cnes

ATV-CC

DOSSIER D'INFORMATION

Le centre de contrôle
du cargo spatial européen

Mission ATV-4 Albert Einstein

© CNES/S.Gerardi - NASA

ATV
centre de contrôle de toulouse
toulouse control centre

Sommaire

p.4 — **1. Albert Einstein, 4e vaisseau cargo européen**
Un vaisseau de tous les records
La cargaison de l'ATV-4
Declic à bord de l'ATV-4

p.8 — **2. Un centre de contrôle au cœur des opérations**
Les centres de contrôle
ARTEMIS et TDRS, des relais essentiels vers l'ATV
Coordonner les moyens sol

p.12 — **3. Analyser la mission**
La mécanique spatiale : un savoir-faire du CNES
Opérations de maintenance en éclipse

p.16 — **4. L'organisation du centre de contrôle**

p.18 — **5. Les opérations menées à l'ATV-CC**
Les différentes phases
- Du lancement à l'injection
- Le phasage
- Le rendez-vous
- Un module de la Station
- Support propulsif
- Rentrée contrôlée dans l'atmosphère

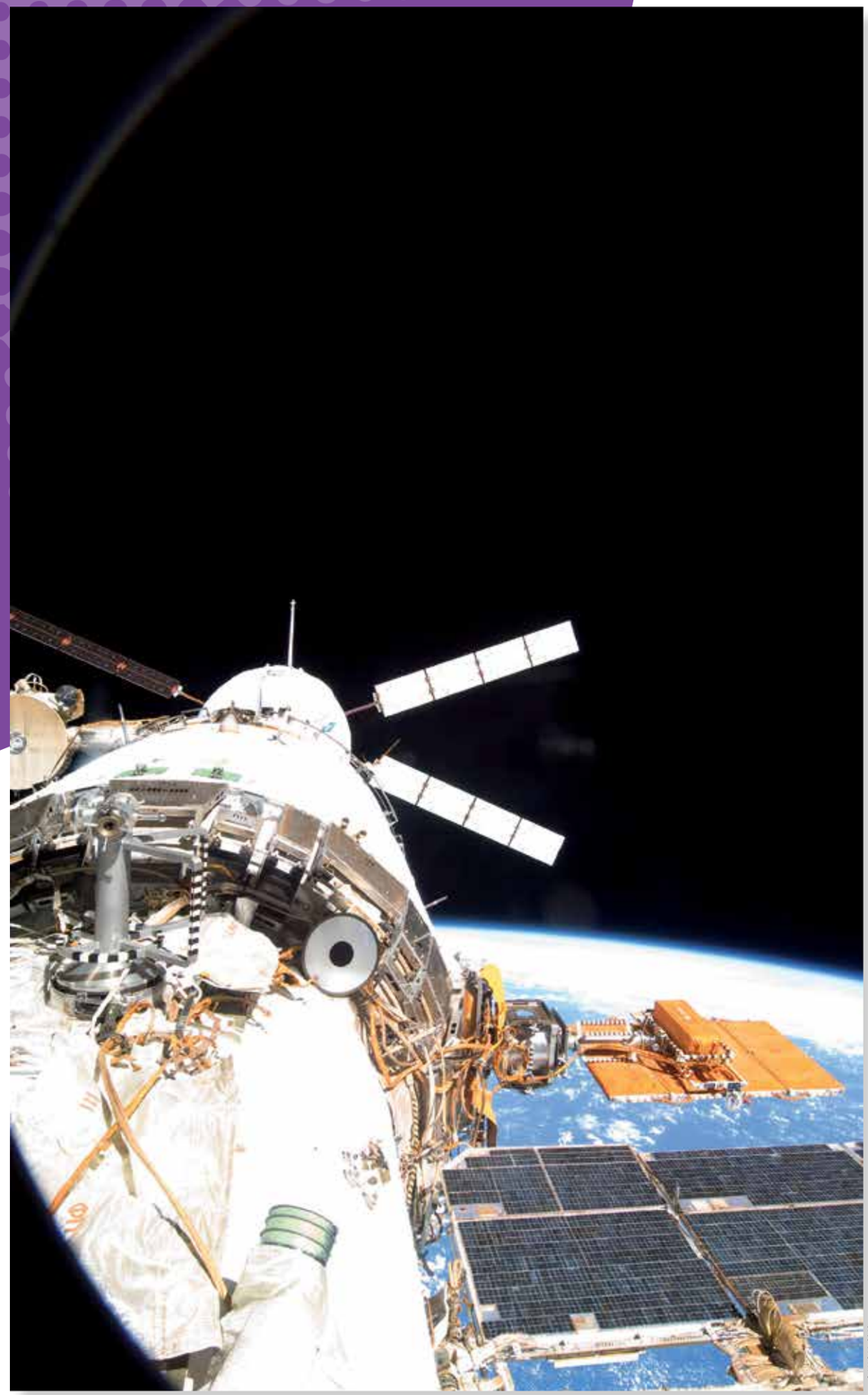
p.20 — **6. L'ATAC : une académie pour se former à l'ATV-CC**
Un parcours de formation spécifique
Une journée à l'ATAC

p.22 — **7. La richesse de l'expérience ATV**

p.24 — **8. Après l'ATV…**
Un patrimoine de données à sauvegarder
Le module de service d'Orion dérivé de l'ATV

p.27 — **Le CNES, agence spatiale française**

p.28 — **Contacts**



© NASA, 2012

L'ATV-3 Edoardo Amaldi en approche de la Station spatiale internationale, juste avant son amarrage le 29 mars 2012.

Albert Einstein, 4e vaisseau cargo européen

*Albert Einstein est le quatrième d'une série de cinq vaisseaux cargos européens, les véhicules de transfert automatique (ATV-*Automated Transfer Vehicle*). C'est aussi le véhicule spatial le plus lourd jamais propulsé dans l'espace par un lanceur Ariane.*

Il doit décoller à bord d'une Ariane 5 ES, et livrer plus de 2400 kg de fret sec à la Station spatiale internationale. Il emporte également dans l'espace du carburant, de l'eau et de l'oxygène, ainsi que son propre carburant qu'il utilisera pour rehausser l'orbite de la Station.

La masse totale de l'ATV Albert Einstein et de sa cargaison est de 20 193 kg. En termes de poids, il bat de plus de 500 kg le précédent record de lancement établi en 2012 par Ariane avec son prédécesseur, l'ATV Edoardo Amaldi.

L'ATV figure parmi les véhicules les plus complexes développés par l'ESA, de par le fait qu'il doit effectuer un rendez-vous automatique avec l'ISS, mais aussi de par sa taille exceptionnelle et les contraintes de sécurité drastiques propres au vol habité.

Le conseil de l'ESA a décidé, le 16 décembre 1998, d'attribuer au CNES, pour ses compétences dans le domaine des vols habités et des opérations satellite, le développement et les opérations du centre de contrôle de ce véhicule. Cet ATV-CC (ATV Control Center) est installé au Centre spatial de Toulouse. En interface avec les centres de contrôle de Moscou et Houston, il est chargé de conduire les opérations et de coordonner l'ensemble des moyens sol nécessaires aux opérations de l'ATV.
A ce jour l'ATV-CC a conduit les opérations de 3 véhicules ATV: « Jules Verne » en 2008, « Johannes Kepler » en 2011 et « Edoardo Amaldi » en 2012. Le 4e exemplaire « Albert Einstein » doit être lancé en 2013, le 5e, « Jacques Lemaître », rejoindra la Station en 2014.

