

Évaluation de la fabricabilité d'une coiffe de type CALLISTO en matériaux composites biosourcés, par le procédé High Volume Tailored Fiber Placement (HV-TFP).

Alexandre Bazard¹, Valia Neury¹, Aymeric Azran¹, Yannick Guerin², David Miot²

Contacts : abazard@nobra.com; vneury@nobra.com



Figure 1 : Coiffe composite séparable – Projet COFFEE

Résumé

Nobrak, forte de son expérience dans le projet **COFFEE** (cf. Figure 1), présente les travaux réalisés dans le cadre de la R&T CNES portant sur la fabricabilité d'une coiffe **CALLISTO** par le procédé **HV-TFP**. L'objectif de ce projet, porté par **Nobrak**, est de proposer une démarche d'éco-conception, en considérant des matériaux biosourcés pour fabriquer cette coiffe tout en réduisant le coût et la masse de l'ensemble.

1. Contexte du projet

Afin de réduire significativement l'impact environnemental des activités spatiales, le **CNES** réalise des études sur l'implémentation de **matériaux composites biosourcés** sur des structures et notamment sur des éléments structuraux « lanceur » comme la coiffe du lanceur **CALLISTO**. C'est dans ce cadre que s'inscrit cette R&T réalisée par **Nobrak** (Décembre 2023- Mai 2025).



2. Objectif



L'objectif de ce projet est de proposer une démarche d'éco-conception pour concevoir et fabriquer la coiffe du lanceur **CALLISTO** en **matériaux biosourcés**. Des éléments tels que le procédé de fabrication **HV-TFP**, la masse, le coût et l'impact environnemental d'une telle pièce (ACV) sont pris en compte.

3. La technologie de Nobrak : Le HV-TFP

Le **TFP** (dépose de fibres optimisées en français) est un procédé de fabrication de préformes textiles qui s'apparente à un **procédé de fabrication additive**. Le **TFP** permet de positionner une fibre (carbone, lin, verre, ..) afin d'aligner son orientation avec le champ des contraintes pour un renforcement optimal. Les fibres sont cousues automatiquement avec un fil de couture qui les maintient en place (cf. Figure 2).

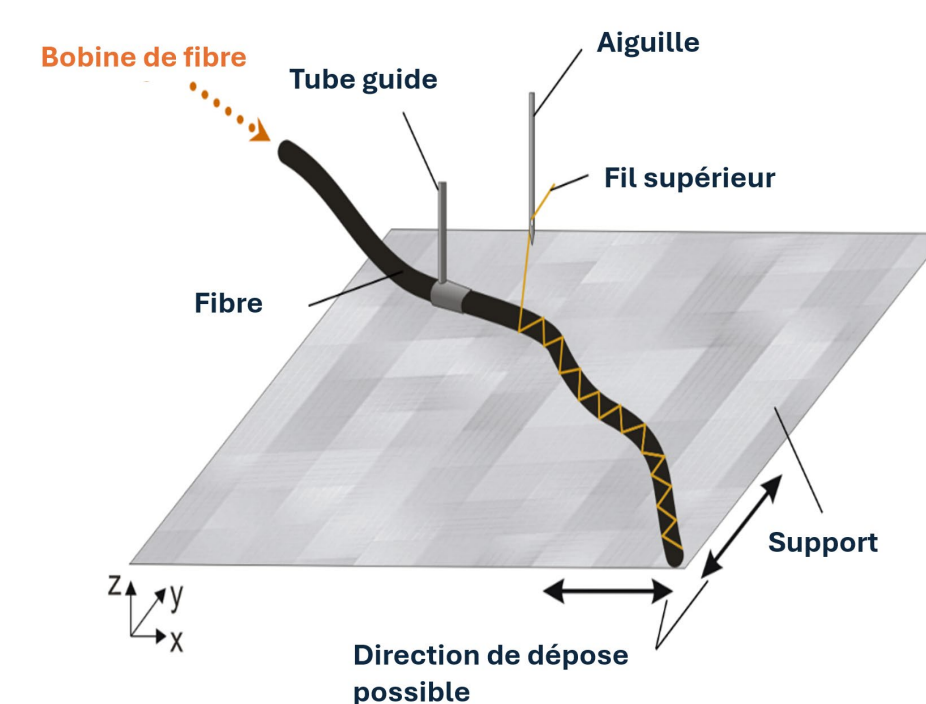


Figure 2 : Principe du TFP (Tailored Fiber placement)

Le **HV-TFP** est une évolution du TFP brevetée par **Nobrak** en 2018.



