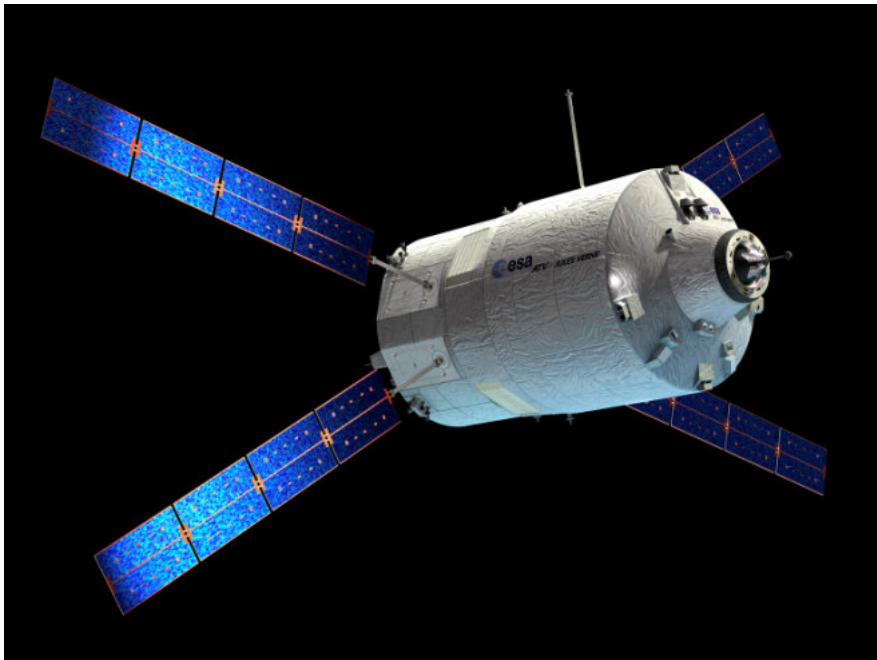




L'ATV, un ravitailleur européen pour l'ISS

Réalisation : Astrium / Février 2008

Crédits photos:

**ESA / D. Ducros
ESA – CNES- ARIANESPACE / Activité optique vidéo CSG
ASTRIUM**

L'EUROPE ASSURE LA DESSERTTE DE L'ISS	- 5 -
<i>Une mission cruciale pour la Station Spatiale Internationale.....</i>	<i>- 6 -</i>
<i>Un défi technologique et industriel.....</i>	<i>- 8 -</i>
<i>Astrium maître d'œuvre pour l'ESA.....</i>	<i>- 10 -</i>
<i>Le premier vaisseau spatial développé en Europe.....</i>	<i>- 12 -</i>
LE VEHICULE.....	- 15 -
<i>L'ATV en chiffres.....</i>	<i>- 16 -</i>
<i>Le module cargo intégré.....</i>	<i>- 18 -</i>
<i>Le système d'arrimage.....</i>	<i>- 20 -</i>
<i>Le module de service</i>	<i>- 22 -</i>
<i>Les servitudes.....</i>	<i>- 24 -</i>
EN ROUTE VERS L'ISS	- 27 -
<i>Production en Europe, livraison en Guyane.....</i>	<i>- 28 -</i>
<i>Un lanceur Ariane dédié.....</i>	<i>- 30 -</i>
<i>Lancer vers l'ISS, pas si facile !.....</i>	<i>- 32 -</i>
<i>Une campagne marathon.....</i>	<i>- 34 -</i>
<i>Le lancement.....</i>	<i>- 36 -</i>
RENDEZ-VOUS ET ARRIMAGE AUTOMATIQUE.....	- 39 -
<i>A la poursuite de l'ISS.....</i>	<i>- 40 -</i>
<i>Approche et contact en douceur.....</i>	<i>- 42 -</i>
<i>Deux systèmes de capteurs.....</i>	<i>- 44 -</i>
<i>Le programme de vol de tous les records</i>	<i>- 44 -</i>
<i>Démonstrations au sol.....</i>	<i>- 46 -</i>
<i>Communications avec le sol et l'espace</i>	<i>- 48 -</i>
<i>Le Centre de Contrôle de l'ATV.....</i>	<i>- 50 -</i>
L'ATV ARRIME A L'ISS.....	- 53 -
<i>Un nouveau module pour l'ISS.....</i>	<i>- 54 -</i>
<i>Un remorqueur spatial.....</i>	<i>- 56 -</i>
<i>Fin de mission.....</i>	<i>- 58 -</i>
L'ATV AU-DELA DU « JULES VERNE ».....	- 61 -
<i>La desserte régulière de l'ISS.....</i>	<i>- 62 -</i>
<i>Une architecture évolutive.....</i>	<i>- 64 -</i>
ANNEXES.....	- 67 -
<i>Contributions industrielles à l'ATV.....</i>	<i>- 68 -</i>
<i>Contributions européennes à l'ISS.....</i>	<i>- 70 -</i>
<i>Glossaire.....</i>	<i>- 71 -</i>

L'Europe assure la desserte de l'ISS



© ESA/D. Ducros - Nov 2007

L'ATV en vol autonome, à la poursuite de la Station Spatiale Internationale.

Une mission cruciale pour la Station Spatiale Internationale

Avec l'arrimage du module laboratoire Columbus à la Station spatiale internationale en février 2008, l'Agence spatiale européenne (ESA) acquiert un nouveau statut de partenaire opérationnel du programme international. A ce titre, elle doit également apporter sa contribution à l'exploitation du complexe orbital, à hauteur de 8,3% des coûts.

Cette contribution européenne sera fournie sous forme de service, avec la livraison à bord de l'ISS d'une certaine quantité d'équipements et de ravitaillement, d'eau, de gaz et d'ergols, ainsi que d'une capacité de propulsion. Celle-ci sera contribuera au contrôle d'attitude de la Station (manœuvres d'évitement de débris) et pour remonter périodiquement son orbite afin de compenser l'usure causée par la traînée atmosphérique encore très sensible à cette altitude pour un complexe orbital de cette taille.

Ces services seront fournis par l'ATV (Automated Transfer Vehicle), un véhicule de ravitaillement et de remorquage automatisé développé par Astrium à cet effet.

Lancé par Ariane 5, l'ATV se compose d'un module cargo comprenant une section pressurisée et un module de service emportant l'avionique et la propulsion. En fonctionnement opérationnel, il apportera jusqu'à 7,4 tonnes de charge utile à l'ISS, tous les 18 à 24 mois. Cette capacité d'emport correspond approximativement à celle de trois vaisseaux cargos russes Progress.

Avec l'ATV et les Progress, l'ISS pourra compter sur deux systèmes indépendants pour assurer ses opérations en orbite après le retrait de la navette spatiale américaine en 2010, ce qui représente une nécessité pour la robustesse et la fiabilité de l'ensemble du système.



ATV



Apollo



Progress

Comparaison entre les tailles de l'ATV européen, du vaisseau américain Apollo (modules de commande et de service) et du cargo russe Progress.

Un défi technologique et industriel

L'ATV n'est pas un véhicule habité lors de son lancement, mais il comporte un système de vie et de contrôle environnemental afin que les astronautes puissent travailler à bord de son module pressurisé quand il est amarré à la Station. Il doit donc respecter un cahier des charges très strict afin de garantir la sécurité de l'ISS et de ses occupants. Ces nécessités de sécurité et de fiabilité imposent des redondances multiples ainsi qu'une capacité d'interruption ou d'abandon des manœuvres, notamment lors des phases d'approche et d'arrimage avec l'ISS.

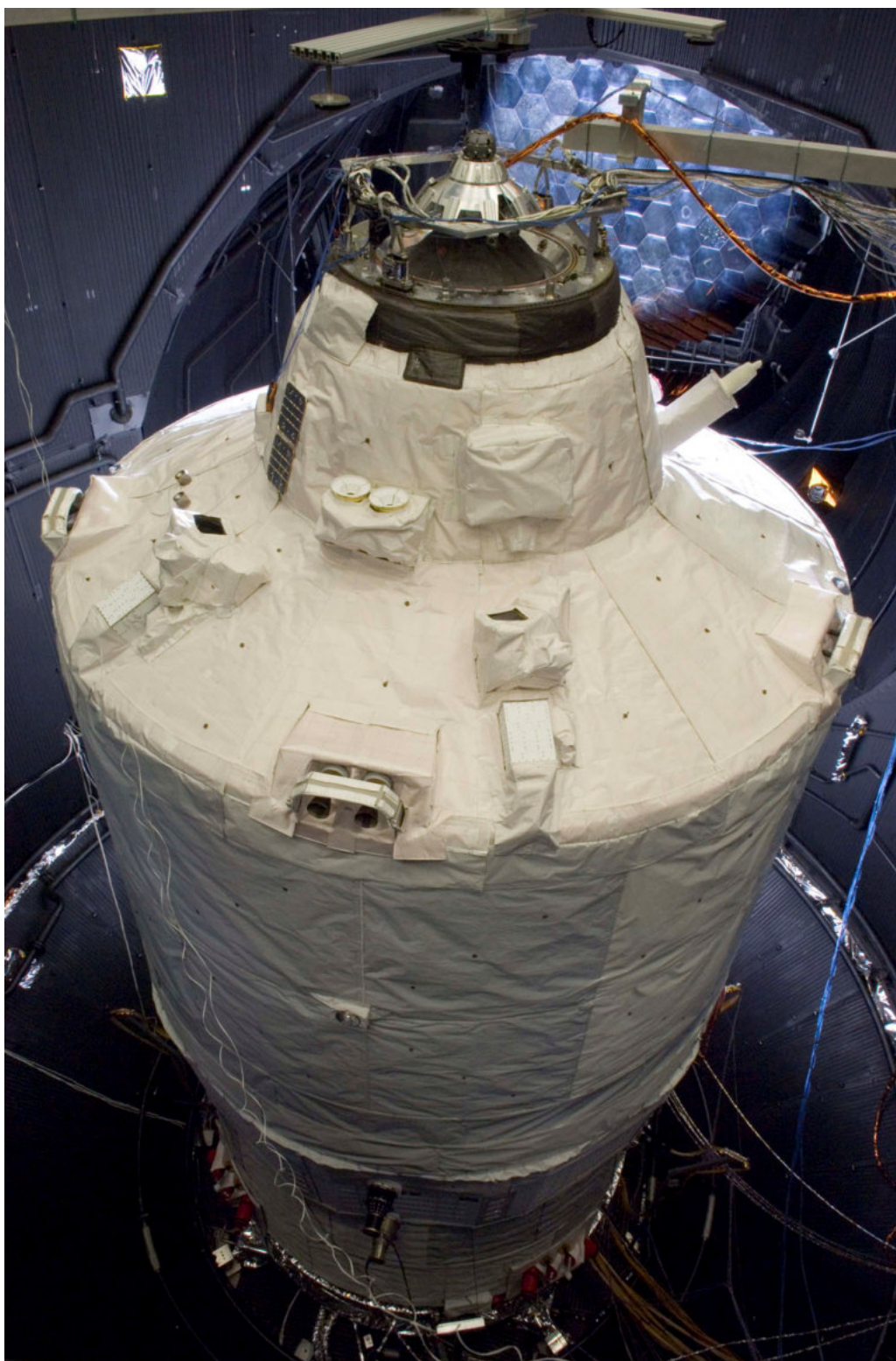
Durant la phase au cours de laquelle il restera attaché à l'ISS ainsi que lors de son désarrimage, l'ATV devra respecter toutes les contraintes normalement imposées à un vaisseau habité.

Il s'agit du défi technologique le plus complexe jamais relevé par l'Europe spatiale. L'ATV est le plus gros satellite jamais construit en Europe (2,5 fois plus gros qu'Envisat), mais c'est aussi un module de station orbitale et surtout un véhicule manœuvrant autonome bien plus sophistiqué que tous les étages supérieurs jamais réalisés par les Européens.

L'ATV est aussi le premier véhicule au monde conçu pour effectuer des rendez-vous et des arrimages opérationnels en mode purement automatique. En pratique, cela signifie qu'il doit atteindre une cible de 60 cm se déplaçant à la vitesse de 28 000 km/h à une altitude de 400 km, tout cela avec une précision en dessous de 10 cm et une vitesse relative inférieure à 7 cm/s.

Pour sa conception et son développement, l'ATV a bénéficié de l'ensemble de l'expérience acquise par l'industrie européenne - et en particulier par son maître d'œuvre Astrium - dans les domaines du transport spatial (Ariane), de la propulsion spatiale (moteurs de satellites), des plates-formes orbitales (Eureca, Envisat), des logiciels de vol (Ariane, Columbus), et des missions habitées (Spacelab, Columbus). Il repose aussi sur des développements technologiques entrepris par l'ESA, notamment dans le domaine des technologies de navigation (capteurs laser de rendez-vous et système de navigation par GPS relatif).

De plus, l'ATV étant appelé à effectuer une desserte régulière de l'ISS, c'est une véritable infrastructure de production, comprenant l'intégration et les essais, qui est mise en place en Europe.



Le « Jules Verne » subit un essai de vide thermique dans le grand simulateur spatial de l'ESTEC, le centre technique de l'ESA à Noordwijk.

Astrium maître d'œuvre pour l'ESA

Le développement de l'ATV a été décidé lors de la conférence ministérielle de l'ESA d'octobre 1995 qui a donné également le coup d'envoi au développement et à la réalisation du laboratoire Columbus, ces deux éléments représentant l'essentiel de la contribution européenne au programme ISS.

Dix pays membres de l'ESA (Allemagne, Belgique, Danemark, Espagne, France, Italie, Norvège, Pays-Bas, Suède, Suisse) contribuent au financement du programme qui représente un investissement total de l'ordre de 2,5 milliards d'euros dont approximativement une moitié correspond au développement et une autre moitié à la production et au lancement des modèles de vol.