© CNES/ESA/Arianespace/Optique Vidéo CSG/JM Guillon, 2013.

L'ATV-4 au Centre spatial guyanais le 7 mai 2013, avant son intégration sur Ariane 5 ES.

La fourniture des 5 ATV capables d'apporter du fret à l'ISS, de rehausser son orbite puis, en fin de mission, de récupérer les déchets issus de l'ISS pour les évacuer, fait partie de la contribution de l'ESA aux coûts d'exploitation de la Station spatiale internationale.

L'ATV-4 en bref

Site de lancement: Kourou, Guyane française
Lanceur: Ariane 5 ES
Diamètre de l'ATV-4: 4,5 m
Longueur: 9,8 m
Masse totale du véhicule: 20 193 kg
Taille panneaux solaires déployés: 22,3 m

Lors de la campagne de lancement au Centre spatial guyanais.

© CNES/ESA/Arianespace/Optique Vidéo CSG/G Barbaste, 2013

© CNES/ESA/Arianespace/Optique Vidéo CSG/P Baudon, 2013

© CNES/ESA/Arianespace/Optique Vidéo CSG/JM Guilbon, 2013

La cargaison de l'ATV-4

CARGAISON TOTALE 6 589 kg

CARGAISON SÈCHE 2 485 kg

CARGAISON LIQUIDE 4 104 kg

© CNES/ESA/Arianespace/Optique Vidéo CSG/P Baudon, 2013

Fret sec **2 485 kg**
(nourriture, expériences scientifiques, vêtements, etc.)

Carburant
- Nécessaire à l'ATV-4 **2235 kg**
- Destiné aux opérations de propulsion de la Station (reboosts, rehausses d'orbite) **2580 kg**
- Destinés aux réservoirs de la Station spatiale internationale **860 kg**

Eau pour l'équipage **570 kg**

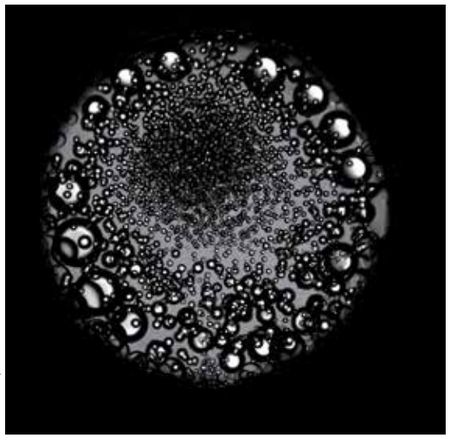
Air et oxygène **100 kg**

Avec un poids de 20 193 kg, l'ATV Albert Einstein dépasse de plus de 500 kg le précédent record de lancement établi en 2012 par Ariane avec son prédécesseur, l'ATV Edoardo Amaldi.

Declic à bord de l'ATV-4

Au sein de la cargaison qu'il doit livrer à la Station spatiale internationale, l'ATV Albert Einstein emporte un insert du mini-laboratoire de physique fondamentale Declic, développé par le CNES dans le cadre d'un accord de coopération avec la Nasa. Cet insert, appelé HTI (High Temperature Insert), était destiné initialement à l'étude des propriétés de l'eau supercritique pure. Ramené au sol dans le cadre de l'accord de coopération à propos de l'utilisation commune de l'instrument Declic, cet insert a été modifié par le CNES pour atteindre un nouvel objectif scientifique : l'étude de l'eau salée supercritique.

Cette nouvelle expérience reproduit les conditions rencontrées sur les dorsales océaniques. En contrepartie de ce réaménagement, la NASA met à la disposition du CNES les ressources en masse montante dans



© CNES, 2010

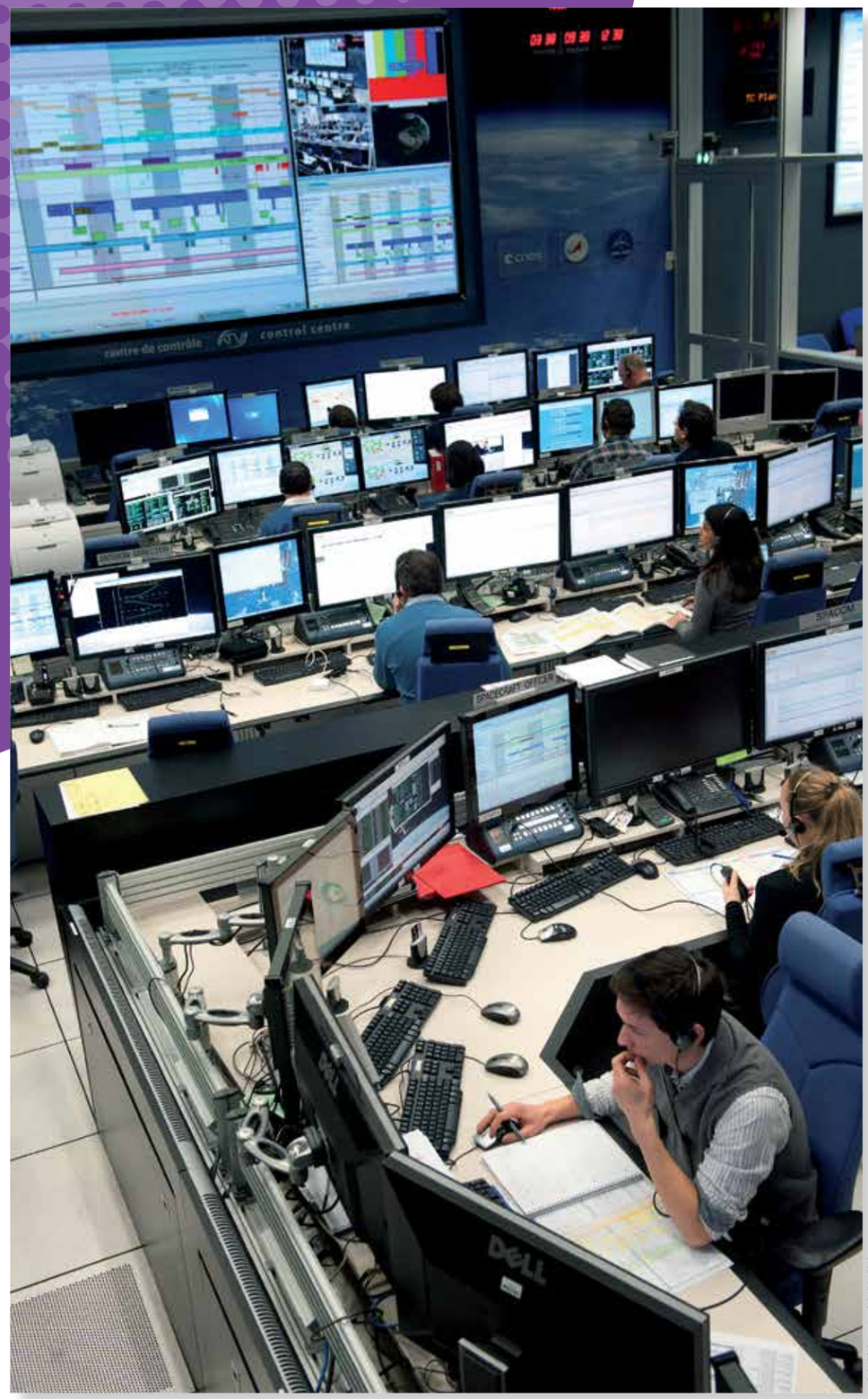
Prise par l'instrument Declic à bord de l'ISS le 19 octobre 2010, cette image montre l'état de l'eau à une température de 99 millièmes de degrés au-dessous de la température critique.