Figure 3 : Exemples de pièces fabriquées par TFP et HV-TFP (source Nobrak)

Le **TFP** et le **HV-TFP** sont des solutions performantes et originales pour fabriquer des **pièces composites de formes complexes** tout en ayant un impact environnemental fort notamment en supprimant les chutes de matière première (cf. Figure 3).

4. Méthodologie

Planning global du projet

Le planning et les différentes étapes de la R&T sont présentés sur la Figure 4. Au-delà de la conception et la fabrication de la coiffe de type **CALLISTO** en matériaux biosourcés. Une ACV (en cours) sera finalisée d'ici fin 2024.

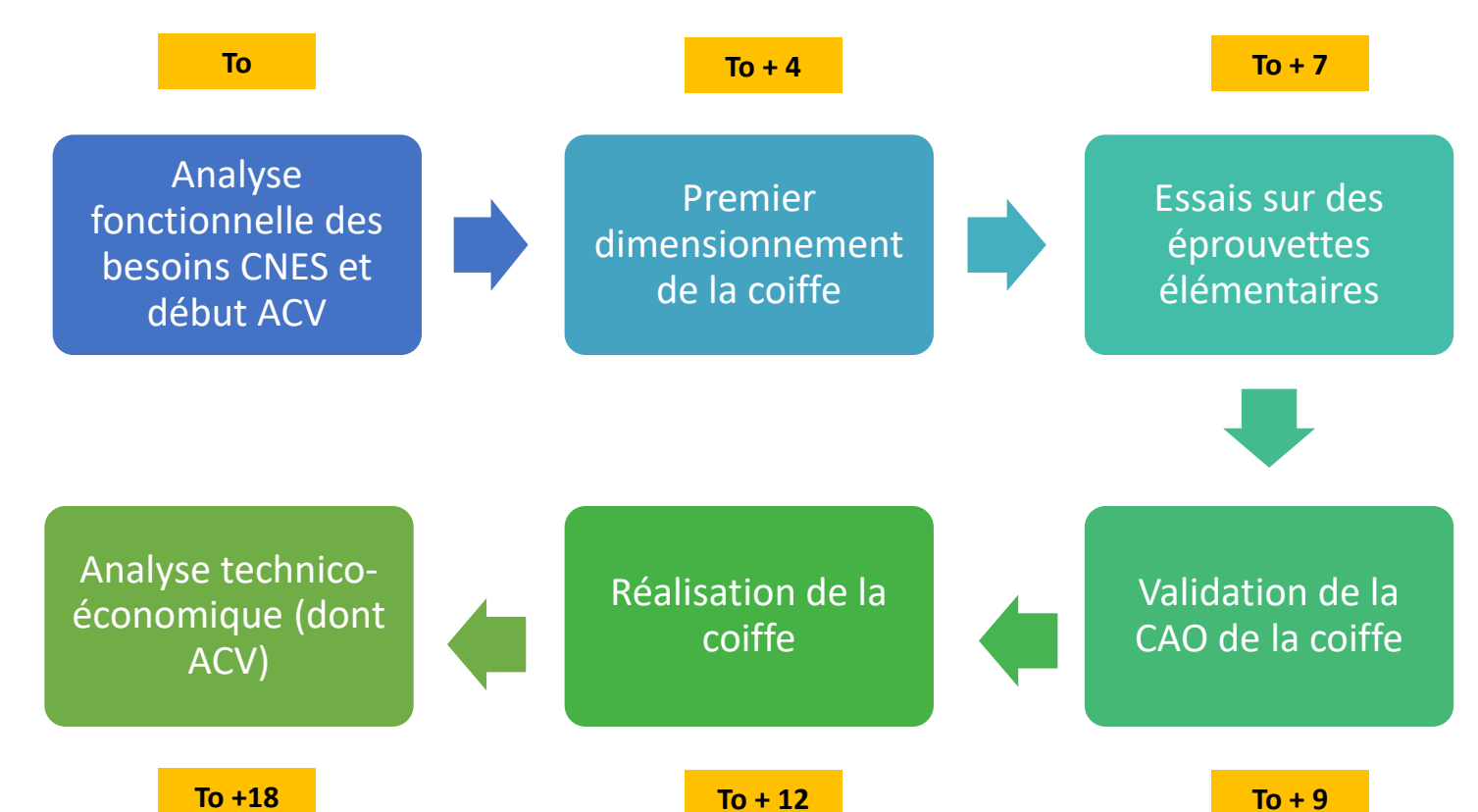


Figure 4 : Planning de la R&T

Méthodologie pour le dimensionnement

La coiffe **CALLISTO** (non séparable) est présentée sur la Figure 5. Au-delà de l'utilisation du critère de Tsai-Wu pour le dimensionnement (Figure 6), **Nobrak** a développé une approche multi-échelles en explicitant le problème au niveau du raidisseur puis au niveau de la coiffe. Cette approche a été complétée par des essais de traction pour définir les caractéristiques matériaux, du Lin/époxy notamment.

