

# Quoi de neuf à la Localisation ?



Ils écoutent les lanceurs depuis leur pas de tir jusqu'à l'horizon. Les radars du Centre spatial guyanais sont des éléments essentiels des lancements et font partie de l'activité localisation. Et dans cette activité du CSG aussi, la modernisation est en marche.

« **A** quoi sert la localisation ? A savoir où se situe le lanceur à tout moment. Pourquoi ? Pour déterminer la dangerosité du lanceur. » Les réponses de Philippe Bardot, expert senior localisation et responsable d'activité localisation et télécommande au CNES, aux questions que nous lui posons sont on ne peut plus claires. « Pour savoir où est le lanceur dans l'espace, on a deux possibilités. Soit le lanceur nous dit où il est – c'est le rôle de la télémétrie : le lanceur est équipé de capteurs inertiels [accéléro-

mètres qui mesurent une distance lors d'une accélération, ndlr] et la télémétrie récupère la donnée transmise au service localisation. Soit nous cherchons à savoir par nous-même où le lanceur se trouve. C'est là qu'interviennent les radars. »

## Comment ça marche un radar ?

Le radar pointe vers le lanceur. Il produit une onde électromagnétique émise dans une certaine direction par l'intermédiaire de son antenne – les appareils de télémétrie ont eux aussi besoin d'une

antenne, mais elle ne fait que récupérer les données. Cette antenne parabolique possède un point focal qui émet ou qui écoute un signal de radiofréquence. Au moment où il envoie cette onde électromagnétique, le radar déclenche un chronomètre. Cette onde touche l'objet recherché, rebondit et revient vers le radar. A ce moment-là, le chronomètre s'arrête. Sachant que l'onde a voyagé à la vitesse de la lumière, il est facile avec cette mesure de temps, de connaître la distance entre le radar et l'objet qui a réfléchi l'onde. On y associe la direction

de pointage de l'antenne pour avoir une position en trois dimensions.

« A la localisation, nous récupérons ces trois données-là, explique Philippe. Or, pour pouvoir observer loin et précisément, il est nécessaire de dégager beaucoup de puissance. De plus, l'onde part et rebondit sur quelque chose mais on ne sait pas si c'est le lanceur ou... autre chose. » Par exemple, lors de la séparation d'éléments du lanceur, le radar capte-t-il le corps principal ou un booster ? Pour pallier ces inconvénients, le corps principal du lanceur est équipé de répondeurs radar. Le radar envoie une onde électromagnétique à une certaine fréquence. Dès qu'un répondeur radar la capture, il émet en retour une onde électromagnétique à une autre fréquence définie et connue. « Le radar émet à une certaine fréquence et écoute à une autre fréquence. Le fait qu'un récepteur à bord émet une onde électromagnétique fait gagner en puissance par rapport à un simple écho qui rebondirait sur la « peau » du lanceur. Donc non seulement il peut aller beaucoup plus loin mais en plus il est sûr que c'est bien le lanceur qu'il suit. »

## Une technologie qui résiste au temps

Bretagne 1, Adour 2 et Amazonie 1 à Kourou, Bretagne 2 à Cayenne et le radar espagnol Inta à Saint-Jean du Maroni : le CSG dispose de cinq radars, « même si l'objectif d'Amazonie 1 est de remplacer Adour 2 qui vieillit », insiste Philippe (lire pages suivantes). Lors d'un lancement, tous les radars sont synchronisés et interrogent le lanceur chacun leur tour. « L'interrogation part à 585 hertz toutes les 1,7 milliseconde et notre système localise le lanceur toutes les 100 millisecondes. Un radar, c'est une horloge impressionnante. »

Une horloge entretenue avec soin par les personnels de Telespazio (qui fait partie du contrat GEKO – Groupement des Entreprises de Kourou). Résistances, condensateurs : ces technologies vieillissent mais restent très précises en dépit d'une partie mécanique à l'air libre. C'est pourquoi les deux radars Bretagne

## 3 questions à...

**Patrick Géhin**  
Chef du service Acquisition Mesures\* du CNES

### « La Localisation soutient la disponibilité du CSG »



La localisation connaît une révolution actuellement...