l'ATV dont elle dispose à travers l'accord sur l'exploitation de l'ISS conclu entre l'agence spatiale américaine et l'ESA. Les applications du mini-laboratoire de physique fondamentale Declic sont variées. Il s'agit de mieux comprendre la solidification de matériaux, mais aussi d'accumuler les connaissances de base nécessaires au développement de systèmes de recyclage de déchets organiques.

© CNES/Frédéric MALIGNE,2012

Installé à bord de l'iSS, le mini-laboratoire de physique fondamentale Declic est opéré depuis le Centre spatial de Toulouse.

2



© CNES/Sébastien GIRARD, 2013

Le centre de contrôle installé au Centre spatial de Toulouse a été développé spécifiquement pour l'ATV.

Un centre de contrôle au cœur des opérations

L'ATV-CC, situé à Toulouse

L'ATV-CC est chargé de la conduite des opérations de l'ATV et de la coordination de l'ensemble des moyens sol nécessaires. Développés spécifiquement pour les opérations ATV, le centre de contrôle nominal, ainsi que le centre de secours et une plateforme de tests, assurent les opérations des missions de l'ATV.

Le centre de contrôle de Houston (MCC-H)

Il met en œuvre la partie américaine de la Station spatiale internationale. Il est l'autorité suprême pour toutes les opérations liées à l'ISS. Au besoin, en cas de menace d'ouragan par exemple, il peut être remplacé par un centre de secours situé à Huntsville, dans l'Alabama.

Le centre de contrôle de Moscou (MCC-M)

Il met en œuvre le module de service russe auquel l'ATV va s'arrimer, il est donc le principal interlocuteur pendant les opérations ATV. Il gère également les phases de rehaussement de la Station.

À bord de l'ISS, l'équipage prépare la Station à recevoir le véhicule de transfert, surveille le rendez-vous et les opérations d'amarrage (intervient au besoin pour les stopper ou annuler l'approche), enfin transfère le fret de l'ATV vers la Station, et inversement les déchets de la Station vers l'ATV lors du retour.

© NASA, 2012

André Kuipers et Oleg Kononenko surveillent l'approche et l'amarrage de l'ATV-3 Edoardo Amaldi depuis le module Zvezda.

ARTEMIS et TDRS, des relais essentiels vers l'ATV

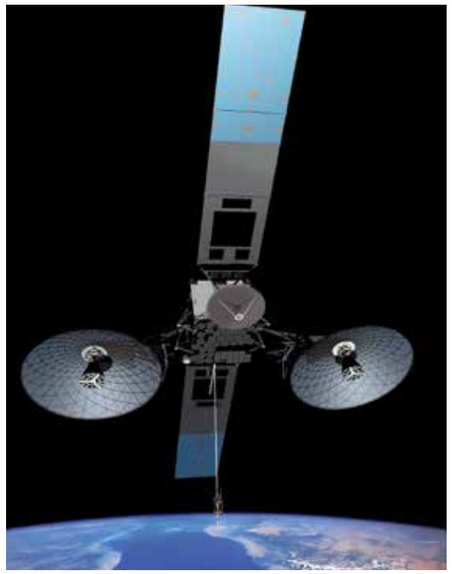
Nominalement, l'ATV ne transmet aucune donnée directement à la Terre.

Les satellites relais Artemis et TDRS sont les liens uniques entre l'ATV et son centre de contrôle. La capacité de relayer les données d'un satellite à un autre satellite, situé en orbite géostationnaire, permet de s'affranchir de beaucoup de stations sol.

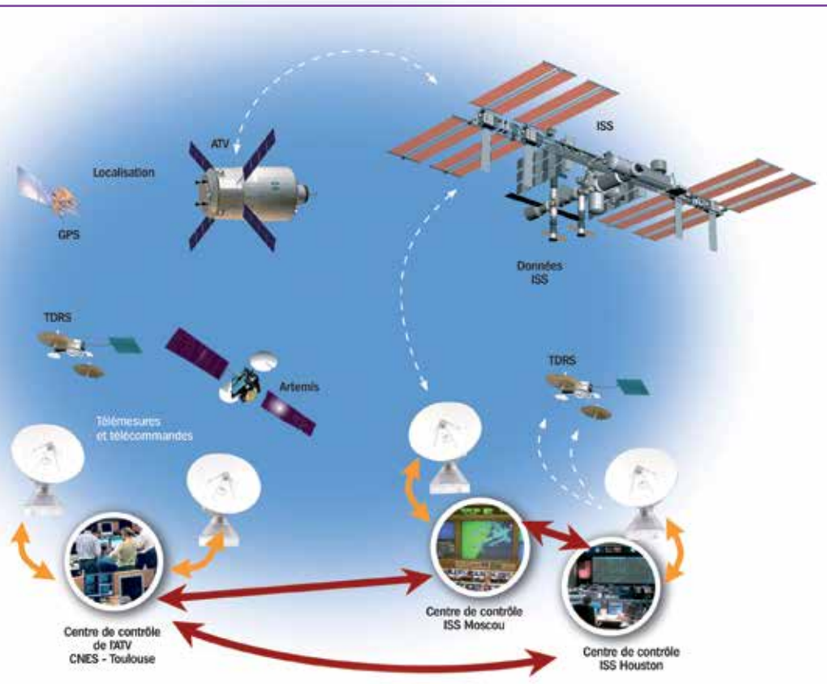
En cas de panne majeure à bord, un moyen de secours, basé sur trois stations sol, permettrait de fournir le minimum de communications nécessaires pour assurer un arrêt de la mission dans de bonnes conditions.

Artemis (à gauche) et TDRS (à droite).

© ESA/J.Huart



© Boeing



© NASA/JOHNSON SPACE CENTER

© RKK

© ESA - D. Galardin

© CNES/ESA/Arianespace/Optique Vidéo CSG/JM Guillon

En haut: à g. le centre de contrôle de la partie américaine de la Station spatiale internationale à Houston; à d. le centre de contrôle Tsoup à Moscou.

En bas: à g. le centre de Redu en Belgique, à d. la Salle Jupiter au Centre spatial guyanais.