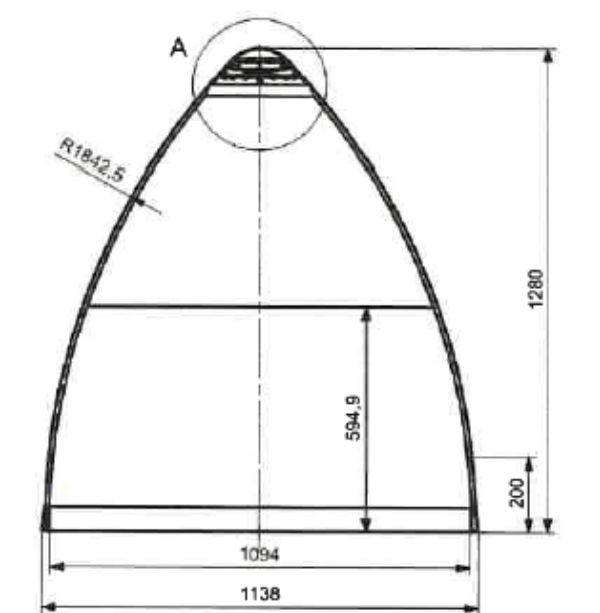


Figure 5 : CAO de la coiffe CALLISTO

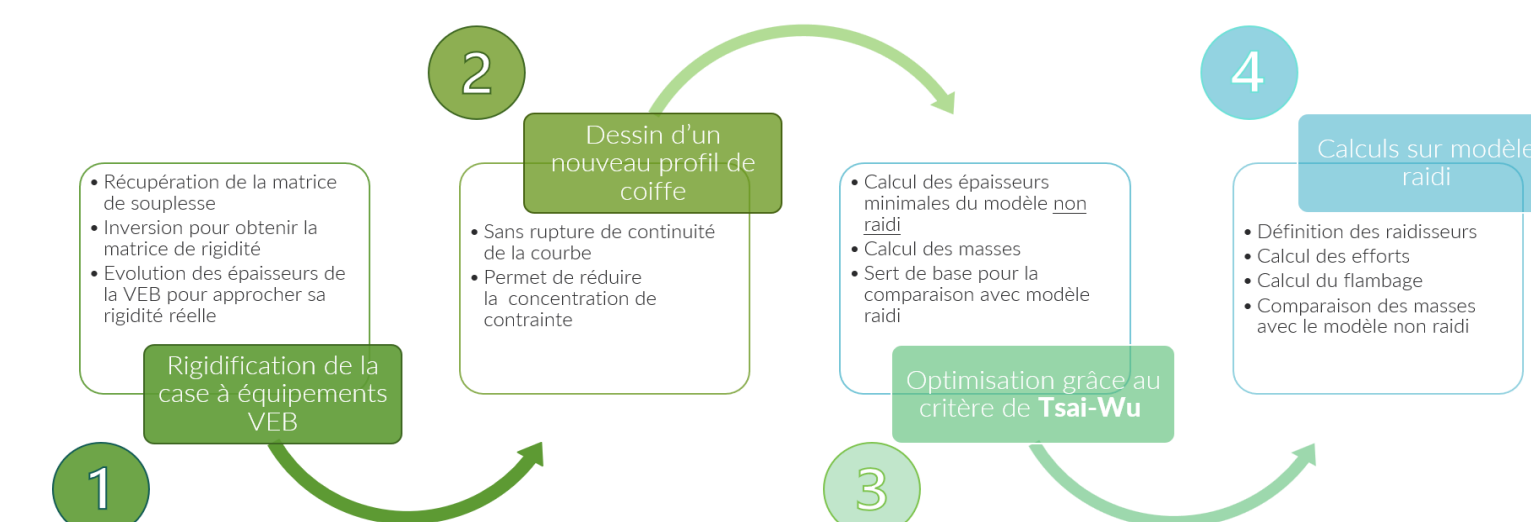


Figure 6 : Méthodologie pour le dimensionnement

5. Résultats

Une méthode de prédimensionnement, **définie en interne**, a permis de déterminer des géométries raidies équivalentes à celles non-raïdiées. Les simulations numériques ont permis de réaliser les **calculs en flambement** sur les différentes architectures de coiffe (raidie ou non) et différents couples de matériaux (Lin/époxy,...).

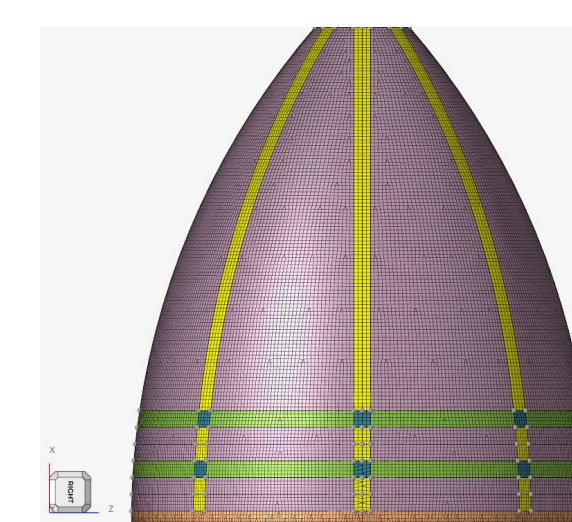


Figure 7 : Une proposition d'architecture raidie

Les 26 cas de chargement définis par le **CNES** ont été étudiés. En octobre 2024, un optimum a été défini pour une **coiffe raidie en matériaux biosourcés** (fibres de Lin/résine époxy).

