

ATV-CC UN PLAN DE VOL SUR PAPIER MILLIMÉTRÉ

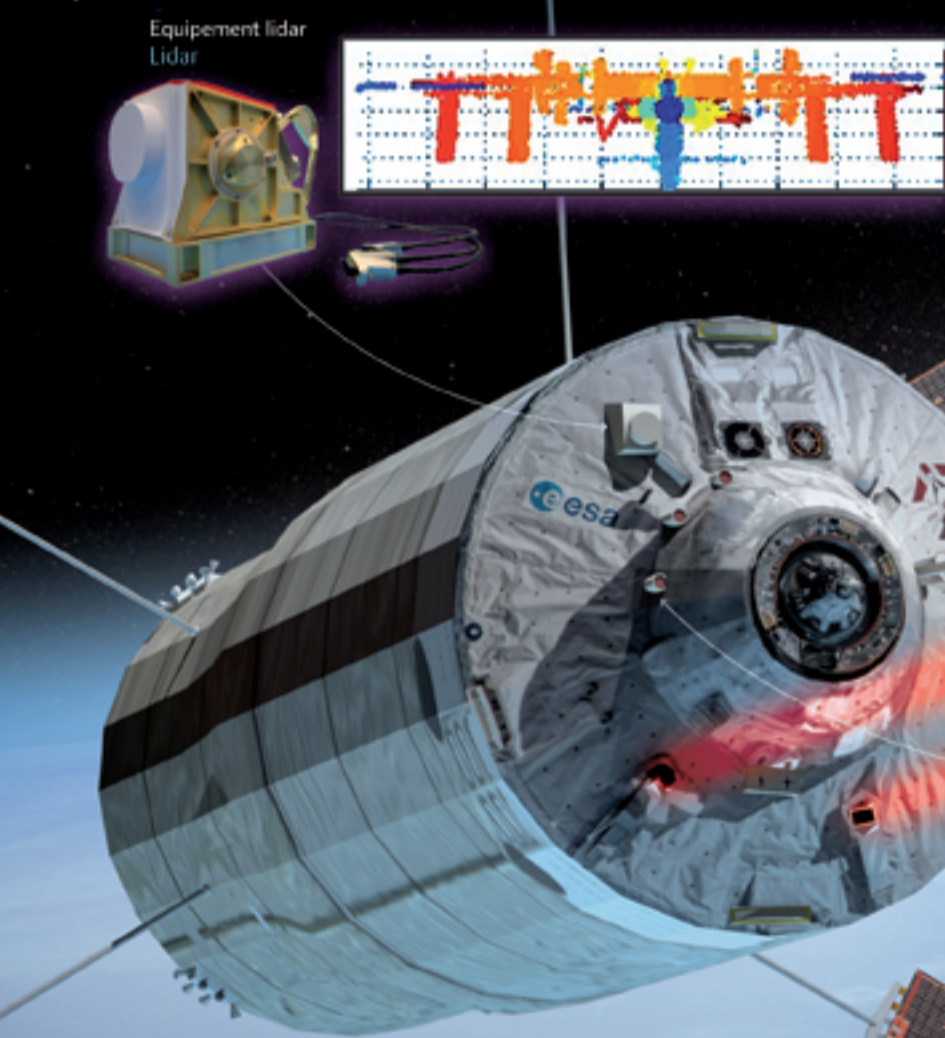
ULTRA-PRECISE FLIGHT PLANNING

Au CNES, l'équipe de l'ATV-CC qui pilote l'ATV Georges-Lemaître connaît parfaitement le chemin jusqu'à la Station spatiale internationale. C'est la 5^e fois qu'elle accompagne un cargo européen sur le parcours. Elle maîtrise la conduite et, au besoin, elle sait éviter les risques repérés ou imprévus. Cette expertise dans le rendez-vous spatial lui a été reconnue par la NASA et par la société spatiale russe Energia.

The ATV-CC teams at CNES guiding and controlling the ATV Georges Lemaître know every step of the route to the International Space Station (ISS). For the fifth flight of Europe's cargo carrier, as for all previous missions, they were prepared to face any number of identified or unexpected risks. Their expertise in space rendezvous is recognized by NASA and Russian space firm Energia.