Coordonner les moyens sol

L'ATV-CC s'insère dans un segment sol international qui fait intervenir de nombreux partenaires :

- **la Nasa avec le centre de contrôle de Houston qui met en œuvre les moyens sol américains (en particulier les moyens de poursuite TDRS),**
- **L'agence spatiale russe avec le centre de contrôle du Tsoup (Moscou),**
- **L'ESA avec le centre de contrôle du réseau européen au DLR en Allemagne et le satellite ARTEMIS piloté depuis la Belgique à Redu.**
- **Le Centre spatial guyanais (Kourou), base de lancement du lanceur Ariane qui emporte l'ATV à son bord.**

En plus des activités traditionnelles de maintien en condition opérationnelle des divers outils propres au centre de contrôle (suivi et pilotage du véhicule cargo, calcul de manœuvre et de trajectoire, gestion du plan de vol), une tâche importante de l'ATV-CC est de veiller à la cohérence de l'ensemble des moyens sol (essentiellement la réservation des moyens et leur coordination opérationnelle avec les partenaires).

3

© CNES/GIRARD Sébastien, 2013

Analyser la mission

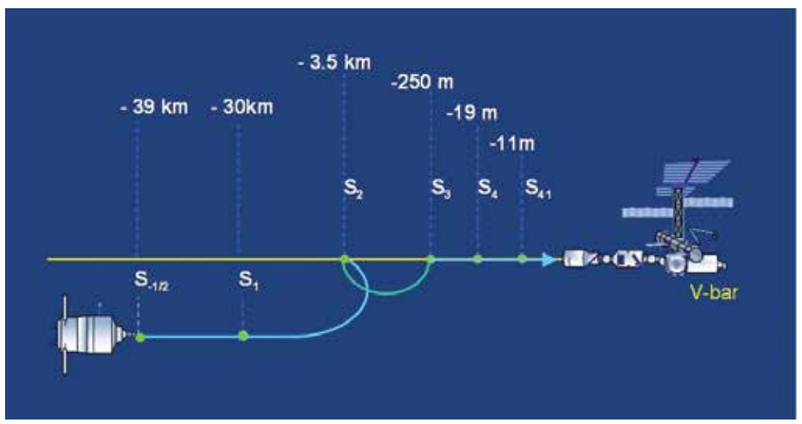
© CNES/Sébastien GIRARD, 2013

Le centre de contrôle ATV-CC vu depuis la salle « Flight Dynamics » au cours d'un entraînement à l'amarrage. Ici les experts en mécanique spatiale veillent au bon déroulement de la mission.

Les activités d'analyse de mission menées par l'ATV-CC concernent l'optimisation de la mission. Elle doit d'une part respecter certaines contraintes formulées par le concepteur du véhicule et les partenaires de la Station (sécurité, valeur maximale des manœuvres, éblouissements des senseurs, etc.) et, d'autre part, minimiser la consommation d'ergols.

Plusieurs thèmes techniques sont particulièrement étudiés dans ce cadre :

- calculer l'heure de lancement et définir des opportunités de rendez-vous,
- analyser des manœuvres et optimiser les trajectoires (phasage, désorbitation et rentrée atmosphérique),
- définir le profil d'attitude de mission,
- évaluer les performances de restitution d'orbite et de navigation relative par rapport à l'ISS,
- calculer des événements orbitaux, en particulier les périodes de communications via des stations de poursuites russes et les satellites ARTEMIS et TDRS, et produire des chronogrammes de synthèse. L'analyse de mission est une activité fondamentale dans les phases de préparation de la mission.



La phase d'approche de la Station. L'ATV n'est réellement autonome qu'à environ 30 km de l'ISS. À titre de comparaison, sur un trajet Toulouse-Paris, l'ATV ne serait autonome qu'en arrivant porte d'Orléans !

La mécanique spatiale : un savoir-faire du CNES

Dès la fin des années 90, et dans la continuité des travaux menés sur le projet de navette Hermès mais aussi dans le cadre des missions franco-russes sur la Station Mir, ce sont les équipes de mécanique spatiale du CNES qui ont pris en charge l'analyse de mission générique (commune à tous les vols) et spécifique (pour un vol donné) du programme ATV. Ces études se poursuivent encore pour prendre en compte le retour d'expérience mais aussi afin de pouvoir réagir rapidement à des situations inattendues. Ce fut le cas juste avant le lancement de l'ATV-1, Jules Verne, où il a fallu inventer des stratégies non prévues initialement, afin de se positionner sur une orbite de parking en attendant qu'une opportunité de rendez-vous optimale avec l'ISS se libère.

Ces mêmes équipes ont assuré la définition du FDS (Flight Dynamics System) au sein du centre de contrôle localisé à Toulouse. Près de vingt logiciels experts prennent ainsi en charge l'ATV pendant les opérations, où le rôle du FDS ne se borne pas à une simple surveillance du véhicule! En effet, l'ATV n'est réellement autonome qu'à environ 30 kilomètres de l'ISS. À titre de comparaison, sur un trajet Toulouse-Paris, l'ATV ne serait autonome qu'en arrivant porte d'Orléans ! Avant d'en arriver à ce point, c'est grâce au centre de contrôle que l'ATV se déplace. Par exemple, c'est au sol que le traitement des mesures GPS s'effectue la plupart du temps et lors du premier vol, une soixantaine de manœuvres de correction d'orbite ont dû être calculées et optimisées par le FDS.

Pour réaliser ce travail, une quinzaine de personnes réparties en trois équipes, se relayent 24 heures sur 24. Et ce jusqu'à la fin de la mission, puisque pour garantir un retour sur Terre sans risque pour les populations, c'est encore l'équipe FDS qui calcule les manœuvres de désorbitation, qui seront téléchargées depuis le sol.

© CNES/MALIGNE Frédéric, 2012

Près de 20 logiciels experts prennent en charge l'ATV pendant les opérations.

