



## *Interview de Serge Mahé,*

***Chef de Service DTS/SDS/G, Direction du Transport Spatial, Sous-Direction Développement Sol – Guyane et responsable des essais de qualification technique ELA4 au port spatial.***

Je suis Serge Mahé, je travaille au CNES, le Centre National d'Études Spatiales, et je suis à la direction du transport spatial, la DTS. Dans cette direction, il y a une sous-direction qui est la Sous-Direction Développement Sol -donc des installations sol- et moi, je suis le chef de service du service Guyane, à la sous-direction des développements sols (SDS) où il y a plusieurs services, dont le service qui est installé en Guyane. La Sous-Direction Développement Sol, c'est celle qui a installé toutes les bases de lancement depuis 50 ans sur le site. Je suis le chef de service et, en parallèle, je suis le responsable de la qualification technique des moyens-sol-Guyane Ariane 6.

### *Quel a été votre parcours d'étudiant ?*

Après le bac, j'ai fait un IUT de Génie Electronique et Informatique Industrielle. A l'issue de l'IUT, j'ai intégré une école d'ingénieur, Polytechnique Montpellier, en Micro-Electronique et Automatismes. Et à l'issue, j'ai intégré une année supplémentaire en réseaux/télécoms à l'Enseeiht à Toulouse.



## *Interview de Serge Mahé,*

***Chef de Service DTS/SDS/G, Direction du Transport Spatial, Sous-Direction Développement Sol – Guyane et responsable des essais de qualification technique ELA4 au port spatial.***

### *Quel a été votre parcours professionnel ?*

J'ai commencé à l'APAVE, dans le contrôle technique et dans les réseaux informatiques. Ensuite, j'ai intégré le CNES en 2007, alors que j'étais au Centre Spatial Guyanais depuis 1998. J'ai donc intégré le CNES en 2007 en tant que responsable des suivis des travaux pour tous les aspects bancs de contrôle, réseaux et télécom en Guyane. A ce titre, j'ai suivi en tant que chargé d'affaires des réseaux toute l'installation du pas de tir Soyouz. J'ai aussi travaillé sur le pas de tir Vega depuis 2007. En 2010, je suis devenu adjoint au Chef de service qui était Frédéric Munoz, aujourd'hui devenu directeur. En plus de ça, j'assurais toujours le rôle d'interface avec tous les moyens pour les projets liés au suivi lanceurs et, en parallèle, depuis 2018, j'ai pris le poste de responsable de la qualification technique de tous les moyens sur Ariane 6 en Guyane. En fin de compte, [ce sont] tous les moyens qui vont permettre d'intégrer le lanceur et d'assurer le lancement et le suivi du lanceur pendant sa trajectoire. J'ai fait ça jusqu'en 2021. Et en 2021, je suis devenu chef de service de l'équipe Guyane puisque Frédéric Munoz est parti pour devenir sous-directeur; c'est un peu comme un jeu de chaises musicales.



## *Interview de Serge Mahé,*

***Chef de Service DTS/SDS/G, Direction du Transport Spatial, Sous-Direction Développement Sol – Guyane et responsable des essais de qualification technique ELA4 au port spatial.***

*Avez-vous eu une rencontre particulière durant votre parcours d'étudiant ou professionnel qui vous a influencé pour vous orienté sur une carrière liée au spatial ?*

Tout à fait! J'ai connu une rencontre importante durant mon parcours d'étudiant. J'ai été en contact avec Jean-Pierre Rouzeval, qui était le premier DDO (Directeur Des Opérations) sur le premier lancement d'Ariane 4 et le premier lancement d'Ariane 1, le 24 décembre 1979; et il se trouve que c'est l'oncle de mon épouse, on a pris contact comme ça.