Maître d'œuvre du programme, Astrium est à la tête d'une équipe industrielle comptant 30 contractants principaux venus des 10 pays européens participants au programme, ainsi que de Russie et des Etats-Unis.

Les principaux sites d'Astrium en Europe ont contribué au programme :

- Les Mureaux (France) : maîtrise d'œuvre, activités système, développement, qualification, fabrication et recette du système ATV, logiciels de vol, produits opérationnels et de référence pour l'exploitation du système, recette et tests de vérifications conjoints au niveau système, équipements fluidiques,
- Brême (Allemagne) : sous-système de propulsion et de rehausse de l'ISS (PRSS), baie de propulsion (EPB), intégration du module de service et du véhicule complet,
- Toulouse (France) : développement des chaînes d'avionique, intégration et essais de la baie d'avionique (EAB),
- Lampoldshausen (Allemagne) : propulseurs, équipements fluidiques, sous-ensembles de propulsion, ravitaillement en ergols,
- Leyde (Pays-Bas) : panneaux solaires,
- Barajas (Espagne) : éléments structurels de la baie d'avionique (EAB) et de la baie cargo non-pressurisée (EEB), système de séparation.

D'autres sites d'Astrium (Aquitaine, Stevenage...) ont également apporté leur expertise pour l'intégration et les campagnes d'essais.

Le module de fret pressurisé (EPM), basé sur une version raccourcie de la structure du module laboratoire Columbus, est fourni par Thales Alenia Space à Turin (Italie).

Compte-tenu de la complexité de la mission de l'ATV et des opérations qu'elle implique, Astrium a également dû réaliser un manuel opérateur extrêmement détaillé dont le cœur est constitué de 9 volumes pour la mise en œuvre générale du véhicule, et 19 de plus pour ses sous-systèmes. Ce manuel permet à chaque opérateur d'accéder aux instructions opérationnelles en mode nominal ainsi que dans des configurations dégradées pour poursuivre la mission après une panne ou assurer la sécurité du vol en cas de double panne.



Le premier modèle de vol de l'ATV, le « Jules Verne » est transféré vers la zone de remplissage en ergols dans l'EPCU S5 (Ensemble de préparation des charges utiles) au Centre spatial guyanais.

Le premier vaisseau spatial développé en Europe

En novembre 1998, l'ESA a signé un contrat avec EADS Launch Vehicles (aujourd'hui Astrium Space Transportation) pour le développement de l'ATV et l'intégration du premier modèle de vol.

En novembre 2001, le modèle d'essai grandeur nature de l'ATV, le STM (Structural Thermal Model), a été intégré à l'ESTEC, centre technique de l'ESA situé à Noordwijk (Pays-Bas). Ce modèle a servi par la suite à des campagnes d'essais dynamiques et thermiques jusqu'en septembre 2002. Par la suite, le module de fret du STM a été transformé en modèle d'entraînement pour les astronautes à l'European Astronaut Centre (EAC) de l'ESA à Cologne (Allemagne).

Un modèle d'essai électrique ou ETM (Electrical Test Model), qui reprenait essentiellement les câblages et l'avionique de l'ATV, a été installé fin 2002 sur le site d'Astrium aux Mureaux (France) pour des campagnes d'essais et de qualification. Avec l'environnement d'essai adapté, il constitue le banc de simulation fonctionnelle (FSF/Functional Simulation Facility) qui est sans doute l'installation la plus complexe et la plus puissante pour la simulation fonctionnelle et électrique jamais développée en Europe pour un programme spatial.

Le premier modèle de vol, baptisé « Jules Verne » en hommage à l'écrivain et visionnaire français, a été intégré sur le site d'Astrium à Brême (Allemagne), à la mi-2004. Il s'agit en fait d'un modèle « protoflight » qui a été transféré par la suite à l'ESTEC pour une série de campagnes d'essais et de qualification qui durera près de 3 ans.

En juillet 2004, l'ESA a signé avec Astrium un contrat de production pour les modèles récurrents de l'ATV.

Le « Jules Verne » a quitté l'Europe pour la Guyane française en juillet 2007 afin d'y subir sa campagne de préparation en vue de son lancement. La revue de qualification de l'ATV s'est achevée avec succès le 5 octobre 2007 et le véhicule a été accepté par l'ESA début 2008.

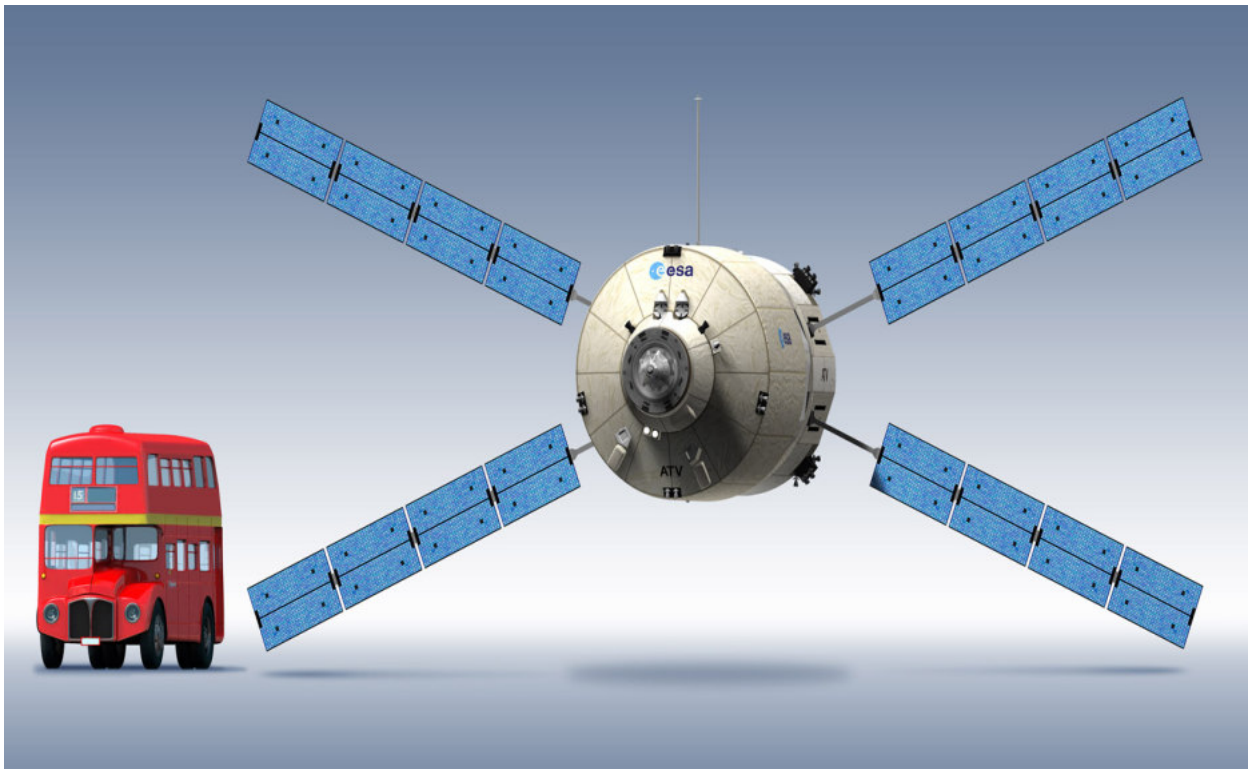
Le remplissage des ergols du système propulsif se termine le 1er février et l'intégration de l'ATV sur le lanceur s'effectue avec succès le 15 février 2008.

Le lancement de l'ATV est prévu pour le 9 mars 2008.



Intégration de la baie de propulsion de l'ATV sur le site d'Astrium à Brême. Les quatre moteurs principaux de 490 N de poussée sont clairement visibles.

Le véhicule



Pour donner une idée de sa taille, l'ATV est un peu plus gros qu'un autobus londonien à impériale.

L'ATV en chiffres

Dimensions

Longueur totale :	10,77 m (avec adaptateur, sonde rétractée) 9,79 m (sans adaptateur, sonde rétractée)
Diamètre externe :	4,48 m
Volume pressurisé :	46,5 m ³ (dont 16 m ³ pour la charge utile)
Envergure :	22,28 m

Masse

A vide :	10 470 kg
- dont module cargo (ICC) :	5 150 kg
- dont module de service (SSA) :	5 320 kg
Masse maximale au lancement :	20 750 kg (avec son adaptateur) 19 356 kg pour « Jules Verne »

Capacité d'emport

Totale :	7 667 kg
Dans le module pressurisé :	5 500 kg
Eau :	840 kg
Gaz :	100 kg (N ₂ , O ₂ , air)
Ergols pour les modules russes :	860 kg (UDMH et peroxyde d'azote)
Ergols pour la rehausse de l'ISS :	4 600 kg (MMH et MON)

Il s'agit de maxima pour chaque sous-système qui ne peuvent pas être atteints simultanément sur la même mission.

Consommables :	2 613 kg (ergols et He)
Déchets en fin de mission :	6 340 kg (dont 840 kg de fluides)

Puissance électrique des panneaux solaires : 3,8 kW en fin de vie.



Le « Jules Verne » est préparé pour un essai de vide thermique dans le grand simulateur spatial de l'ESTEC, le centre technique de l'ESA à Noordwijk.

Le module cargo intégré

L'ICC (Integrated Cargo Carrier) est le module de charge utile de l'ATV, il se compose de trois éléments principaux :

- Un module de fret pressurisé ou EPM (Equipped Pressurized Module)
- Une baie non-pressurisée ou EEB (Equipped External Bay),
- Une baie d'arrimage.

L'EPM est un caisson pressurisé cylindrique de 4,2 m de diamètre et 6,2 m de long, fermé par deux cônes. Il a été réalisé en alliage d'aluminium avec une épaisseur de 3,8 mm pour le cylindre et 7 mm pour les cônes.

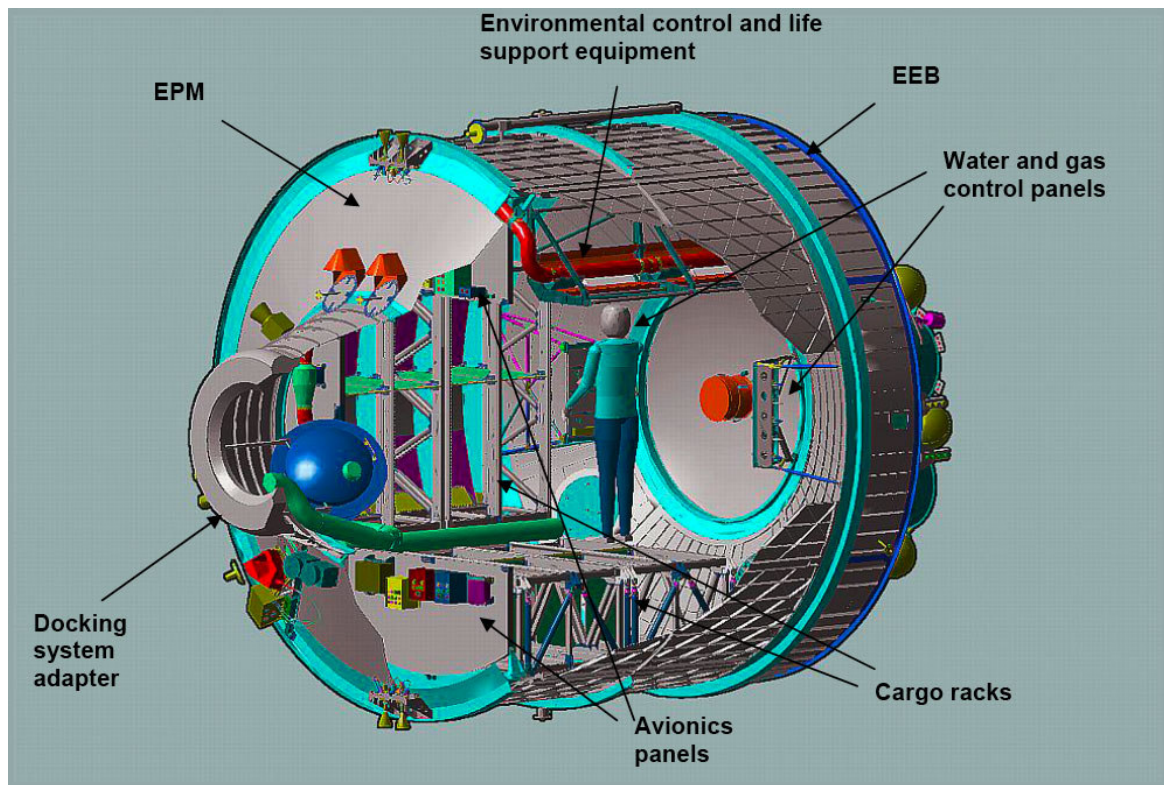
Il s'agit d'une version raccourcie du caisson pressurisé cylindrique de 4,2 m de diamètre initialement développé pour les modules logistiques italiens MPLM (Multi Purpose Logistics Modules) utilisés à bord de la navette américaine depuis 2001 pour livrer des équipements volumineux à bord de l'ISS. Cette structure a été utilisée par la suite pour le module laboratoire européen Columbus.

L'EPM est doté d'une structure interne capable de loger 8 armoires de rangement pour le transport des équipements scientifiques et des consommables (vivres, vêtements, colis logistiques) à destination de l'ISS. Le « Jules Verne » n'emportera que 6 de ces armoires.