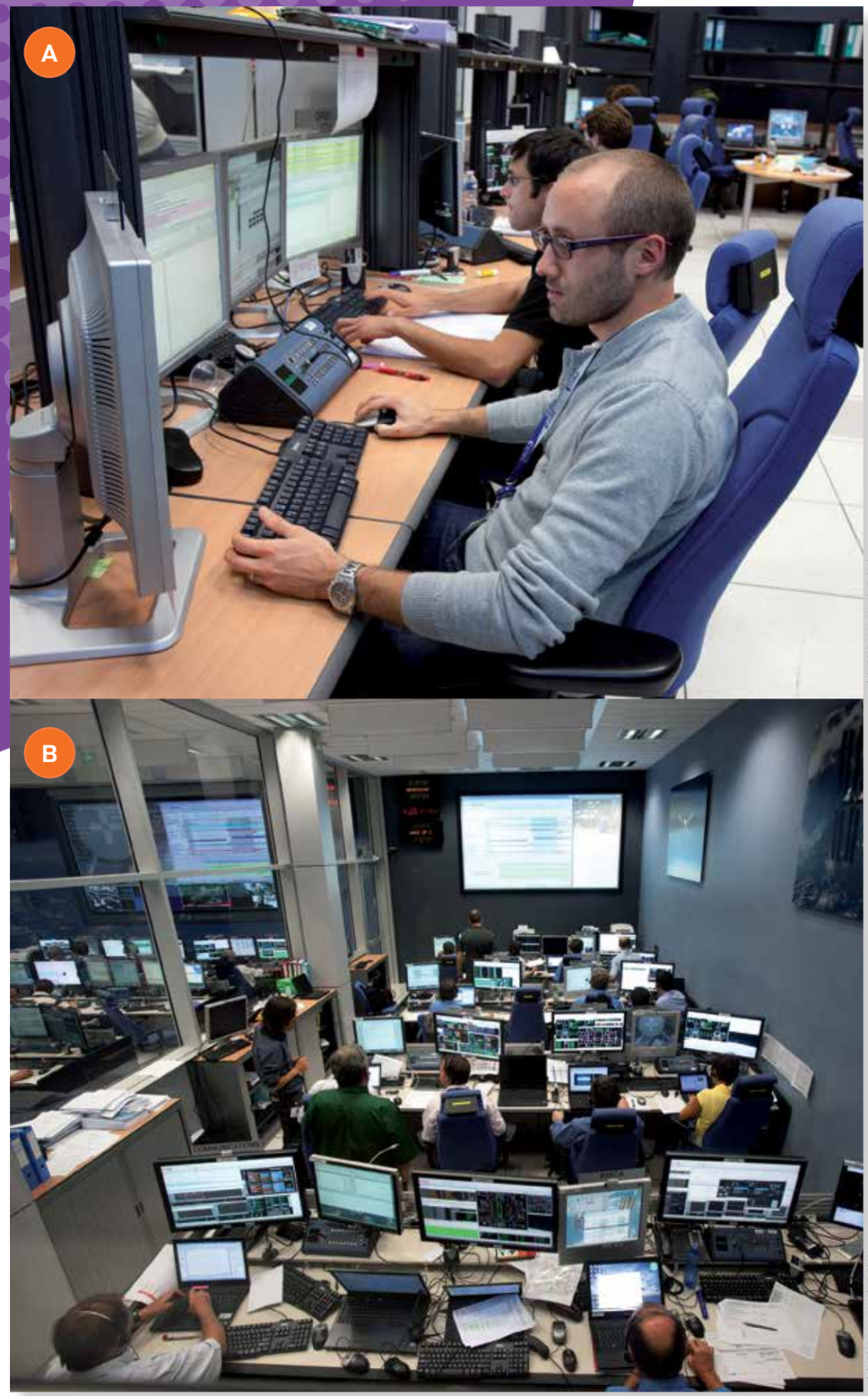
Opérations de maintenance en éclipse

Pour cette mission ATV-4, l'ATV-CC va devoir attendre quelques jours avant d'effectuer les opérations de nettoyage des moteurs des panneaux solaires du cargo. Ces activités, réalisées d'habitude dans les 24 heures qui suivent le lancement, doivent avoir lieu « dans l'ombre » pour éviter une surcharge électrique qui mettrait en péril la mission. Cependant, l'ATV ne verra pas d'éclipse dans sa première journée dans l'espace. L'angle beta (l'angle d'incidence du Soleil par rapport au plan d'orbite) sera particulièrement important (70°), si bien que l'ATV sera éclairé en permanence. Par conséquent, le centre de contrôle de l'ATV a dû repousser de 5 jours cette opération, afin de gagner quelques minutes d'éclipse indispensables pour le déroulement optimal des activités d'entretien des panneaux de l'ATV. Dans ce contexte, les équipes de l'ATV ont dû réaménager la totalité de la séquence d'activité entre injection et amarrage, pour tenir compte de cette nouvelle contrainte.

© NASA, 2012

L'ATV-3 Edoardo Amaldi en approche de la Station spatiale internationale juste avant son amarrage le 29 mars 2012.

4



© CNES/ Frédéric MALIGNE, 2012

L'organisation du Centre de contrôle

Pendant toute la mission ATV (jusqu'à 6 mois), la « Flight Control Team » assure un suivi 24 heures sur 24 et 7 jours sur 7 du vaisseau cargo européen.
Au cours des phases clés (rendez-vous, désamarrage, etc.) une cinquantaine de personnes sont présentes en salle de contrôle. Au sein de l'ATV-CC les rôles se répartissent de la façon suivante.

A. À gauche, la salle de contrôle « Flight Dynamics ». C'est ici que les ingénieurs en mécanique spatiale effectuent les calculs d'orbitographie nécessaires aux manœuvres de l'ATV.

B. À droite, la salle des experts véhicules (Engineering Support Room). Les spécialistes d'Astrium et de l'ESA apportent leur support et leur connaissance pointue du vaisseau cargo, afin d'aider à la prise de décision tout au long de la mission. Un spécialiste de la sécurité de l'équipage de la Station est également présent.

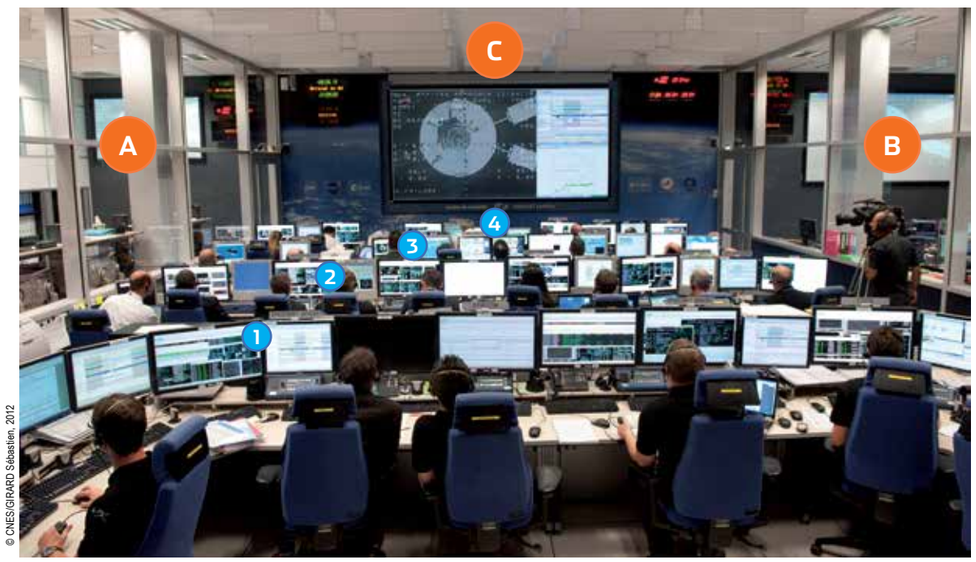
C. Au centre, la salle de contrôle principale rassemble les équipes opérationnelles.

Rang 1. Au premier plan, autour de la table en « U » on trouve les équipes véhicule responsables de la surveillance du comportement de l'ATV. Le « Spacecraft Commander » est chargé de l'envoi des télécommandes à l'ATV.

Rang 2. Ici prennent place les responsables de mission : le Mission Director de l'ESA, avec à ses côtés les « Flight Directors » du CNES, l'« ATV Interface Officer » et l'« OPS Manager », chargés de la coordination des opérations.