C'est vrai que ça n'est pas tous les jours qu'un nouveau radar entre en activité au CSG. C'est un équipement onéreux destiné à durer longtemps. Amazonie 1 a été mis en face d'un lanceur pour la première fois pour le vol Vega VV18. Après des dépouillements fins de son comportement en tant que radar et dans l'interface avec le CSG, il a été préparé pour le vol Ariane 5 VA254, qui correspond à sa dernière qualification opérationnelle.

Après cette qualification, une deuxième révolution se profile...

La rénovation de nos vénérables Bretagne 1 et Bretagne 2, en effet. Nous allons commencer

par BR2, dont une pièce vient déjà d'être remplacée en raison de sa récente faiblesse. Puis ce sera le tour de BR1, notre radar amiral. Notre expert radar doit prochainement réceptionner les éléments concernés en Sardaigne chez l'industriel Vitrociset. Ils arriveront en fin d'année en Guyane. La restauration commencera l'année prochaine.

Et l'heure de la retraite d'Adour 2 pourra ensuite sonner, à l'issue d'une très longue carrière. Nous nous préparons à accueillir le jumeau presque parfait du radar Amazonie 1, à savoir le radar Amazonie 2, puisque le feu vert a été donné. Quelques adaptations liées à l'ergonomie des équipements seront inévitables mais la synergie liée au développement de son prédécesseur jouera à plein. Si des options sont envisagées, elles seront installées plus tard. Amazonie 2 devrait arriver à horizon 2024, afin d'être opérationnel dans le cadre de CSG Nouvelle Génération.

D'autres moyens sont en passe de révolutionner la localisation au CSG...

Le kit Kassav 1, en cours de qualification technique et opérationnelle – celle-ci nécessitant plusieurs lancements –, utilise les satellites pour géolocaliser le lanceur où il est logé. Il est autonome et fiable. Il vient compléter la localisation par les radars. Le démonstrateur Marta, qui utilise lui aussi les données satellite, est entré en scène pendant le vol Vega VV18, le 28 avril, et ce, à titre expérimental sur plusieurs lancements pendant environ une année. Si son efficacité est avérée, il viendra appuyer la localisation notamment pour les lanceurs réutilisables. Ce qui viendra soutenir la disponibilité du CSG, en attendant la construction du Centre des opérations, là encore dans le cadre de CSG NG. Ce sera la quatrième révolution, dans la deuxième partie de cette décennie.

\* Sous-direction des opérations et des moyens techniques pilotée par Fabienne Serene.

» vont être progressivement rénovés l'un après l'autre (rénovation de l'électronique et des asservissements). «*La qualification du radar Amazonie 1, qui, lui, est passé au tout numérique d'une technologie plus moderne, assurera la disponibilité de la base spatiale européenne pendant la durée de ces rénovations*», confirme Philippe.

### De nouveaux moyens exploités

Reste à traiter les données captées par les radars... mais pas seulement puisque ces derniers ne voient le lanceur que jusqu'à l'horizon. Par la suite la localisation réceptionne aussi, en effet, les informations transmises par le lanceur et par l'activité télémesure (voir le schéma du service Acquisition Mesures ci-contre) située à la station Galliot, sur la Montagne des Pères, à Kourou, et dans les stations aval.

«*Intervient à ce moment les capteurs de télémesure : les centrales inertielles du lanceur, qui mesurent son accélération et donc sa vitesse et sa position, ou les données satellites de géolocalisation enregistrées par le dispositif Kassav 1 sur Ariane 5 (et Ariane 6 plus tard), par exemple, ou le démonstrateur Marta en cours d'expérimentation au CSG (lire pages suivantes).*»

### Le «cœur du réacteur»: le SCTV

Toutes ces données sont traitées par le système de coordination et visualisation (SCTV). «*Mais ce système, installé dans le bâtiment Jupiter 1,*

*ne fait pas que calculer les trajectoires issues des différentes mesures*», explique Philippe. Avant le lancement, il faut préparer et valider les configurations mises en place pour tous les moyens de la Localisation, entraîner les différents opérateurs. Et pendant le lancement, non seulement le SCTV coordonne l'ensemble des moyens de la Localisation pour qu'ils réalisent de concert les opérations attendues, mais il assure aussi le traitement des données mesurées pour fournir à tout moment, à ses clients tel que la Sauvegarde vol ou les stations aval, une trajectoire la plus précise possible. Enfin, après le lancement, le SCTV récupère l'ensemble des informations traitées, réceptionnées durant la chronologie de lancement, pour ensuite les exploiter et fournir des rapports ou des mesures pour interprétation au centre de traitement de Toulouse.

