

Caractérisation de l'interaction dynamique transitoire d'une structure maître/esclave dans le lanceur Ariane 5

J. Philippon¹, B. Tie¹, D. Aubry¹

¹ LMSSMat (CNRS UMR8579), Ecole Centrale Paris, Grande voie des vignes, 92295, Châtenay-Malabry, France, {jessica.philippon, bing.tie, denis.aubry}@ecp.fr

Résumé — Ce travail a pour contexte l'étude de la propagation des ondes de choc d'origine pyrotechnique dans les structures du lanceur Ariane 5. Le but est de développer des modèles numériques fiables et prédictifs de la propagation de ces chocs, car ils peuvent être néfastes pour des équipements et des charges utiles embarquées. On cherche ici à caractériser l'interaction entre l'adaptateur de charges utiles (ACU) de grande taille et un équipement de petite taille. Nous proposons d'identifier et de discuter des quantités pertinentes pour qualifier les effets de cette interaction.

Mots clefs — Propagation d'ondes, chocs pyrotechniques, charge mobile supersonique.

Dans les lanceurs spatiaux, il est courant que des structures de tailles très différentes coexistent, telles que l'adaptateur de charge utile (ACU) aux larges dimensions en comparaison avec celles des équipements embarqués. Nous proposons ici de considérer l'assemblage d'une grande structure de type coque, appelée structure maîtresse, et d'une petite structure, appelée structure esclave, les deux structures sont liées par une interface plus ou moins rigide.

Nous plaçons notre étude dans le domaine de hautes fréquences, ce qui signifie que les longueurs d'ondes considérées dans la structure maîtresse sont petites en comparaison à sa taille, de sorte que la propagation des ondes doit être traitée dans celle-ci. Toutefois, en ce qui concerne la structure esclave, la gamme de fréquences en question peut être BF ou HF, et dans le premier cas, il n'est pas nécessaire de traiter la propagation des ondes dans la structure esclave à l'aide de modèles coûteux. Par ailleurs, la caractéristique de l'interface peut aussi changer radicalement l'interaction dans l'ensemble du système et doit être prise en compte. Le but de cette contribution est de caractériser le comportement transitoire de l'assemblage par l'élaboration d'un schéma numérique, qui est capable de prendre correctement en compte les effets du comportement dynamique de la structure esclave sur le processus de propagation d'ondes dans la structure maîtresse. Nos solveurs dynamiques ont été développés dans le cadre de la méthode de Galerkin espace-temps discontinue en temps, ils sont de puissants outils pour simuler les phénomènes de propagation d'ondes élastiques ([1]).

Pour caractériser les interactions entre les structure maîtresse et esclave, des simulations numériques de la propagation des ondes séparément dans les deux structures et dans leur assemblage sont d'abord effectuées. Les phénomènes de propagation d'ondes dans la structure maîtresse avec et sans la structure esclave sont comparées, les quantités pertinentes pour qualifier les effets de la structure esclave et de l'interface sont définies et discutées. Le domaine de fréquence d'intérêt est caractérisé par une analyse modale puis transitoire de la structure esclave.

Dans cette optique, une analyse modale d'un modèle simple d'équipement, constitué d'un boîtier et d'un support en aluminium, est menée. L'interaction de ce modèle d'équipement avec la propagation d'un choc pyrotechnique dans une plaque rectangulaire en aluminium est étudiée (FIG. 1). Les résultats obtenus suggèrent qu'au moins les modes autour de 10 kHz (voire de plus hautes fréquences) du boîtier et de son support sont excités par le choc. De prochaines simulations sont menées avec un modèle d'équipement plus élaboré (boîtier contenant des cartes électroniques).