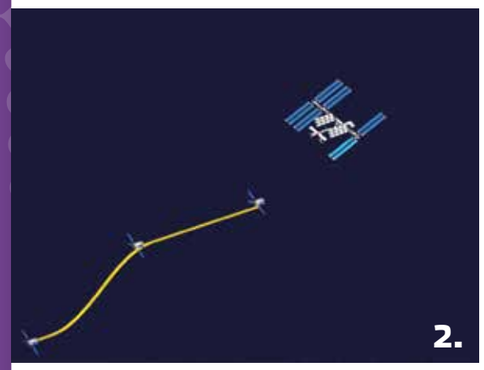
Rang 3. Les « Ground Controllers » veillent au bon fonctionnement de l'ensemble des moyens sol impliqués dans le contrôle de l'ATV et assurent l'interface avec les équipes de la Nasa à Houston et du centre de contrôle Tsoup à Moscou, mais aussi avec le Centre spatial guyanais au moment du lancement.

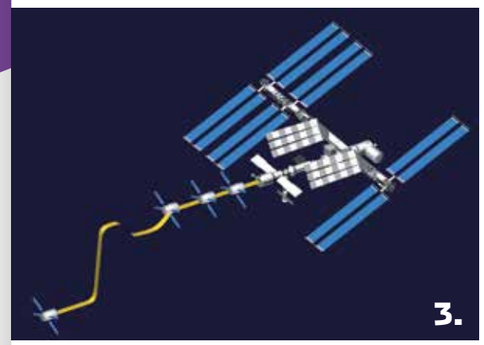
Rang 4. Au cours des phases clés de la mission, des représentants de la Nasa et du Tsoup siègent au premier rang de la salle.

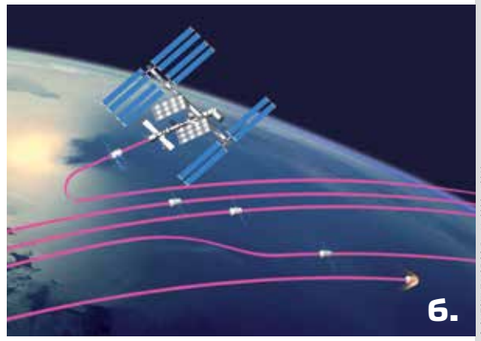


© CNES/GIRARD Sébastien, 2012

5







© CNES/H. DUCROS David, 2008 et 2010

© ESA/NASA, 2008

Rentrée dans l'atmosphère

Les opérations menées à l'ATV-CC

Les opérations menées depuis le centre de contrôle de l'ATV comportent plusieurs phases au fil de la mission.

1. Du lancement à l'injection

La mission ATV débute par le lancement du cargo à bord d'une Ariane 5 ES depuis le port spatial de Kourou. Le premier allumage de l'étage à propergols stockables (EPS), pendant un peu moins de 8 minutes, permet d'atteindre une orbite elliptique de 137 km de périgée et 260 km d'apogée. Après 48 minutes d'attente (phase balistique), le second allumage intervient, pour atteindre l'orbite circulaire à 260 km d'altitude. Enfin, la séparation de l'ATV est commandée à l'issue de manœuvres d'orientation. Au bout d'une heure et quart de vol, un troisième allumage de 15 secondes est initié afin de faire retomber l'EPS et la case à équipements dans les eaux du Pacifique. Les panneaux solaires de l'ATV sont déployés et les premières communications entre le centre de contrôle et l'ATV sont établies.

2. Le phasage

Par rapport à une mise à poste classique de satellite, la difficulté de la mission ATV tient au fait que le point de rendez-vous, la Station, n'est pas fixe mais en mouvement, ce qui suppose un phasage avec l'ISS particulièrement soigneux. Ces opérations de phasage amènent l'ATV dans la proximité de la Station et permettent d'engager la phase finale : le rendez-vous. Si nécessaire, l'ATV pourrait attendre provisoirement sur une orbite de parking parmi une des 4 positions prévues, à 1000 ou 2000 km devant ou derrière la Station.

3. Le rendez-vous

Les derniers mètres qui séparent l'ATV de la Station sont comblés sous la surveillance permanente du centre de contrôle, d'abord avec une localisation GPS, puis grâce à l'utilisation combinée de deux systèmes de mesure haute précision.

Le premier est constitué de deux vidéomètres, « les yeux de l'ATV », qui lui permettent d'effectuer son amarrage avec une précision de l'ordre du centimètre. Ces vidéomètres sont complétés par des télégoniomètres qui envoient 10000 impulsions laser à la seconde vers la Station.

Ces manœuvres sont délicates : l'ATV et la Station se déplaçant à la vitesse de 28 000 km/heure. Elles sont surveillées par le Centre de Contrôle de Toulouse et l'équipage de la Station, qui peut à tout moment interrompre l'approche. En cas d'interruption du rendez-vous, l'ATV est placé sur une orbite sûre par rapport à l'ISS. Un nouvel amarrage est tenté deux jours plus tard.

4. Un module de la Station

Une fois amarré, c'est-à-dire relié tant aux plans mécanique, informatique, qu'électrique et hydraulique, l'ATV devient un module à part entière de la Station. Si toutefois des circonstances exceptionnelles imposaient l'amarrage d'un autre vaisseau de ravitaillement sur le port occupé par l'ATV, celui-ci pourrait se désamarrer provisoirement, gagner une position d'attente, puis revenir une fois la place de nouveau libre.

5. Support propulsif

Au cours de la mission, le vaisseau-cargo est régulièrement utilisé pour rehausser l'orbite de la Station. Il peut également être mis à contribution pour des manœuvres d'évitement de débris spatiaux ou de correction d'attitude de la Station, afin de faciliter des manœuvres de rendez-vous avec d'autres modules de ravitaillement.

6. Rentrée contrôlée dans l'atmosphère

Une fois sa mission accomplie, l'ATV est guidé par le Centre de Contrôle vers sa destination finale, une zone inhabitée du Pacifique Sud, au-dessus de laquelle il se désintègre dans l'atmosphère. La rentrée s'effectue moins de 48 heures après le départ de la Station, selon un angle très prononcé, de façon à limiter la dispersion des débris qui ne se sont pas consumés dans l'atmosphère. Au cours de ce dernier voyage, l'ATV aura parcouru plusieurs orbites autour de la Terre.

6

Lors d'une session d'entraînement à l'ATV-CC. Pendant plusieurs jours les simulations de pannes vont s'enchaîner afin de tester les capacités et les réactions des opérateurs.

© CNES/Sébastien Girard, 2013

L'ATAC : une académie pour se former à l'ATV-CC

Afin de profiter de l'expérience acquise sur les missions ATV, le CNES et l'ESA ont décidé de mettre en place, dès 2009, un parcours de formation spécifique : l'ATAC, pour ATV-CC Training Academy. Ce cursus, destiné aux ingénieurs aux commandes du vaisseau cargo, comporte des cours théoriques, mais aussi des simulations pratiques.

La formation débute par une session de « basic training ». Les 130 personnes impliquées dans les opérations se familiarisent avec la définition de la mission, le véhicule, l'organisation des équipes et les interactions avec les partenaires. Au cours de la seconde étape de cette formation, chaque « élève » se voit enseigner par les « anciens » de son équipe des éléments théoriques et pratiques plus particulièrement liés à son métier. Puis viennent les simulations « grandeur nature » qui couvrent l'ensemble des phases de la mission, du lancement au *désamarrage* et à la rentrée atmosphérique.