C'est lui qui m'a reçu chez lui, et il m'a expliqué un peu ce qu'il faisait à cette époque-là. C'était en 1991, il était sur le programme Hermès, projet d'une navette spatiale qui devait partir sur Ariane 5 et qui a été abandonné par la suite. Il était le directeur du projet au CNES, et il m'a un peu expliqué ce sur quoi il travaillait. Et moi qui était déjà bien attiré par le monde de l'aérospatial et du spatial depuis longtemps, il a pu m'expliquer tout ce qui se passait en Guyane. C'est donc ce qui m'a poussé à faire mon service militaire (enfin à l'époque, quand il y avait le service militaire), en tant que volontaire de la technique au Centre Spatial Guyanais en 1993-1994. De là, j'ai pris le "virus" du spatial et de la Guyane, ce qui m'a permis, après la fin de ce service intégré en entreprise sur le Centre Spatial, de pouvoir quelques années après repostuler et retourner en Guyane pour travailler dans la spatial. Je suis donc en Guyane depuis 1998, presque 25 ans maintenant.



## *Interview de Serge Mahé,*

***Chef de Service DTS/SDS/G, Direction du Transport Spatial, Sous-Direction Développement Sol – Guyane et responsable des essais de qualification technique ELA4 au port spatial.***

### *Pouvez-vous nous présenter l'ELA4 d'Ariane 6?*

On a beaucoup d'acronymes au CNES. Donc l'Ensemble de Lancement n°4 d'Ariane 6 (ELA4), qui est situé au Nord, en direction de la ville de Sinnamary, après l'ensemble de lancement d'Ariane 5. C'est une zone de 170 hectares qui est constituée d'une zone arrière et d'une zone avant. La zone arrière, c'est là où il y a, je dirais, tous les bureaux, où il y a tous les bâtiments techniques. Il y a tout ce qui est central : pour fournir de l'eau glacée au site, la partie énergie pour l'alimentation du site, vous avez aussi une station de potabilisation pour avoir de l'eau potable sur le site. Il y a également une station de pompage, où on pompe de l'eau dans un lac artificiel qui a servi pour le chantier et qui sert pour l'exploitation. Une zone arrière avec un bâtiment qui s'appelle le Bâtiment d'Assemblage Lanceur, le BAL, qui sert, comme son nom l'indique, à l'intégration du Corps Central d'Ariane 6. Vous avez une route qui sort du Bâtiment d'Assemblage Lanceur qui sert à transporter le lanceur à l'horizontale et, 800 mètres plus loin, vous avez la zone de lancement.



## *Interview de Serge Mahé,*

***Chef de Service DTS/SDS/G, Direction du Transport Spatial, Sous-Direction Développement Sol – Guyane et responsable des essais de qualification technique ELA4 au port spatial.***



Celle-ci est constituée d'un massif, qu'on appelle le massif ELA4, d'un carnot qui permet d'évacuer les gaz lors du lancement, d'une table sur laquelle repose le lanceur, avec un mât. Sur ce mât, il y a des bras cryotechniques, il y a les équipements qui permettent l'alimentation du lanceur, et tout ça, couronné par un portique mobile qui permet de protéger le lanceur et de finaliser les dernières opérations d'intégration du lanceur; ce portique étant reculé quelques heures avant le lancement. Ça, c'est ce qu'on appelle la zone avant : la zone de lancement, le massif, le portique, et vous avez aussi des zones de stockage où on stocke les réservoirs de stockage, pour l'hydrogène liquide, et l'oxygène liquide qui sert de carburant pour le lanceur, avec un château d'eau qui sert aussi de stockage d'eau pour le système de déluge. Donc voilà, 2 grandes zones, 170 hectares environ qui ont été défrichés, et à peu près une douzaine d'hectares qui sont utilisés pour les bâtiments et les routes, tout le reste étant entouré



## *Interview de Serge Mahé,*

***Chef de Service DTS/SDS/G, Direction du Transport Spatial, Sous-Direction Développement Sol – Guyane et responsable des essais de qualification technique ELA4 au port spatial.***

par une clôture, bien sûr, tout ça étant sécurisé avec 2 portails d'accès. Voilà, en gros, l'ELA4.