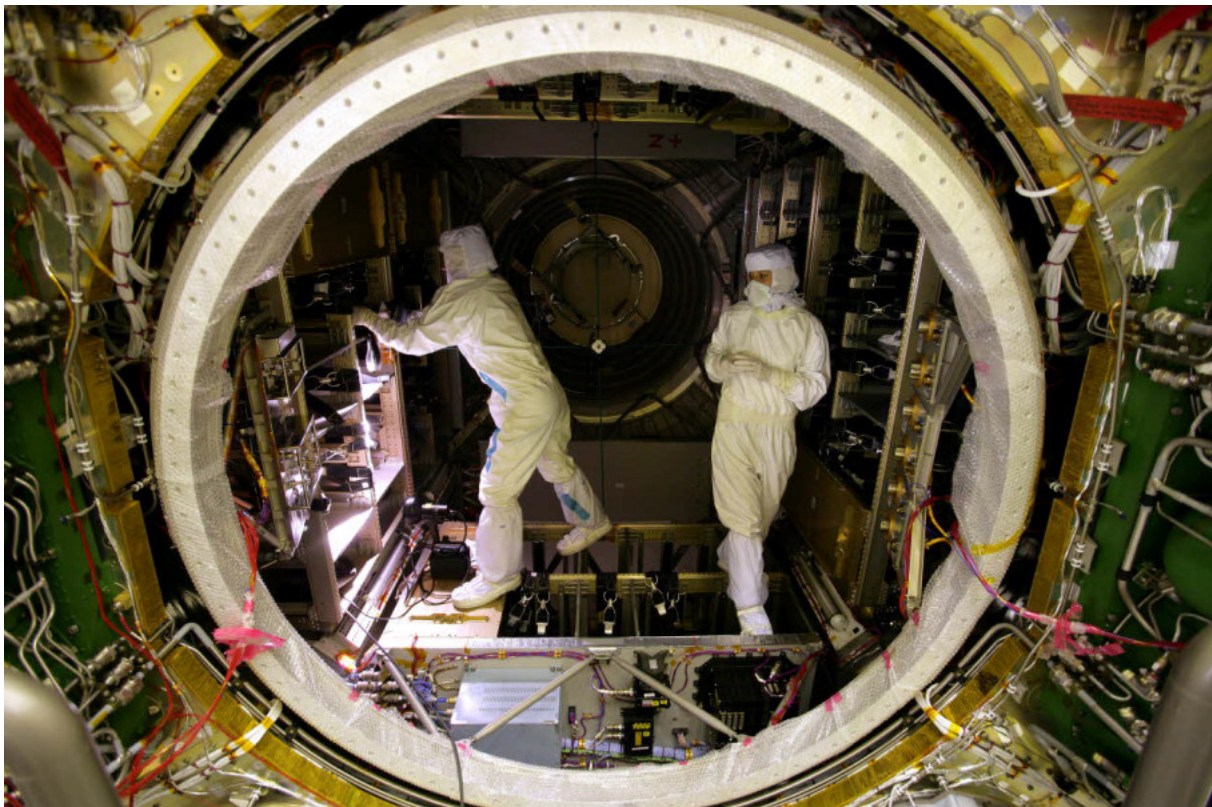
Sur sa surface extérieure, l'EPM comporte un bouclier anti-micrométéorites et anti-débris, le MDPS (Meteoroid and Debris Protection System).

Située entre l'EPM et le module de service, l'EEB est un plateau en travers duquel sont logés 10 réservoirs : quatre pour les ergols destinés au ravitaillement du module russe Zvezda (deux réservoirs d'UDMH et deux de peroxyde d'azote), trois pour l'eau et trois pour des gaz (un ou deux gaz différents par mission : oxygène, azote ou air).

Le cône avant, qui loge la baie d'arrimage, comporte également plusieurs équipements mis en œuvre lors de la phase de rendez-vous et d'amarrage. Des capteurs de rendez-vous, des capteurs stellaires et les antennes des répéteurs radar russes Kurs sont montés à l'extérieur, tandis que l'électronique de l'équipement de contrôle russe (RECS) est montée à l'intérieur.



Ecorché de l'ICC, montrant ses principaux éléments et sa structure interne.



Des techniciens au travail dans l'ICC du « Jules Verne ». La vue est prise depuis le « fond » du module pressurisé qui sera scellé avant le lancement. L'écouille est visible à l'arrière plan.

Le système d'arrimage

Afin de pouvoir s'amarrer à l'arrière du module russe Zvezda, l'ATV est équipé d'un système d'arrimage de conception et de fabrication russe identique à celui qui équipe les vaisseaux Soyouz et les cargos Progress depuis plus de 30 ans.

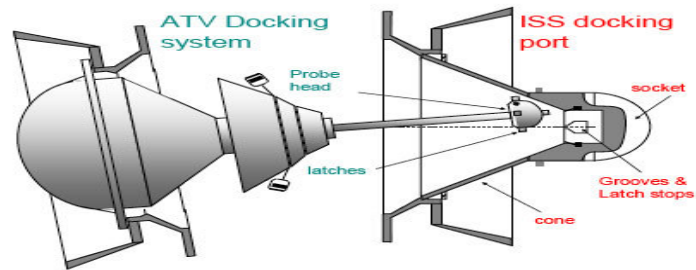
Ce RDS (Russian Docking System), réalisé par RKK Energiya, est fourni par la Russie à l'ESA en échange du système de gestion de données du segment russe de l'ISS, le DMS-R (Data Management System) réalisé par Astrium et fourni par l'ESA à la Russie.

L'ATV dispose d'un dispositif électromécanique de RDS mâle ou ADA (Active Docking Assembly) muni d'une sonde déployable porteuse d'un connecteur à son extrémité. Lors de l'arrimage, ce connecteur est pointé vers l'adaptateur femelle conique – ou PDA (Passive Docking Assembly) - de la baie d'arrimage arrière du module Zvezda et vient se loger dans un dispositif de capture. Le mouvement résiduel de l'ATV est amorti par un système électromagnétique.

La sonde est alors rétractée mécaniquement jusqu'à ce que les deux colliers d'arrimage de l'ATV et de Zvezda entrent en contact et que leurs connecteurs électriques et hydrauliques soient alignés. Dans chacun des colliers huit crochets verrouillent ensuite l'arrimage. Une fois le vestibule entre les écoutilles de Zvezda et de l'ATV pressurisé, l'écouille du module russe est ouverte et celle de l'ATV peut être déverrouillée à son tour.

Seize brides sont alors rajoutées pour renforcer la rigidité de la connexion.

Doté d'une écoutille de 80 cm de diamètre, comme tous les colliers d'arrimage du segment russe de l'ISS, le RDS ne permet pas le passage des volumineuses baies d'équipements au standard ISPR (International Standard Payload Rack). Leur transport ne fait pas partie de l'ensemble des missions confiées à l'ATV.



ATV to ISS docking using "probe and drogue" concept

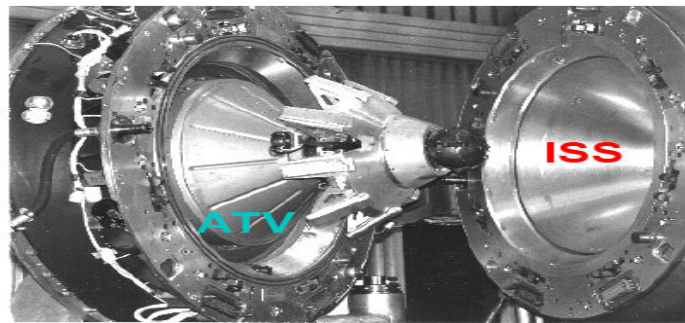


Schéma de fonctionnement du système d'arrimage russe.



Un technicien travaille sur la sonde déployée d'un système d'arrimage russe réel intégré au banc d'essai de simulation fonctionnelle de l'ATV sur le site d'Astrium aux Mureaux.

Le module de service

Le module de service SSA (Spacecraft SubAssembly, ou plus communément « Spacecraft » dans la terminologie du programme) se compose pour sa part de deux éléments principaux :

- Une baie d'avionique ou EAB (Equipped Avionics Bay)
- Une baie de propulsion ou EPB (Equipped Propulsion Bay),

L'EAB se présente comme un anneau tronconique de 4,5 m de diamètre maximal à l'intérieur duquel sont disposées les chaînes avioniques du vaisseau ou AEC (Avionics Equipment Chains) constituant le véritable cerveau de l'ATV.

L'EPB abrite l'essentiel du système de propulsion de l'ATV ou PRSS (Propulsion & Reboost Subsystem). Celui-ci comporte quatre moteurs principaux de 490 N de poussée chacun et 28 moteurs de manoeuvre et de contrôle d'attitude de 220 N de poussée chacun, répartis sur quatre platines principales (cinq moteurs chacune) situées autour de l'EPB pour le contrôle d'attitude et le freinage, et quatre platines secondaires situées au sommet du module pressurisé (deux moteurs chacune) pour le contrôle en lacet et en tangage.

Tous ces moteurs, dépourvus de turbopompes, sont alimentés en hypergols par huit réservoirs sphériques en titane de 1 m de diamètre : quatre pour le mélange d'oxydes d'azote (MON) servant de comburant et quatre pour le monométhyl hydrazine (MMH) utilisé comme carburant. La pressurisation des réservoirs est assurée par deux sphères d'hélium à haute pression, régulées à 20 bars.

Au total, les réservoirs de l'EPB peuvent contenir jusqu'à 6 760 kg d'ergols pour la propulsion de l'ATV et les manoeuvres de remontée de l'ISS.

A l'instar du module de fret, l'EPB est lui aussi protégé par un bouclier anti-micrométéorites et anti-débris (MDPS).



Le module de service de l'ATV service module – communément appelé le « spacecraft » – subit sa préparation finale avant d'être assemblé avec l'ICC dans l'EPCU S5 (Ensemble de préparation des charges utiles) au Centre spatial guyanais.

Les servitudes

Pour son alimentation électrique, l'ATV dispose de quatre générateurs solaires déployables composés chacun de quatre panneaux de 1,16 x 1,82 m. Ceux-ci sont dallés de cellules photovoltaïques à l'arséniure de gallium (AsGa) et de cellules au silicium à haut rendement. En début de mission, ces générateurs solaires peuvent fournir jusqu'à 4,8 kW de puissance électrique. En fin de vie, après six mois en orbite, cette capacité descend à 3,8 kW.

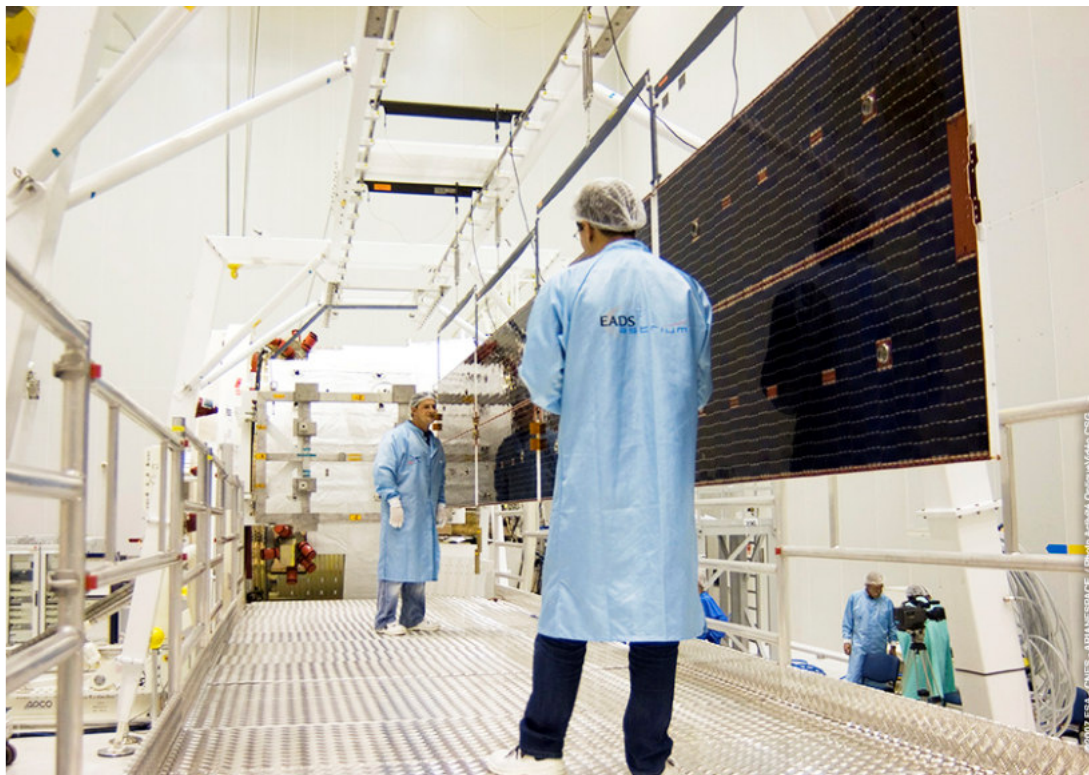
Pour les périodes d'éclipses, ces générateurs solaires sont remplacés par des batteries rechargeables NiCd de 40 Ah. Des batteries non-rechargeables peuvent aussi être mises en œuvre durant certaines phases de vol, notamment lors des manœuvres d'évitement de collision (CAM), qui doivent pouvoir être effectuées dans n'importe quelle configuration (y compris la défaillance du système de gestion et de distribution de puissance électrique).

Une fois amarré à l'ISS, l'ATV est alimenté en électricité par la station elle-même, à raison de 900 W en mode actif et 400 W en mode « veille ».

Pour le contrôle thermique passif, l'ensemble du l'ATV est recouvert d'isolants multicouches en Kapton recouvert d'or.