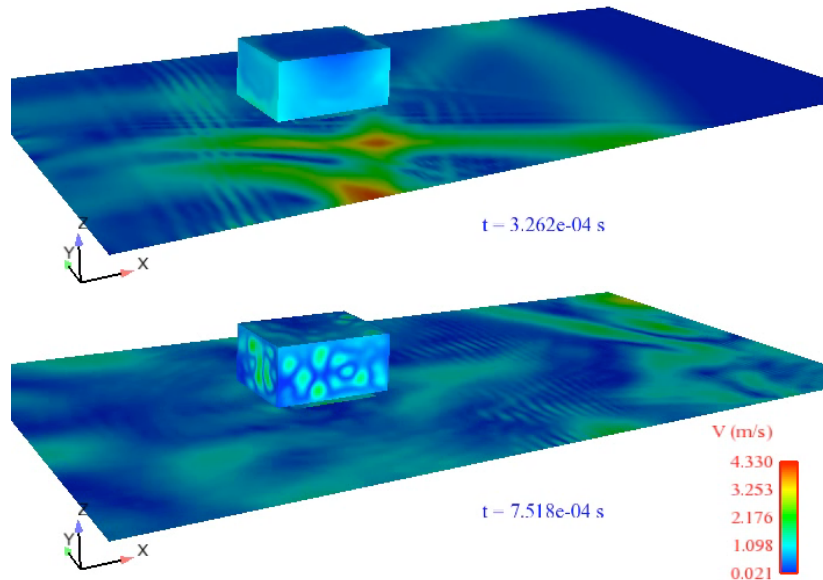


FIG. 1 – Visualisation de la propagation d'un choc pyrotechnique dans la structure équipement/plaque

Comme application industrielle, nous considérons enfin l'interaction entre un ACU d'Ariane et l'équipement, qui peut être placé de manière différente sur l'ACU. En BF, on réalise la simulation d'un essai avec un coup de marteau appliqué dans une direction X ou Z soit tangente ou normale à la surface de la virole (cylindre en aluminium situé à la base de l'ACU, FIG. 2). En HF, les ondes de choc supersoniques HF sont déclenchés dans l'adaptateur de charge utile par un processus de découpe pyrotechnique appliqué sur sa base. Des comparaisons entre nos simulations numériques et les données expérimentales sont présentées.

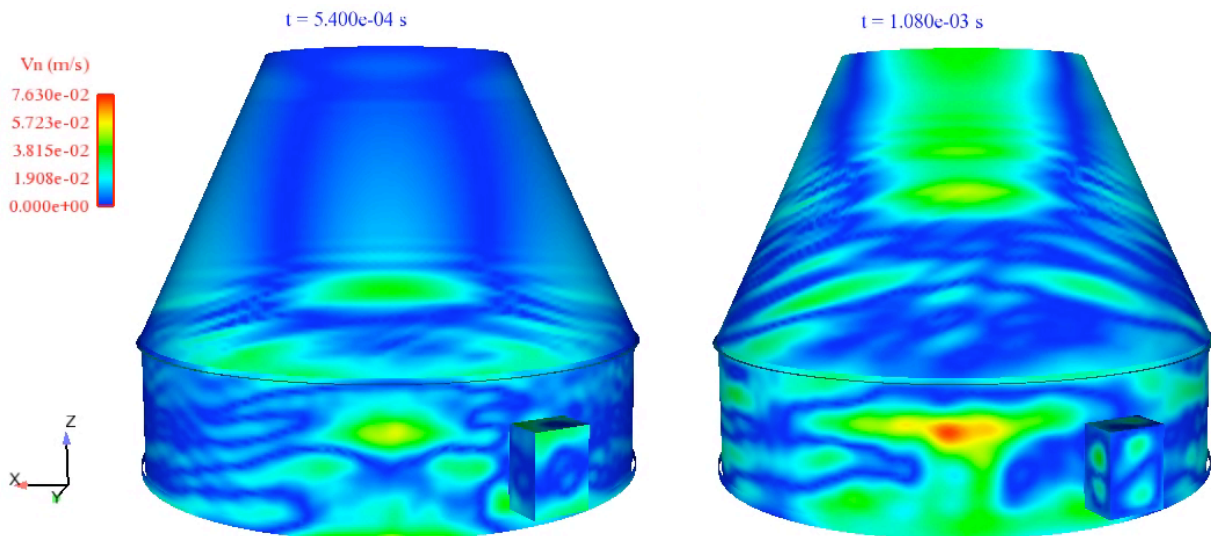


FIG. 2 – Visualisation de la propagation des ondes de flexion dans la structure équipement/ACU soumise au coup de marteau X

Références

- [1] *Adaptive computation for elastic wave propagation in plate/shell structures under moving loads*, B. Tie, D. Aubry and A. Boullard, *European revue of FEM*, Vol12, n°6, pp717 – 736, 2003.
- [2] *Elastic wave propagation in hexagonal honeycomb sandwich panels: Physical understanding and numerical modeling*, A. Grédé, B. Tie and D. Aubry, *Journal de Physique*, 134 :507–514, 2006.