

## D'une pierre deux coups



"L'argent est le nerf de la guerre"... c'est aussi celui de l'innovation technologique. Entre un marché de plus en plus concurrentiel et un rétrécissement des budgets de développement, la marge laissée pour l'innovation technologique reste bien faible si l'on oublie la composante économique.

Aujourd'hui, préparer le futur signifie aussi réussir à "faire moins cher" tout en innovant et en conservant la même exigence de qualité, de rigueur et de fiabilité qu'auparavant. Appliqué au domaine de la propulsion solide, ce principe se concrétise avec le P 80 qui doit à la fois servir de moteur au premier étage du futur petit lanceur Vega et être un démonstrateur de nouvelles technologies à bas coût.

Des matières premières aux procédés de fabrication et de mise en œuvre... tous les éléments, tous les composants du moteur à propergol solide ont fait l'objet d'une recherche technologique destinée à améliorer les performances, la fabrication du moteur et les coûts récurrents comme les coûts de développement.

Bientôt, les premiers essais au banc, véritable épreuve du feu pour ce démonstrateur, seront réalisés en Guyane, sous la houlette de la Sous-direction solide de la Direction des Lanceurs du CNES, et la participation active d'Europulsion.

## P 80 :

Certains d'entre nous l'avaient peut-être déjà oublié : le P80 n'est pas "seulement" destiné à constituer le premier étage du lanceur Vega. Il s'agit également d'un démonstrateur de nouvelles technologies dont l'objectif principal reste la réduction des coûts récurrents et des coûts de développement. Et les innovations technologiques qu'il présente devraient être applicables à d'autres lanceurs, y compris à Ariane 5. Genèse.

---

Par Philippe Pascal, chef de projet P80  
au CNES/DLA et Anne Bellanova

---

**E**n 1999, le CNES a initié une démarche appelée "Initiative Ariane 2010" dont l'objectif était d'identifier l'ensemble des technologies nouvelles, tous métiers confondus, devant permettre à une échéance de 10 ans (d'où le nom Ariane 2010) d'assurer une réduction de 30 % du coût de lancement par rapport aux engagements pris pour la production des années 2005-2009. Cet objectif, décliné dans le domaine de la propulsion solide, a fédéré un ensemble d'idées sous le vocable de MPS2 (moteur à propergol solide 2). Dans un contexte concurrentiel difficile nécessitant une recherche permanente de rationalisation industrielle et de réduction des coûts, l'idée d'un démonstrateur technologique a ainsi commencé à germer. Ce dernier permettrait de valider les technologies les plus prometteuses en anticipant sur un éventuel développement de MPS2. Ainsi, le développement se trouvait raccourci, moins risqué et donc moins onéreux.

Dans un même temps, l'ESA, sous l'impulsion de l'Italie, avait décidé le développement d'un petit lanceur, Vega, destiné à lui assurer une autonomie d'accès à l'espace à faible coût pour les charges utiles de petite taille. Dès lors, ce projet ne pouvait que bénéficier des réflexions menées dans

# du nouveau dans la propulsion solide

le cadre de l'initiative Ariane 2010. L'architecture de Vega reposant essentiellement sur la propulsion solide, il a été décidé que le premier étage de ce futur lanceur serait le P80.

Point de jonction d'une mise en synergie des technologies, de leurs validations et des moyens industriels communs aux deux filières de lanceurs européens, le P80 présente des avancées technologiques dans tous les composants d'un moteur à propergol solide : enveloppe, protection thermique, propergol, allumeur et système d'activation tuyère.

**Enveloppe moteur.** Certainement l'une des principales innovations du P80, l'enveloppe du moteur est réalisée en fibre de carbone pré-imprégnée de résine époxy. L'ensemble de la structure est bobiné, y compris les fonds qui incorporent des inserts métalliques pour les liaisons avec la tuyère et l'allumeur.

Le bobinage s'effectue sur un mandrin métallique déjà recouvert de la protection thermique interne, elle-même déposée par le même procédé. Il s'agira dès lors du plus important moteur monobloc à structure bobinée, jamais réalisé en Europe.

**Protection thermique interne.** Cette dernière est un caoutchouc à densité réduite, chargé de fibres d'aramide et de micro sphères de verre. Ce nouveau matériau, développé par la firme italienne Avio, a été testé avec succès sur les moteurs Zéfiro 16, ce qui a notamment permis de valider ses propriétés thermo-ablatives. La présence de micro sphères de verre permet une baisse de masse inerte du moteur au profit de sa performance. Outre l'innovation du matériau, la protection thermique interne bénéficie également d'un nouveau procédé de mise en place puisqu'elle est désormais bobinée à partir de bandes de caoutchouc.

**Propergol.** Comme sur Ariane 5, le propergol est une butalane, avec toutefois une légère évolution de la composition. La quantité du liant est réduite au profit d'une augmentation de la proportion aluminium. L'augmentation de la densité de ce propergol résultant du changement de composition, doit permettre d'aug-



Bobinage de la première structure composite représentative du P80

menter la performance du moteur. La coulée de ce nouveau propergol se fera à l'UPG (1) chez Regulus, dans un puits de coulée commun avec les segments S2ou S3 du Moteur à Propergol Solide d'Ariane 5 (synergie des moyens industriels).