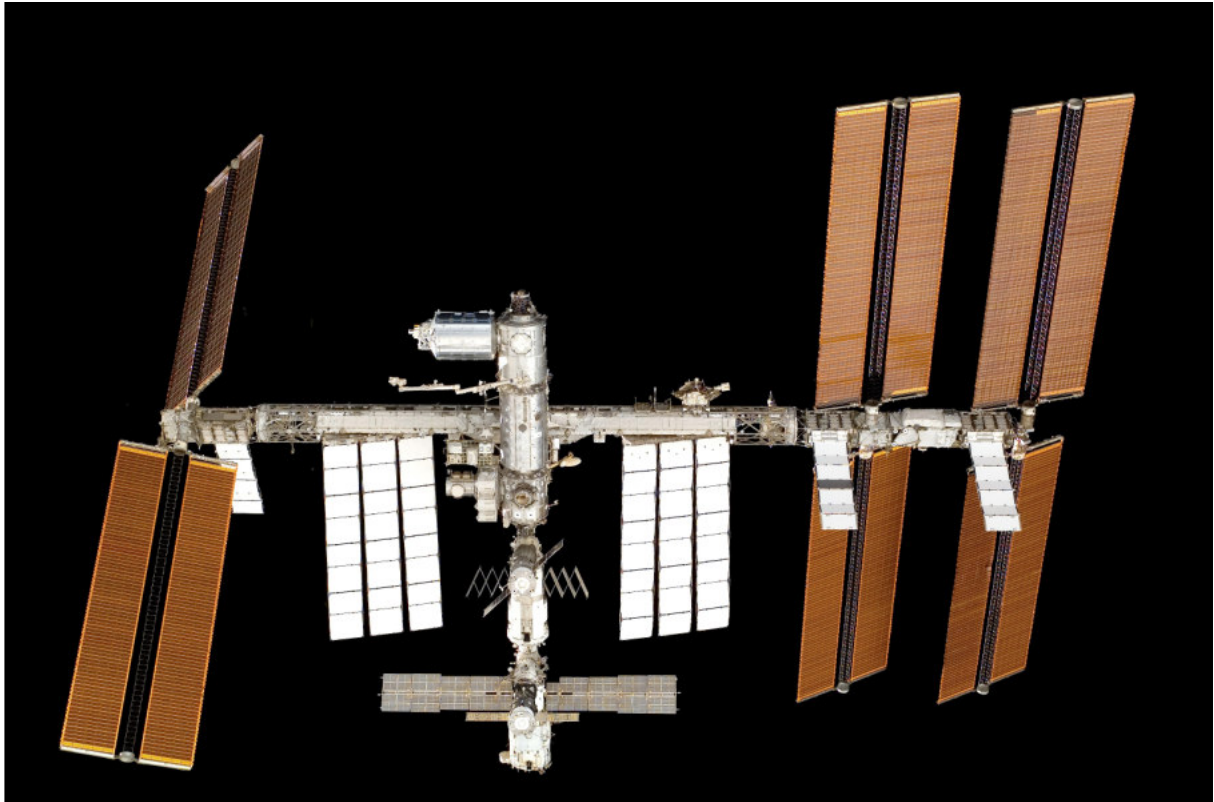
Par ailleurs, un système de contrôle thermique actif utilise des caloducs à conductance variable (VCHP) pour évacuer la chaleur des équipements électroniques grâce à de panneaux radiants disposés tout autour de la baie d'avionique. L'ATV est le premier véhicule spatial à utiliser ce système à cette échelle. Habituellement, les VCHPs ne servent qu'au contrôle thermique d'instruments à bord de satellites. Selon le mode opérationnel, les VCHPs peuvent moduler, voire interrompre leur conductance pour optimiser le contrôle thermique.

En vol autonome, la navigation est assurée grâce à deux récepteurs GPS à bord. A l'approche de l'ISS, la navigation bascule en mode GPS relatif, en comparant les données GPS collectées par les récepteurs de bord avec celles collectées par un récepteur à bord de l'ISS. Ces données sont retransmises vers l'ATV via une liaison de proximité assurée par l'équipement de communication PCE (Proximity Communication Equipment).



Essai de déploiement d'un des quatre panneaux solaires de l'ATV dans l'EPCU S5 (Ensemble de préparation des charges utiles) au Centre spatial guyanais.

En route vers l'ISS



S122E011039

La Station Spatiale Internationale vue par une navette peu après son désarrimage.

Production en Europe, livraison en Guyane

Pour le premier ATV, le module de fret ICC a été intégré à Turin, en Italie, la baie d'avionique EAB à Toulouse, en France, et la baie de propulsion EPB à Brême, en Allemagne. Le module de service SSA (le « spacecraft » dans la terminologie du programme), qui comprend l'EAB et l'EPB a été intégré ensuite à Brême. Pour les ATVs de série, l'EAB aussi sera intégrée à Brême.

L'ICC et le SSA ont ensuite été expédiés sur le site de l'ESTEC, centre technique de l'ESA, à Noordwijk, au Pays-Bas, où ils ont été assemblés ensemble pour la première fois.

En tant que « protoflight », le premier modèle de vol a subi une campagne d'essais et de qualification intensive qui a duré de juillet 2004 à mars 2007. Par la suite, seule la baie d'avionique des modèles de vol de l'ATV sera expédiée à l'ESTEC pour y subir une campagne d'essais électriques. Pour tous les transferts de l'ATV, le SSA et l'ICC seront désolidarisés et voyageront chacun dans son propre conteneur.

Une fois les essais achevés, les ATVs seront expédiés en Guyane par bateau, à bord des mêmes navires rouliers qui servent au transport des éléments d'Ariane. Quelques 500 tonnes d'équipements au sol accompagnaient le « Jules Verne ». Une partie de cet équipement restera au Centre spatial guyanais en prévision des prochaines campagnes de lancement.



Le « Jules Verne » arrive au Centre spatial guyanais, le 28 juillet 2007.

Un lanceur Ariane dédié

La mise en orbite de l'ATV nécessite une version adaptée d'Ariane 5. Identique à l'Ariane 5ECA dans sa partie basse, cette Ariane 5ES est équipée d'un étage supérieur ré-allumable EPS (Etage à Propergol Stockable) et réalisé par Astrium. L'EPS est propulsé par un moteur Aestus, également produit par Astrium.

Hérité des versions Ariane 5G et 5GS, l'EPS a fait la preuve de ses performances en vol au cours de plus de 20 missions. Sa capacité de ré-allumage, nécessaire à l'injection de l'ATV sur une orbite lui permettant de rejoindre l'ISS, a été testée plus de 100 fois au sol et a également été démontrée en vol opérationnel en octobre 2007.

L'ATV est relié au lanceur par un adaptateur cylindrique spécial de 3,94 m de diamètre et 2 m de haut, le SDM (Separation & Distancing Module). La structure de la case à équipements d'Ariane 5 a aussi dû être renforcée et son système de contrôle d'attitude a été adapté pour tenir compte de la taille de l'ATV, dont la masse au lancement représente plus du double de la plus grosse charge utile jamais emportée par Ariane 5,

Compte tenu de l'importance de la masse embarquée, et des modifications qu'elle entraîne sur la position du centre de gravité du lanceur au cours de la mission, ainsi que de la nouvelle trajectoire vers l'orbite basse, la qualification de l'Ariane 5ES a nécessité de passer en revue l'ensemble des contraintes dynamiques, thermiques et électromagnétiques auquel le lanceur sera soumis.



L'étage supérieur EPS est monté au sommet de la toute première Ariane 5ES, qui placera le « Jules Verne » sur orbite.

Lancer vers l'ISS, pas si facile !

Les fenêtres de lancement de l'ATV répondent à de multiples contraintes. En premier lieu, pour éviter des manœuvres de changement de plan extrêmement coûteuses en ergols, les lancements doivent avoir lieu lorsque le site de Kourou se trouve dans le plan orbital de l'ISS. Cela limite donc la fenêtre à quelques minutes par jour.

En outre, pour garantir le bon fonctionnement des capteurs utilisés pour l'arrimage sur l'ISS, l'ATV doit se présenter dans des conditions particulières d'orientation par rapport au Soleil. Combinées avec les exigences liées à l'orientation des panneaux solaires, ces contraintes limitent les périodes de l'année où un arrimage est possible.

Enfin, le trafic des vaisseaux venant s'arrimer à l'ISS ou s'en désarrimer est suffisamment important pour nécessiter une régulation. Celle-ci fait l'objet de négociations régulières entre tous les partenaires du programme ISS pour aménager un calendrier opérationnel sur 12 mois qui évitera certaines manœuvres potentiellement dangereuses (par exemple, aucun vaisseau ne vient s'arrimer ou ne se désarrime lorsqu'une navette est amarrée à l'ISS) et permettra de ménager des intervalles de sécurité entre les opérations. Chaque mission conditionnant ou affectant les suivantes, ce calendrier des missions est revu en permanence.



© ESA/D.Ducros - 2007

Trois minutes et demie après le décollage, la coiffe d'Ariane 5 est éjectée.

Une campagne marathon

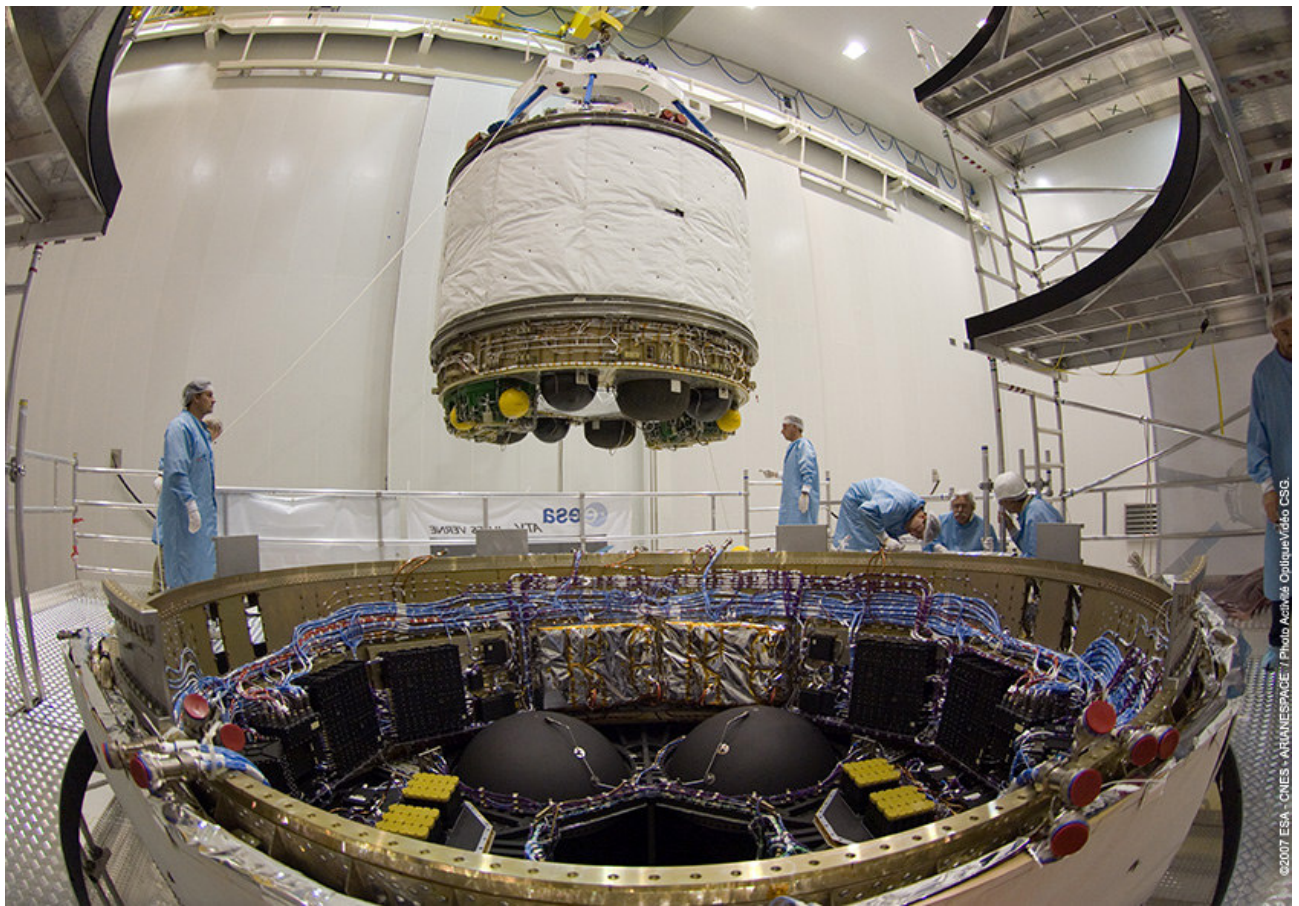
La campagne de lancement de l'ATV se déroule dans le cadre de l'EPCU S5 au Centre spatial guyanais (CSG). C'est là que le vaisseau reçoit son chargement, puis subit ses ultimes vérifications et que ses réservoirs d'ergol sont remplis. Son module pressurisé est même désinfecté à l'eau oxygénée pour éviter toute contamination bactérienne une fois arrimé à l'ISS.

Pour le « Jules Verne », certaines de ces activités entraînent aussi dans le processus de qualification. La campagne a duré sept mois avec la vérification d'environ 515 opérations différentes avant une revue de réception par l'ESA. Pour les vaisseaux suivants, ces procédures seront raccourcies, mais l'ATV restant un véhicule spatial éminemment complexe, la campagne de lancement durera néanmoins 15 semaines.

Le « Jules Verne » a été monté au sommet du lanceur le 18 février. Pour les missions futures, cette installation aura lieu 11 jours avant la date de lancement prévue.