«*Le SCTV coordonne les radars. Ses deux trajectographes [il y en a deux, en cas de panne, ndr] récupèrent l'ensemble des mesures, jugent de leur validité et déterminent où se situera le lanceur par extrapolation. Car si les données sont transmises toutes les N secondes, elles sont évidemment dans le passé : il existe un écart entre l'instant de la mesure et l'instant où le capteur, radar ou système de télémesure, va pointer. Le trajectographe va donc extrapoler cette mesure en tenant compte de la dynamique du lanceur. Il existe autant de trajectoires calculées que de capteurs.*»

### Jusqu'à l'horizon et au-delà

Lors d'un lancement, les résultats de calcul sont transmis prioritairement à la sauvegarde vol pour leur présenter une situation sur laquelle ils jugeront de la dangerosité du lanceur : la justesse de la mesure et du calcul ont donc une influence non négligeable dans ce jugement. Le point d'impact des éléments neutralisés par la Sauvegarde doit se situer dans une zone acceptable connue.

«*Les données recueillies par la Localisation sont donc des paramètres essentiels d'aide à la décision pour la Sauvegarde vol*», et permettent la coordination des activités de lancement, jusqu'au centre de contrôle Jupiter. Elles apparaissent d'ailleurs en temps réel sur l'écran géant qui fait face aux autorités décisionnelles, aux officiels, industriels, clients et chefs de service qui participent au lancement, jusqu'à la mise sur orbite des passagers du lanceur. ■

**GNSS**: géolocalisation et navigation par un système de satellites  
**GPS**: Global Positioning System  
**Kassav 1**: Kit Autonome de Sécurité pour la SAUvegarde en Vol  
**Kassav-2**: Kit Autonome comme Solution de SAUvegarde en Vol  
**Marta**: Multiple Antennas for Trajectory Acquisition  
**Radar**: Radio Detecting And Ranging

Lexique

L'équipe de la Localisation à Jupiter 2 (debouts, de dr. à g.): Patrick Géhin, chef du service Acquisition Mesure, Philippe Bardot, responsable d'activité localisation et télécommande, Belaïd Dahmouchene, spécialiste radar; (assis) Jorane Bruder et Sébastien Bosse (spécialistes localisation). Tout à gauche: Cleberson Miranda, expert en coordination de systèmes sensibles, suit le développement de Kassav 1.



## Portrait

### «Un spécialiste radar possède plusieurs casquettes»



**Belaïd Dahmouchene est arrivé en novembre 2020 au service Acquisition Mesures du CNES. Après huit mois de formation intensive, le nouveau spécialiste radar a connu son baptême du feu lors du vol Vega VV18.**

Expert technique industriel radiofréquence recruté par MT Aerospace en 2013, Belaïd connaît bien le CSG. Une offre d'emploi publiée sur Galaxi à laquelle il postule l'an dernier lui ouvre la porte du monde de la localisation de la base spatiale.

#### Missions opérationnelles

«*Je suis en train de me former à un poste qui comporte plusieurs casquettes, décrit-il. D'abord celle de responsable localisation en opération, avec la préparation et la mise en œuvre des radars pour un lancement puis le management des moyens pour la poursuite du lanceur. La deuxième casquette consiste à garantir le maintien des performances et la disponibilité des moyens et à suivre/piloter les prestations techniques dans le cadre du contrat industriel (Maintenance Opérationnelle) ou des contrats d'exploitation spécifiques.*»

Il s'agit pour lui de se familiariser avec ces systèmes complexes, de comprendre leur fonctionnement et leur interfaçage avec tous les autres systèmes: «*La Localisation n'est pas indépendante, elle est reliée à la Sauvegarde vol, notre client, notamment en début de vol, séquence considérée comme dangereuse pour les personnes et les biens.*»

#### Gestion de projets

Une troisième casquette a trait à la gestion de projets, tels que la rénovation prochaine de Bretagne 1 et de Bretagne 2. «*Nous allons également faire venir un radar profileur de vent, qui permet de caractériser la direction et la vitesse des vents dans un couloir au-dessus du CSG. On va l'installer à Fusée-sonde.*» L'étude de faisabilité, la détermination des besoins et l'étude de compatibilité avec les installations du CSG sont en cours depuis décembre dernier.

