

## CONCLUSION

Le présent travail a porté sur l'élaboration d'un programme en éléments finis pour l'analyse non linéaire ( comportement élasto-plastique ) des éléments plaques en flexion. L'étude a été faite pour des plaques homogènes ( isotropes ) et les éléments choisis sont de type déplacement basés sur la théorie de Mindlin-Reissner qui tient compte l'effet de cisaillement transverse, la théorie sans cisaillement de Kirchhoff est interprétée comme un cas limite de la théorie de Reissner-Mindlin.

Les éléments utilisés sont :

- L'élément linéaire à quatre nœuds Q4.
- L'élément quadratique de Serendip à huit nœuds Q8.
- L'élément quadratique de Lagrange à neuf nœuds Q9.
- L'élément Hétérosis à neuf nœuds HT9.
- L'élément à quatre nœuds avec Cisaillement transversal constant par côté Q4 $\gamma$ .

L'expérimentation est réalisée par un programme comportant une bibliothèque d'éléments qui a été enrichie par notre contribution et des blocs ou sous programmes séparés qui exécutent les différentes opérations de l'analyse. Cette approche permet de faire des modifications éventuelles suivant le problème traité au niveau de chaque module sans pour autant modifier le reste du programme. De plus le programme donne l'option de choisir le critère de plasticité ( Von-Mises , Tresca , Mohr-Coulomb, Drucker-Prager ), et la méthode de résolution de système non-linéaire ( Newton Raphson ,Newton Raphson modifiée , Rigidité initiale ).

Dans le domaine linéaire ( élasticité ), on constate la robustesse des éléments quadratiques ( Q8, Q9 et HT9 ), d'après les résultats satisfaisants obtenus pour les plaques épaisses et minces.

Pour les plaques épaisses, il convient à la nature du comportement de l'élément Q4 $\gamma$  qui est un élément performant.

Dans le domaine non-linéaire, dans un premier lieu on a validé les résultats de notre programme avec ceux numériques de Hinton et Owen<sup>[HIN80]</sup>. Lors de l'expérimentation numérique, on a constaté une fois de plus le bon comportement des éléments quadratiques. Cependant pour les plaques épaisses il y a lieu de noter le comportement décevant de l'élément Q4 $\gamma$  qui peut être expliqué par la supposition que la fonction de plasticité « F » est fonction des contraintes de flexion, et non fonction des contraintes de cisaillement.

Les conditions aux limites influent considérablement sur la limite élastique et la charge ultime de la structure, où la valeur prédite pour les plaques encastées est plus grande que celle obtenue dans les plaques simplement appuyées. Ce qui montre l'effet des conditions aux limites sur le phénomène de la plastification.

Le suivi de la propagation de la plastification utilisant les éléments quadratiques, montre qu'elle débute aux points de Gauss proches des côtés encastés ( du fait que les rotations sont bloquées suivant les deux directions ), puis se propage vers le milieu de la plaque et ensuite elle englobe toute la plaque.

L'intégration numérique offre un avantage supplémentaire dans l'analyse non linéaire des plaques ; elle permet de suivre la propagation de la plastification à l'intérieur des éléments ( points de Gauss ).

## **RECOMMANDATIONS**

Une extension logique de notre travail sera l'étude élasto-plastique des coques.

En ce qui concerne l'élément  $Q4\gamma$ , pour améliorer sa performance dans le domaine non-linéaire, il serait souhaiter à ce que la fonction de charge serra en fonction des contraintes de flexion et des contraintes de cisaillement.