



# La Navigation par Satellites

Première Partie

*Premier vol Soyuz  
depuis Kourou*



**A la Une**

*Les rendez-  
vous 2012*



**Evènement**



ASTRONotes 21 (Janvier 2012)

L'AstroNotes est une revue trimestrielle qui sort le 01/01, 01/04, 01/07 et 01/10 en complément d'informations au site Destination Orbite. Elle est téléchargeable au format PDF.

Destination Orbite, le site de l'exploration de l'espace. Vous pouvez le visiter à l'adresse [www.destination-orbite.net](http://www.destination-orbite.net)

Retrouvez également Destination Orbite sur [www.facebook.com/pages/DestinationOrbite/](https://www.facebook.com/pages/DestinationOrbite/)

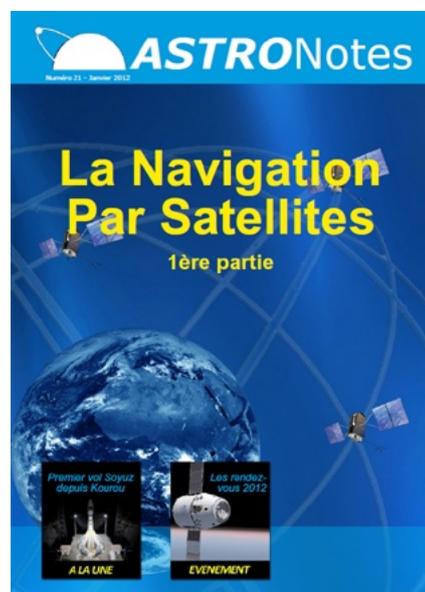
#### Rédaction

Philippe VOLVERT  
[philippe\\_volvert@destination-orbite.net](mailto:philippe_volvert@destination-orbite.net)

Véronique CHEVALIER

#### Couverture

Le réseau de navigation des satellites  
GPS IIIA – Photos ESA, Boeing, Ariespace, SpaceX, Eumetsat



# SOMMAIRE

## A LA UNE 4

Premier vol Soyuz depuis Kourou 4

## ACTUALITE 8

Les news 8  
L'espace au jour le jour 12

## EVENEMENT 16

Les rendez-vous de 2012 16

## DOSSIER 18

La navigation par satellites 20  
De Transit au GPS 23  
Principe du positionnement par satellites 24  
GLONASS, le cousin russe 28

## AGENDA 28

Où découvrir l'espace 28

# PREMIER VOL SOYUZ DEPUIS KOUROU

*Le 21 octobre dernier, la mythique fusée russe Soyuz s'envolait pour la première fois de la Guyane-Française. Un succès qui a permis la mise sur orbite des deux premiers satellites européens de navigation Galileo.*



▲ 18 JUIN 2011  
Arrivée au port de Cayenne du navire transportant les pièces détachées du première exemplaire du lanceur Soyuz ST.

◀ 12 SEPTEMBRE 2011  
Début de la campagne de lancement VS-01 avec l'assemblage des différents composants du lanceur Soyuz ST.



#### ASSEMBLAGE

Dans les ateliers de Thales Alenia Space, les deux prototypes Galileo IOV PFM-1 (ProtoFlight Model 1) et FM-2 (Flight Model 2) sont en cours d'assemblage.

▼ 10 OCTOBRE 2011

Les deux satellites Galileo sont montés sur l'étage Fregat au Centre Spatial Guyanais de Kourou.





▲ 14 OCTOBRE 2011

Après son assemblage, le lanceur est transféré vers la zone de lancement à 625 m de là.

◀ 15 OCTOBRE 2011

La coiffe est fixée sur le sommet du lanceur.

▼ 20 OCTOBRE 2011

Report du lancement de 24 heures.



21 OCTOBRE 2011

A 10:30:26 TU, la fusée s'élance pour son premier vol. Trois heures 50 minutes plus tard, elle injectait ses deux passagers sur une orbite circulaire à 23 222 km d'altitude.

*Toutes les photos de ce photo-reportage ont été réalisées par Stéphane Corvaja, photographe attitré de l'Agence Spatiale Européenne.*



# LES NEWS

## DEUX MISSIONS POUR COSMIC-VISION

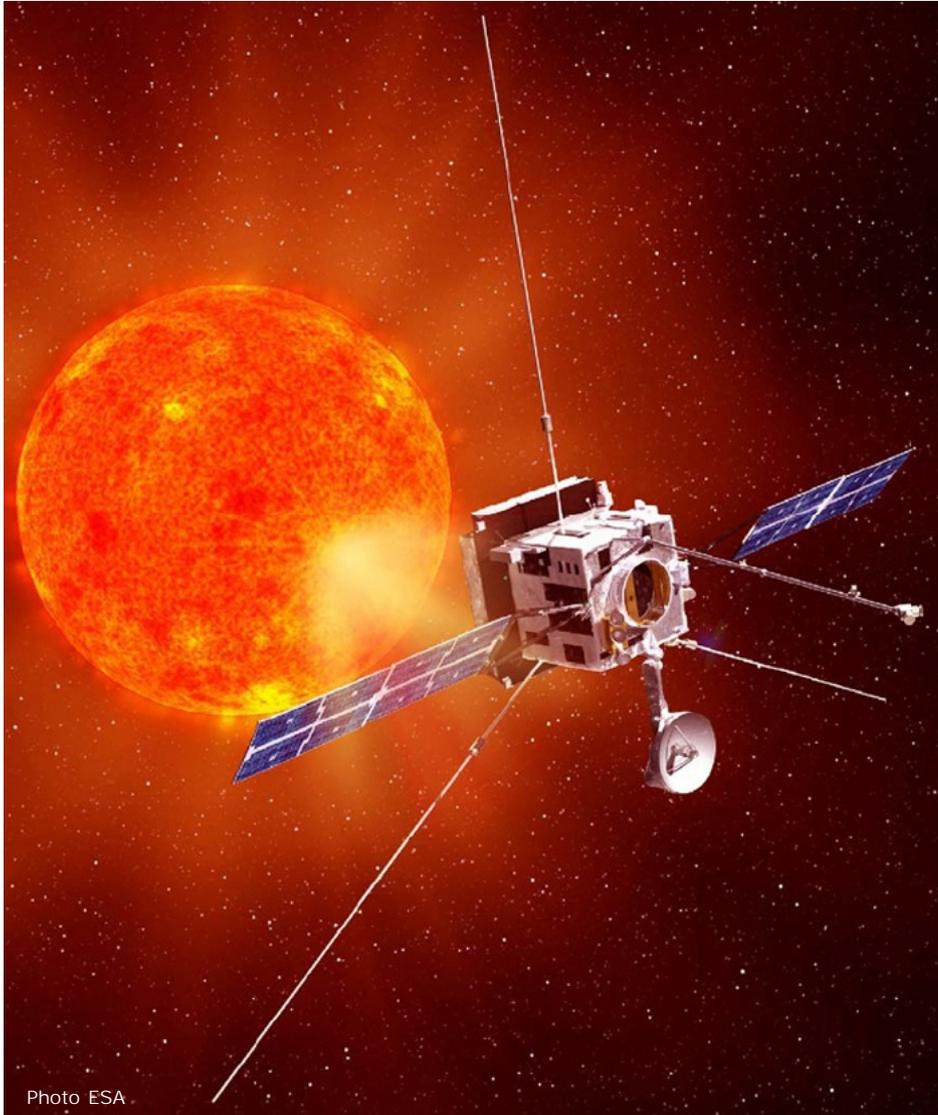


Photo ESA

L'agence spatiale européenne vient d'annoncer la sélection de deux missions moyennes dans le cadre du programme « Cosmic Vision 2015-2025 ». Il s'agit d'Euclid et de Solar Orbiter.

La première est destinée à cartographier la matière noire présente dans l'Univers. Les scientifiques espèrent comprendre la nature de l'énergie noire et la matière noire par la mesure précise de l'expansion accélérée de l'Univers par des méthodes indépendantes différentes. Son lancement par une fusée Soyuz est prévu en 2019. Il rejoindra ensuite le point Lagrange L2 à 1,5 millions de km de la Terre. Sa mission devrait durer 6 ans.

La seconde est le fruit d'une collaboration avec la Nasa. Solar Orbiter étudiera le Soleil dans la lumière visible, extrême ultraviolet et rayonnement X et ce afin d'apporter de nouveaux éléments qui permettent de mieux comprendre son fonctionnement. Il sera placé sur une orbite solaire avec un périhélie (point le plus proche du Soleil) de 0,28 Unité Astronomique, soit 42 millions de km. ■

## LES BREVES

### Désintégration cométaire

Le 02 octobre dernier, la comète Kreutz Sungrazer s'est désintégrée en entrant en collision avec le Soleil. Quelques instants plus tard, une gigantesque masse coronale était éjectée par le Soleil. Ces deux phénomènes, indépendants l'un de l'autre ont été observés par le satellite SOHO.

### Abandon de Rus-M

C'est décidé ! Le nouveau patron de l'agence spatiale russe Vladimir Popovkine vient d'annoncer l'annulation du développement de la famille de lanceurs Rus-M qui devait remplacer les antiques Semioroka. Soyuz a encore de beaux jours devant elle.

### Sursis pour Delta 2 ?

La Nasa a passé en revue les différentes possibilités de lancement pour ses futures missions de type "moyennes". Parmi ces lanceurs figure la Delta 2 de United Launch Alliance. Si le choix est enterriné, Delta 2 pourrait avoir un sursis avant son départ à la retraite annoncé initialement pour fin 2011.

### Delta IV Heavy pour Orion

Début novembre, la Nasa a annoncé avoir étudié une proposition de Lockheed Martin. Elle consiste en un test orbital à 370 millions \$ de la capsule d'Orion début 2014 et doit ouvrir la voie pour des négociations contractuelles finales pour le lancement par une fusée Delta IV-Heavy.

### 500 secondes

C'est la durée du test d'un moteur cryogénique J-2X réalisé sur le banc d'essai au Mississippi. Construit par Pratt & Whitney Rocketdyne, il fournit une poussée de 1033 kN. Ce moteur équipera le futur lanceur lourd SLS de la Nasa prévu à l'horizon 2017.