© CNES/Sandrine Arribeux, 2012

Le programme de ces simulations, qui peuvent durer plusieurs jours, est déterminé en secret par un groupe d'ingénieurs : « l'ATAC Team » prépare les anomalies auxquelles les opérateurs vont être confrontés. Ces scénarios de pannes sont injectés dans un simulateur informatique, l'ATV *Ground Control Simulator* (AGCS). Pendant des sessions d'entraînement pouvant aller jusqu'à 5 jours, 24 heures sur 24, les pannes vont s'enchaîner afin de tester la réactivité des futurs « pilotes » de l'ATV : perte de communication, incendie à bord de l'ISS, panneau solaire défectueux, manœuvre d'évitement de débris, etc. Seul un entrainement draconien de ce type permet de préparer efficacement les opérateurs de l'ATV-CC.

Une journée à l'ATAC

Centre spatial de Toulouse, vendredi 26 avril 2013. C'est le 5e jour de la semaine de simulation pour les ingénieurs du centre de contrôle ATV-CC. Une semaine volontairement semée d'embûches pour préparer les contrôleurs à faire face aux anomalies.

En cette dernière journée de simulations, le planning prévoyait la fermeture du sas qui connecte l'ATV à la Station spatiale internationale. Le but : faciliter une activité extravéhiculaire de l'équipage. Mais surprise ! Une nouvelle manœuvre d'évitement de débris a été commandée par les opérateurs du centre de contrôle de Moscou (incarnés cette fois-ci par les ingénieurs-simulations depuis leur petite salle « d'injection de pannes »).
La nuit et la matinée ont été donc mouvementées pour gérer les deux manœuvres. Vincent François l'a vécu intensément : ce matin, on ne s'attendait pas à voir sa voiture garée si tôt au parking du Centre spatial de Toulouse. Cependant, ce « *ground controler* » (ingénieur des moyens « sol ») était en activité en console depuis 6 h du matin. Ayant dormi à peine 5 heures, il a fait face aux défis de l'entraînement.

© CNES/Sébastien GIRARD

7

© NASA

La Station spatiale internationale avec l'ATV Jules Verne au premier plan le 1er juin 2008.

La richesse de l'expérience ATV

En 5 ans et 4 ATV, le centre de contrôle de Toulouse a acquis une solide expérience. Au fil des missions, ses équipes ont fait la preuve de leur capacité d'adaptation et de leur réactivité, ce qui a permis d'optimiser les opérations.

Les partenaires américains de la mission ont par exemple demandé à l'ATV-CC d'effectuer des contrôles d'attitude de la Station spatiale internationale, ce qui n'était pas prévu au départ. L'ATV a ainsi apporté son aide pour permettre à l'ISS d'accueillir les véhicules arrivants (Progress, Soyouz, Cygnus, Dragon, etc.). Il a fallu imaginer les opérations nécessaires à ces nouveaux paramètres. D'un point de vue opérationnel, ces manœuvres sont compliquées car, lorsque la Station n'est plus dans son axe de vol normal, des coupures de liaison plus ou moins longues peuvent survenir et doivent être gérées finement, en fonction des passages des satellites relais TDRS et Artemis. L'ATV-CC doit donc calculer les pertes de liaison pour les anticiper à des moments qui ne sont pas gênants pour le reste des opérations.

Afin de moins solliciter l'équipage de la Station pour les opérations de déchargement de l'ATV, les équipes de l'ATV-CC ont dû également imaginer de nouvelles solutions, notamment lors des transferts d'oxygène, opérations particulièrement délicates car elles peuvent mettre en péril la sécurité de la Station. L'équipage a été déchargé d'une partie des opérations de surveillance, celles-ci étant menées directement depuis le sol. Les spécialistes véhicule de l'ATV-CC ont effectué de nombreux calculs afin de mesurer les risques, définir les quantités transférables en une seule fois sans mettre la sécurité en péril, etc. Une surveillance sur les températures a également été mise en place pour se prémunir des risques de condensation. L'objectif étant de soulager l'équipage au mieux de ses contraintes de présence et de surveillance.

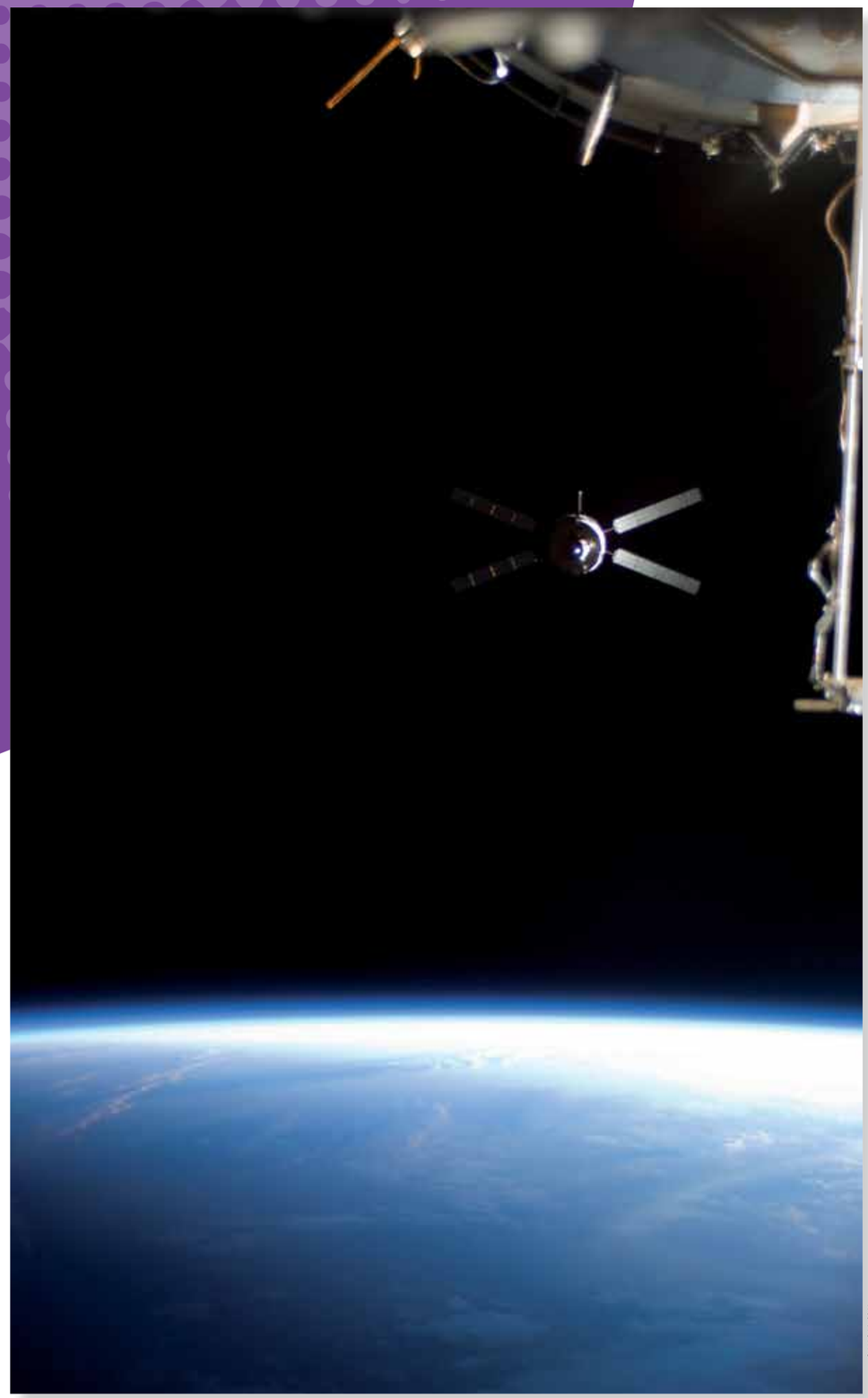
© NASA, 2012

Déchargement de l' ATV-3 par le spationaute de l'ESA André Kuipers. Au fil des missions, les équipes de l'ATV-CC ont imaginé de nouvelles solutions pour moins solliciter l'équipage de la Station pour les opérations de déchargement.