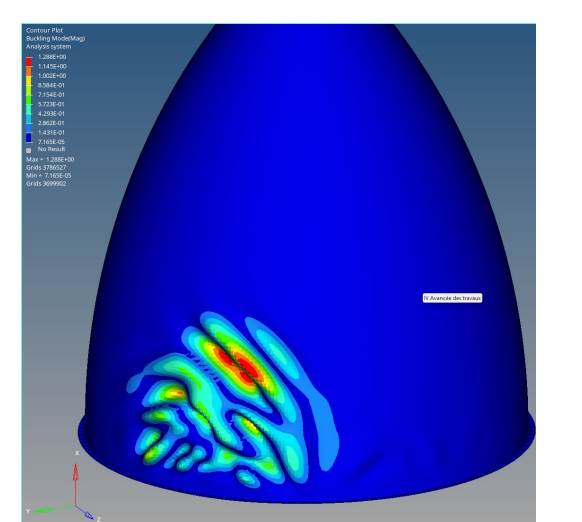


Figure 8 : Résultats de la simulation numérique

Cette structure innovante offre une **économie de masse de 13%** par rapport à une coiffe non raidie de même matière. Cette architecture répond aux mêmes critères qu'une coiffe en carbone/Epoxy non optimisée et ne flambe pas.

6. Et maintenant

Avec ces travaux, **Nobrak** a montré qu'il était possible de dimensionner une coiffe de type **CALLISTO** en **matériaux biosourcés** (Lin/époxy). La fabrication est en cours au 14/11/2024. La coiffe complète assemblée sera disponible fin 2024.

¹ **Nobrak**, 2 Impasse Courteline, 82000 Montauban

² **CNES**, Service Structures, Thermique et Matériaux Sous-Direction Systèmes de Transport Spatial, 52, Rue Jacques Hillairet, 75612 PARIS Cedex