**Tuyère.** L'architecture de la tuyère a été simplifiée par une réduction du nombre de pièces la composant, tandis que des innovations sont également apportées sur les matériaux et procédés de fabrication des pièces. La liaison mécanique avec le moteur est de type "circlip", beaucoup plus simple et donc moins onéreuse que la liaison boulonnée actuellement utilisée pour Ariane 5.

**Allumeur.** Là aussi, l'architecture a été simplifiée comparative-ment à ce qui existe actuellement sur le MPS d'Ariane 5, avec la suppression de la charge intermédiaire. L'utilisation d'une structure en carbone à la place de l'équivalent métallique permet en outre de supprimer la protection thermique placée à l'extérieur de l'allumeur pour le protéger des gaz de combustion pendant le fonctionnement du moteur. Comme pour la tuyère, la liaison mécanique est également assurée par un circlip et non plus par une liaison boulonnée.



**Activation tuyère.** Un système électrique, en lieu et place des dispositifs hydrauliques utilisés pour Ariane 5, assurera le pilotage du lanceur en phase de propulsion par le P80. Une simplification autorisée grâce à une évolution de la tuyère prévoyant l'emploi d'un caoutchouc bas module pour la butée flexible. Ce système électrique, appelé TVC pour "Thrust Vector Control", est constitué de

deux actionneurs électromécaniques, d'un boîtier électronique gérant à la fois les commandes issues de l'ordinateur de bord et la puissance électrique nécessaire aux actionneurs, et d'une batterie avec éléments en lithium-ion.

Chaque nouvelle technologie (procédés et matériaux) a d'abord été testée et validée à échelle réduite, avant de passer à une fabrication à échelle 1. Cette logique de développement permet notamment d'envisager, sans prise de risque excessive, une réduction du nombre d'essais, en particulier des essais de moteur complet. Le plan de développement du P80 repose ainsi sur deux tirs au banc, au lieu des sept effectués pour le développement du MPS d'Ariane 5.

Avant cela, un certain nombre d'étapes importantes devront être franchies :

- validation du procédé de bobinage de la protection thermique et de la fibre sur un modèle technologique du moteur,
- validation du dimensionnement de l'enveloppe avec essai d'éclatement,
- validation des procédés de coulée avec un propergol inerte,
- validation de la boucle de pilotage sur une maquette dédiée.

Aujourd'hui, le développement du P80, qui a réellement démarré en janvier 2001, prévoit un premier essai au banc en 2006, ce qui est en ligne avec l'objectif d'un vol inaugural de Vega fin 2007.

Pour ce faire, tous les industriels sont actuellement mobilisés pour démarrer la fabrication des pièces constitutives de ce moteur. Après les validations à échelle réduite et/ou sur prototypes, on assiste à la finalisation de la mise au point des procédés de fabrication, des définitions détaillées, et aux premiers essais significatifs.

Ainsi, l'année écoulée a vu, à titre d'exemples, les réalisations suivantes :

- la première coulée avec du propergol inerte à l'UPG
- la validation des modifications mécaniques du BEAP
- la fabrication du premier actionneur électrique de pilotage
- le premier essai à feu d'un allumeur complet
- le bobinage de la première structure composite représentative du P80 en diamètre
- ou encore, la fabrication des premières pièces de tuyère comme le carter du divergent.



Les difficultés sont multiples, mais l'objectif est atteignable et toutes les énergies sont concentrées pour y parvenir.

Ce moteur de nouvelle génération, à la fois premier étage du lanceur Vega et démonstrateur technologique, représente, on le voit, un challenge important pour le secteur de la propulsion solide européenne.



Premier essai à feu d'un allumeur complet

Ses enjeux, en termes de réduction des coûts récurrents et des coûts de développement, sont essentiels dans un contexte de concurrence aggravée par l'effondrement du marché des satellites.

## Organisation industrielle

Programme de l'Agence spatiale européenne (ESA), le développement du P80 est piloté par le CNES. L'équipe projet CNES intègre également des membres de l'ESA et de l'Agence spatiale italienne (ASI).

La société italienne Avio, "prime Contractor" du projet, a délégué l'ensemble du développement à Europropulsion, filiale commune d'Avio et Snecma Propulsion Solide.

Europropulsion est également chargée de l'intégration finale du moteur en Guyane, ainsi que de la préparation spécifique du BEAP (2) avant les essais à feu.

Ces essais seront menés sous la responsabilité de la Sous-Direction Sol de la Direction des Lanceurs du CNES.

Avio doit développer et produire l'enveloppe bobinée du moteur équipée de sa protection thermique interne. La firme italienne est également responsable du chargement en propergol, qui se fera en Guyane, chez Regulus, filiale d'Avio et SME (SNPE Matériaux Energétiques).

Snecma Propulsion Solide, à Bordeaux, est chargée du développement de la tuyère.

L'allumeur est sous la responsabilité de SPE (Pays-Bas) et le système électrique -ou TVC- a été confié à SABCA (Belgique).