### Appelez-moi Antares

Orbital a annoncé qu'elle changeait le nom de son nouveau lanceur Taurus II. Désormais il s'appellera Antares. La société explique que le lanceur, autrement plus imposant que son aîné, mérite son propre nom. Le vol inaugural est annoncé pour février et devrait emporter une maquette représentative du futur cargo de ravitaillement Cygnus à destination de l'ISS.

## FIN DE LA MISSION ROSAT



Photo Nasa

Tout juste un mois après la désorbitation naturelle du satellite UARS de la Nasa, un télescope spatial allemand s'est également désintégré dans les hautes couches atmosphériques le 22 octobre dernier. Rosat, d'une masse de 2 400 kg environ, avait été lancé en juin 1990 avec pour mission l'observation de l'Univers dans le rayonnement X et l'ultraviolet. Après avoir identifié 125 000 sources à rayons X et 479 sources dans l'ultraviolet lointain la mission du télescope s'était achevée le 12 février 1999. Depuis, il n'était plus qu'un débris qui descendait inexorablement vers les hautes couches atmosphériques de la Terre. Les experts de l'agence spatiale allemande, la DRL, ont suivi attentivement les dernières orbites du satellite afin de préciser la zone de chute des fragments. Ce qui était le plus à craindre c'était que le télescope comportait des pièces qui pouvaient résister à la chaleur de la rentrée atmosphérique, notamment les miroirs composés de verre et céramique résistant. Comme pour dans la majorité des cas, les débris fumants se sont abîmés dans les profondeurs océaniques. ■

## L'OPF 3 LOUE A BOEING

Boeing vient de signer un contrat de location pour l'Orbiter Processing Facility-3 pour une durée de 15 ans. L'OPF-3 était l'une des trois unités dans laquelle la Nasa préparait ses navettes avant l'assemblage sur le réservoir externe. Après la mise à la retraite de la flotte en juillet dernier, la Nasa a souhaité proposer à la location tous les bâtiments inutilisés en partenariat avec Space Florida. L'OPF-3 servira à la construction et l'assemblage du vaisseau CST-100 proposé par Boeing dans le cadre du programme CCDev (Commercial Crew Development) afin de proposer un vaisseau privé pour l'envoi d'astronautes à bord de l'ISS. CST-100 serait capable de transporter un équipage comptant jusqu'à 7 membres sur orbite basse. D'ici 2015, l'utilisation de l'OPF-3 permettra de créer jusqu'à 550 emplois. ■



Photo Nasa

## MISSION PROLONGEE POUR MESSENGER

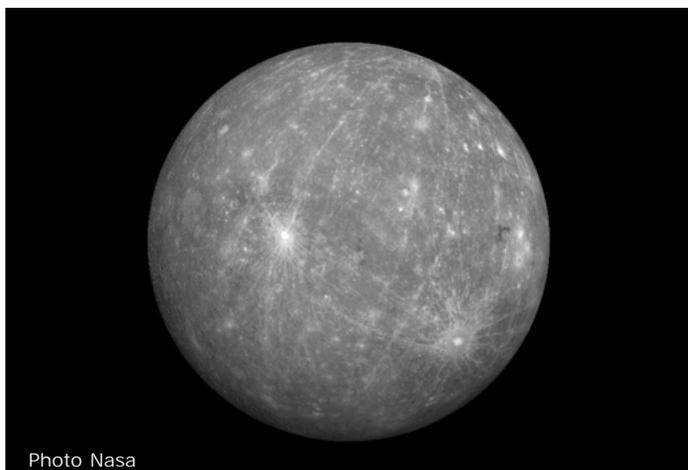
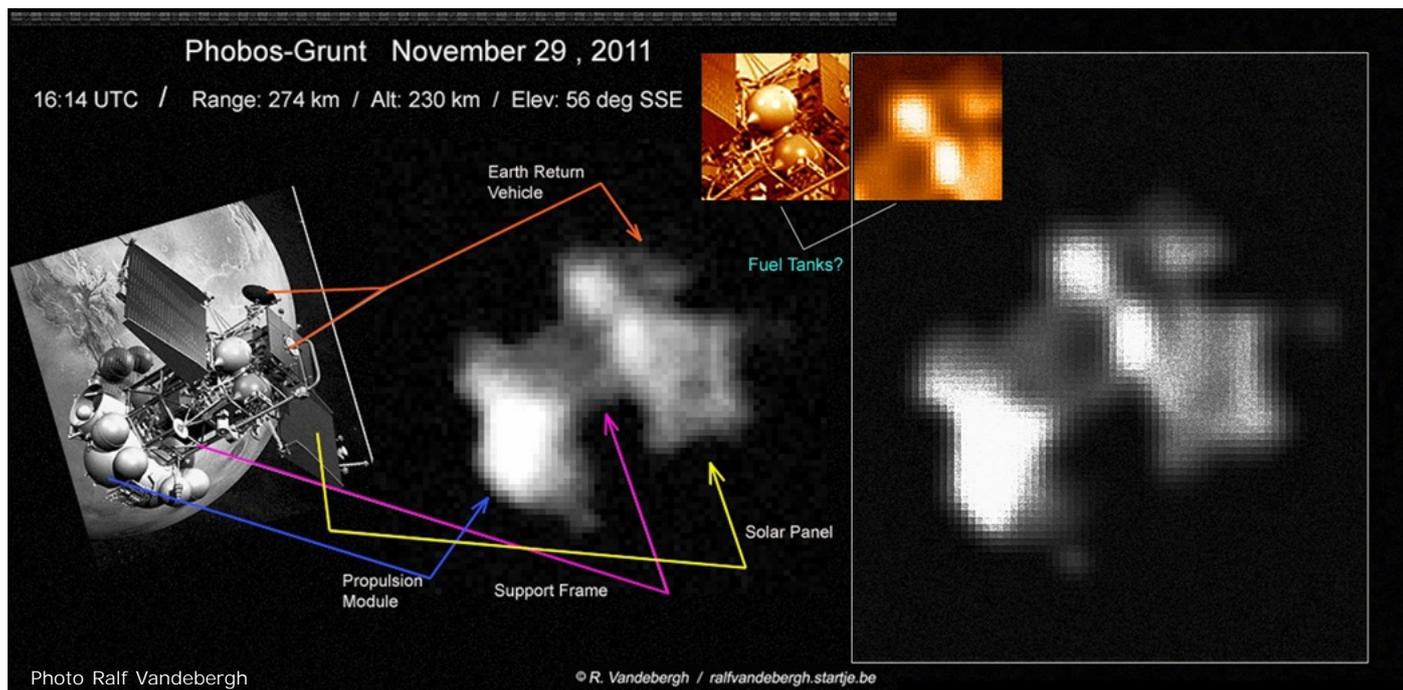


Photo Nasa

La Nasa a annoncé qu'elle voulait prolonger la mission Messenger pour une année supplémentaire en orbite autour de Mercure une fois la mission primaire achevée le 17 mars 2012.

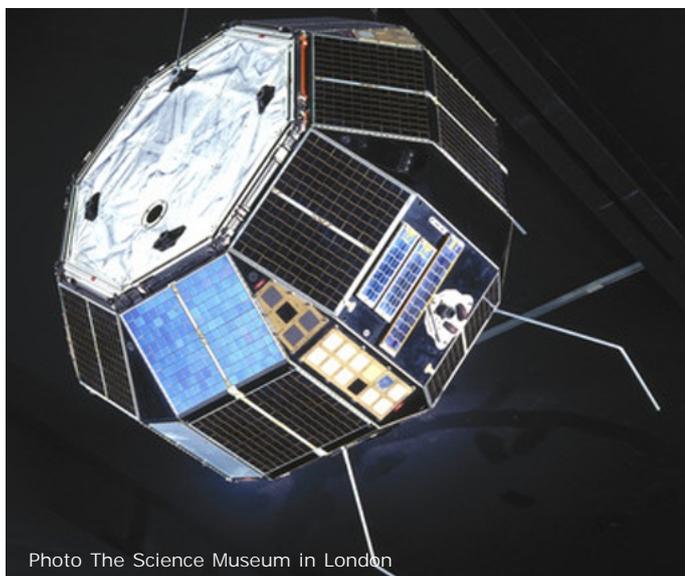
Messenger, acronyme de Mercury Surface, Space Environment, Geochemistry and Ranging, est devenue la première sonde à s'insérer en orbite autour de la planète la plus proche du Soleil le 18 mars 2011. Elle avait comme objectif de réaliser une cartographie complète de la planète, d'étudier la composition chimique de sa surface et de son exosphère, comprendre son histoire géologique, sa magnétosphère, déterminer la taille et les caractéristiques de son noyau ainsi que l'origine de son champ magnétique. La prolongation de la mission permettra d'affiner les résultats obtenus. ■

## FOBOS-GRUNT EN PERDITION



C'est une certitude, dans les prochains jours, la sonde d'exploration martienne Fobos-Grunt s'évaporerait dans les hautes couches atmosphériques de la Terre en entraînant avec elle l'orbiteur chinois Yinghuo-1. Pourtant tout avait pourtant bien commencé dans la soirée du 08 novembre dernier. La fusée Zenit avait rempli son contrat en plaçant sur une orbite quasi parfaite la sonde. Il ne restait qu'à la sonde à allumer à deux reprises son moteur. Une première fois pour rehausser son orbite et une seconde pour quitter l'attraction terrestre et se diriger vers Mars. Rapidement, le centre de contrôle comprend qu'aucun des deux allumages n'a eu lieu. Pire encore, ils n'arrivent pas à prendre contact avec leur sonde malgré tous les efforts mis dans ce sens. Il faut dire qu'avec une seule antenne sur toute la planète, ce n'était pas évident. L'Agence Spatiale Européenne a tenté à son tour de contacter la sonde et arrivée même à envoyer des commandes mais rien n'y fait. La sonde reste la plupart du temps muette, pire encore. Deux objets suivent la même trajectoire, ce qui suggère que des morceaux se sont détachés. N'ayant pu réussir à rétablir la situation, la sonde est devenue une épave qui se rapproche inexorablement des hautes couches atmosphériques qui lui donneront le coup de grâce final. Une bien triste fin pour la première mission d'exploration planétaire russe en 15 ans. ■