Avec l'implantation de cet équipement, Belaïd anticipe l'arrivée des démonstrateurs Callisto et Themis. «*Jusqu'à présent, on n'a pas au CSG de référencement des vents entre 0 et 15 km. Entre autres applications, nos méthodes pour faire ré-atterrir nos lanceurs seront affinées grâce à ce nouveau moyen.*» Il remplacera aussi à terme les radiosondages météorologiques effectués en début de chronologie négative.

Cette grosse charge de travail a connu un point d'orgue fin avril 2021. Sa qualification opérationnelle a été validée à l'occasion de la campagne Vega VV18. «*J'avais hâte de vivre cette expérience : je n'ai pas été déçu*», dit Belaïd en souriant.

## Le service Acquisition Mesures

### 1 LA LOCALISATION

- CNES: 4 ingénieurs
- Industriels: 25 personnes (Telespazio, GTD et Roving)
- gestion des activités radars (dont un radar à Cayenne et un radar à Saint-Jean du Maroni)
- gestion des calculateurs de trajectographie
- contribution aux lancements depuis le centre de contrôle de Jupiter 2
- gestion des stations télécommande (dont une station à Saint-Jean du Maroni)
- gestion de configuration

### 2 LA MÉTÉO

- CNES: 4 ingénieurs détachés de Météo France
- Industriels: 6 personnes (Telespazio, GTD et Roving)
- gestion opérationnelle des 2 radars météo
- moyens de prévisions
- système de détection météo, de mesures de surface et capteurs
- systèmes de radios sondages
- systèmes de traitement

### 3 LA TÉLÉMESURE

- CNES: 6 ingénieurs, 1 collaborateur à la Montagne des Pères, 1 ingénieur à Libreville (Gabon)
- Industriels: 35 personnes (Telespazio et Roving)
- gestion des systèmes de traitement télémesure à la Montagne des Pères
- gestion des stations télémesure de Kourou/Galliot à la Montagne des Pères
- gestion des stations du réseau Est (Natal, Ascension, Libreville, Malindi)
- gestion des stations du réseau Nord (Saint-Jean du Maroni, Bermudes, Saint-Hubert, New Norcia)
- gestion des moyens mobiles déployés dans d'autres stations dans le monde
- gestion de la station mobile sur un navire

### 4 L'ANALYSE SYSTÈME MESURE

- CNES: 5 ingénieurs
- récupération des trajectoires de lancement auprès des opérateurs de lancement et de la sauvegarde, études et réalisation des analyses de mission
- déploiement des systèmes au sol pour le tracking complet du lanceur, de Kourou jusqu'à la fin de la visibilité, dans le respect de la Loi relative aux opérations spatiales, et jusqu'à la séparation satellite

# Dans la famille Radar...

*Amazonie 1 est le petit dernier (lire page ci-contre). Son jumeau, Amazonie 2, devrait arriver en Guyane d'ici à fin 2024. La famille des radars de localisation du CSG s'agrandit. Revue de détail.*

## ► Bretagne 1

Site Grand Leblond sur la Montagne des Pères (Kourou)

## ► Bretagne 2

Site de Montabo (Cayenne)  
Construits par Thomson dans les années 1960  
Installés pour la première fois sur la base de lancement d'Hamaguir (Algérie)  
Mis en service au CSG dans les années 1970 après rénovation  
Parabole de 3 m de diamètre  
Portée: 4 000 km en mode répondeur, 500 km en écho de peau  
Après la qualification opérationnelle du radar Amazonie 1, la rénovation de Bretagne 2 va commencer. Elle sera suivie de celle de Bretagne 1.



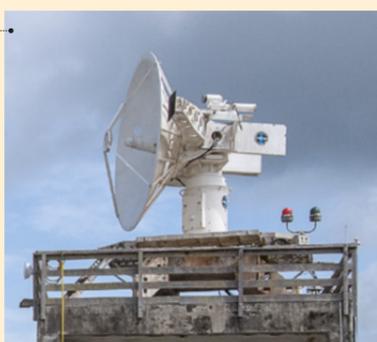
## ► Adour 2

Site Météo du CSG  
Construit par Thomson dans les années 1960  
Partiellement utilisé du fait de performances moindres comparé à Bretagne 1 et 2  
Parabole de 3 m de diamètre  
Portée: 4 000 km en mode répondeur, 300 km en écho de peau  
Une fois la rénovation de Bretagne 1 et 2 achevée, Adour 2 sera démantelé.