Jusqu'à la pose de la coiffe (en version longue de 17,5 m de haut), il sera possible en cas de besoin de venir modifier le chargement de l'ICC grâce à un dispositif permettant de descendre un homme à bord via l'écouille du RDS. Cet accès de « dernière minute » n'a pas été appliqué au « Jules Verne ».

Huit heures avant le lancement, l'ATV est activé et placé en configuration de vol.



Le module de fret ICC (dont les réservoirs sont clairement visibles sous le module pressurisé) est hissé pour son assemblage sur le module de service SSA (au premier plan, avec l'intérieur de la baie d'avionique exposé), dans l'EPCU S5 (Ensemble de préparation des charges utiles) du Centre spatial guyanais.

Le lancement

L'Ariane 5ES porteuse de l'ATV décollera de Kourou en direction du Nord-Est. Cet azimuth, imposé par l'orbite de l'ISS, inclinée à 51,6° par rapport à l'Equateur, ne permet pas de réutiliser les stations de poursuite habituellement mises en œuvre pour les vols à destination de l'orbite de transfert géostationnaire ou des orbites polaires héliosynchrones. Après avoir été suivi au décollage par la station de Kourou, le lanceur sera pris en charge par une station de télémessure installée sur un navire spécialement déployé pour l'occasion au milieu de l'océan Atlantique. La télémessure sera ensuite relayée par une station mobile installée aux Açores. Une poursuite par radar sera assurée par un navire de poursuite de la Marine Nationale française, le « Monge », basé à Brest, et par une station du FGAN, l'établissement allemand pour la recherche en sciences appliquées. Ces stations radar fourniront des données orbitales pour la désignation d'objectif pour les stations de télémessure en Australie et en Nouvelle-Zélande.

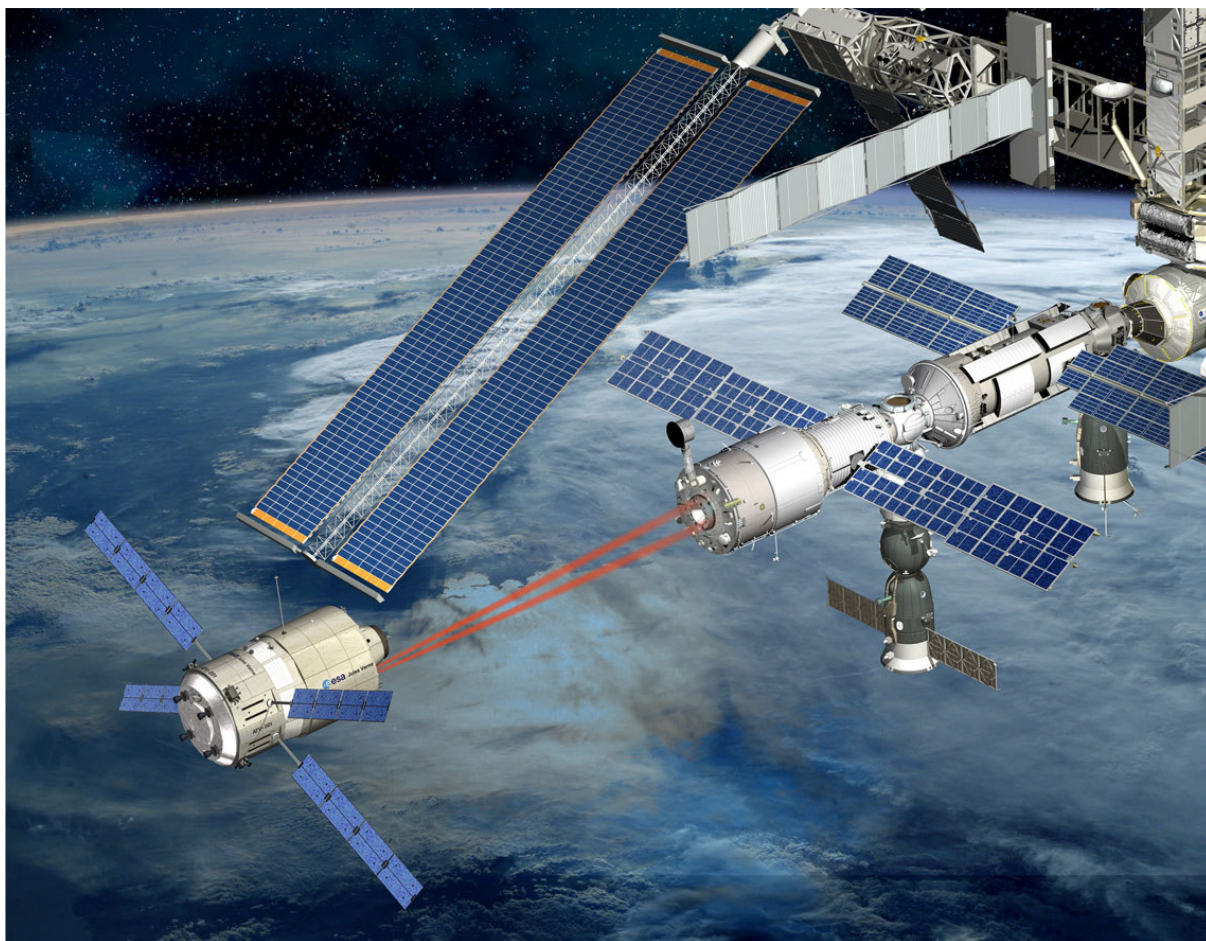
Les accélérateurs à poudre seront séparés après 2 minutes, puis la coiffe 3 minutes et demi après le décollage. L'étage principal cryotechnique sera largué quant à lui après 5 minutes 30 de vol et retombera dans l'Atlantique au large des côtes européennes. Suivra une mise à feu de 8 minutes de l'EPS, avant une phase balistique de 45 minutes et un second allumage, pour 40 secondes cette fois-ci, afin de circulariser l'orbite vers 260 km d'altitude. La séparation de l'ATV interviendra quatre minutes plus tard. Ces dernières manœuvres seront suivies par une station située en Nouvelle Zélande.

Afin de limiter la création de débris en orbite basse et plus particulièrement sur une orbite proche de l'ISS, une révolution après la séparation de l'ATV, un troisième et dernier allumage de l'EPS, au-dessus de l'Australie, assurera sa désorbitation et sa destruction par combustion lors de sa rentrée dans les couches denses de l'atmosphère au-dessus d'une région inhabitée du Pacifique Sud.



Environ une heure après le décollage, l'ATV se sépare de l'étage supérieur d'Ariane 5, au dessus de l'Océan Pacifique Sud.

Rendez-vous et arrimage automatique



L'ATV en approche finale avant son amarrage avec l'ISS. Les faisceaux laser sont pointés sur les rétro-rélecteurs sur la face arrière du module Zvezda et leur réflexion est analysée par les vidéomètres de l'ATV.

A la poursuite de l'ISS

Placé sur une orbite circulaire à 260 km d'altitude et 51,6° d'inclinaison, l'ATV doit dans un premier temps établir une liaison de communication avec le réseau de satellites-relais américains TDRS (Tracking & Data Relay Satellite) en orbite géostationnaire. Il déploie ensuite ses panneaux solaires et subit une série de reconfigurations et de vérifications de ses systèmes en commençant par l'amorçage de son sous-système de propulsion.

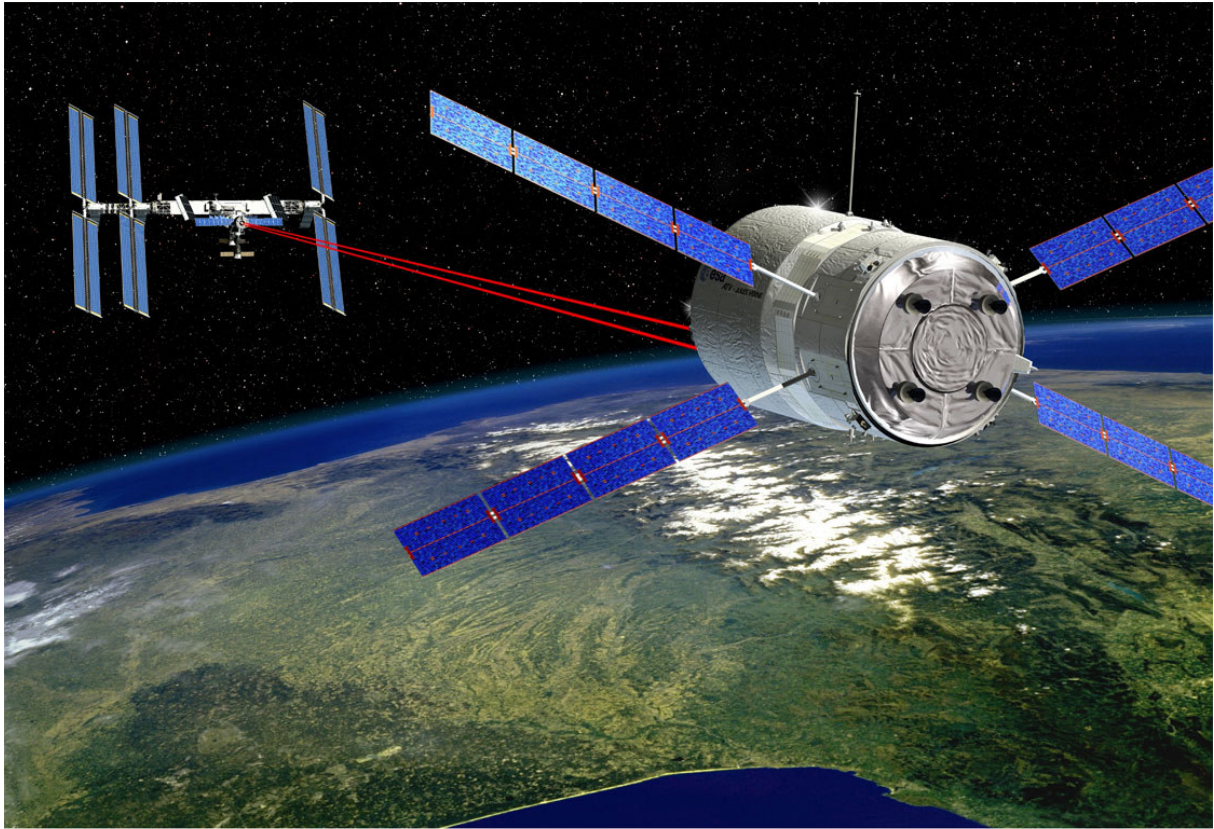
L'ATV assure seul son contrôle d'attitude dès la séparation d'avec Ariane 5. Toutes les opérations en vol sont suivies par le centre de contrôle dédié à l'ATV (ATV-CC/ATV Control Centre) basé au centre spatial du CNES à Toulouse, en France.

Une fois les premières opérations en orbite achevées, l'ATV entreprend une série de manœuvres de « phasage » afin de rapprocher son orbite de celle de l'ISS. Ces manœuvres, dont les paramètres sont calculés par l'ATV-CC, prennent entre 12 et 120 heures. Elles doivent amener l'ATV à un point (S0) situé à environ 5 km sous l'orbite de l'ISS et 30 km derrière la station elle-même.

A partir de ce point, une ligne de communication directe est ouverte entre l'ATV et l'ISS et la navigation de l'ATV est réalisée par comparaison des données GPS fournies par ses propres récepteurs de bord et ceux installés sur l'ISS afin de déterminer un vecteur entre l'ATV et la Station. L'ATV manœuvre alors de manière autonome, sur autorisation de l'ATV-CC et sous la supervision des Centres de contrôle de mission de Moscou (MCC-M) et Houston (MCC-H).

En moins d'une révolution, l'ATV peut alors se rapprocher jusqu'à un point (S2), situé sur l'orbite de l'ISS, 3,5 km derrière la station, puis, 40 minutes plus tard, jusqu'à un point (S3), à 280 m derrière l'ISS.

Parvenu au point S3, l'ATV change d'attitude afin de pointer ses capteurs de rendez-vous optiques (vidéomètres et télégoniomètres) vers les rétro-réflecteurs lasers installés sur la face arrière du module russe Zvezda auquel il doit s'arrimer.



© ESA/D. Ducros - Nov 2007

A partir de 280 m derrière l’ISS, l’ATV entame son approche finale, en pointant ses faisceaux lasers vers les rétro-rélecteurs sur la face arrière du module Zvezda et en analysant leur réflexion à l’aide de vidéomètres pour une navigation de précision.

Approche et contact en douceur

En raison de la masse de l'ATV, trois fois supérieure à celle des cargos russes Progress, le contact avec l'ISS doit être non seulement réalisé avec grande précision (la sonde du RDS doit entrer en contact avec le cône de la baie d'arrimage à moins de 10 cm de sa cible), mais aussi avec une grande douceur (vitesse relative inférieure à 7 cm/s).

Pour cela, l'approche finale est réalisée en trois étapes :

- Rapprochement de 280 m à 20 m de la station (point S4),
- Rapprochement à 12 m (point S41),
- Phase finale et arrimage.

Des pauses sont marquées au point S4 pour étalonnage du contrôle en roulis, et au point S41 pour vérifier que l'équipage de l'ISS dispose d'une bonne visibilité pour surveiller la phase finale.

Toutes ces manœuvres sont réalisées automatiquement par l'ATV sous la surveillance croisée de l'équipage de l'ISS, de l'ATV-CC et d'un système indépendant à bord de l'ATV qui vérifie par ses propres moyens de mesure, en l'occurrence un télégoniomètre, que le système principal ne met pas la mission en danger.