## PROSPERO RETROUVE LA VOIX



Le nom de Prospero ne vous dit certainement rien du tout. C'est le seul satellite anglais mis sur orbite par un lanceur national, hissant le Royaume-Uni au rang de puissance spatiale au même titre que l'Union-Soviétique, les Etats-Unis, la France, le Japon et la Chine. Il est lancé le 28 octobre 1971 par une fusée Black-Arrow depuis Woomera en Australie. Après 2 ans d'activité durant lesquels, il a étudié les effets de l'environnement spatial, l'enregistreur de bord cesse de fonctionner. Ce n'est qu'en 1996 que le Defence Research Establishment le désactive. Depuis, il circule sur une orbite de 531 x 1 403 km inclinée de 82° lui permettant de réaliser une orbite toutes les 104 minutes. Pour le quarantième anniversaire de sa satellisation, les Anglais l'ont réactivé avec succès. Bien que les signaux reçus soient sans intérêt, il fait le bonheur des radio-amateurs à travers le monde qui peuvent écouter une relique de l'histoire vieille de 40 ans. ■

## UN GRAND NOM DE L'ASTRONAUTIQUE DISPARAIT



Photo RSC Energia

Il a été une figure emblématique de l'histoire de l'astronautique soviétique. Boris Levseievitch Tchertok s'est éteint le 14 décembre dernier à l'âge de 99 ans. Tchertok est né le 01 mars 1912 à Lodz, une ville faisant partie de l'Empire russe avant de devenir la troisième plus grande ville de Pologne. Au début de la Guerre 14-18, il part avec sa famille se réfugier à Moscou, loin des combats. Dès l'âge de 17 ans, il commence à travailler comme électricien. L'année suivante, il se fait engager comme électronicien dans une société d'aviation malgré qu'il n'ait pas fait d'études supérieures. Qu'à cela ne tienne. Il les fera en parallèle à son travail et décroche son diplôme en 1940. Ses capacités ne passent pas longtemps inaperçues. Il occupe différentes fonctions dans des sociétés d'aviation. Après la Seconde Guerre Mondiale, il est envoyé en Allemagne pour récupérer le maximum d'informations sur les V2. C'est durant ce séjour qu'il fait la connaissance de Sergueï Korolev, le père de Spoutnik ou encore de Soyuz sur laquelle il fournit le système de guidage mais aussi de la N1 avant son abandon après l'échec lunaire. En 1974 il devient le directeur adjoint du bureau d'études RSC Energia jusqu'à sa retraite en 1992. Témoin des premières heures de l'histoire de l'astronautique soviétique, il est prolifique en écriture. Il publie plus de 200 articles ainsi que le fameux "Les fusées et les hommes" en 4 volumes. ■

## DEEP IMPACT EN ROUTE POUR UNE NOUVELLE MISSION

Le 24 novembre dernier, la NASA a modifié la vitesse et la trajectoire autour du Soleil de Deep Impact afin de l'orienter vers une nouvelle cible, l'astéroïde 2002 GT. La sonde se voit ainsi confier sa troisième mission depuis son départ en janvier 2005. Partie à l'origine pour étudier de l'intérieur la comète Tempel 1 grâce à un impacteur, elle avait ensuite été dirigée vers la comète Hartley 2. L'observation de 2002 GT sera son ultime mission et se déroulera en janvier 2020. Il n'est pas certain que Deep Impact ait encore assez de carburant pour atteindre son objectif, les 80 kg initiaux étant réduits à 2 kg actuellement mais les ingénieurs osent croire en la réussite de la mission. Limités par cette contrainte technique, leur choix s'est porté sur 2002 GT comme destination a priori la plus facilement accessible pour la sonde. Cet astéroïde croise régulièrement l'orbite de la Terre et présente même un risque de collision avec celle-ci. Néanmoins, il pourrait aussi servir à de futures expéditions humaines. Il a été découvert en 2002 et mesure 800 m de large mais son aspect et sa composition restent à ce jour inconnus, c'est pourquoi la sonde pourrait en rapporter de précieuses informations si elle parvient à combler les espérances placées en elle pour 2020. ■

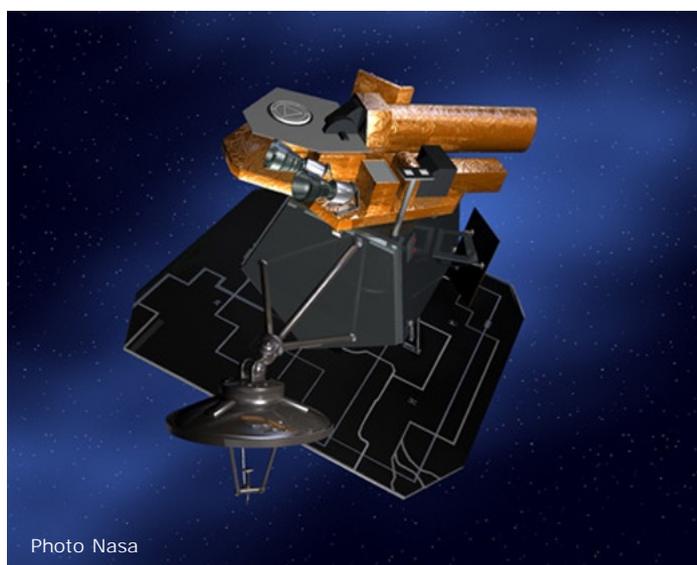


Photo Nasa

## SAVIEZ-VOUS

Que 1246416 personnes avaient inscrit leur nom sur la page de la mission Curiosity? Ils ont été gravés sur une puce qui a été montée sur le rover. Il doit se poser le 06 août prochain sur la planète Mars.

# L'ESPACE AU JOUR LE JOUR

## OCTOBRE 2011

01/10: La sonde Cassini survole Encelade, l'une des nombreuses lunes de Saturne. L'approche a lieu à seulement 99 km de distance. Cassini en a profité pour étudier de plus près les geysers découverts en 2006 au pôle Sud de la lune glacée.

02/10: Soyuz, dans sa version 2.1b, reprend du service après l'échec du mois d'août. Elle place sur orbite le satellite de navigation Uragan M-33, connu aussi sous le nom de code Kosmos 2474. Ce satellite complètera le réseau de navigation russe GLONASS (voir notre dossier).

05/10: Zenit 3 décolle du cosmodrome de Baïkonour et place sur orbite le satellite de télécommunications Intelsat 18. Intelsat 18, d'un peu plus de 3 tonnes au lancement, fournira des services de télécommunications pour les Etats-Unis, la Polynésie française, l'Australie, la Nouvelle-Calédonie et les îles du Pacifique pendant au moins 15 ans.

07/10: La Chine continue sur sa lancée avec la mise sur orbite réussie du satellite européen de télécommunications W3C. Ce satellite, construit sur une plateforme ITAR Free devra assurer des services de télécommunications sur l'Europe. A 16°Est, il remplacera Eurobird 16, W2M et Seasat.

12/10: Une fusée indienne PSLV réussit son lancement et place sur orbite ses satellites. L'un d'eux, Megha Tropiques, a été conçu conjointement entre les agences spatiales indienne (ISRO) et française (CNES) avec comme objectif l'étude du climat dans les régions tropicales de la Terre.

19/10: Pour son quatrième vol commercial de l'année, la fusée Proton M/Briz M a placé sur orbite le satellite de télécommunications ViaSat 1. Ce super poids lourd, 6 740 kg au décollage, devrait assurer des services de télécommunications sur tout le continent nord américain pendant au moins 15 ans.

19/10: Cassini survole Encelade pour la seconde fois en quelques jours. Cette fois, la sonde s'est approchée à seulement 1 231 km de la surface glacée de la lune de Saturne.

21/10: La fusée Soyuz 2.1b/Fregat MT a réussi son vol inaugural depuis son nouveau complexe de lancement situé en Guyane-Française. Elle a placé sur orbite les

deux premiers satellites de positionnement Galileo IOV (In Orbit Validation), ouvrant la voie à la mise en place du système de navigation européen.

28/10: La fusée Delta 2, dont c'était théoriquement le dernier lancement, a placé sur orbite le satellite NPP (NPOESS Preparatory Project). Ce dernier doit ouvrir la voie à la prochaine génération de satellite climatologique américain. Il devrait fournir des informations sur l'atmosphère terrestre perché sur une orbite polaire à 824 km d'altitude. NPP était accompagné de 6 CubSat pour des recherches technologiques et scientifiques. (Image ci-dessous)



Photo Nasa

28/10: L'orbite de la station spatiale internationale a été rehaussée de 3,2 km. C'est le module russe Zvezda, à l'aide de ses propres moteurs, qui a assuré cette manœuvre.

30/10: L'ISS à nouveau ravitaillée. Une fusée Soyuz s'est élancée du cosmodrome de Baïkonour et a placé sur orbite le cargo Progress M-13M. Il transporte des vivres, de l'eau, des ergols ainsi que du matériel technique. Il s'amarré à l'ISS deux jours plus tard sans difficulté (Image ci-dessous). A noter également la présence du petit satellite Tchibis-M destiné à étudier les orages et les éclairs sévissant dans l'atmosphère terrestre. Il sera déployé une fois le Progress désamarré de l'ISS.



Photo Nasa

31/10: Signature entre Arianespace et l'opérateur australien Optus pour la mise sur orbite du satellite Optus 10 par une fusée Ariane 5 en 2013. Le satellite, d'une masse au décollage de 3,2 tonnes sera construit par Space Systems/Loral.

31/10: La Chine entame les grandes manœuvres avec la mise sur orbite du vaisseau inhabité Shenzhou 8. Celui-ci devra s'amarrer à la station Tiangong lancée un mois plus tôt.

## NOVEMBRE 2011

04/11: Après un retard de 24 heures suite à un problème technique, la fusée Proton M/Briz M s'est élancée du cosmodrome de Baïkonour. Au terme d'un vol de 05 heures 50, elle plaçait sur orbite 3 satellites de navigation Glonass M. Ceux-ci doivent remplacer ceux qui ont été perdus lors de l'échec d'une autre fusée Proton en décembre dernier.