## ► Inta

Saint-Jean du Maroni ou Saint-Georges de l'Oyapock  
Radar mobile construit par BAE Systems dans les années 1980  
Loué à l'Agence spatiale espagnole (Inta)  
Utilisé pour les lancements Vega  
Installé à Saint-Jean du Maroni pour les lancements orientés vers le nord.  
Déplacé à Saint-Georges de l'Oyapock pour VV04 et VV06 (lancements vers l'est)  
Parabole de 3,6 m de diamètre  
Portée: 4 000 km en mode répondeur, 300 km en écho de peau  
Lors d'un lancement, la station de flanquement de Saint-Jean constitue un mini-CSG, avec une vingtaine de personnes mobilisées.



▲▲  
Qualifié dans son mode nomade, Amazonie 1 quitte sa remorque pour être installé sur un socle, à Pariacabo (photo de droite). Ce démontage concerne aussi les équipements du shelter fixé sur une deuxième remorque (photo ci-dessus).

## Les radars météo, pierres angulaires d'un lancement

Ils s'appellent Rodin, Romuald et Roméo. Ce dernier vient d'être installé au CSG et attend d'être qualifié. Les radars de l'activité météo sont eux aussi gérés par les radaristes du service Acquisition Mesures. Leur fonctionnement est globalement le même que celui de leurs cousins de la Localisation: une antenne parabolique génère des impulsions électromagnétiques qui rebondissent sur les gouttes d'eau (les cibles) dont le rayonnement est réfléchi vers l'antenne. Le calculateur fait le reste et après visualisation, l'opérateur transmet les données jusqu'à la dernière minute lors d'un lancement, autorisant ou pas le décollage.

# Amazonie 1 entre en scène

*Arrivé au CSG en début d'année dernière, le radar Amazonie 1 a pâti de la crise sanitaire. Déballé et assemblé sur le site Fusée-sonde, il a déménagé en août près du site d'observation Ibis, à Pariacabo. Il a passé lors des vols VV18 et VA254 les tests de qualification opérationnelle.*

**A**u lendemain du vol Vega VV18, Philippe Bardot (responsable localisation) estimait avec enthousiasme que parfois, Amazonie 1 avait été meilleur que Bretagne... Nicolas Hugues confirme que tout s'est bien passé et que les performances étaient correctes. Chef du service architecture stations à la Sous-direction Développement sol de la Direction des lanceurs du CNES, il pilote la conception, le développement et la qualification du nouveau radar du CSG depuis le début.

## Le temps des tests...

Amazonie 1 est arrivé en Guyane en début d'année dernière, juste avant la crise sanitaire. Assemblé à Fusée-sonde, il y est resté coincé quelques mois, après le départ des techniciens dépêchés par son constructeur, l'américain BAE Systems, et l'intégrateur italien (Vitrociset) qui l'accompagnaient. Son déménagement en août pour son emplacement, à Pariacabo, a relancé les essais nécessaires à son déploiement.

Si le cœur du radar est américain, Vitrociset\* a produit un certain nombre d'équipements: le shelter et sa climatisation, le système de collimation et de simulation, la console opérateur. Cette console ressemble à toutes celles des autres radars du CSG, afin de faciliter la formation des futurs opérateurs.

« Pour vérifier qu'un radar fonctionne, raconte Nicolas, avant de faire sa première poursuite sur un lanceur, on a la chance d'avoir des satellites du CNES. » Ces satellites sont en effet équipés de répondeurs, des systèmes équivalents au lanceur

et qui permettent de les poursuivre. Les cibles ont donc été choisies: « la première génération des satellites Pléiades, dont on connaît parfaitement la trajectoire, l'ISS elle-même et Crew Dragon, qui ont une orbite visible. Amazonie a aussi poursuivi des débris répertoriés par le Norad. »

Une fois cette démonstration réussie, les premiers tests au sol, la communication avec le lanceur sous son portique sur le pas de tir, ont été menés. Pour finir avec ceux du centre de calcul où sont envoyées les données des radars ainsi que les mesures de localisation à bord du lanceur.