En dépit de l'expérience, piloter l'ATV tient plus de la course à handicap que du trajet balisé sur autoroute. Contraintes de temps, d'organisation, de sécurité... jalonnent la distance. C'est la raison pour laquelle, au CNES, l'ATV se pilote en équipe. « Les risques de perte de contact, de coupures de liaison, sont plus nombreux que sur les missions classiques », confirme Patrice Benarroche, chef de projet de l'ATV-CC. De fait, la solidarité et l'interdisciplinarité entrent dans la feuille de route. « Au sein de la plateforme, la vision de la mission est transverse. Le centre de contrôle est en permanence à 100 %. Plus qu'ailleurs, les complexités sont telles qu'il faut jouer collectif. »

Despite the experience of the control centre teams, an ATV flight is more like a handicap race than a leisurely drive up the highway. The time, organization and safety constraints are many, and at CNES every ATV flight is a team effort. "The risks of losing contact with the vehicle are greater than on other routine missions," confirms Patrice Benarroche, ATV-CC project leader. Teamwork is something that is inscribed in the flight plan's DNA. "Our vision of the mission at the ATV-CC cuts across different disciplines and everyone works full out from start to finish. Given all the complexities involved, we have to work as a close knit team."



UNE COURSE CONTRE LA MONTRE

Par principe, aller en rendez-vous exige d'être à l'heure. La référence temps est une constante à l'ATV-CC, et elle s'impose très tôt : l'Embarqué à Kourou à bord d'une Ariane 5 ES ATV⁽¹⁾, le cargo est injecté soixante-trois minutes plus tard sur une première orbite, à 260 km d'altitude. À partir de là, le centre de contrôle principal situé à Toulouse prend la main. Il garde les commandes jusqu'au retour de mission. L'ATV est effectivement un véhicule « automatisé », mais pas automatique. Au point d'injection sur l'orbite, il ne dispose pas de source d'énergie. L'urgence de l'ATV-CC est donc de vérifier le bon fonctionnement des panneaux solaires et d'établir la communication avec la station de réception (cf. Focus). Il a six heures au maximum pour ça. Après quoi, ce serait la perte irrémédiable du cargo. Autrement dit, la catastrophe !

La deuxième difficulté est liée à l'angle bêta. Pour mener à bien les activités de rendez-vous, les capteurs du véhicule ne doivent pas être éblouis par les reflets du Soleil sur la station spatiale. De même, les reflets du Soleil sur les panneaux solaires ne doivent pas éblouir l'équipage à bord de la station. Il faut donc calculer l'angle et le moment parfaits pour positionner l'ATV dans une configuration idéale par rapport à l'ISS et au Soleil. Pour obtenir les conditions optimales, le Georges-Lemaître attendra le 12 août pour réaliser son rendez-vous.

Commence alors la véritable course contre la montre vers l'ISS, une cible « mobile » qui fluctue entre 390 et 410 km. Lorsque l'ATV arrive à 3 500 m de la station, à l'ATV-CC, l'ambiance est à la fébrilité. Le cargo va dériver et subir quelques corrections de trajectoire. Après plusieurs manœuvres fines, il arrive au plus près de la station. Nouvelle phase, nouvelle difficulté pour le centre de contrôle. Pour ses derniers mètres, le cargo est en mode autonome, mais il reste sous surveillance. Au moindre incident, les équipes de l'ATV-CC peuvent décider, en urgence, d'une manœuvre d'éloignement (cf. Les scénarios catastrophe). En situation nominale, l'amarrage se fait au centimètre et à la demi-seconde près ! Via un système sophistiqué de caméra vidéo et de miroirs, les astronautes vérifient le bon comportement du vaisseau de ravitaillement. Le centre de contrôle de Moscou contrôle le module Zvezda de la station sur lequel il vient s'amarrer. Capturé par l'ISS, l'ATV est mécaniquement rendu solidaire via une liaison étanche. Vingt-quatre heures plus tard, le sas est ouvert entre ATV et ISS. Au sol, on souffle enfin, mais jusqu'à la fin de mission, six mois plus tard, le travail ne s'arrête jamais ! Il faut transférer vers la station tout le matériel apporté par l'ATV, vider les réservoirs d'eau et d'oxygène...

À l'ATV-CC, le timing au cordeau, l'accumulation des risques et des contraintes ont induit une organisation spécifique. Sollicitées vingt-quatre heures sur vingt-quatre, les équipes ont conscience de l'enjeu : elles jouent en permanence avec ou contre le temps et la sécurité de l'ISS et des hommes à bord.

(1) Ce module est conçu pour mettre en orbite basse, à 260 km environ de la Terre, l'ATV, d'un poids d'environ 20 tonnes.