06/11: Troisième survol en l'espace de quelques semaines d'Encelade. La sonde Cassini est passée à quelques 496 km de la lune de Saturne. Elle a mis à profit ce rase-motte pour effectuer les premières acquisitions radar de la surface gelée. Les scientifiques compareront les données acquises avec celles de Titan, une autre lune de Saturne et qui a déjà été en partie cartographiée à l'aide du radar embarqué sur la sonde.

08/11: Quinze ans après l'échec de la mission Mars 96, les Russes repartent à la conquête de Mars, ou plutôt de Phobos, l'une de ses lunes. Elle a lancé la sonde Fobos-Grunt à l'aide d'une fusée Zenit 2SB partie de Baïkonour. Fobos Grunt doit prélever des échantillons de Phobos en 2013 et les ramener sur Terre un an plus tard.

09/11: Une fusée chinoise Chang-Zheng 4B, lancée du centre spatial de Taiyuan, a placé sur orbite le satellite de reconnaissance Yaogan 12 ainsi que le petit satellite Tian Xun 1 construit par l'université de Nanjing.

09/11: ILS et Eutelsat signent le contrat de lancement du satellite de télécommunications W3D. D'une masse de 5,4 tonnes au décollage, le satellite sera placé sur orbite par une fusée Proton dans le courant de l'année 2013.

14/11: Trois nouveaux membres de la station spatiale se sont envolés à bord de Soyuz TMA-22. Le vaisseau a décollé du cosmodrome de Baïkonour ce lundi à 04 heures 15 TU. L'astronaute Dan Burbank et les cosmonautes Anton Shkaplerov et Anatoly Ivanishin s'amarré à l'ISS deux jours plus tard et complètent l'équipage Expedition 29 en compagnie des 3 résidents actuels de la station spatiale.

14/11: Arianespace lancera un satellite DirectTV Latin America (6,3 tonnes) avec une fusée Ariane 5ECA en 2014. Il rejoindra la position géostationnaire par 95° Ouest d'où il assurera des services de télévision 3D et programmes cinématographiques en Amérique Latine.

16/11: Le vaisseau Soyuz TMA-22 s'est amarré à la station spatiale internationale alors qu'il survolait le Pacifique Sud. L'équipage qui avait embarqué à bord du vaisseau russe complète l'équipage Expedition 29 composé d'un Russe, d'un Américain et d'un Japonais.

20/11: La Chine place sur orbite deux satellites à l'aide d'une fusée Chang-Zheng 2D lancée depuis le centre spatial de Jiuquan. SY 4 est un satellite transportant des expériences technologiques tandis que Chuangxin 1-03 est destiné à récolter des données hydrologiques et météorologiques.

22/11: Retour sur Terre du vaisseau Soyuz TMA-2M avec à son bord l'Américain Fossum, le Russe Volkov et le Japonais Furukawa après un séjour de 6 mois à bord de la station spatiale internationale.

25/11: Succès du cinquième vol commercial de l'année pour Proton. La fusée russe a placé sur orbite le satellite de télécommunications AsiaSat 7. Il doit remplacer AsiaSat 3S lancé en 1997 et qui arrive en fin de vie.

26/11: La Nasa en route pour Mars après le lancement réussi du rover Curiosity. Il est parti de Cap Canaveral au sommet d'une fusée Atlas V/541 dont c'était le premier vol. Il devrait se poser sur la Planète Rouge le 06 août 2012 pour une étude approfondie du cratère de Gale pendant au moins 2 ans.

28/11: Une fusée Soyuz 2.1b/Fregat a été lancée du cosmodrome de Plesetsk avec à son bord un satellite de géolocalisation de 1 414 kg. Après ses trois allumages successifs, l'étage Fregat a injecté Uragan M-37 sur une orbite circulaire à 19 300 km d'altitude.

29/11: La Chine a placé sur orbite le satellite Yaogan 13. Celui-ci a été lancé depuis le centre spatial de Taiyuan par une fusée Chang-Zheng 2C-III. Le satellite a été développé par la China Aerospace Science et la Technology Corporation Shanghai Academy. Il est équipé d'un radar capable de fournir des images d'une résolution de 150 cm.

## DECEMBRE 2011

01/12: La Chine bat son record de tentatives de satellisation. Avec la mise sur orbite du satellite de navigation BD 21-5 par une fusée Chang-Zheng 3A depuis le centre spatial de Xichang, la Chine totalise 16 lancements dont 15 réussis. En 2010, année du précédent record, la Chine avait totalisé 15 lancements.

08/12: La CGWIC, société qui commercialise les fusées chinoises, annonce avoir signé avec le Turkménistan le contrat de lancement pour le satellite Turkmenistan Comsat en 2014. Le satellite, d'une masse de 4,5 tonnes, sera construit par Thales Alenia Space.

09/12: O3b Networks Limited a confirmé l'une des deux options en signant un contrat portant sur le lancement de 12 satellites par trois fusées Soyuz lancées de

Guyane à partir de 2012. Chacun des satellites pèsera 700 kg circulera sur une orbite dite moyenne à 8000 km de la Terre. A terme, la constellation O3b sera constituée de 20 satellites.

11/12: Une fusée Proton M/Briz M place sur orbite le satellite israélien de télécommunications AMOS 5 (1 500 kg) et le satellite russe de relai de données Luch 5A (1 148 kg). Le lancement s'est effectué depuis le pas de tir 81/24 du cosmodrome de Baïkonour dans le Kazakhstan.

12/12: Le Japon termine l'année 2011 avec la mise sur orbite réussie du satellite IGS-Radar 3. Ce satellite de reconnaissance militaire est équipé d'un radar permettant de fournir des images d'une résolution pouvant atteindre 1 mètre. Le satellite est parti depuis le centre spatial de Tanegashima au sommet d'une fusée H-IIA/202.

12/12: Pour la troisième fois depuis son insertion en orbite autour de Saturne, la sonde Cassini a réalisé un passage non loin de Dione, l'une des lunes de la planète aux anneaux. L'engin est passé à 99 km de la surface afin d'étudier de plus près la structure de la surface de cette lune recouverte de cratères. (Image ci-dessous).

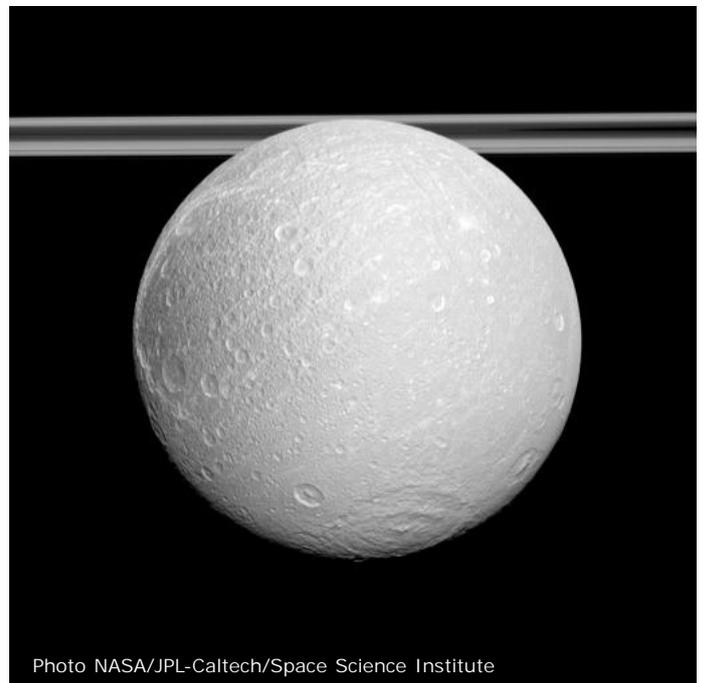


Photo NASA/JPL-Caltech/Space Science Institute

13/12: Quelques heures après Dione, c'est au tour de Titan de recevoir la visite de Cassini. La sonde américaine s'est approchée jusqu'à 3 586 km de la surface de Titan. De nouvelles mesures ont été prises sur l'atmosphère de la surface de la plus grosse lune de Saturne.



13/12: Nouveau contrat pour Arianespace. L'opérateur malaisien MEASAT Global a choisi Ariane 5 pour lancer le satellite de télécommunications MEASAT 3b (5 800 kg) courant du dernier trimestre 2013.

14/12: Signature entre Arianespace et l'Agence Spatiale Européenne d'un contrat pour le lancement des satellites Sentinel 2 et 3 (1 200 kg chacun) par une fusée VEGA lancée depuis le Centre Spatial Guyanais entre 2014 et 2016.

16/12: Le Centre Spatial Guyanais termine l'année en beauté avec le lancement réussi d'une fusée Soyuz. Elle a placé sur orbite le satellite français Pleiades (970 kg) dédié à la télédétection, le quatuor français ELISA (121 kg chacun) de reconnaissance et le satellite chilien SSOT (117 kg) dédié à l'observation de la Terre.

19/12: Une fusée Chang-Zheng 3B place sur orbite le satellite de télécommunications NigcomSat 1R (5 150 kg). Il est destiné à remplacer NigcomSat 1 tombé en panne en 2008. Ce lancement était le troisième vol commercial réalisé par la Chine cette année.

21/12: Départ du vaisseau Soyuz TMA-3M avec à son bord le cosmonaute Kononenko et les astronautes Petit et Kuipers depuis le cosmodrome de Baïkonour. Deux jours plus tard, ils s'amarront à l'ISS et portent à 6 le nombre de résidents à bord du complexe orbital.

22/12: Annoncé pour le 26 décembre, c'est finalement ce 22 que le satellite ZY 1C est placé sur orbite par

une fusée chinoise Chang-Zheng 4B lancée du centre spatial de Taiyuan. Ce satellite de télédétection est capable de fournir des images d'une résolution de 2,36 m. (Image ci-dessus)

23/12: Echec d'une fusée Soyuz lancée depuis le cosmodrome de Plesetsk. Elle devait placer sur orbite un satellite de communications Meridian 5. L'anomalie a été rencontrée à H0 + 421 secondes, pendant la phase de propulsion du troisième étage.