## ... puis celui du tracking

« Le radar Adour a participé à la chronologie jusqu'à moins 30 minutes du décollage. On nous a demandé: Est-ce qu'Amazonie est prêt? Et comme prévu, on l'a fait monter, on a refait quelques essais au sol pour nous assurer que c'était bon et on est resté jusqu'à la fin. »

Adour a été arrêté nominalement – car un radar, pour poursuivre, est obligé d'émettre: il ne peut pas demeurer « passif » – et Amazonie 1 a pris sa place. Son comportement et ses performances ont été finement analysés.

Le but était de qualifier Amazonie en mode « mobile », sur sa remorque, lors de VV 18. Le radar a ensuite été désolidarisé de sa remorque et fixé à Pariacabo sur un socle en béton prévu pour le recevoir.

## Qualification opérationnelle en vue

L'équipe du CSG a suivi les Américains de BAE Systems et les Italiens de Telespazio (ancien Vitrociset) lors de cette opération.



## ► Amazonie 1

Site de Pariacabo (Kourou)  
Radar mobile construit par BAE Systems  
Parabole de 3,6 m de diamètre  
Portée: 1 500 km en mode répondeur (jusqu'à l'horizon), 2 500 km en écho de peau (pour suivre l'ISS, par exemple)

L'installation des logiciels, la formation pour la maintenance des équipements puis celle des opérateurs ont précédé une autre phase d'essais du radar sur son plot béton pour revalider ses performances dans cette nouvelle configuration. Avec au programme une mise à jour de toutes les procédures dans un contexte opérationnel.

Eprouvé techniquement sur les campagnes Vega VV18 et Ariane VA254, Amazonie 1 sera disponible dans la configuration opérationnelle à partir du lancement Vega VV19. A terme, il doit remplacer Adour 2. ■

\* Le 1<sup>er</sup> mars 2021, la branche Espace de la société Vitrociset S.p.A., dans le cadre d'une opération de division partielle par incorporation, a été transférée dans la société Telespazio S.p.A.

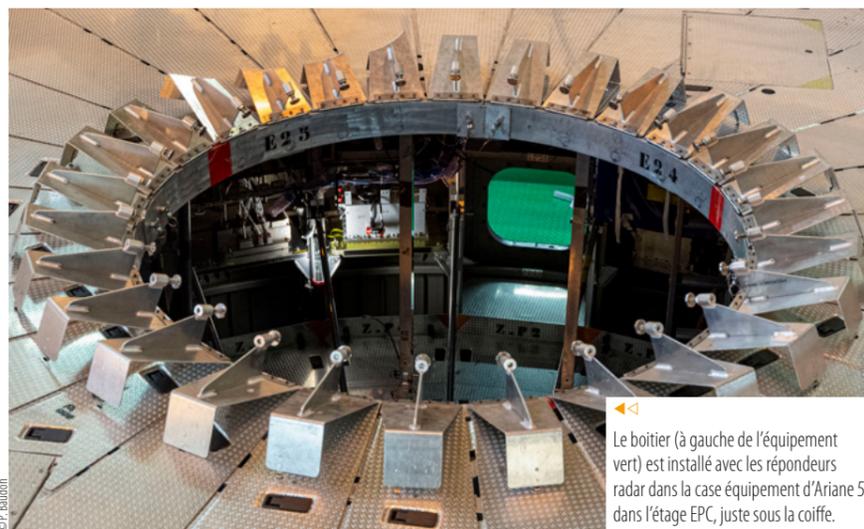
## Son jumeau arrivera dans trois ans

« Amazonie 1 répond parfaitement à nos besoins, donc Amazonie 2 sera son jumeau. » Le choix a été arrêté début avril et la commande auprès de Telespazio et BAE Systems va suivre. « Au départ, on avait vu large, confie Nicolas. On voulait rendre le radar complètement automatisé et pilotable depuis le futur CDO. En raison du coût, nous sommes revenus à un système équivalent à celui d'Amazonie 1. » Ce deuxième équipement, financé par l'ESA, est tout de même un peu plus cher que le premier, en raison de l'évolution du coût de ses composants.

Le délai de réception du matériel sera plus court que pour Amazonie 1 étant donné que le développement a déjà été réalisé. « Je pense qu'il sera là trois ans après la commande prévue en fin d'année », espère Nicolas.

Les deux radars se partageront les remorques car l'un et l'autre pourront être déplacés à Saint-Jean du Maroni ou à Saint-Georges de l'Oyapock.