*Vous avez précisé un déplacement de la fusée à l'horizontale. Pourquoi, alors que les lanceurs précédents, notamment Ariane 5, sont déplacés à la verticale?*

C'est un retour d'expérience que l'on a eue de l'utilisation de Soyouz (du lanceur Soyouz) qui est intégré à l'horizontale dans le MIK, le bâtiment. Ainsi, l'intégration à l'horizontale permet d'avoir des bâtiments plus petits, avec un certain nombre d'opérations. On a 2 modules : on fait l'assemblage du module inférieur, le LLPM, L'eau Liquide pour Propulser le Module, et l'étage supérieur ULPM (Upper Liquide Propulsor Module). Ça permet de gagner du temps dans les opérations; ce sont des bâtiments plus petits que le bâtiment d'assemblage final que vous avez sur Ariane 5, par exemple, bâtiment plus imposant. Toutes ces opérations sont regroupées dans un seul bâtiment qui s'appelle le BAL. Et donc, le fait d'intégrer [les lanceurs] à l'horizontale, ça fait gagner dans le transport et dans l'intégration du temps.



## *Interview de Serge Mahé,*

***Chef de Service DTS/SDS/G, Direction du Transport Spatial, Sous-Direction Développement Sol – Guyane et responsable des essais de qualification technique ELA4 au port spatial.***





## *Interview de Serge Mahé,*

*Chef de Service DTS/SDS/G, Direction du Transport Spatial, Sous-Direction Développement Sol – Guyane et responsable des essais de qualification technique ELA4 au port spatial.*

*Quels sont les atouts majeurs par rapport au ELA3, le fameux pas de tir d'Ariane 5? En sachant que le CSG témoigne d'une expertise hors norme vu le nombre de pas de tir présents des différents lanceurs.*



Effectivement. Il faut savoir que la Sous-Direction Sol a une expertise... on en est au 9ème pas de tir ! On a commencé il y a 50 ans avec les premières fusées hydrauliques, et on a acquis une compétence par rapport à ça. Ainsi, on fait du retour d'expérience sur toutes les bases de lancement que l'on a fait. Un des intérêts importants et un des critères d'Ariane 6, c'est la réduction de coûts dans l'exploitation et dans la conception. Comme je le disais, sur Ariane 5, on a 3 zones. Il y a le bâtiment d'intégration du lanceur, le bâtiment d'assemblage final, et la zone de lancement. Ce



## *Interview de Serge Mahé,*

***Chef de Service DTS/SDS/G, Direction du Transport Spatial, Sous-Direction Développement Sol – Guyane et responsable des essais de qualification technique ELA4 au port spatial.***

sont 3 zones bien différentes, avec chacune son utilité. On a donc des transferts, une exploitation beaucoup plus importante alors que nous, sur Ariane 6, il n'y a plus que 2 zones : le bâtiment d'assemblage du lanceur, et la zone de lancement avec un portique. Déjà, on gagne en coûts d'exploitation. Et ça c'est un des premiers points qui est important : on gagne en temps de campagne. Une campagne de lancement sur Ariane 5, entre l'arrivée du lanceur et le décollage, vous avez 32 jours, à peu près. Alors que sur Ariane 6, nous arrivons à 15 jours de campagne, soit un gain important par rapport à ça. L'étage inférieur arrive des bureaux en France, l'étage supérieur arrive de Brême. Tous ces étages sont déjà pré-testés un maximum dans les pays respectifs (en Allemagne et en France), et donc, on arrive à optimiser le nombre de contrôles et à diminuer le nombre de contrôles que l'on fera sur place en zone d'intégration au BAL. C'est une façon de pouvoir réduire ces campagnes; on gagne aussi par rapport à ça. Et le 3e point, c'est qu'on réutilise des moyens existants: le centre de lancement qui va permettre de piloter le lancement est situé dans le Centre De Lancement n°3 -ce qu'on appelle le CDL 3- dans lequel il y a déjà le centre de lancement Ariane 5, et on réutilise des salles que l'on a réaménagées.