27/12: La fusée Proton est restée clouée au sol après que Khrunichev ait détecté une anomalie sur l'étage Briz M. Cet incident est jugé sérieux puisqu'il a été décidé de reconduire le lanceur dans le hall d'assemblage et de démonter la pièce défectueuse. Quant à ILS, la compagnie chargée de commercialiser la fusée russe, elle annonce un report de 25 jours au moins du lancement du satellite SES 4.

28/12: En dépit de l'échec d'une fusée Soyuz 2.1a quelques jours plus tôt, la campagne de lancement d'une autre fusée du même modèle se poursuit. Elle place sur orbite 6 satellites de communications pour le compte de la société GlobalStar.

31/12: La première sonde du duo GRAIL (Gravity Recovery And Interior Laboratory) se place en orbite autour de la Lune pour une mission d'étude détaillée du champ de gravitationnel lunaire pour déterminer la structure interne de notre satellite naturel. La seconde rejoint son poste à l'aube du 01 janvier 2012.

# LES RENDEZ-VOUS 2012

## RETRO 2011

La page de l'exploration spatiale 2011 se tourne et avec elle, toute une histoire écrite en 365 jours. De cette année écoulée, nous retiendrons plusieurs grands événements. Le plus grand de tous a été sans conteste la mise à la retraite de la flotte des navettes spatiales américaines.

Après 30 ans de bons et loyaux services, Atlantis, Discovery et Endeavour couleront une paisible retraite dans leur musée respectif. Après l'annulation du programme Constellation par le Président Obama en 2010, l'avenir semble incertain à la Nasa. Alors qu'Atlantis bouclait ses derniers tours de Terre, des ingénieurs planchaient sur la reconversion de son système de propulsion. Du Space Shuttle est né le Space Launch System, un lanceur capable de transporter de charges allant jusqu'à 70 tonnes voire 130 tonnes pour la version boostée. Il ne sera pas en service avant 2017 et il faudra encore attendre 4 ans de plus pour qu'un premier équipage puisse embarquer à bord. A quoi ce lanceur va-t-il servir ? On parle de visiter des astéroïdes voire Mars à plus longue échéance. La volonté politique sera-t-elle aussi forte que la volonté d'exploration de la Nasa ?

Deux mille onze a marqué le grand retour de la Russie sur le devant de la scène scientifique avec deux importantes missions. Le 20 janvier, une fusée Zenit satellisait Spektr R, un radiotélescope de 3 660 kg qui doit étudier les trous noirs, les zones où se forment les étoiles et les planètes, les étoiles à neutron, le milieu interplanétaire et interstellaire procéder à des mesures à haute précision du champ gravitationnel terrestre et enfin faire de l'astrométrie. Il faut remonter à l'époque de l'Union Soviétique pour avoir une mission astronomique aussi importante. Mais le grand rendez-vous annoncé était celui de Fobos-Grunt avec la planète Mars. La Russie ambitionnait de récolter des échantillons de la surface de Phobos, l'une des lunes de Mars, et les ramener sur Terre. Après un lancement parfait par une fusée Zenit, Fobos-Grunt ratait son rendez-vous avec la Planète Rouge. Un problème technique bloquait la sonde sur une orbite autour de la Terre. La déconvenue ne sera pas sans conséquences. Le Kremlin n'aime pas l'échec et le fait savoir. Il menaçait de sanctionner les responsables de la perte de la sonde. Quant à la sonde, elle finira ses jours dans l'atmosphère terrestre où elle se consumera dans les premiers jours de l'année 2012.

L'évènement majeur de l'actualité européenne qui était annoncé était la mise en service de Soyuz depuis la Guyane. La mythique fusée russe inaugurait les installations de Sinamary le 21 octobre dernier en plaçant sur orbite les deux premiers satellites européens opérationnels Galileo pour la géolocalisation. Un succès complet de bon augure pour Arianespace qui espère compléter sa gamme de lanceurs avec l'arrivée de VEGA en 2012. Quant à Ariane, elle continuait son petit bonhomme de chemin en passant le cap du 200ème lancement. Mais 2011 restera un petit cru pour le lanceur européen qui a bien eu du mal à respecter les dates. De nombreux problèmes techniques ainsi qu'un tir avorté ont émaillé les 5 campagnes de lancement.

On ne peut pas terminer la rétrospective 2011 sans parler de la Chine. La Chine qui a battu son précédent record en effectuant 18 lancements dont 17 réussis. Parmi ces lancements, on notera la mise sur orbite de Tiangong 1, le premier laboratoire spatial destiné à recevoir de la visite d'équipages. Après la répétition générale avec le vaisseau inhabité Shenzhou 8, notamment des rendez-vous et amarrages, les premiers taïkonautes rendront visite au laboratoire dans les prochains mois.

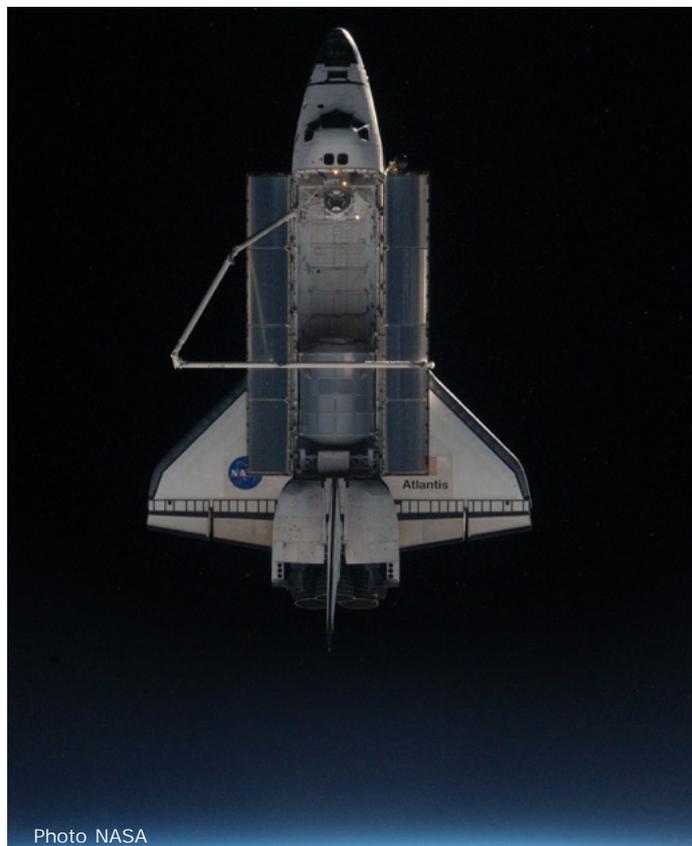


Photo NASA

## PERSPECTIVES 2012

Deux mille douze sera l'année des cargos de ravitaillement. En effet, après la décision de retirer la navette du service actif, il a bien fallu que la Nasa réfléchisse à un nouveau moyen pour ravitailler les six membres de la station spatiale internationale. C'est pourquoi, dès 2004 elle lance le programme COTS (Commercial Orbital Transportation Services) afin que le privé se charge de développer des moyens de remplacement à la navette. SpaceX et Orbital ont séduit l'agence spatiale américaine et s'appêtent à faire le grand saut avec le vaisseau Dragon pour le premier et Cygnus pour le second. Dragon a réussi en 2010 un vol exemplaire ce qui a permis de redéfinir le calendrier des missions de SpaceX. Exit la phase d'approche prévue pour le troisième vol. Les systèmes sont jugés suffisamment fiables que pour autoriser un amarrage direct à l'ISS en février prochain. Quant à Cygnus, conçu conjointement par l'Italie, il devrait réaliser ses premiers vols d'essai courant du mois de février. Cette année, l'ISS sera rejointe au moins une fois par tous les vaisseaux de ravitaillement. La ronde commencera par le russe Progress, suivi par l'américain Dragon, puis l'europpéen ATV, puis le japonais HTV et enfin Cygnus une fois qu'il sera opérationnel.

Cette année plusieurs nouveaux lanceurs devraient faire leur entrée en service. Il y a d'abord le petit Vega européen tant attendu. Initialement annoncé pour 2008, son vol inaugural n'a cessé d'être reporté pour divers problèmes techniques. Cette fois c'est la bonne et la campagne de lancement a bien démarré fin 2011 et devrait aboutir à un lancement le 26 janvier prochain. Quelques jours plus tard, ce sera au tour d'Antares d'effectuer son premier vol. Ce nom ne vous dit certainement pas grand-chose. Et pour cause, il a été changé il y a quelques jours à peine. Plus connu sous le nom de Taurus II, Orbital a décidé de lui donner un

nouveau nom. Dans le communiqué, Orbital explique que Taurus II est très différent de Taurus I, raison suffisante selon elle pour justifier le changement de nom. La Russie ne sera pas en reste puisqu'elle va mettre en service une énième version de sa mythique fusée Semiorka. Soyuz 1 est très différent de ses aînés puisqu'elle laisse tomber ses boosters latéraux coniques si particuliers. Le premier étage a un diamètre plus imposant, de façon à contenir plus d'ergols, ergols qui sont nécessaires pour le fonctionnement du nouveau moteur doté d'une seule chambre de combustion, contre 4 jusqu'à présent. Quant à la partie haute, elle reste inchangée par rapport aux anciennes versions. Même si Soyuz 1 est très différente dans sa partie basse, elle pourra utiliser les mêmes installations à Baïkonour et Plesetsk que les antiques Soyuz.

Si Fobos-Grunt est condamnée à une mort certaine dans les prochains jours, son cousin Curiosity est bien parti pour se poser à la surface martienne le 06 août prochain. Le rover américain doit explorer le cratère de Gale pendant 98 semaines. Exploration qui permettra sans doute de déterminer si toutes les conditions sont réunies ou du moins ont été réunies à une certaine époque pour que la vie éclore sur la Planète Rouge.

Une sonde arrive, une autre s'en va. Dawn qui s'est placée sur orbite autour de l'astéroïde Vesta en 2011 doit le quitter en février prochain pour rejoindre sa seconde cible, la planète naine Cérés. Objectif à atteindre à l'horizon 2015.

