

## Dimensionnement optimal des structures membranaires préssurisées. Application à une antenne parabolique gonflable

R. Bouzidi<sup>1</sup>, Y. Lecieux<sup>1</sup>, C. Dupuy<sup>2</sup>

<sup>1</sup> GeM, Université de Nantes, France, {Rabah.Bouzidi,Yann.Lecieux}@univ-nantes.fr

<sup>2</sup> CNES, toulouse, France, Christian.Dupuy@cnes.fr

### 1 Résumé étendu

L'idée d'utiliser des dispositifs gonflables pour des applications spatiales est ancienne puisqu'elle remonte à la fin des années 1950. Les premières applications qui ont vu le jour sont les satellites de communication ballons de la série ECHO faisant 30 m de diamètre. En 1996, le premier démonstrateur d'antenne gonflable a été mis en orbite. Cette antenne, appelée " Inflatable Antenna Experiment " (IAE), est constituée d'un réflecteur parabolique de 14 m de diamètre dont le rapport focale/diamètre vaut  $\frac{f}{D} = 0,5$ . La lentille est surmontée d'une structure support elle-même constituée d'un tore de 61 cm de diamètre et de bras de 28 m de long la reliant à sa navette parente située au point focal.



FIGURE 1 – Antenne parabolique gonflable.

L'avantage d'employer des structures membranaires gonflables n'est plus à démontrer. Aucun lanceur actuel ne pourrait mettre en orbite un instrument aussi grand que l'antenne IAE s'il n'était pas déployé par gonflage. Néanmoins, les difficultés inhérentes à l'utilisation de ce type de structures sont nombreuses tant au niveau de leur conception que de leur mise en œuvre.

Une très faible pressurisation de la structure membranaire permet de la déployer et de la placer dans une configuration très proche de sa configuration neutre - i.e. à l'état déployé mais non chargé -. La rigidité des dispositifs gonflables varie en fonction de la pression interne. Il est souvent nécessaire de maintenir cette pression au-dessus d'un certain seuil pour garantir une raideur minimale de la structure. Le passage de la configuration neutre à la configuration pressurisée est susceptible de donner lieu à de grandes transformations. On peut également avoir des zones de grandes déformations induisant des non-linéarités matérielles. De plus, la pression interne est une force suiveuse puisque elle reste toujours normale à la membrane. Ainsi, ce type de chargement dépend du déplacement de la structure et conduit à l'ajout d'une non-linéarité supplémentaire. Enfin, lors de son évolution la structure est susceptible de flamber.

La conception des structures nécessitant une géométrie déployée précise, est une tâche laborieuse qui demande de considérer toutes les non-linéarités qu'un tel problème peut générer. C'est dans ce contexte, que nous proposons une optimisation de la forme neutre d'un réflecteur lenticulaire parabolique ainsi que des pressions de gonflage en prenant en compte toutes ces non-linéarités, y compris l'instabilité due au flambement.

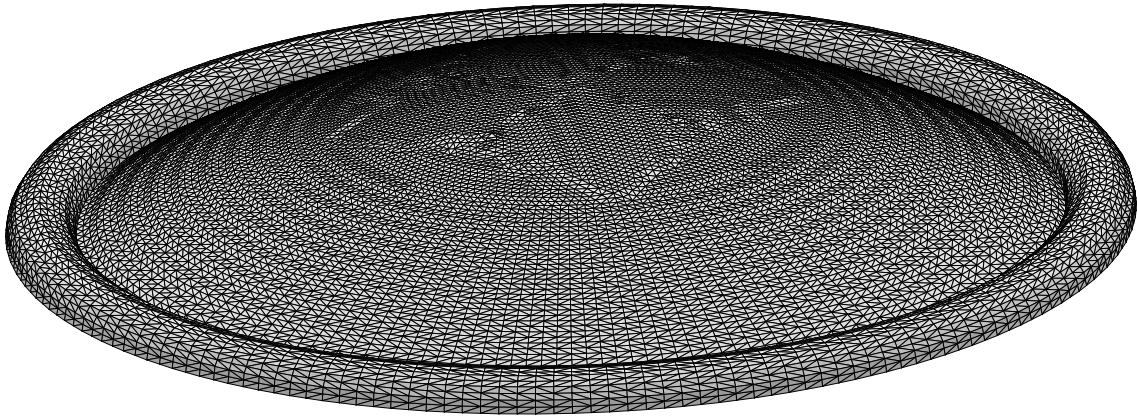


FIGURE 2 – Maillage de l'antenne parabolique.

Le problème que l'on souhaite traiter est formulé de la façon suivante : Quels paramètres de géométrie et de chargement conduiraient à la forme déployée la plus proche possible d'une parabole parfaite, de rapport  $\frac{f}{D}$  donné ?

La géométrie neutre initiale définie par la flèche au plan médian  $Z$  qui est une fonction du rayon adimensionnel de la parabole  $\rho$  :

$$Z = \frac{R}{4f} \sum_{i=1}^n \alpha_i (1 - \rho^{2i})$$

L'étude consiste principalement à minimiser l'écart entre le profil pressurisé et le profil idéal, pour déterminer un jeu de paramètres optimal. La forme déployée est calculée en intégrant les grands déplacements, les pressions suiveuses, et le flambement. Cette étude a été rendue possible grâce à une à une procédure de résolution du problème direct robuste aux non-linéarités et aux instabilités. Le problème d'optimisation est quant à lui résolu par la méthode du simplexe de Nelder et Mead. Les résultats de l'optimisation montrent qu'il existe un jeu de paramètres pour la forme initiale et de chargement pour lequel la géométrie de la structure déployée est très proche d'une parabole parfaite. Ce jeu optimal permet d'atteindre une précision de forme inférieure au dixième de millimètre.