En cas d'anomalie, ces trois niveaux de surveillance peuvent chacun basculer le système de gestion MVM (Mission & Vehicle Management) de l'ATV sur des modes de sécurité prédéfinis :

- « Hold » : arrêt à la position actuelle,
- « Retreat » : retour au point de référence précédent,
- « Escape » : accélération de 4 m/s dans la direction opposée à l'ISS.

Une manœuvre d'urgence pour évitement de collision (CAM/Collision Avoidance Manoeuvre) peut également être déclenchée, avec transfert de l'ATV sur une orbite inférieure, à distance de sécurité.

La manœuvre d'évitement de collision utilise des capteurs et des moteurs dédiés, indépendants du système principal de guidage et de navigation.



L'amarrage, comme toutes les phases du vol de l'ATV, a été simulé dans des conditions nominales et dégradées sur le banc de simulation fonctionnelle d'Astrium aux Mureaux.

Deux systèmes de capteurs

Pour assurer un maximum de sécurité aux manœuvres d'approche finale et d'arrimage de l'ATV, tous les systèmes mis en œuvre sont redondés.

Deux vidéomètres laser (nominal et redondant) fournissent des informations sur la distance, la position et l'attitude relative de l'ATV et du module Zvezda par triangulation. Un faisceau laser divergent est émis jusqu'à 10 fois par seconde par des diodes sur le cône de l'ATV et réfléchi par un jeu de rétro-réflecteurs montés en structure pyramidale à l'arrière de Zvezda, avant d'être analysé par imagerie CCD. Les résultats sont fournis au système de guidage, navigation et commande à bord.

En parallèle, le système de surveillance du contrôle de vol (FCM/Flight Control Monitoring), qui utilise les données de deux télégoniomètres, peut déclencher les procédures de sécurité contrôlées par un calculateur de secours, le MSU (Monitoring & Safing Unit). Les télégoniomètres mesurent la distance et la position relative de Zvezda grâce à un faisceau laser pulsé (10 000 pulsations/seconde) émis par l'ATV puis réfléchi par huit rétro-réflecteurs (dont trois composés de sept rétro-réflecteurs chacun) montés à l'arrière du module russe.

Le programme de vol de tous les records

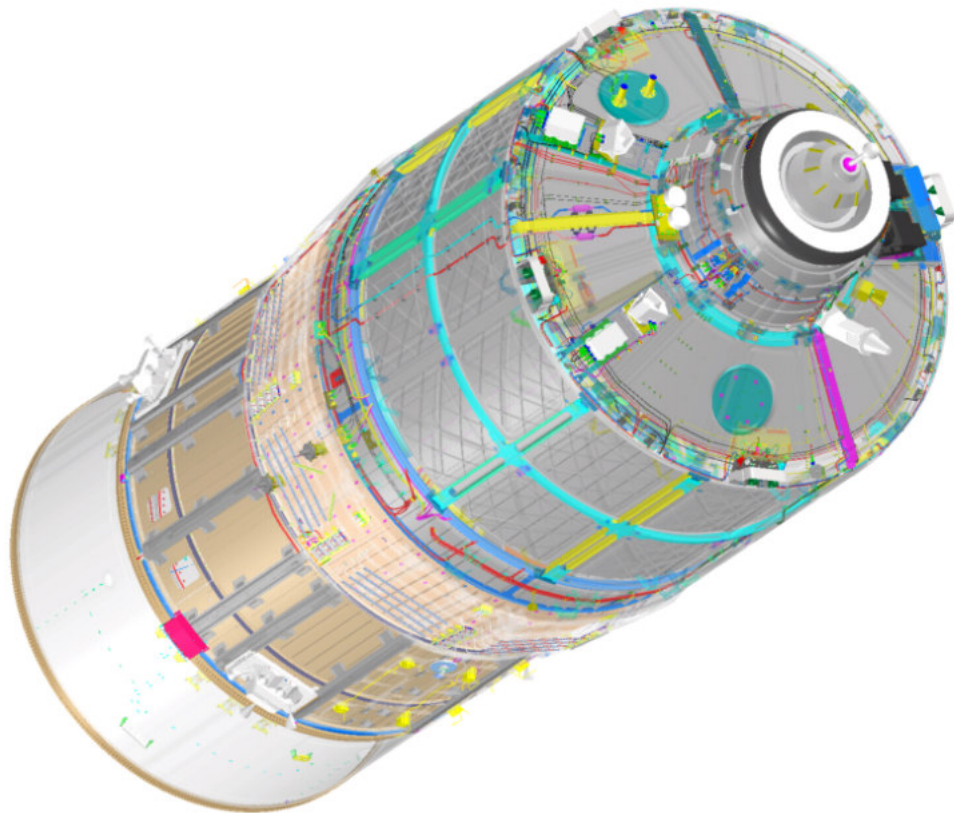
Le pilotage (guidage, navigation et commande) autonome de l'ATV, avec une capacité de tolérance pour deux pannes, a nécessité l'écriture du programme de vol le plus complexe jamais écrit en Europe, le FAS (Flight Application Software). Avec environ un demi-million de lignes de code, il représente l'équivalent d'environ dix fois le programme de vol développé pour Ariane 5. Ce programme doit non seulement permettre d'assurer les nombreuses missions de l'ATV, mais en outre assurer que celui-ci puisse continuer à fonctionner normalement en cas de panne, et ne présente aucun risque pour les autres systèmes habités en cas de double panne.

Ce programme est mis en œuvre par trois calculateurs DPU (Data Processing Unit) situés dans la baie d'avionique et formant ensemble un ordinateur tolérant aux pannes. Ces calculateurs échangent leurs données et prennent leurs décisions à la majorité.

Un ordinateur indépendant (et redondé), le MSU, forme le cœur de la chaîne fonctionnelle PFS (Proximity & Flight Safety) dédiée à la sécurité des opérations à proximité de l'ISS. Le MSU (doté de sa propre alimentation électrique) est câblé directement avec les capteurs et les chaînes de commandes nécessaires pour rester disponible même en cas

de panne du système principal afin de prendre la main sur le celui-ci en cas d'anomalie majeure. Un logiciel dédié – de la taille du logiciel de vol d'Ariane 5 – a été développé pour le MSU indépendamment du FAS. Il s'agit du premier logiciel de catégorie A (ce qui signifie un niveau de robustesse exceptionnel) jamais développé pour un projet de l'ESA.

Ces éléments logiciels font partie de la grande base de données de mission (MDB) développée, gérée et distribuée par Astrium auprès de tous les utilisateurs pour assurer un système de référence cohérent et partagé par tous à l'intérieur du programme.



Modèle informatique de la structure de l'ATV. Le module de fret ICC apparaît en gris, la baie d'avionique en beige, la baie de propulsion en brun et l'adaptateur en blanc.

Démonstrations au sol

L'ATV représente un défi majeur pour l'industrie spatiale européenne d'une part car il s'agit de sa première incursion dans le développement d'un système de transport devant répondre aux critères de sécurité du vol habité et plus encore des manœuvres à proximité de l'ISS, mais également car le concept d'un véhicule entièrement automatique représente une première mondiale.

Pour développer et valider les solutions retenues, un important travail de simulation et de démonstration au sol a dû être accompli par les ingénieurs d'Astrium sous l'égide de l'ESA afin de démontrer que l'ATV pourra non seulement remplir la mission pour laquelle il a été conçu, mais aussi, ne représentera aucun risque pour l'ISS et son équipage.

Les systèmes de l'ATV – grâce au modèle d'essai électrique ETM - ont fait l'objet d'une campagne d'essais de qualification de plusieurs années sur le banc de simulation fonctionnelle d'Astrium aux Mureaux. Cette installation très sophistiquée, qui regroupe des équipements réels et simulés, reproduit l'environnement de vol. Elle comprend même une version virtuelle de l'ISS pour simuler les phases où l'ATV sera arrimé. Sur ce banc d'essais, Astrium Space Transportation a pu dérouler en temps réel toutes les phases du vol aussi bien selon le scénario nominal que pour des scénarios dégradés, grâce à la possibilité d'introduire des pannes dans le système.

L'approche finale de l'ISS a été simulée en « vraie grandeur » dans les installations du Bassin d'Essai des Carènes, un hall de 545 m de long situé au Val de Reuil, près de Paris. L'ensemble du système a fonctionné en circuit fermé avec une maquette de la face arrière de Zvezda et les capteurs de l'ATV montés sur des plates-formes simulant avec grande précision la distance et l'attitude relative de la station et du vaisseau, le tout contrôlé par le logiciel de vol réel de l'ATV (FAS). Cette simulation a permis de valider les procédures de rendez-vous en situation nominale et dégradée.

Des vérifications d'interface ont également été réalisées en Russie, notamment chez RKK Energiya pour vérifier la compatibilité des versions finales des logiciels européens et russes, et des interfaces réelles avec une réplique grandeur nature du module russe dans les installations du KIS (Station de commande et d'essais).



Préparation finale du « Jules Verne dans l'EPCU S5 (Ensemble de préparation des charges utiles) du Centre spatial guyanais.

Communications avec le sol et l'espace

Une mission aussi complexe que celle de l'ATV requiert des systèmes de télécommunications et de télémesures multiples, pour communiquer à la fois avec le Centre de contrôle ATV (ATV-CC) à Toulouse (France), les centres de contrôle de mission à Houston et Moscou, ainsi que l'ISS elle-même.

Plus de 5 000 commandes peuvent être envoyées vers l'ATV qui retransmet pour sa part jusqu'à 35 000 paramètres de télémesure.

Les liaisons de télémesure et de télécommande avec le sol sont établies par deux systèmes redondants en bande S, fonctionnant avec trois antennes externes, via le réseau américain de satellites-relais TDRS (Tracking & Data Relay Satellite) en orbite géostationnaire. Ces liaisons passent ensuite par la station sol de White Sands (Etats-Unis), avant d'être redirigées vers l'ATV-CC via le réseau terrestre de la NASA interconnecté avec celui de l'ESA. La connexion avec le réseau TDRS intervient 4 minutes avant la séparation d'avec l'étage supérieur d'Ariane 5 et est utilisée durant l'essentiel des phases de vol libre de l'ATV.

Grâce à cet équipement en bande S, l'ATV peut également communiquer directement avec le réseau terrestre de l'ESA via le satellite géostationnaire Artemis et la station sol de Redu (Belgique). Cette liaison sert de redondance pour la liaison nominale via le réseau TDRS.

Durant les phases d'approche, l'ATV communique avec le module Zvezda de l'ISS grâce à un autre système en bande S dédié aux « communications de proximité » (Proximity Communication Equipment/PCE), doté de deux antennes, dont une située à l'extrémité d'une perche de 2,15 m afin de ne pas être masquée par les panneaux solaires. La portée de ce PCE est de 30 km.

Un terminal PCE a été installé sur l'ISS en mars 2005. Il a été testé avant le lancement de l'ATV et sera utilisé pour les futures missions de l'ATV.

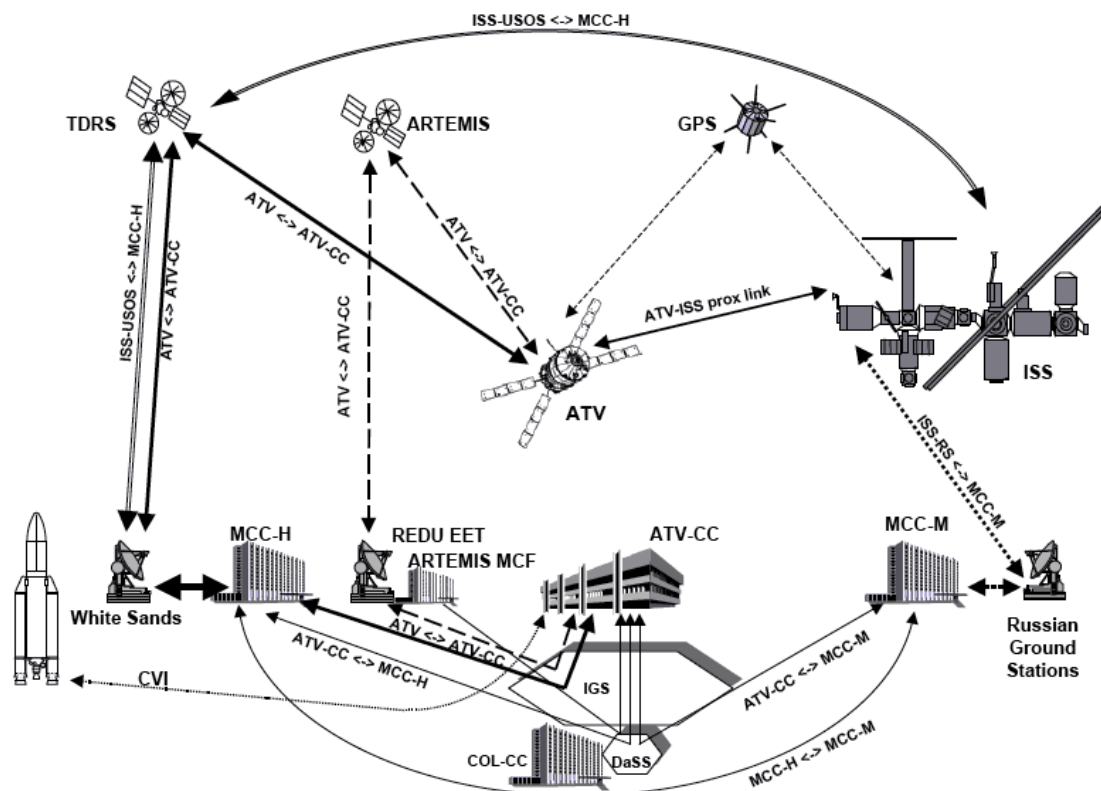


Schéma des liaisons de communication de l'ATV.