RACE AGAINST TIME

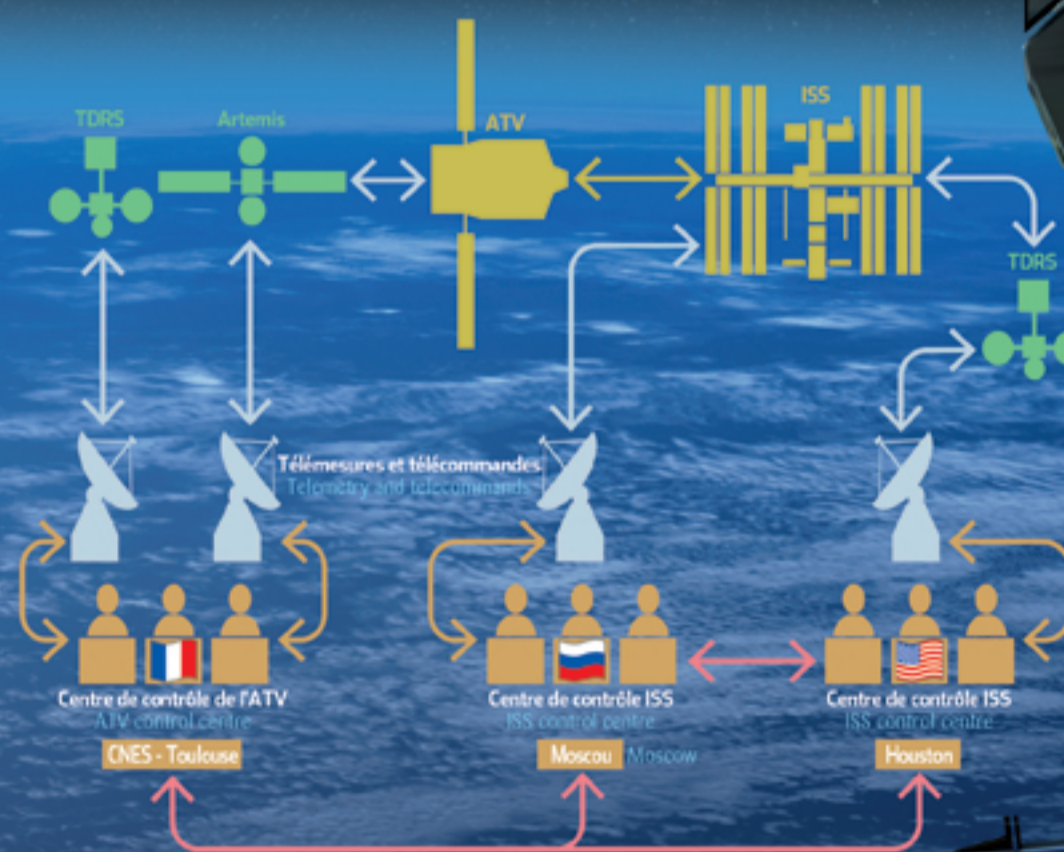
As with any rendezvous, timing is key and this principle applies at the ATV-CC from the word go. Launched from Kourou atop an Ariane 5 ES ATV⁽¹⁾, the cargo carrier is injected 63 minutes later into its initial 260-kilometre orbit. From this point on, the main control centre in Toulouse takes over and stays at the wheel to the end of the mission—the ATV is an 'automated', i.e. unmanned, vehicle but not automatic. Once the ATV reaches orbit, the ATV-CC's most urgent task is to check the vehicle's solar panels are working and to establish communications with the receiving station (see Focus). It has no more than six hours to do this, otherwise the ATV will be left stranded without power and irretrievably lost.

The second difficulty concerns the 'beta angle'. During rendezvous operations, the vehicle's sensors must not be 'dazzled' by the glare of the Sun reflected from the ISS. Likewise, reflections from the ATV's solar panels must not dazzle the station crew. This means the perfect time and angle must be calculated to put the ATV in the right position with respect to the ISS and the Sun. To obtain these optimal conditions, the Georges Lemaître will wait until 12 August before rendezvousing with the station.

The ATV now begins a race against time as it chases the ISS, a moving target whose altitude varies anywhere between 390 and 410 kilometres. As the ATV approaches to within 3,500 metres of the ISS, the atmosphere at the ATV-CC is at fever pitch. After a series of fine trajectory correction manoeuvres, the cargo carrier closes in on the station. For the last few metres of the approach, it operates autonomously but is closely monitored by ATV-CC teams, who can engage an emergency back-off manoeuvre at the slightest sign of trouble (see disaster scenarios). If everything is nominal, the vehicle docks with centimetre and half-second precision. Using a sophisticated camera/boresight system, the ISS crew checks that the ATV is lining up correctly. Meanwhile, teams in Moscow control the station's Zvezda module to which it is about to dock. The ATV is then 'captured' by the module's docking cone and hooks close to lock it to the ISS. The airlock between the vehicle and the ISS is opened 24 hours later. Ground engineers may now breathe a sigh of relief, but they still have six months of work ahead of them. The task of transferring supplies from the ATV to the station and emptying its water and oxygen tanks can begin.