# Kassav 1 : l'exactitude à bord



Le boîtier (à gauche de l'équipement vert) est installé avec les répondeurs radar dans la case équipement d'Ariane 5, dans l'étage EPC, juste sous la coiffe.

**L'autonomie est le principe de base de Kassav 1, système de localisation conçu pour assurer la sauvegarde en vol des lanceurs opérés depuis le port spatial de l'Europe. Il est embarqué sur Ariane depuis VA 253 et poursuit sa qualification.**

L'appareil ressemble à une batterie de voiture de par sa taille mais est en fait un condensé de pure précision. Kassav 1 est autonome. Ce système élabore la position du lanceur en vol et renvoie l'information au sol via une télémesure dédiée.

## L'anomalie VA 241

Le programme Kassav 1 a été développé après l'anomalie décelée lors du vol Ariane 241, le 25 janvier 2018 : une déviation de trajectoire avait entraîné la mise à poste des charges utiles sur une orbite trop inclinée, rectifiée par la suite. L'enquête a démontré que « l'anomalie de trajectoire résulte [ait] d'une valeur erronée dans la spécification de mise en œuvre des deux centrales inertielles du lanceur »\*. Le lanceur n'était pas sur sa trajectoire alors que les données enregistrées par la télémesure indiquaient le contraire. L'abandon de l'utilisation des centrales inertielles propres aux lanceurs pour assurer la sauvegarde des vols a accéléré la mise au point du dispositif Kassav 1, en y associant l'ESA et ArianeGroup.

\* communiqué d'Arianespace du 23 février 2018.

Historiquement, la sauvegarde utilisait comme meilleur capteur la centrale inertielle de secours du lanceur Ariane 5 pour le localiser en complément des répondeurs radar. Une anomalie diagnostiquée lors d'un vol en 2018 (lire l'encadré ci-contre) a accéléré le développement de ce nouveau moyen autonome de localisation engagé au CNES à la Direction des lanceurs : le Kit Autonome de Sécurité pour la SAUvegarde en Vol.

Analyste des systèmes acquisition mesure au CSG, Cleberon Miranda a été associé au projet Kassav 1 dès 2018. « Lorsqu'il a été décidé de ne plus utiliser les centrales inertielles bord pour faire de la sauvegarde, raconte-t-il, seuls les radars permettaient d'assurer la localisation des lanceurs, ce qui diminuait la disponibilité de la base spatiale. Il fallait que Kassav 1 vole le plus rapidement possible sur Ariane 5. » L'objectif est atteint en août 2020, lors du vol VA 253.

## Kassav 2 prépare la sauvegarde automatisée

Le projet Kassav 2 (Kit Autonome comme Solution de SAUvegarde en Vol) vise à automatiser la sauvegarde. Il intégrera dans le lanceur les fonctions de localisation, de diagnostic et de neutralisation. Si une anomalie est détectée, l'algorithme à bord du lanceur déclenche la neutralisation de manière autonome. Cela permettra de simplifier les opérations et de gagner de précieuses secondes sur le temps de prise de décision. Un vol de démonstration est prévu en 2023.

## Un système hybride

Comment ça fonctionne ? « C'est un système hybride, développé à l'origine par Zodiac [Safran, aujourd'hui, ndlr], explique Cleberon. Nous avons choisi une centrale inertielle de performance moyenne disponible chez ixBlue et moins coûteuse que la centrale native d'Ariane 5. Cette centrale est hybridée à un récepteur GNSS, Géolocalisation et Navigation par un Système de Satellites, qui utilise les constellations Galileo, européenne, et GPS, américaine. »

A tout moment, le kit connaît sa position GNSS. Grâce à sa centrale inertielle, il est capable d'élaborer la position du lanceur en toute circonstance même en cas de perte momentanée de liaison satellite. A la fois récepteur et émetteur, il transmet sa position au sol. « Le but de cet équipement est d'affiner la sauvegarde, insiste Cleberon, surtout pendant la mission de sauvegarde et d'intervention – la MSI. Ses batteries propres assurent son indépendance énergétique, même en cas de report du vol et pendant toute la durée du vol. »

Les antennes de télémesure installées en Guyane captent donc ces données qui sont transmises à la Sauvegarde. ■

Centrale inertielle ixBlue, récepteur GNSS Septentrio, batteries Williamson avec cellules Saft, calculateur de bord et émetteur Safran : Kassav 1 est un condensé de technologies.