Le Centre de Contrôle de l'ATV

Tout au long de sa mission, l'ATV restera sous le contrôle d'un centre dédié, l'ATV-CC (ATV Control Centre), implanté à Toulouse, sur le site du CNES. Doté d'un effectif de plus de 100 personnes, ce centre est chargé de trois missions principales :

- L'analyse des missions de l'ATV : calcul des fenêtres de lancement, des paramètres orbitaux et de zones de couverture par les différents moyens de communication, ainsi que navigation vers l'ISS avec analyse des manœuvres, optimisation des trajectoires et définition du profil d'attitude.
- La coordination des moyens au sol : avec le réseau américain TDRS et les centres de contrôle de mission de Houston (MCC-H) et de Moscou (MCC-M), avec le satellite européen Artemis et la station sol de Redu (Belgique), et avec le Centre spatial guyanais à Kourou (Guyane française).
- La conduite des opérations en vol : les manœuvres de phasage orbital puis de rendez-vous et d'arrimage avec l'ISS sous l'autorité du MCC-M, la gestion de l'ATV en tant que module attaché à l'ISS ainsi que pour les manœuvres propulsives avec le MCC-M, ainsi que la désorbitation et la rentrée de l'ATV au-dessus du Pacifique Sud.

Outre l'ATV-CC, le Centre de Contrôle de Columbus (Col-CC) à Oberpfaffenhofen (Allemagne) est également impliqué dans la mission de l'ATV en tant que gestionnaire du réseau de communication terrestre IGS (Interconnecting Group Subnet) de l'ESA. C'est notamment grâce à ce réseau que les télémesures de l'ATV seront communiquées à l'équipe d'Astrium aux Mureaux pour analyse.

En préparation du vol, Astrium a développé les références d'opérations et le manuel opérateur de l'ATV, développé et validé les procédures de contrôle du véhicule – intégrées dans les procédures de contrôle de vol par l'ATV-CC - ainsi que les procédures de suivi au sol. De plus, Astrium a développé une infrastructure dédiée et des outils adaptés pour l'équipe de soutien technique basée à l'ATV-CC et sur le site d'Astrium aux Mureaux. Cette équipe de soutien d'Astrium, représentant l'autorité de conception, fournira un soutien d'ingénierie de haut niveau aux équipes de contrôle de mission, en particulier dans l'éventualité d'une situation anormale.



La salle de contrôle principale de l'ATV-CC à Toulouse.

L'ATV arrimé à l'ISS



© ESA/D. Ducros - Nov 2007

Une fois arrimé, l'ATV devient un élément de l'ISS pour une durée pouvant atteindre six mois.

Un nouveau module pour l'ISS

Une fois arrimé à l'ISS, l'ATV se comporte comme un module supplémentaire pour la Station spatiale internationale. Il peut rester ainsi amarré pendant une période pouvant atteindre 6 mois.

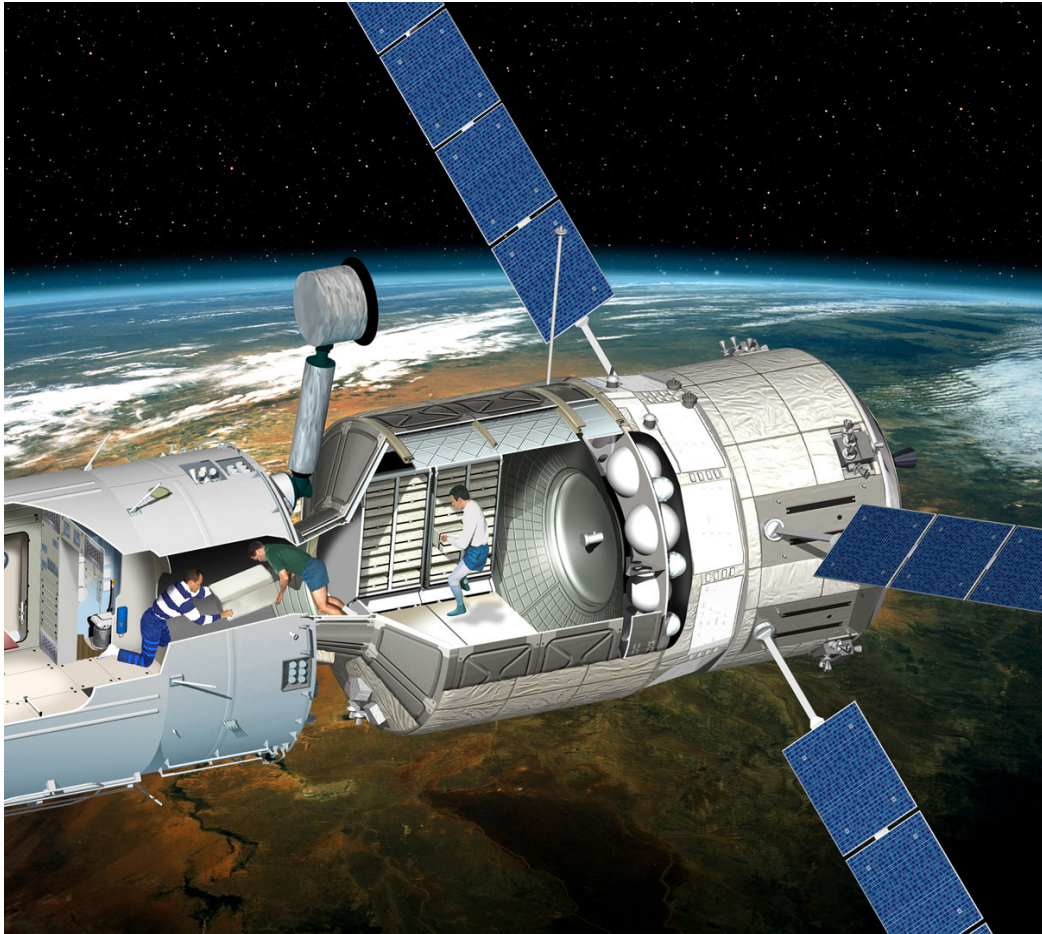
Le module pressurisé est accessible par les astronautes pour décharger le fret manuellement. A bord du « Jules Verne » se trouvera ainsi 1 150 kg d'équipement et de nourriture fournis par la NASA et l'ESA.

Ce module dispose de son propre système de servitude vie et de contrôle de l'environnement. Dès leur première visite, les astronautes y installent immédiatement un extincteur et branchent un purificateur d'air. Le module dispose de son propre conditionnement d'air, de ses détecteurs de fumée et de son système d'égalisation des pressions avec le reste de l'ISS.

Grâce à des connecteurs installés dans son collier d'arrimage, l'ATV peut transférer des ergols vers les réservoirs du module Zvezda pour alimenter son propre système propulsif, utilisable quand ni l'ATV, ni un cargo Progress ne sont arrimés à la baie arrière. De conception russe, le système de transfert d'ergols (ReFuelling System/RFS) a été mis en œuvre lors de plus de 80 missions Progress. Répartis dans quatre réservoirs installés au niveau de l'EEB, les 860 kg d'ergols (UDMH et peroxyde d'azote) sont transférés sur commande de l'ISS grâce à la pressurisation de ces réservoirs par six sphères d'hélium sous haute pression (340 bars). Sur le « Jules Verne », les réservoirs du RFS seront pleins.

Un système séparé permet le transfert à bord de Zvezda jusqu'à 840 kg d'eau potable, répartie dans trois réservoirs, grâce à une commande manuelle dans le module pressurisé de l'ATV. Pour la première mission, le « Jules Verne » n'emportera que 270 kg d'eau, dans un seul de ses réservoirs.

De même, trois autres réservoirs permettent de délivrer jusqu'à 100 kg d'un ou deux gaz (air, oxygène ou azote), vers les réservoirs de Zvezda toujours sur commande manuelle à partir du module pressurisé de l'ATV. Exceptionnellement, le « Jules Verne » n'apportera que 20 kg d'oxygène sur l'ISS.



Le module pressurisé de l'ATV fournira un environnement en « manches de chemise » pour les astronautes.

Un remorqueur spatial

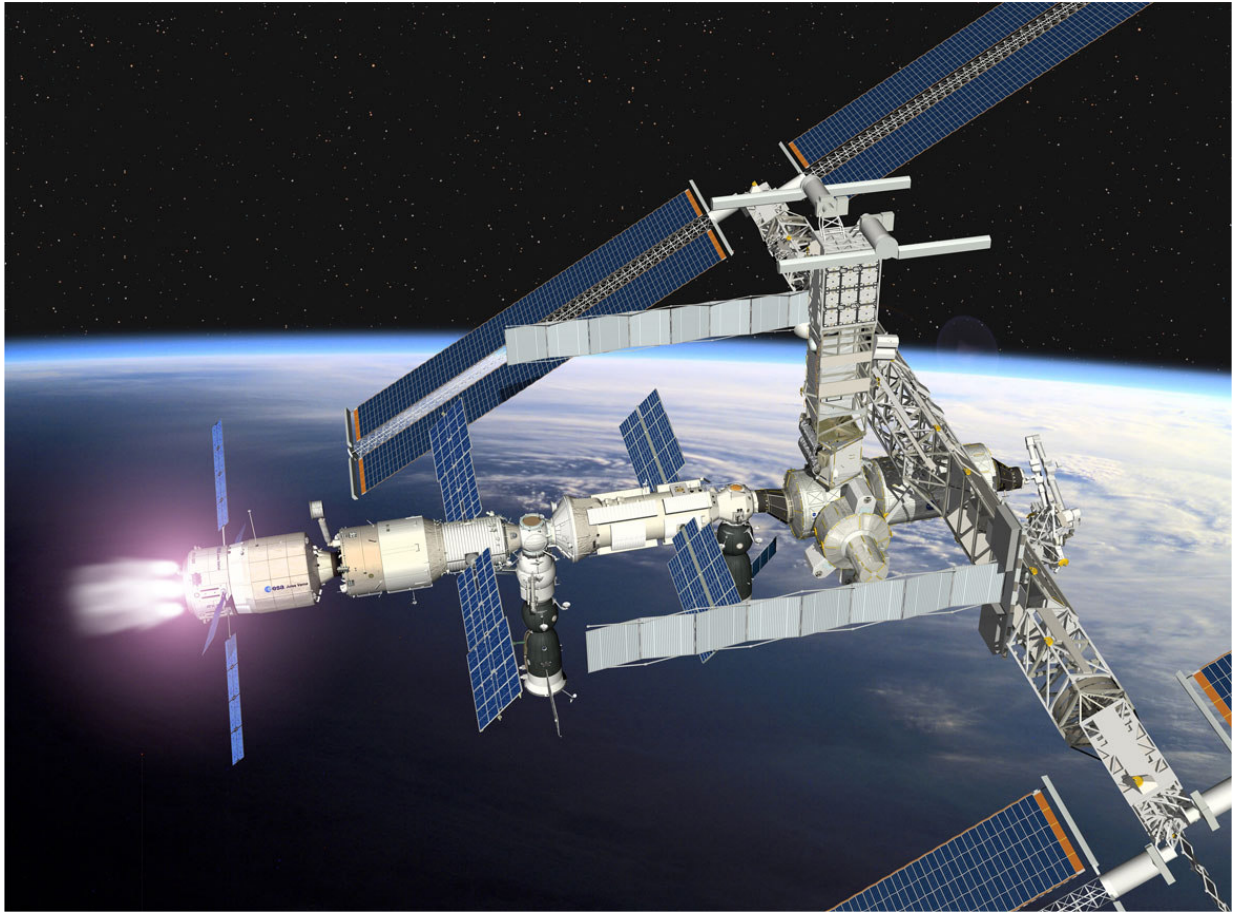
Grâce à son module propulsif, lorsqu'il est arrimé à l'ISS, l'ATV peut fournir une assistance propulsive à la station pour « remonter » son orbite en compensation de l'usure causée par la traînée atmosphérique, toujours sensible à cette altitude.

Nominalement, l'ATV effectuera ce type de manœuvre tous les 10 à 45 jours en moyenne.

Dans sa fonction de remorqueur, l'ATV a également la capacité d'effectuer des manœuvres de contrôle d'attitude pour l'ensemble du complexe orbital, qu'il s'agisse de « dé-saturer » les gyroscopes chargés du contrôle d'attitude à bord de l'ISS, ou d'assurer un contrôle d'attitude de secours en cas de défaillance du système principal de l'ISS, notamment en cas de panne informatique.

La capacité de propulsion de l'ATV est également disponible pour d'éventuelles manœuvres d'évitement de l'ISS afin de l'éloigner de la trajectoire de débris potentiellement dangereux.

Pour toutes ces manœuvres, le système propulsif de l'ATV est placé sous le contrôle des systèmes de bord du module russe Zvezda.



L'ATV sera le remorqueur le plus puissant jamais utilisé pour rehausser l'orbite de l'ISS afin de compenser son usure naturelle causée par le frottement atmosphérique.

Fin de mission

A la fin de sa mission, l'ATV est chargé avec les déchets de la station, placés dans les espaces de rangement pour le fret à l'intérieur de son module pressurisé. Les eaux usées de l'ISS sont également transférées dans les réservoirs qui ont servi à apporter de l'eau potable.

L'ATV est alors refermé et les brides sont retirées du collier d'arrimage. Le vide est fait entre les écoutilles et une fois l'étanchéité de l'écouille de Zvezda confirmée, les crochets de verrouillage du côté ISS sont rétractés. Après réactivation de l'avionique de l'ATV, les connexions électriques sont interrompues.

Lorsque le désarrimage est commandé, en visibilité des stations sol russes, les crochets de verrouillage du côté ATV sont rétractés à leur tour et l'ATV s'éloigne sous la poussée de ressorts. Il s'éloigne pendant une minute sur sa seule inertie avant que son système de pilotage ne commande une première poussée d'éloignement.