## *Interview de Serge Mahé,*

***Chef de Service DTS/SDS/G, Direction du Transport Spatial, Sous-Direction Développement Sol – Guyane et responsable des essais de qualification technique ELA4 au port spatial.***

On fait également des gains par rapport à ça, et on utilise la synergie avec les moyens existants d’Ariane 5. Tout ce qui est l’intégration de la charge utile (les satellites) se fait dans une partie du BAF, le bâtiment d’assemblage d’Ariane 5, qui a le rôle d’encapsulation, commun à Ariane 5 et Ariane 6. On réutilise, on fait des gains, et des gains d’exploitation aussi parce qu’on maîtrise déjà l’exploitation dans ces bâtiments-là. Tous ces points de logique, de contrôle qui sont faits en amont, au niveau des pays respectifs et des différents étages qui vont arriver, l’intégration à l’horizontale dans le BAL qui permet de gagner sur les coûts des campagnes permettent ensuite une cadence de lancement. Pour Ariane 6, (qui est actuellement de 7/an sur Ariane 5), nous devons passer à 12 /an. Tout ça sera permis aussi grâce à ces campagnes de lancement qui seront plus courtes.

***Effectivement, un gain énorme ! Que reste-t-il à finaliser, concernant l’ELA ?***

Comme je le disais, je suis responsable de la qualification technique des moyens. On a démarré la qualification technique de tous les moyens sols. Il y a énormément de moyens : entre les moyens mécaniques de transport, les moyens fluides et tous les moyens qui servent au fonctionnement de la base... On a démarré (on l’a qualifié comme ça) avec l’équipe technique en 2019. On a déjà qualifié tout l’ensemble des systèmes mécaniques, tous les moyens qui permettent d’intégrer et d’assembler le lanceur au BAL. Tous ces moyens qui sont communs entre le CNES et Ariane groupe (les moyens d’assemblage) ont été qualifiés et réceptionnés. On a



## *Interview de Serge Mahé,*

***Chef de Service DTS/SDS/G, Direction du Transport Spatial, Sous-Direction Développement Sol – Guyane et responsable des essais de qualification technique ELA4 au port spatial.***

qualifié tous les moyens de transport : on a déjà transporté la maquette du lanceur Ariane 6. On a eu deux maquettes complètes sur le site; tout ça a été qualifié. On a qualifié la partie système fluide, toutes les parties fluides qui permettent de transporter l'hydrogène et l'oxygène et tous les autres moyens en hélium et azote qui servent pour les opérations de remplissage des réservoirs du lanceur, et on est en train de finaliser ce qu'on appelle les dernières parties logicielles, donc des séquences synchronisées de lancement. On est dans ces phases de réception et de qualification de ces derniers systèmes. On a qualifié les moyens d'avitaillement, moyens pour remplir l'étage supérieur du bras cryo. On est sur ces phases et on rentre dans les phases IDC combinés. On a terminé la qualification technique et des moyens séparés et là, on fait fonctionner tous ces moyens ensemble, c'est la phase importante.



*Quels ont été les gros défis de ce chantier hors-norme ?*

C'était déjà de tenir le budget, budget alloué par l'ESA. Mais c'était aussi d'optimiser un peu tout ce qui était dans le fonctionnement entre tous les industriels qui étaient



## *Interview de Serge Mahé,*

***Chef de Service DTS/SDS/G, Direction du Transport Spatial, Sous-Direction Développement Sol – Guyane et responsable des essais de qualification technique ELA4 au port spatial.***

sur le site, et aussi tous les travaux et toutes les réceptions qui se déroulaient, je dirais, en métropole. Il fallait donc réceptionner et intégrer tous les systèmes sur le site. Un des gros challenges, aussi, c'est le fameux portique qui permet d'insérer et de couvrir le lanceur.



Il faut savoir que c'est un portique qui pèse maintenant à peu près 8 500 tonnes, donc qui est plus lourd que la tour Eiffel, qui se déplace sur les bogies (= chariot situé sous un véhicule ferroviaire) et qu'on peut faire reculer de 140 m. Donc c'était construire ce portique mobile, en parallèle des activités qui se déroulaient sur le génie civil, sur le massif, sur les carnots. On avait, à un moment, plus de 7 à 8 grues qui tournaient en parallèle + deux grosses grues de 300 tonnes qui permettaient de soulever les