Amarré à la Station spatiale internationale, vaisseau spatial habité, l'ATV doit satisfaire à des critères de sécurité et de sauvegarde les plus élevés, et tous les cas de figure doivent être envisagés, y compris les plus improbables. L'objectif vers lequel tendent les opérations consiste à rendre la mission plus robuste aux aléas : chercher d'autres solutions de rendez-vous, mener des opérations en phase attachée avec plus de redondances, etc.

Au final, les équipes de l'ATV-CC enrichissent, de par leur expérience, la configuration du vaisseau-cargo, pour que les opérations se déroulent de façon optimale.

8



© NASA, 2011

Le 20 juin 2011 l'ATV-2 Johannes Kepler quitte la Station.

Après l'ATV...

Un patrimoine de données à sauvegarder

L'expertise développée au centre de contrôle ATV-CC au cours des 5 missions ATV mérite d'être sauvegardée. Il s'agit en effet de la première fois que l'Europe exerce ce niveau de responsabilité dans le domaine du « vol habité ». De plus, dans la perspective prochaine d'équiper la capsule américaine Orion d'un module de service dérivé de l'ATV (lire-ci-dessous), ces données constituent un patrimoine crucial, notamment dans le domaine de la propulsion.

En effet, Il a fallu développer pour l'ATV des systèmes de propulsion complexes, avec quatre circuits indépendants, des redondances croisées, afin de répondre aux exigences de fiabilité propres au vol habité. Naturellement, cette complexité occasionne à son tour des contraintes opérationnelles très draconiennes. La réussite de l'ATV au chapitre propulsion n'étant plus à démontrer, il est indispensable de conserver l'expertise acquise car le module de service de la future capsule Orion reprendra les principes des moteurs utilisés pour l'ATV.

À la demande de l'ESA, l'équipe sol du CNES a donc démarré un important travail d'archivage et de pérennisation des données reçues et produites à l'ATV-CC au cours des 3 dernières missions ATV. Ce travail sera poursuivi lors des missions Albert Einstein (ATV-4) et Jacques Lemaitre (ATV 5). Il s'agit de toute la télémesure, mais aussi de toutes les informations qui en dérivent : exploitations de la télémesure, historique de toutes les opérations, etc.

Pour ce faire, une étude a permis de déterminer de façon exhaustive l'ensemble des données à archiver : leur type, leur volumétrie et leur source. Une stratégie a ensuite été établie pour définir une infrastructure spécifique, ainsi qu'un processus d'archivage. Celui-ci prévoit notamment un archivage par mission. Ces opérations ont lieu à la fin de chaque campagne ATV et durent environ deux semaines. À l'issue de cette phase, et pour des raisons de sécurité, les données sont stockées dans deux bâtiments différents du Centre spatial de Toulouse.

© CNES/Sébastien Girard, 2013

© NASA, 2008

En bas : désamarage de l'ATV Jules Verne

Le module de service d'Orion dérivé de l'ATV

Le 16 janvier 2013 la Nasa et l'Agence spatiale européenne ont conclu un accord selon lequel l'Europe fournira le module de service pour la première mission de la capsule américaine Orion. Le premier vol d'Orion est prévu en 2017 et elle serait lancée à l'occasion du vol inaugural du lanceur SLS (Space Launch System), le nouveau lanceur lourd de la Nasa.

Ce module de service constitue l'élément de troc (« barter element ») qui permet à l'ESA d'honorer son engagement financier vis-vis de la Nasa pour la poursuite de l'exploitation de la Station spatiale internationale jusqu'en 2020. L'accord porte sur un vol mais prévoit une option pour la construction d'un deuxième module, qui serait utilisé pour un vol habité vers la Lune en 2021.

Ce module de service reprendra certains des sous-systèmes de l'ATV, notamment les moteurs de contrôle d'attitude, les moteurs auxiliaires (8 au lieu de 4), les générateurs électriques et les systèmes de stockages d'eau et de gaz. Sera ajouté un moteur de principal de 2,6 tonnes de poussée. Le module doit assurer la propulsion du vaisseau, son alimentation en énergie, son contrôle thermique, ainsi que le stockage de l'eau et de l'air nécessaires à la survie d'un équipage.

La future capsule Orion. Le module de service de ce vaisseau reprendra certains des sous-systèmes de l'ATV.

© NASA

© NASA

cnes

Le CNES, agence spatiale française

Créé en 1961, le CNES est l'établissement public chargé de proposer et de conduire la politique spatiale de la France au sein de l'Europe.

Il conçoit et met en orbite des satellites et invente les systèmes spatiaux de demain ; il favorise l'émergence de nouveaux services, utiles au quotidien.

Le CNES est à l'origine de grands projets spatiaux, lanceurs et satellites, qu'il fait réaliser par l'industrie. Il s'entoure également de partenaires scientifiques et est engagé dans de nombreuses coopérations internationales.

Le CNES s'investit dans 5 domaines, qui mobilisent 2400 personnes

▶ Les lanceurs
Avec les lanceurs Ariane 5, Soyouz et Vega, l'Europe accède à l'espace de façon autonome.

▶ L'observation de la Terre
Les satellites collectent des mesures globales et continues du système terrestre.

▶ Les sciences de l'Univers
Du système solaire aux étoiles lointaines, les sondes et télescopes décryptent l'Univers qui nous entoure.

▶ Les applications spatiales
Les technologies spatiales nous sont utiles au quotidien pour localiser ou communiquer.

▶ La sécurité et la défense
L'espace est un outil de souveraineté indispensable à l'anticipation, à la conduite des opérations et au maintien de la paix.

Retrouvez et partagez l'univers du CNES :
- sur les réseaux sociaux : www.cnes.fr/le-buzz
- sur iPhone, mot-clé « CNES » ou en scannant le code suivant :

Contacts

Le CNES

Siège
2 place Maurice Quentin
750369 Cedex 01

Direction des lanceurs
52 rue Jacques Hillairet
75612 Paris Cedex

Centre spatial de Toulouse
18 avenue Edouard Belin
31401 Toulouse Cedex 9

Centre spatial guyanais
BP 726 – 97387 Kourou Cedex
Guyane

Information grand public :
http://www.cnes.fr, rubrique Contact

Information presse :
http://www.cnes.fr/presse
cnes-presse@cnes.fr

ACM 2013-181 - CNES Toulouse - Direction de la communication externe, de l'éducation et des affaires publiques

Juin 2013
www.cnes.fr