Hormis le rendez-vous de Curiosity avec la Planète Rouge, 2012 ne devrait pas être une année riche en émotions comme cela avait été le cas pour d'autres années. Mais elle ouvre la voie à un espace qui ne sera plus dominé par les états uniquement, offrant des perspectives d'avenir qui sont prometteuses. ■



20

## De Transit au GPS

23

## Principe du positionnement par satellites

24

## GLONASS, le cousin russe

# La pa



# Navigation par Satellites

S'il y a une application spatiale en pleine expansion actuellement, c'est bien le positionnement par satellites. Bien qu'elle existe depuis le début de l'ère spatiale, ce n'est que depuis quelques années qu'elle a pris son véritable essor avec la mise en service de différents programmes à travers le monde.

# DE TRANSIT AU GPS

## LE PROGRAMME TRANSIT

**A**u lendemain de la mise sur orbite de Spoutnik, deux chercheurs de l'Applied Physics Laboratory de l'Université Johns-Hopkins, George Weiffenbach et William Guier, se sont aperçus qu'ils étaient capables de déterminer la position du premier satellite artificiel de la Terre avec précision en analysant l'effet Doppler des signaux émis. De cette découverte, le directeur de l'ALP, Frank McClure, a suggéré que si la position du satellite était connue et prévisible, l'effet Doppler pourrait être utilisé pour localiser un récepteur sur Terre. De là est né le premier programme de positionnement par satellite, Transit, développé par l'APL. A la base, Transit devait fournir des informations sur la position des sous-marins transportant les missiles Polaris avant de se diversifier, notamment pour la navigation des navires de l'armée américaine mais aussi la surveillance hydrologique et géodésique. Le lancement du premier satellite Transit s'est soldé par un échec en septembre 1959. Sept mois plus tard, Transit 1B est placé sur une orbite de 373

× 748 km sur une inclinaison de 51,28° en compagnie d'un modèle expérimental SOLRAD dédié à l'étude des radiations solaires. La précision des Transit était de 100 mètres. Plusieurs générations de satellites Transit se sont succédées jusqu'en 1996, année durant laquelle, le programme est officiellement arrêté au profit du GPS.

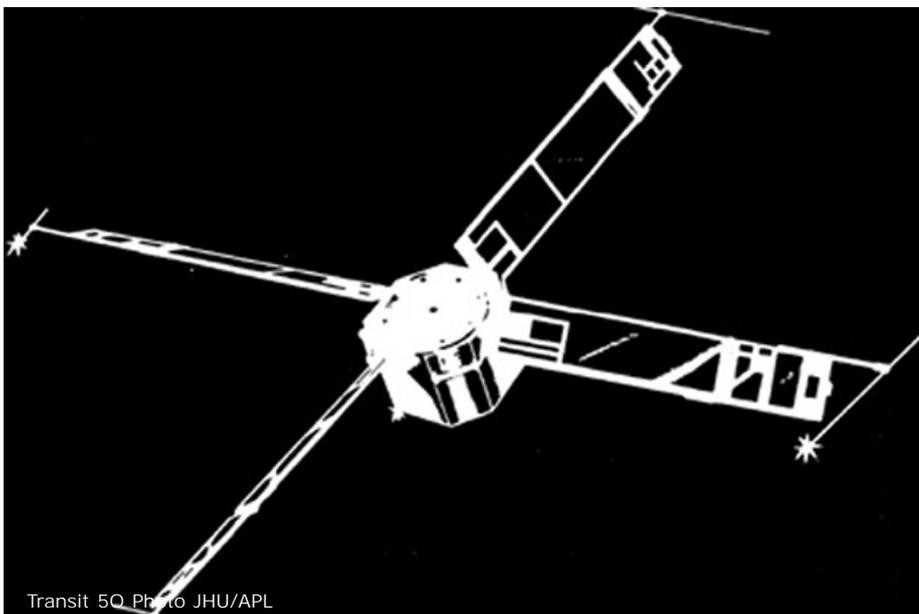
Dans les années 60, le physicien D. Fanelli élabore une théorie sur le fonctionnement du positionnement par satellites. A partir de ces travaux, le Naval Research Laboratory de l'US Navy développe le programme TIMATION (Time Navigation). Chaque satellite transporte des horloges au quartz permettant des mesures de distance à l'aide du temps de propagation des signaux. Deux satellites sont lancés en mai 1967 et septembre 1969. De son côté l'US Air Force développe également son propre programme de navigation par satellites, le 621B Project. En 1973, les deux armées joignent leurs efforts pour développer un système unique, le DNSS (Defense Navigation Satellite System) et le propose au Department of Defense. Le Pentagone

n'accepte pas le projet parce que le système n'était pas suffisamment intégré. Avec quelques améliorations, il est finalement accepté sous l'appellation Global Positioning Satellites System, que l'on pourrait traduire par « Système global de positionnement par satellites ». L'année suivante, TIMATION III, rebaptisé NTS 1 (Navigation Technology Satellite 1) est lancé avec succès. Il sert de banc d'essai pour le futur GPS, notamment par la présence des premières horloges atomiques au rubidium. Cet isotope stable permet d'obtenir des horloges ayant une stabilité relative de fréquence d'une erreur possible de 1 seconde sur un peu plus de 600 ans. Sur NTS 2 lancé en 1977, les horloges de rubidium sont remplacées par celles de césium nettement plus précises. En effet, l'erreur n'est que d'une seule seconde sur 1,6 millions d'années.

## LE GLOBAL POSITIONING SYSTEM

Le premier satellite GPS, appelé également NAVSTAR (Navigation Signal Timing and Ranging Global Positioning System), est lancé par une fusée Atlas le 21 février 1978. Il est suivi par 10 autres satellites jusqu'en 1985 dont 9 avec succès. Cette première génération, connue sous la terminologie Block I, est construite par Rockwell International. Chacun des exemplaires, d'une masse de 760 kg, avait une durée de vie moyenne de 5 ans mais certains sont même montés à 10 ans. La mission principale de cette génération était de valider le réseau avant qu'il ne soit pleinement opérationnel. La précision des satellites Block I était de l'ordre du mètre.

Jusqu'alors le GPS était utilisé par les militaires bien qu'il y ait des



Transit 5G Photo JHU/APL



Lancement de GPS 2R-18 - Photo Carleton Bailie/ULA

applications civiles mais payantes. La tragédie du vol KAL 007 en septembre 1983 allait changer la donne. L'avion avait dérivé de sa route normale, survolant la presqu'île de la Kamtchatka. Les tensions étant fortes entre l'Est et l'Ouest à cette époque, l'avion civil avait été pris pour un avion espion avant d'être abattu sans sommation. Le bilan a fait état de 269 morts. Au lendemain de la tragédie, le Président Reagan a demandé à ce que le GPS devienne gratuit pour les applications civiles une fois le réseau devenu opérationnel.

Les premiers satellites opérationnels font leur apparition à partir de 1989 lorsque la seconde génération (Block II) est mise en service. Les satellites ont profité de l'expérience acquise par leurs aînés et des améliorations ont été apportées, notamment concernant leur autonomie. Ils sont capables de rester 14 jours sans contact avec le segment sol tout en gardant une précision suffisante. Ils ont été construits à

10 exemplaires (dont un qui n'a pas été lancé) par Rockwell International. Chacun avait une masse de 1 660 kg et avait une durée de vie optimale de 7,5 ans. Certains d'entre eux sont restés en service actifs plus de 10 ans.

L'armée américaine ayant dépensé 12 milliards de dollars pour développer le système de navigation le plus précis au monde, souhaitait être la principale bénéficiaire de cette précision. C'est pourquoi, une fonction Accessibilité Sélective a été mise au point afin d'introduire des erreurs volontaires dans l'émission des signaux de chaque satellite. Ces erreurs permettaient de limiter la précision pour les utilisateurs civils mais aussi pour les éventuels ennemis qui auraient été tentés d'utiliser le GPS pour mettre au point des armes de précision contre les Etats-Unis. L'introduction de cette fonction intervient sur les Block II restants qui deviennent les Block IIA. Dix-neuf exemplaires sont lancés entre 1990 et 1997.

Certains d'entre eux sont toujours en activité presque 20 ans après leur lancement. Chacun des satellites avait une masse au décollage de 1 816 kg. Entretemps, en juin 1993, le système est déclaré opérationnel.

L'Accessibilité Sélective sera désactivée en 2000 par le Président Clinton. Une étude a démontré que la désactivation ne remettrait pas en cause la sécurité nationale. Cependant, les Etats-Unis sont encore en mesure de "refuser sélectivement" les signaux GPS à une région donnée en cas de menace pour sécurité nationale.

Avec Block IIR, l'armée américaine se tourne vers un nouvel industriel. C'est à Lockheed Martin qu'échoit la mise au point de la nouvelle évolution de satellites de géolocalisation. Afin de réduire les coûts de développement et de production, Lockheed Martin réutilise une plateforme conçue pour les satellites de télécommunications, l'AS4000.

Les satellites bénéficient également de nombreuses améliorations dont une durée de vie optimale qui passe à 10 ans. Mais la principale amélioration est sans conteste une meilleure autonomie avec l'introduction d'un système permettant aux satellites de se transmettre mutuellement des messages sans aucun contact au sol. Ainsi, même si les satellites ne sont pas en contact direct avec les opérateurs du système, les communications sont possibles. La masse au décollage atteint 2 032 kg. De janvier 1997 à novembre 2004, 13 exemplaires ont été lancés dont 12 avec succès. Le premier d'entre eux, GPS IIR-1, a été détruit dans la gigantesque explosion de son lanceur quelques secondes après le décollage.

Vingt et un exemplaires de Block IIR ont été commandés. Les 8 derniers ont été convertis en Block IIRM suite au changement du code d'émission qui est passé en L2C pour le civil et M pour le militaire. L'un d'eux, GPS IIRM-7 transportait un émetteur expérimental transmettant sur la fréquence L5 qui sera utilisée pour les Block IIF en cours de

développement. Les satellites ont été lancés par une fusée Delta II entre 2005 et 2009.

En 1996, Boeing signe un contrat avec l'armée pour la fourniture de la cinquième et dernière évolution des Block II, baptisé Block IIF. Au départ, il était question de 33 satellites avant d'être revus à la baisse en 2001. C'est finalement 12 satellites d'une masse de 1 630 kg qui seront à lancer entre 2010 et 2014 par une Atlas V/401 ou une Delta-4M+(4,2). La masse peu importante du satellite permet une injection directe sur l'orbite de travail. Les satellites n'ont plus besoin d'avoir le moteur qui les transfère d'une orbite parking vers l'orbite finale.