## *Interview de Serge Mahé,*

***Chef de Service DTS/SDS/G, Direction du Transport Spatial, Sous-Direction Développement Sol – Guyane et responsable des essais de qualification technique ELA4 au port spatial.***

morceaux du portique mobile, et tout ça en sécurité, avec un nombre de personnes qui est monté jusqu'à 700 personnes sur le chantier. Un des gros défis, c'était de réaliser [les projets] en toute sécurité, et c'est là où on peut se targuer une certaine fierté. Effectivement, on n'a pas eu d'accident sur ce chantier (c'était un des buts, aussi) et, d'arriver à faire travailler des entreprises qui viennent de toute l'Europe sans risque et en sécurité, [c'est un défi]. Ça, c'était un des points, un des gros défis. L'autre gros défi, aussi, c'était de gagner du temps (comme je vous le disais) dans l'intégration. Toute l'intégration avait déjà été réalisée en 3D bien avant, quelques années avant, et on s'est rendu compte lors de l'intégration, grâce à la 3D, qu'on a pu gagner du temps dans l'intégration de tous les systèmes, mécaniques, fluides, donc tout ce qui est énergie, tout ce qui est courant faible (je dirais réseaux télécoms) pour qu'il n'y ait pas de problème d'intégration dans les bâtiments après, parce que ce sont des bâtiments qui sont très chargés en équipements.



## *Interview de Serge Mahé,*

***Chef de Service DTS/SDS/G, Direction du Transport Spatial, Sous-Direction Développement Sol – Guyane et responsable des essais de qualification technique ELA4 au port spatial.***

*Pouvez-vous présenter les bras mécaniques, que l'on appelle communément « bras cryotechniques »?*



Tout à fait. Les bras cryos, ce qu'on appelle bras cryotechniques ou cryogéniques, ce sont les bras qui sont situés... Au niveau de la zone de lancement, vous avez une table métallique sur laquelle est posé le lanceur. À proximité, à 13 mètres du lanceur, vous avez un mât métallique qui monte à 66 mètres. À environ 38 mètres de hauteur, vous avez ces deux bras cryotechniques (ou cryogéniques) qui permettent à l'alimentation des réservoirs de l'étage supérieur en hydrogène et en



## *Interview de Serge Mahé,*

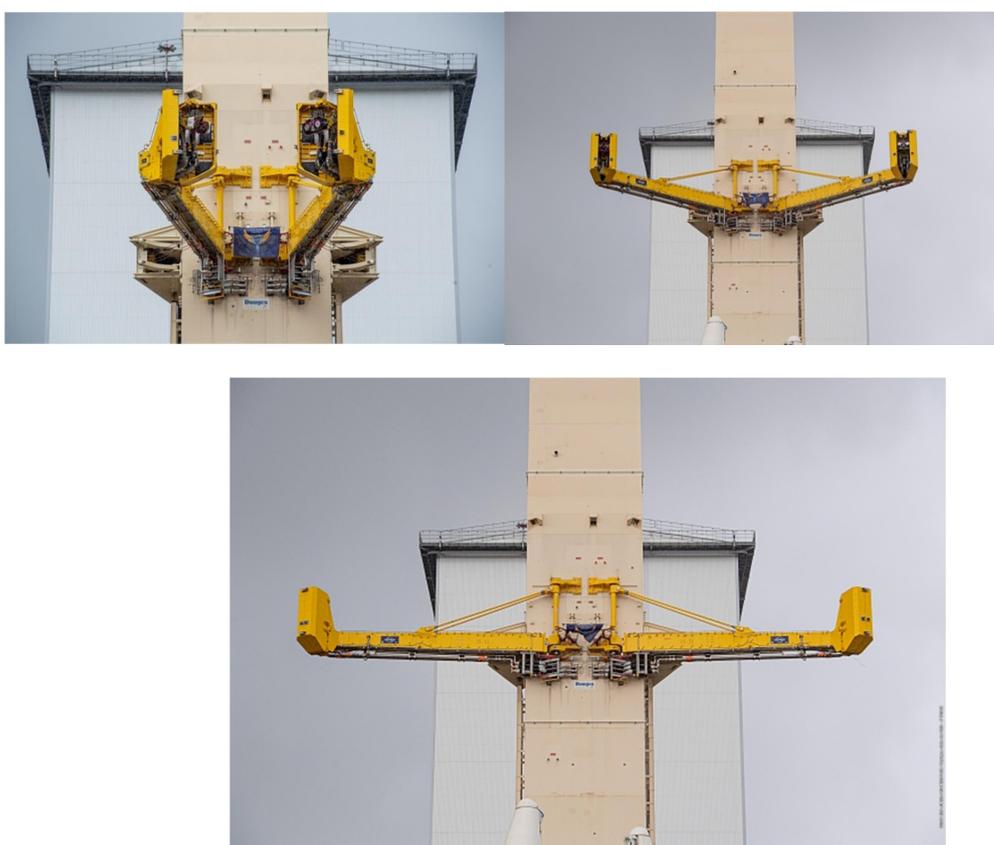
***Chef de Service DTS/SDS/G, Direction du Transport Spatial, Sous-Direction Développement Sol – Guyane et responsable des essais de qualification technique ELA4 au port spatial.***

