 0,10 | 0,29 |
| 0,35 | 0,971 | 3,912 | 0,34 | 0,00 |
| 0,40 | 1,184 | 4,292 | 0,29 | 0,00 |
| 0,45 | 1,396 | 4,631 | 0,87 | 0,00 |
| 0,50 | 1,604 | 4,933 | 0,28 | 0,00 |
| 0,55 | 1,807 | 5,202 | 0,10 | -0,17 |
| 0,60 | 2,002 | 5,444 | 0,46 | -0,15 |
| 0,65 | 2,19 | 5,660 | -0,84 | -1,43 |
| 0,70 | 2,37 | 5,885 | 0,04 | -0,27 |
| 0,75 | 2,541 | 6,031 | -0,22 | -0,25 |
| 0,80 | 2,705 | 6,190 | -0,07 | -0,24 |
| 0,85 | 2,861 | 6,335 | -0,03 | -0,33 |
| 0,90 | 3,01 | 6,467 | -0,03 | -0,32 |
| 0,95 | 3,151 | 6,588 | -0,12 | -0,30 |
| 1,00 | 3,286 | 6,698 | 0,00 | 2,00 |



7 Synthèse des résultats

Les résultats obtenus par *Code_Aster* avec la modélisation `SHB` montrent la capacité de tous les éléments de cette modélisation à traiter des problèmes avec des non linéarités géométriques.