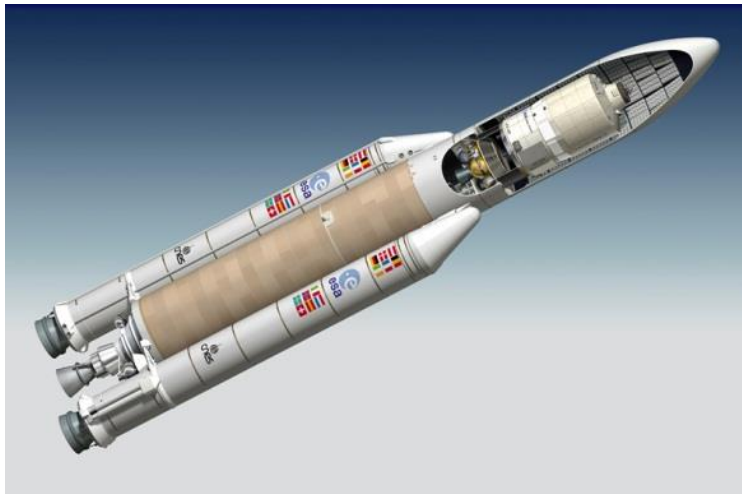


Séance de Travaux Pratiques :

**Analyse modale du divergent du moteur Vulcain 2**

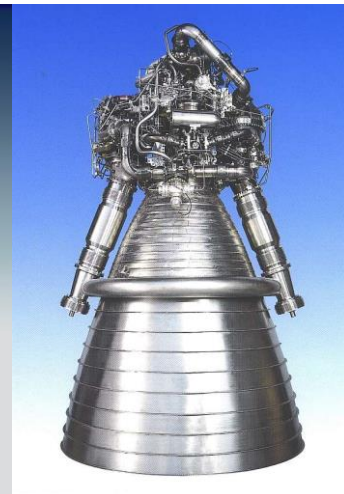
1/ Contexte

Depuis son premier vol commercial en décembre 1999, le lanceur Ariane 5 propose l'une des solutions les plus fiables (66 lancements pour 2 échecs) et les plus économiques (~23000 \$/kg) pour la mise en orbite de satellites. La fusée comprend un corps central « CC » à deux étages et deux propulseurs latéraux. Le premier étage du CC stocke l'hydrogène et l'oxygène servant à alimenter le propulseur cryogénique Vulcain 2 situé à l'extrémité basse de cet étage.



(1.a)

Fusée Ariane 5



(1.b)

Moteur Vulcain 2

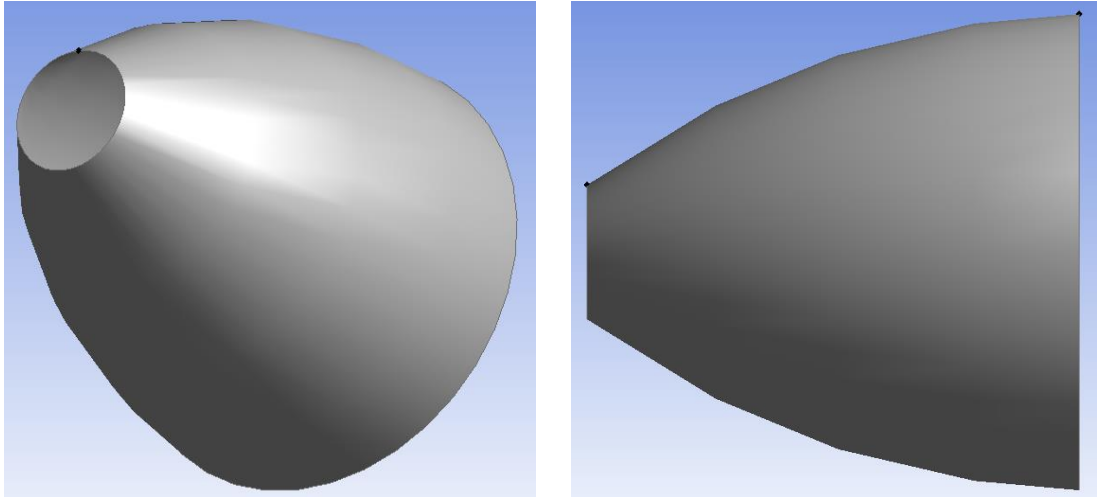
Le moteur rejette les gaz de combustion qui sont guidés par le divergent (la tuyère) du moteur Vulcain 2 pour fournir une poussée de 1340 kN ! Ce divergent étant notamment soumis à des actions aérodynamiques internes (~14000 km/h) et externes (~8000 km/h) fortement évolutives, il convient d'étudier son comportement dynamique avec attention. En pratique, comme il apparaît difficile d'accéder à l'évolution temporelle des conditions-limites subies, une analyse modale doit permettre d'obtenir de premiers éléments quantitatifs avec les fréquences et modes propres du système.

2/ Données géométriques

Le divergent sera considéré comme étant de profil parabolique, de longueur  $L=2166$  mm, de rayon d'entrée  $R_0=295$  mm, de rayon de sortie  $R_1=1047$  mm et de pente nulle en sortie.

On pourra par exemple considérer les trois points suivants :

Points	x (mm)	y (mm)
1	0	295
2	1083	859
3	2166	1047



*Géométrie surfacique du divergent de Vulcain 2*

### 3/ Travaux

- 1- Au moyen d'Ansys Workbench, créer un projet d'analyse modale,
- 2- Définir un nouveau matériau fictif de module d'Young 1 Pa, de coefficient de Poisson 0.3 et de masse volumique  $1 \text{ kg/m}^3$ ,
- 3- Générer la géométrie du divergent (corps surfacique qui sera par exemple engendré par la révolution d'un profil défini par une spline),
- 4- En ayant défini une épaisseur de 10 mm pour le modèle, réaliser une analyse de convergence sur les premières valeurs propres (une vingtaine au plus) en fonction du nombre de noeuds (éléments T6, Q8). Choisir en conséquence une discrétisation avec laquelle seront menés les calculs ultérieurs et justifier ce choix,
- 5- Comparer les résultats obtenus par un modèle libre de conditions-limites cinématiques imposées avec ceux d'un modèle où sera encastree l'entrée du divergent (ce modèle sera utilisé pour les calculs suivants),
- 6- Analyser l'effet de l'épaisseur du divergent sur la réponse modale,
- 7- Analyser l'effet du module d'Young du matériau constitutif sur la réponse modale. Est-ce cohérent avec la présentation théorique ?
- 8- Analyser l'effet de la masse volumique du matériau constitutif sur la réponse modale. Est-ce cohérent avec la présentation théorique ?
- 9- On cherche à maximiser autant que possible la 1<sup>ère</sup> fréquence de résonance du divergent. De manière générale, comment procéder ? En pratique, le profil ne doit pas être modifié afin de conserver les propriétés aérodynamiques initiales. Proposer une solution dont la masse n'excède pas de 2% celle du modèle d'épaisseur 10mm.