oxygène. Ces deux bras ont une longueur de 13 mètres, chacun pèse à peu près une vingtaine de tonnes et ils permettent, via des tuyaux toriques qui cheminent le massif, qui passent par le mât et qui sortent au niveau des bras, de pouvoir alimenter l'étage supérieur du lanceur en hydrogène et en oxygène lors des dernières phases de chronologie et de lancement. Ces bras, en chronologie positive, dès qu'on aura commencé à allumer le lanceur, vont s'ouvrir. L'ouverture de ces bras est de 90 degrés; ils s'ouvrent en 2,5 secondes suite à un ordre qui vient du banc de contrôle qui déclenche l'activation de moyens pyrotechniques qui vont déclencher les contrepoids, situés sur le côté du mât, et qui vont tirer sur les bras, les ouvrir automatiquement et à très grande vitesse, pour pouvoir séparer les bras du lanceur, afin qu'il puisse s'élever sans problème. Ces bras sont en métal. Ils sont équipés de caméras et d'un système de rinçage qui permet, sur les décollages, d'avoir un rinçage automatique des bras. Ainsi, ces bras ont été qualifiés dans une première partie à Fos-sur-Mer et, dans une deuxième partie, on a fait toute une série d'essais dans différentes configurations, et les bras ont été qualifiés techniquement sur la zone de lancement. Il y a eu plus de 200 essais complets qui ont été faits entre les bras qui permettent l'alimentation de l'étage supérieur et les moyens d'avitaillement qui permettent l'alimentation de l'étage inférieur du lanceur.



## *Interview de Serge Mahé,*

***Chef de Service DTS/SDS/G, Direction du Transport Spatial, Sous-Direction Développement Sol – Guyane et responsable des essais de qualification technique ELA4 au port spatial.***



*Pour terminer, vous avez récemment réalisé des essais dits combinés. En quoi consistaient-ils ? Pouvez-vous nous mettre en évidence l'importance de ces tests ?*

Effectivement, comme je le disais, on a démarré les phases d'essais combinés. Les premiers essais combinés que l'on a fait et qu'on a déroulé l'année dernière,





## *Interview de Serge Mahé,*

***Chef de Service DTS/SDS/G, Direction du Transport Spatial, Sous-Direction Développement Sol – Guyane et responsable des essais de qualification technique ELA4 au port spatial.***