© J.-H. Guillon

# Marta, démonstrateur autonome

**Faire de la localisation grâce à la télémesure. Le démonstrateur Marta expérimenté par le CNES anticipe l'arrivée des lanceurs réutilisables au CSG.**

Elles sont très discrètes. Six stations de télémesure ont été déployées au CSG au début de l'année. Elles composent le réseau d'un démonstrateur qui a pour vocation d'enrichir les moyens existants au profit de la Sauvegarde. Mais il doit d'abord faire ses preuves.

Le principe est simple : sans aucun matériel supplémentaire à bord du lanceur, il s'agit de localiser par triangulation l'émetteur télémesure existant embarqué sur le lanceur, grâce à ces stations reliées à un serveur central, situé à Jupiter 2, qui calcule positions et vitesses du lanceur. Marta s'appuie sur la géolocalisation et navigation par un système de satellites (GNSS), Galileo ou GPS.

## Premier test lors de VV18

Décidé en 2018, le projet a d'abord testé des matériels. L'équipe de la sous-direction sol du CNES a sélectionné les stations mises au point par Ingespace, PME de la région toulousaine. « Réparties sur le territoire du CSG (voir la carte pages 24-25), les stations accueillent deux antennes télémesure fixes orientées vers le nord et vers l'est pour suivre les différentes trajectoires des lanceurs décollant du CSG, explique Hélène Escarguel, spécialiste analyse système dans le service Acquisition Mesures. Elles sont fixes car le but est de disposer d'un système antenne le moins cher et le moins complexe possible. » Car l'objectif de cette année de tests qui vient de commencer est d'emmagasiner les données transmises par différents lanceurs afin d'affiner les algorithmes de localisation.

## Un atout pour les étages réutilisables

Les premiers enregistrements ont eu lieu à l'occasion du vol Vega 18, avec un objectif ambitieux de le capter jusqu'à 200 km. Une perturbation radiofréquence lors du lancement a cependant compliqué cette première collecte de données. Arrivé en Guyane pour assister à cette première démonstration, Quentin Lacoste, responsable technique du projet Marta au sein de la direc-



Placées sur des pylônes de quelques mètres (ici sur le toit du bâtiment Météo), les antennes captent automatiquement les signaux émis par le lanceur.

◀◀

© J.-H. Guillon

« Marta pourrait être un complément pour la localisation des lanceurs pendant le début du vol qui est la phase la plus critique. C'est une nouvelle technologie qui utilise des techniques de localisation éprouvées »



Quentin Lacoste et Hélène Escarguel organisent un an de tests pour démontrer l'efficacité du dispositif.

▲▲

tion des lanceurs du CNES, est enthousiaste : « J'ai enregistré 10 gigas de données de télémesure. En fait, il y a pas mal de choses à changer sur le logiciel. Les stations ont numérisé des séquences de 2 millisecondes de télémesure ce qui représente 2 000 bits de télémesure. Je corrèle entre elles les séquences des différentes stations pour estimer les différences de date d'arrivée du même signal dans les différentes stations. Mon but est d'obtenir la trajectoire la plus précise possible pour chaque

type de lancement. Avec les données enregistrées, je peux simuler le système Marta après un vol. »

Pour le vol Ariane 254, une toute nouvelle version du logiciel a été installée. « On sait que nos antennes n'auront pas une aussi bonne portée qu'un radar, concède Quentin. Le créneau de Marta serait plus proche, à environ 100 km de distance. Idéal pour un étage qui revient se poser, par exemple. »

Un moyen supplémentaire de localisation des lanceurs, à la disposition de la sauvegarde des personnes et des biens qui anticipe l'arrivée de Callisto et de Themis (voir Latitude 5 n°126). ■

## Pour la petite histoire...

Il y a souvent une histoire derrière le nom d'un projet. Marta ne fait pas exception. L'acronyme veut dire : Multiple Antennas foR Trajectory Acquisition. Mais c'est aussi le prénom d'une stagiaire polonaise du CNES qui a travaillé dès 2015 sur le système. Le premier test grandeur nature a consisté en la poursuite d'un Alphajet mis à disposition par la Direction générale de l'armement, à Biscarosse (dans les Landes), en septembre 2020. Lors de ce vol de 40 minutes au-dessus de la mer, cinq stations Marta ont testé la localisation de l'avion jusqu'à 80 km des côtes et 10 km d'altitude.