Alors que les premiers satellites Block IIF viennent d'entrer en service actif, l'armée américaine planche déjà sur la nouvelle génération de satellites de géolocalisation. Elle a confié le travail à Lockheed Martin. Tout comme pour les Block IIR, elle a choisi d'utiliser une plate-forme satellite ayant déjà fait ses preuves, l'A2100M. Trente-

deux satellites sont prévus répartis en trois évolutions : 8 en Block IIIA, 8 en Block IIIB et le reste en Block IIIC. Les premiers satellites seront lancés à partir de 2014 afin que le service GPS continue à tourner au maximum.

A la date du 01/12/2011, le réseau GPS est constitué de la sorte :

Sur le plan A : 4 satellites (GPS 2A-12, GPS 2A-19, GPS 2RM-2, GPS 2RM-6)

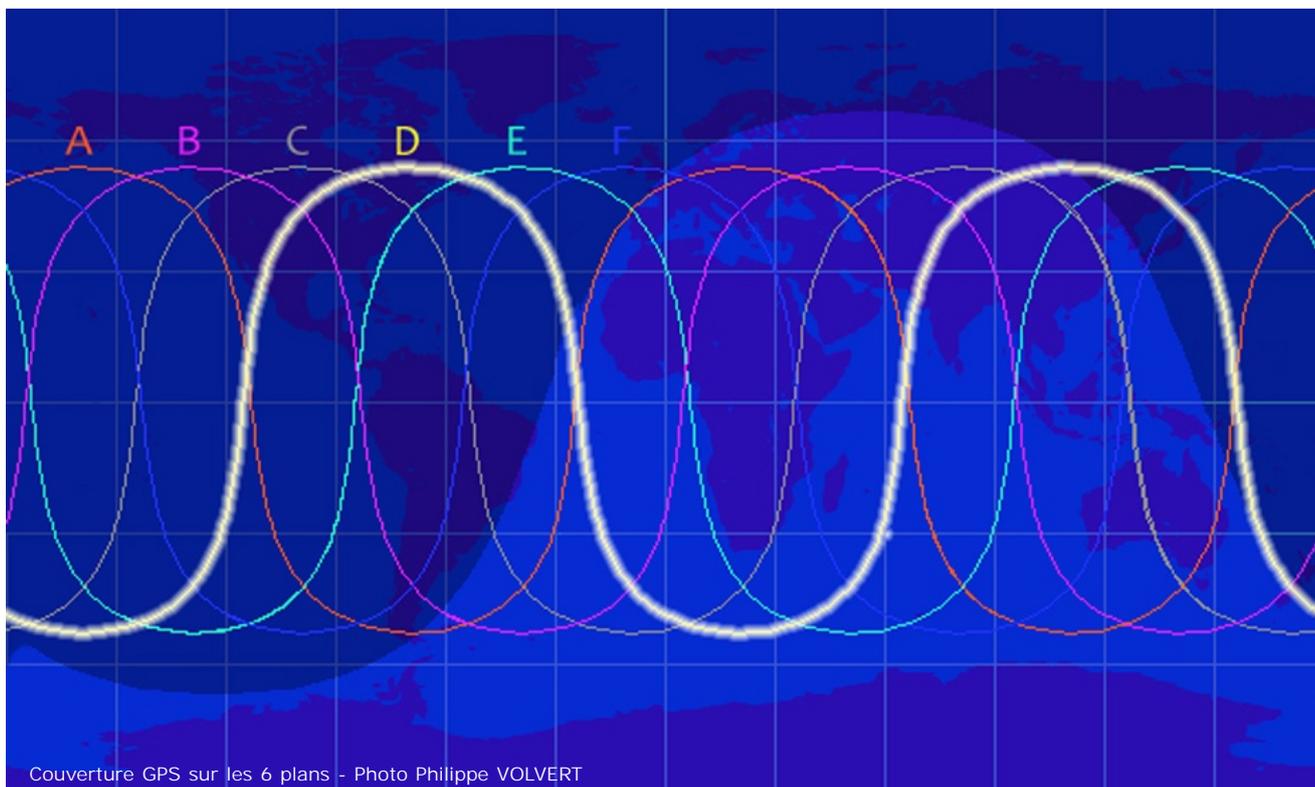
Sur le plan B : 5 satellites (GPS 2R-8, GPS 2F-1, GPS 2R-5, GPS 2RM-3, GPS 2A-13)

Sur le plan C : 5 satellites (GPS 2RM-5, GPS 2A-16, GPS 2R-11, GPS 2RM-1, GPS 2A-15)

Sur le plan D : 5 satellites + 1 de réserve (GPS 2R-13, GPS 2F-2, GPS 2R-9, GPS 2A-14, GPS 2R-3 + GPS 2A-2)

Sur le plan E : 6 satellites (GPS 2R-4, GPS 2R-10, GPS 2RM-8, GPS 2R-7, GPS 2A-1, GPS 2A-17)

Sur le plan F : 5 satellites (GPS 2R-6, GPS 2RM-4, GPS 2R-2, GPS 2R-12, GPS 2A-5) ■

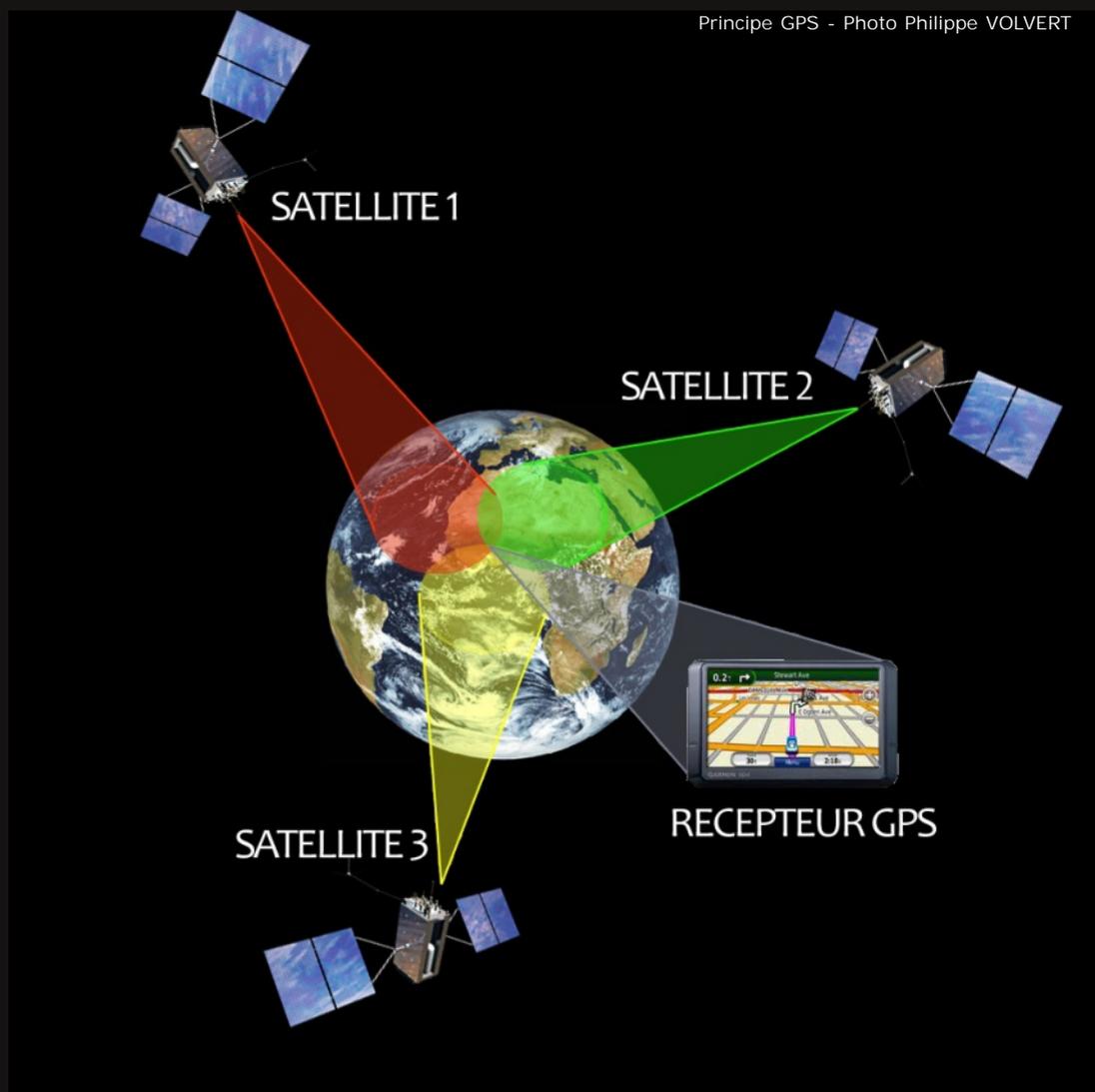


Couverture GPS sur les 6 plans - Photo Philippe VOLVERT

## PRINCIPE DU POSITIONNEMENT PAR SATELLITES

Dans un dossier consacré au positionnement par satellites, il n'est pas inutile d'expliquer le fonctionnement du système. Le principe de base est simple à vrai dire. Un récepteur reçoit une onde émise par le satellite. En connaissant la vitesse de la lumière, il est possible de déterminer la distance entre le satellite et le récepteur. Pour mesurer le temps mis par l'onde pour arriver au récepteur, celui-ci compare l'heure d'émission, insérée dans le code émis par le satellite, avec celle de la réception. Cette mesure est ce qu'on appelle, la pseudo-distance. Il s'agit d'une mesure approximative, liée à la précision de la synchronisation du récepteur. Une erreur d'un millionième de seconde provoque une erreur de 300 mètres sur la position. Pour pallier à ce manque de précision, plusieurs satellites sont nécessaires. En recoupant les données de 3 satellites, on obtient les coordonnées précises du récepteur. Un quatrième satellite vérifie le chronométrage des trois autres satellites pour s'assurer de la justesse de l'information.