c'étaient les essais combinés liés à l'intégration de la coiffe et de satellites dans la coiffe. On avait avec une coiffe de vol d'Ariane 6, au niveau du bâtiment d'assemblage final, un bâtiment déjà existant sur l'ensemble de lancement d'Ariane 5. On a fait toutes les phases d'intégration, d'encapsulation d'une charge utile avec une fausse charge utile, mais on a déroulé toutes les procédures. Tout cela s'est déroulé en septembre 2021 et, ensuite, on a continué sur l'essai combiné où on a validé la circulation d'hydrogène et d'oxygène liquide dans tous les équipements mécaniques qu'on allait installer (donc comme je vous disais), toutes les tuyauteries qui ont été installées dans le massif, dans le mât, et dans les bras. On a fait ces phases qui se sont déroulées sur 3-4 mois en début d'année 2022, et qui nous ont permis de valider toute la partie mécanique avec la circulation de carburant à très basse température. On a pu s'assurer du fonctionnement du débit. On a pu prendre tout un ensemble de mesures pour vérifier que tous les équipements, et toutes les vannes du processus fonctionnaient bien, qu'on était dans les temps par rapport au pilotage par rapport au banc. Donc ça, c'était toute une série d'essais "fluides" et que l'on a déroulé. Ça nous a permis d'acquérir une confiance complète sur le fonctionnement fluide et là, on est prêt, je dirais, à passer à l'étape -qui va arriver- de remplissage des réservoirs d'une maquette du lanceur. Ça, c'étaient les essais fluides qu'on a déroulés dans le premier semestre 2022, et on a terminé en début d'été par les essais combinés d'intégration du lanceur, du corps central d'Ariane 6 au BAL. On a déroulé toutes les opérations avec ArianeGroup, on a déroulé toute une séquence d'intégration, on a validé les durées d'opération. Il faut savoir que l'étage inférieur et l'étage supérieur sont raccordés par plus de 300 boulons. Toutes ces opérations ont été validées et on a terminé par les opérations et ces combinés, où on a transporté le lanceur du BAL sur les 800 mètres



## *Interview de Serge Mahé,*

***Chef de Service DTS/SDS/G, Direction du Transport Spatial, Sous-Direction Développement Sol – Guyane et responsable des essais de qualification technique ELA4 au port spatial.***

jusqu'à la zone de lancement. On verticalise le lanceur via le pont de 45 tonnes du portique mobile, et on le pose sur la table. Après, on a fait l'intégration des 4 boosters en configuration Ariane dite "à 64" avec les 4 boosters qui permettent de pouvoir lancer 11,5 tonnes en géostationnaire. On a fait l'intégration des 4 boosters sur le corps central, et on a quasiment un lanceur complètement intégré. Ce n'est qu'une maquette des lanceurs, bien sûr, mais une maquette complète. Et là, il ne reste plus que les prochains essais combinés qui vont avoir lieu en septembre : ça sera l'intégration de la coiffe dont je vous ai parlé qui sera posée sur le lanceur, et on devrait avoir fin-septembre/début-octobre une maquette de lanceurs complète sous portique et, après, les essais combinés qui resteront à dérouler concerneront tous les essais de remplissage des réservoirs du lanceur.

### *Impressionnant ! Plus de 200 tests ?*

Oui. Ça c'est au niveau des bras. C'est quand on a qualifié les bras, il y a eu énormément de tests qui ont été faits pour bien vérifier le fonctionnement, les durées, et la qualification.



## *Interview de Serge Mahé,*

***Chef de Service DTS/SDS/G, Direction du Transport Spatial, Sous-Direction Développement Sol – Guyane et responsable des essais de qualification technique ELA4 au port spatial.***

***L'ensemble de ces tests ont-ils fonctionnés jour et nuit, durant le chantier ?***

Alors il nous est arrivé, effectivement, de faire des tests de nuit pour les roulages, pour voir comment se comportaient les roulages des systèmes de nuit, parce qu'on sera amenés, pour certaines chronologies et comme on l'a eu sur Ariane 5, à faire des activités de nuit. On a également fait des essais d'ouverture de bras de nuit pour voir comment ça fonctionnait, notamment dans les systèmes d'éclairage et les systèmes de caméra, pour avoir une visualisation technique. Et après, on a prévu dans l'essai combiné de faire des essais combinés de nuit pour faire des remplissages du lanceur, parce qu'il peut y avoir des différences de gradient, de température, et ça peut influencer aussi sur les températures et lors des remplissages, donc on fera aussi des essais de nuit, tout à fait.

### **L'équipe**

- **Une interview** de Halim BENNADJA, chef de projet à l'Association Odyssee Céleste
- **Réalisation/montage** : Halim BENNADJA
- **Transcription écrite** : Halim bennadja et Natalia Rojas Garcia
- **Copyright Image** : CNES / ESA/ SENTINEL/ ARIANESPACE / Capcom/CENTRE OPTIQUE DU CSG /Association Odyssee Céleste