L'éloignement de la station est effectué en mode automatique, avec les mêmes critères de sécurité que lors de l'arrimage.

L'ATV manœuvre ensuite pour quitter l'orbite de l'ISS et sa désorbitation est commandée au-dessus du Pacifique Sud, la plus vaste zone inhabitée de la planète, en vue de sa destruction par combustion dans les couches denses de l'atmosphère.



© ESA/D.Ducros - 2007

A la fin de sa mission, l'ATV sera précipité dans l'atmosphère pour s'y désintégrer au-dessus d'une zone inhabitée de l'Océan Pacifique.

L'ATV au-delà du « Jules Verne »



© ESA/D. Ducros - Nov 2007

Une image qui pourrait devenir courante à l'avenir : un ATV sur le point de s'arrimer à l'ISS.

La desserte régulière de l'ISS

Le « Jules Verne » n'est que le premier des ATV. Astrium Space Transportation et son équipe industrielle sont sous contrat pour la production de cinq modèles récurrents. Les composants de l'ATV n°2 ont déjà été approvisionnés et l'intégration du véhicule aura lieu dans la foulée du premier vol.

Ces ATV assureront la desserte de l'ISS jusqu'en 2015. Des véhicules supplémentaires pourraient être commandés si l'exploitation se poursuit au-delà de cette date, comme cela est envisagé par la plupart des partenaires du programme.

L'ATV a également été proposé par des équipes industrielles menées par Boeing et Lockheed Martin pour assurer une desserte commerciale de l'ISS après 2010 dans le cadre du programme COTS (Commercial Orbital Transport Service) de la NASA. Ces propositions n'ont pas été sélectionnées pour la première phase du programme qui se concentre sur la démonstration de nouveaux systèmes de transport.



© ESA/D. Ducros - 2003

Une modification mineure par rapport au modèle actuel : un ATV avec deux baies d'arrimage.

Une architecture évolutive

La conception retenue pour l'ATV permet en outre d'envisager de nombreuses évolutions ou adaptations du véhicule, notamment avec un module cargo non-pressurisé qui serait déchargé sur l'ISS par le bras robotique européen ERA.

Sans grande modification, l'ATV pourrait aussi être utilisé en vol libre comme plate-forme expérimentale capable de revenir s'arrimer à l'ISS et de fournir un meilleur niveau de microgravité que la station pour certaines expériences.

Des études ont d'ores et déjà été menées sur le remplacement de l'ICC par un module récupérable inhabité, afin de ramener sur Terre des expériences et des équipements de l'ISS. Une évolution d'un tel système pourrait également servir de vaisseau de retour d'urgence pour l'équipage, puis de véhicule de transport d'équipage.

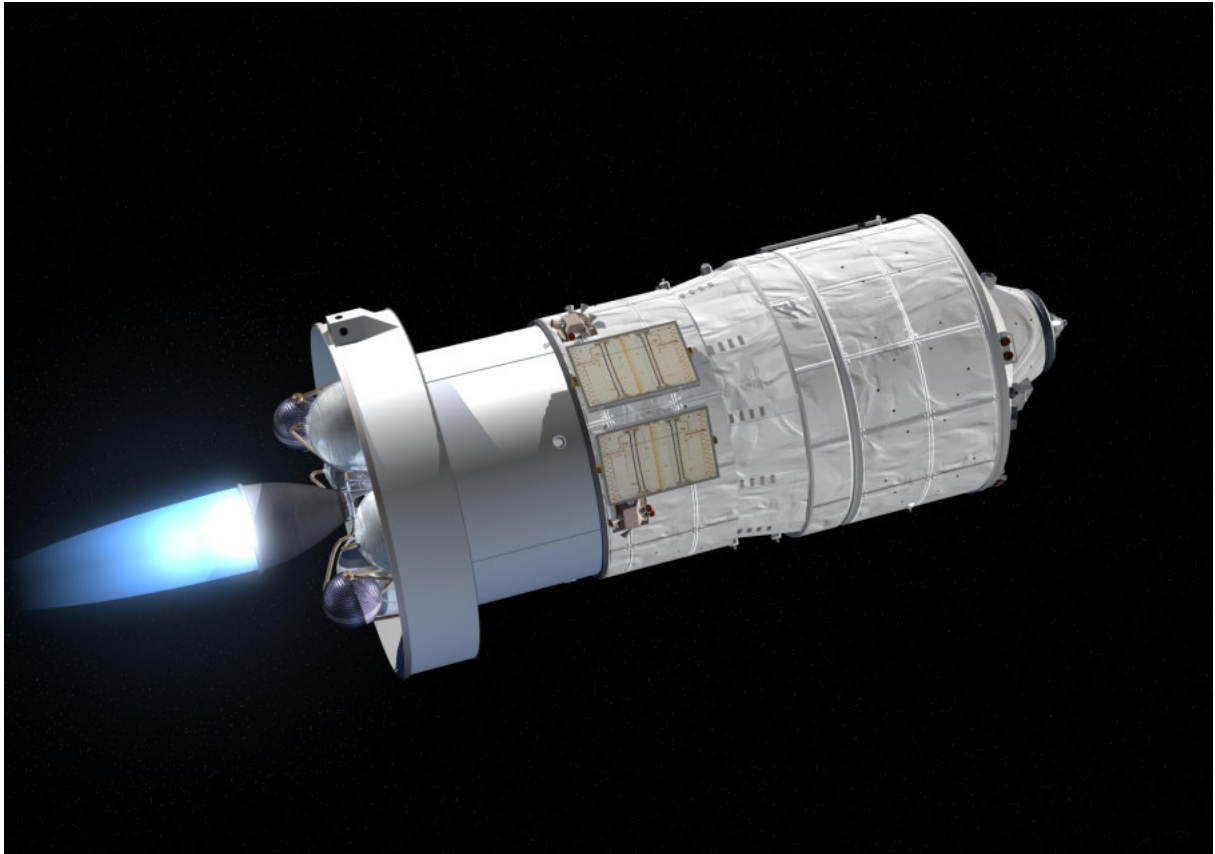
L'adjonction d'un collier d'arrimage à l'arrière de l'ATV et l'aménagement d'un couloir au centre du module de service (laissé libre à cet effet par ses concepteurs), permettrait d'utiliser l'ATV comme base d'une mini-station orbitale.

L'ATV pourrait également devenir un véhicule de transfert pour l'envoi d'équipements vers des orbites plus lointaines, en soutien logistique de missions habitées vers la Lune ou Mars. Il pourrait en outre servir de refuge d'urgence » pour les équipages en orbite autour de ces deux corps.



Un ATV avec deux baies d'arrimage pourrait former la base d'une petite station spatiale visitable.

Annexes



En route pour l'orbite : l'ATV est propulsé par l'étage supérieur d'Ariane 5.

Contributions industrielles à l'ATV

Allemagne

Astrium Space Transportation (*Développement PRS, intégration ATV, intégration SSA, calculateurs*)

D3 Group (*Simulateurs PCE*)

Friwo (*Batteries*)

Jena Optronik (*Télégoniomètres*)

OHB-System (*MDPS du module de service, MGSE*)

MT Aerospace (*Réservoirs, éléments structurels*)

Tesat Spacecom (*Composants*)

Belgique

Euro Heat Pipe (*Caloducs*)

SAS (*Soutien opérations en vol*)

Thales Alenia Space Belgium

Danemark

Rovsing (*Validation indépendante des logiciels*)

Espagne

EADS CASA (*EEB, Structure EAB*)

Crisa (*Processeurs communications*)

Iberespacio (*Soutien fiabilité*)

Rymasa (*Antennes*)

Tecnologica (*Composants*)

Thales Espacio (*Transpondeurs*)

France

Astrium Space Transportation (*Maître d'œuvre, ingénierie systèmes, qualification fonctionnelle, logiciels, vérification des interfaces externes*)

Astrium Satellites (*Développement AEC, intégration EAB*)

Clemessy

SAFT (*Batteries*)

Snecma (*Moteurs 200 N*)

Sodern (*Vidéomètres, capteurs d'étoiles*)

Thales Alenia Space (*Orientation panneaux solaires*)

Italie

Avio (*FGSE*)

Datamat (*Logiciels, soutien système*)

Dataspazio (*Simulation*)

Galileo Avionica (*Alimentation et amplificateurs*)

Laben (*Récepteurs GPS*)

Thales Alenia Space (*Développement et intégration ICC, études contrôle thermique*)

Norvège

DNV (*Soutien fiabilité*)

Pays-Bas

Bradford (*Ventilateurs, égalisation de pression*)

Dutch Space (*Générateurs solaires, simulateurs PCE*)

ETS (*Tests*)

Suède

SAAB (*Calculateur MSU*)

Suisse

APCO Technologies (*Moyens d'essais, MGSE*)

Contraves Space (*Eléments structuraux, SDM*)

Syderal (*Contrôle thermique EAB*)

Russie

RKK Energiya (*RDS, RFS, RECS*)

Etats-Unis

Aerojet (*Moteurs de 490 N*)

Allied Signal (*Détecteurs de fumée*)

Perkin Elmer (*Cibles vidéo, éclairage*)

Vacco (*Vannes*)

Contributions européennes à l'ISS

Date	Equipement	Mission
7/2000	DMS-R	<i>Data Management System-Russian</i> . Equipement de contrôle de la partie russe de l'ISS (Astrium)
3/2001	MPLM	<i>Multi-Purpose Logistics Module</i> . Module cargo pour la navette (3 exemplaires).
6/2002	MSG	<i>Microgravity Science Glovebox</i> . « Boîte à gants » installée dans le laboratoire américain Destiny (Astrium).
1/2004	Matroshka	Expérience de dosimétrie radiologique sur un mannequin installé à l'extérieur puis à l'intérieur de l'ISS.
7/2005	PFS	<i>Pulmonary Function System</i> . Equipement de recherche médicale installé dans le laboratoire américain Destiny.
7/2006	MELFI	<i>Minus-Eighty degrees Lab for ISS</i> . Congélateur pour échantillons installé dans le laboratoire américain Destiny (Astrium).
7/2006	EMCS	<i>European Modular Cultivation System</i> . Equipement de recherche biologique installé dans le laboratoire américain Destiny (Astrium).
10/2007	Harmony	Module de jonction n°2
2/2008	Columbus	Module laboratoire européen (Astrium)
3/2008	ATV	<i>Automated Transfer Vehicle</i> . Cargo ravitailleur et remorqueur de l'ISS (Astrium, 5 exemplaires)
9/2008	MSL-USLab	<i>Material Science Laboratory</i> . Contribution de 50% au <i>Material Science Research Rack</i> (MSSR-1) installé sur Destiny.
2009	ERA	<i>European Robotic Arm</i> . Bras télémanipulateur européen lancé avec le module laboratoire multidisciplinaire russe.
2009	PEMS	<i>Percutaneous Electrical Muscle Stimulator</i> . Equipement pour la recherche musculaire à bord de Columbus.
2009	MARES	<i>Muscle Atrophy Research & Exercise System</i> . Equipement pour la recherche musculaire à bord de Columbus.
2009	Hexapod	Système de pointage pour charges utiles externes.
2009	MSL-EML	<i>Material Science Laboratory</i> . Equipement de recherche sur les matériaux à bord de Columbus.
2010	Nœud n°3	Module de jonction n°3
2010	Cupola	Poste d'observation
2010	ACES	<i>Atomic Clock Ensemble in Space</i> . Expérience technologique externe sur Columbus (Astrium).
2010	ASIM	<i>Atmosphere/Space Interaction Monitor</i> . Equipement d'étude de la haute atmosphère monté en externe sur Columbus.

Glossaire

AEC	Avionics Equipment Chains
ATV	Automated Transfer Vehicle
ATV-CC	ATV Control Centre
CAM	Collision Avoidance Manoeuvre
Col-CC	Columbus Control Centre
CTB	Cargo Transfer Bag
DMS	Data Management System
EAB	Equipped Avionics Bay
ECLS	Environmental Control and Life Support
EEB	Equipped External Bay
EPB	Equipped Propulsion Bay
EPCU	Ensemble de Préparation des Charges Utiles
EPM	Equipped Pressurized Module
EPS	Etage à Propergol Stockable d'Ariane 5
ESC	Engineering Support Centre
ETM	Electrical Test Model
FGSE	Fluids Ground Support Equipment
ICC	Integrated Cargo Carrier
ISPR	International Standard Payload Racks
ISS	International Space Station
MCC	Mission Control Center
MDPS	Meteoroid and Debris Protection System
MGSE	Mechanical Ground Support Equipment
MMH	MonoMethyl Hydrazine
MON	Mixed Oxides of Nitrogen
MPLM	Multi-Purpose Logistics Module
PCE	Proximity Communication Equipment
PRS	Propulsion & Reboost Subsystem
RDS	Russian Docking System
RFS	ReFuelling System
SDM	Separation & Distancing Module
SGS	Solar Generation System
SSA	Spacecraft SubAssembly
SSRMS	Space Station Remote Manipulator System
STS	Space Transportation System
STM	Structural & Thermal Model
TDRS	Tracking & Data Relay Satellite
UDMH	Unsymmetrical DiMethyl Hydrazine

L'ATV est l'un des défis technologiques les plus ambitieux de l'Europe spatiale.

Pour la première fois dans l'histoire spatiale européenne, l'ATV -lancé par Ariane 5- effectuera un rendez-vous dans l'espace avec arrimage automatique à la Station Spatiale Internationale.

Sous contrat de l'Agence Spatiale Européenne (ESA), Astrium Space Transportation développe ce véhicule automatisé depuis 1998.