At the ATV-CC, all of these precise timing and risk constraints require a precise organization. On call round the clock, teams know that time is of the essence and that the safety of the ISS and its crew is in their hands.

(1) This variant of Ariane is designed to lift the 20-tonne ATV into low-Earth orbit.



LES SCENARIOS CATASTROPHES

Jusqu'ici, tout va bien ! Pour les 4 ATV, le centre de contrôle a signé un sans-faute. Mais la face cachée du métier, ce sont aussi les alarmes qui sollicitent en continu les équipes. Il existe des centaines d'alarmes possibles ; elles exigent que les équipes réagissent en moins de deux minutes ! Le pilotage de l'ATV n'est jamais une mission de routine. Il faut détecter si ces alarmes peuvent invalider la mission. Une seule parade : il faut interpréter la cause, parer aux éventualités, engager les bonnes manœuvres : évitement, éloignement... La seule solution pour gagner en expérience, en réactivité, c'est la simulation. Pour familiariser les équipes avec les aléas possibles, interagir au bon moment, le CNES et l'ESA ont créé ATAC, une formation unique dédiée à l'ATV. Ce cursus, destiné aux ingénieurs pilotes du cargo, est parsemé de pannes, de situations critiques pour habituer les équipes de Toulouse à apporter, en urgence, la réponse pertinente : perte de communications, incendie à bord de l'ISS, défectuosité des panneaux, rencontre avec un débris spatial... Les réalisateurs de films catastrophe peuvent y trouver leur inspiration ! Plusieurs sources peuvent détecter un danger ou un comportement anormal. L'ATV, grâce à son logiciel de bord, peut lui-même déclencher une manœuvre dite « d'évitement ». L'ATV-CC, qui garde toujours la main, peut aussi provoquer cette manœuvre d'évitement ou « escape ». Enfin, l'équipage de la station peut, s'il y a urgence, initier cette manœuvre. La solution de l'escape est adoptée si l'ATV se trouve à proximité de la station. Il sera dévié sur une trajectoire suffisamment éloignée par rapport à la station pour mettre celle-ci hors de danger. Le centre de contrôle mettra alors en œuvre une série de manœuvres orbitales pour ramener l'ATV sur la bonne trajectoire et tout recommencer depuis le début pour tenter un nouvel amarrage.

Télécommunications

De l'ATV à l'ATV-CC, un réseau détourné

Parmi les contraintes les plus drastiques, il faut compter avec les télécommunications. Situé en orbite basse, l'ATV doit utiliser des satellites de télécommunications relais en orbite géostationnaire qui communiquent avec une station sol. Ces satellites peuvent être européens (Artemis) ou américains (TDRSS). Le Centre de Redu, en Belgique, joue le rôle d'interface avec l'ATV-CC ; pour TDRSS, c'est le Centre de Houston, aux États-Unis. Autant de contraintes qui se rajoutent à la complexité des opérations de pilotage. Ces échanges de télémesures sont essentiels pendant toute la phase d'approche.

Telecommunications

Roundabout route from ATV to ATV-CC

One of the biggest constraints on ATV missions is telecommunications. From low-Earth orbit, the ATV communicates via European (Artemis) or U.S. (TDRSS) relay satellites in geostationary orbit and ground stations. For Artemis, the Redu receiving station in Belgium interfaces with the ATV-CC, while for TDRSS this task is performed by the Houston control centre in the United States. Downlinking and uplinking of telemetry is vital throughout the approach phase, in addition to the complexity of flight-control operations.

DISASTER SCENARIOS

The ATV-CC's teams have executed all four ATV flights up to now flawlessly. But behind the scenes, they may have to deal with any of 100 potential alarms to which they must respond within less than two minutes. Flying the ATV is therefore never a routine mission. Whenever an alarm occurs, they must determine whether it could compromise the mission, interpret the cause, anticipate possible consequences and perform any necessary anti-collision or back-off manoeuvres. And the only way to gain experience and be ready to handle alarms is through simulation. To give teams exposure to all kinds of possible hitches, CNES and ESA set up the ATV-CC Training Academy (ATAC). Here, the ATV's control engineers are taught how to respond to failures and critical situations such as a loss of communications, a fire on the ISS, a problem with the vehicle's solar panels or an encounter with space debris—in other words, the stuff of disaster movies! Signs of anything dangerous or abnormal may be detected in several ways. For example, the ATV's own flight software is capable of engaging an anti-collision manoeuvre when it is within close range of the station. The ATV-CC can always perform such escape manoeuvres if necessary, and so can the ISS crew in an emergency. In such an event, the ATV's trajectory is altered to safely avoid the station and the control centre then performs a series of orbital manoeuvres to set it up for a new docking attempt.