



---

Titre : Étude des panneaux membranaires pressurisés

Mots clés : panneau gonflable, statique, dynamique, plaque de Reissner-Mindlin, validation expérimentale

Résumé : Un panneau gonflable est une structure membranaire étanche remplie d'un gaz sous pression qui lui confère sa raideur et dont la planéité à l'état gonflé est assurée par des fils qui relient les membranes supérieure et inférieure. En assemblant des tubes et des panneaux pressurisés, il devient possible de créer des structures porteuses entièrement gonflables de formes complexes. Dans cette thèse, l'étude des panneaux membranaires pressurisés est menée de façon analytique, numérique et expérimentale. Les équations locales non linéaires sont déduites du principe des puissances virtuelles écrit en grandes transformations. Elles prennent en compte les effets de cisaillement grâce à la cinématique de Reissner-Mindlin ainsi que ceux de la pression de gonflage qui augmente la raideur globale. Ces équations sont ensuite linéarisées

autour de la configuration de référence et résolues en statique dans le cas d'un disque simplement appuyé soumis à un chargement vertical uniforme. Cette solution est validée par comparaison à une simulation éléments finis 3D non linéaire. L'étude dynamique est menée par analyse modale : le problème aux valeurs propres se réduit à des équations de Helmholtz dont la résolution est donnée pour des panneaux rectangulaires appuyés ou circulaires. Enfin, les mesures issues d'essais de flexion statique avec un disque gonflable ont permis de valider la solution obtenue avec les équations linéarisées. L'évolution de la raideur en fonction de la pression interne est bien observée et correspond aux prédictions théoriques. Les résultats d'essais de vibration par marteau d'impact sont également présentés.

---

Title: Study of pressurized membrane panels

Keywords: inflatable panel, statics, dynamics, Mindlin-Reissner plate, experimental validation

Abstract: An inflatable panel is an airtight membrane structure filled with a pressurized gas that gives it its stiffness and whose flatness in the inflated state is ensured by drop cords that connect the upper and lower membranes. By assembling pressurized tubes and panels, it becomes possible to create fully inflatable load-bearing structures with complex shapes. In this thesis, the study of pressurized membrane panels is conducted analytically, numerically and experimentally. The nonlinear equations of motion are deduced from the principle of virtual power in large deformations. They take into account the shear effects through the Mindlin-Reissner kinematics, as well as the inflation pressure which increases the overall stiffness. These equations are then linearized around the

reference configuration and solved in statics for a simply-supported disk subjected to a uniformly distributed vertical load. This solution is validated by comparison with a non-linear 3D finite element simulation. The study of dynamics is conducted through modal analysis: the eigenvalue problem is reduced to Helmholtz equations whose solutions are given for circular or simply-supported rectangular panels. Finally, the measurements from static bending tests with an inflatable disk were used to validate the solution obtained with the linearized equations. The increase in stiffness due to pressurization is observed and corresponds to the theoretical predictions. The results of vibration tests using an impact hammer are also presented.