Pour avoir un système de positionnement par satellites efficace, il est primordial de choisir l'orbite idéale. Les orbites utilisées jusqu'alors présentaient des avantages mais aussi des inconvénients. L'orbite basse nécessitait un nombre important de satellites vu la faible surface que le signal émis par le satellite couvrait mais avait l'avantage de pouvoir couvrir toutes les zones terrestres. L'orbite haute, dite géostationnaire offrait une surface de couverture maximale et donc ne nécessitait qu'un nombre minimal de satellites. Par contre, la zone de couverture ne pouvait aller au-delà de 70° Nord ou Sud. Pour les satellites de navigation, c'est une orbite de compromis entre les deux qui a été choisie. Elle est circulaire et se trouve à 20 000 km d'altitude avec une inclinaison de 55°. De là, un satellite met 12 heures pour effectuer un tour de la planète. ■



# GLONASS, LE COUSIN RUSSE

## TSIKLON ET PARUS

Les premières études d'un programme de géolocalisation par satellites en Union soviétique remonte à la fin des années 50 menant en 1962 au début du développement formel du programme Tsiklon. Si on devait trouver son équivalent américain, on pourrait le comparer au système Transit. Il servait avant tout à déterminer la position des sous-marins transportant des missiles. En mai et septembre 1967, une fusée Kosmos 3M lance deux satellites Tsiklon-GVM. Il ne s'agit que d'une version pour valider le concept. Vingt-sept satellites Tsiklon seront lancés entre le 23 novembre 1967 et le 24 juillet 1978 dont 25 avec succès. Les quinze derniers sont des satellites opérationnels qui ont reçu le nom de Zaliv. La principale difficulté à laquelle s'est heurtée la marine soviétique dans le programme Tsiklon est le manque de précision des satellites. La précision est étroitement liée à la précision des cartes géographiques et géodésiques dont elle a besoin pour

situer la balise de géolocalisation. C'est pourquoi, le programme de satellites géodésiques Sfera est mis en place.

A partir de 1974, la seconde génération de satellites Tsiklon fait son apparition sous l'appellation Parus. Elle profite de l'expérience acquise depuis 1967 et des améliorations sont apportées. Bien que la fonction primaire des satellites Parus soit la géolocalisation, à une certaine époque ils ont vraisemblablement servi de relai de données pour les satellites de surveillance océaniques US-P. Depuis le 26 décembre 1974, 99 exemplaires ont été lancés par des fusées Kosmos 3M dont 94 avec succès. Technologiquement, ils ressemblent aux Tsiklon. Ce sont des engins de 820 kg qui circulent sur une orbite de 950 km x 1 005 km inclinée de 82.9° répartis sur 6 plans espacés de 30°. Leur durée de vie optimale est de 2 ans.

## L'HISTOIRE DE GLONASS

L'équivalent soviétique puis russe

du GPS américain est le GLONASS, abréviation russe de Système Global de Navigation par Satellites. Le projet est adopté le 01 décembre 1976 par le Comité Central du Parti Communiste et le Conseil des Ministres. Le réseau GLONASS reprend le même style d'architecture que celle de son rival américain. Ici c'est 21 satellites actifs et 3 en réserve répartis en 3 plans espacés de 120° circulant sur une orbite de 19 500 km avec une inclinaison de 64.8°. Il se découpe en trois phases :

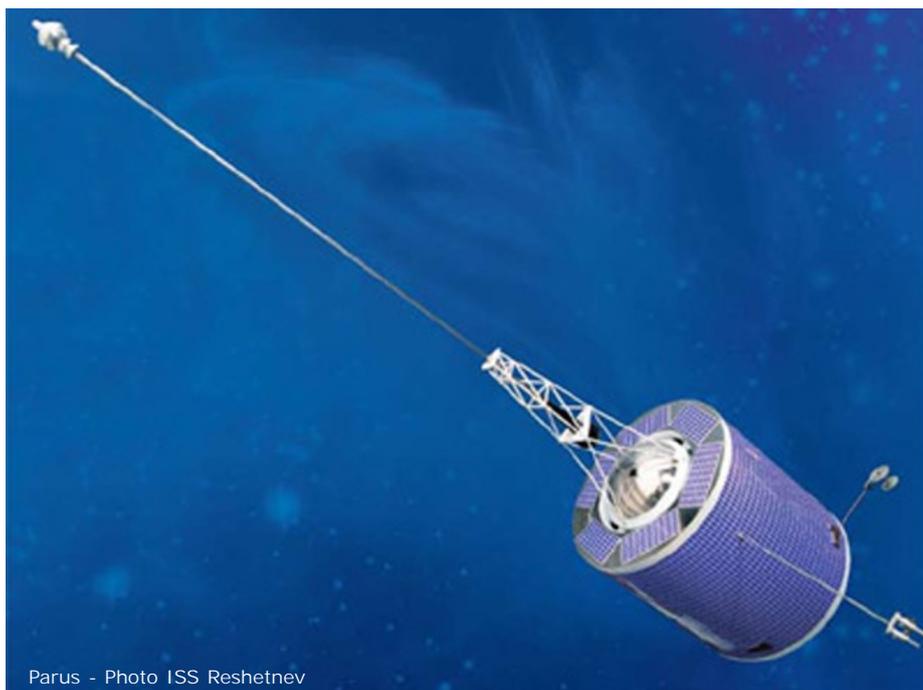
Phase 1 (1983 – 1985): Satellites expérimentaux pour valider le concept avec 4 à 6 satellites ;

Phase 2 (1986 – 1993): Système opérationnel initial devant compter 12 satellites ;

Phase 3 (1993 – 1995): Déploiement des derniers satellites pour arriver à un système complet comptant jusqu'à 24 satellites.

C'est à NPO Prikladnoi Mekhaniki qu'est confiée la réalisation de la première génération de satellites Uragan. A l'origine, les satellites étaient prévus pour avoir une exactitude de 65 m, mais en réalité elle était de 20 m dans le signal civil et de 10 m dans le signal militaire.

Avant de déployer les satellites opérationnels, il est important de valider le concept et les technologies retenues pour le programme GLONASS. Raison pour laquelle il est décidé de développer une série expérimentale (Block I) constituée de 7 grappes de trois satellites à lancer depuis le cosmodrome de Baïkonour par une fusée Proton dont la durée de vie moyenne est de 14 mois. La première grappe est formée de trois maquettes représentatives des satellites Uragan destinées pour le vol d'essai sur Proton qui a lieu le 12 octobre 1982. Les 6 autres suivront



Parus - Photo ISS Reshetnev

entre le 10 août 1983 et le 25 décembre 1985.

Il faudra attendre le lancement du 16 septembre 1986 pour voir les premiers satellites opérationnels placés sur orbite. Ils sont très différents des prototypes même si le constructeur reste NPO Prikladnoi Mekhaniki. Cette fois, les satellites sont stabilisés sur 3 axes et pèsent au décollage quelques 1 250 kg. Trois séries (Block IIa, Block IIb et Block IIv) vont voir le jour au gré des améliorations et innovations qui sont apportées aux satellites, notamment une durée de vie moyenne qui passera de 16 à 68 mois. Ce ne sont pas moins de 76 satellites qui seront lancés jusqu'au 25 décembre 2005. A l'exception de deux lancements où l'un des satellites Uragan est remplacé par un satellite géodésique Etalon, tous seront mis sur orbite par grappe de 3.

Avec la chute de l'Union Soviétique, le programme GLONASS est hérité par la Russie qui en fait l'une de ses priorités nationales. En 1993, le Président Eltsine signe le décret pour l'intégrer dans les attributions des Forces Spatiales Russes et souhaite le voir opérationnel pour 1995. Ce sera chose faite en mars 1995 et la Russie le propose pour des applications civiles aux organisations internationales ICAO (International Civil Aviation Organization) et IMO (International Maritime Organization) pour une utilisation longue durée.

Les difficultés financières auxquelles doit faire face la Russie ne permet pas de maintenir le réseau pleinement opérationnel. Pour qu'il puisse assurer un service minimum, 18 satellites sont nécessaires. En ces temps de crises, le renouvellement des satellites vieillissant ou tombant en panne ne peut se faire. Le nombre de lancement diminue au point de n'avoir que trois nouveaux satellites lancés pour la période 1996-1999. A l'aube de l'an 2000, seul 6 satellites sont encore en activité. Pour faire face au déclin du programme, le Gouvernement russe signe un décret le 20 août 2001 avec deux objectifs :

- Développement de nouvelles générations de satellites et utilisation effective de GLONASS, application des technologies avancées des satellites de navigation pour aider au développement social et économique du pays ainsi qu'à la sécurité nationale ;
- Sauver le rôle de leader de la Russie dans les satellites de navigation en garantissant un service pour les utilisateurs russes et internationaux.



Uragan M - Photo ISS Reshetnev

Trois mois et demi après la signature du décret, une fusée Proton place sur orbite un nouveau triplet dont un Uragan amélioré. Il ne s'agit pas encore réellement d'un satellite de nouvelle génération mais il a sa durée de vie augmentée par rapport à ses cousins lancés en même temps. Les premiers véritables Uragan nouvelle génération, baptisé Uragan M, ne rejoignent la constellation qu'à partir du 01 décembre 2003. D'apparence, ils ne sont guère différents de la génération précédente mais leur durée de vie est passée de 3 à 7 ans. Ils peuvent tout aussi bien être lancés par 3 sur une fusée Proton que seul sur une Soyuz 2.1b/Fregat.

Avec Uragan K1, la flotte va subir une cure de jouvence et profiter des nouvelles innovations. La plateforme Ekspress-1000A développée par ISS Reshetnev (anciennement NPO Prikladnoi Mekhaniki) est choisie pour les satellites ce qui permet de réduire la masse du satellite à 935 kg et d'allonger la vie qui peut désormais atteindre 10 ans. De plus, ces satellites emportent un équipement de recherche et de sauvetage COSPAS-SARSAT. Du fait d'une masse plus faible, ces satellites peuvent être lancés par paire sur Soyuz 2.1b/Fregat ou par grappe de 6 sur Proton. Le 26 février 2011, le premier Uragan K1 est placé sur orbite. Il ne s'agit

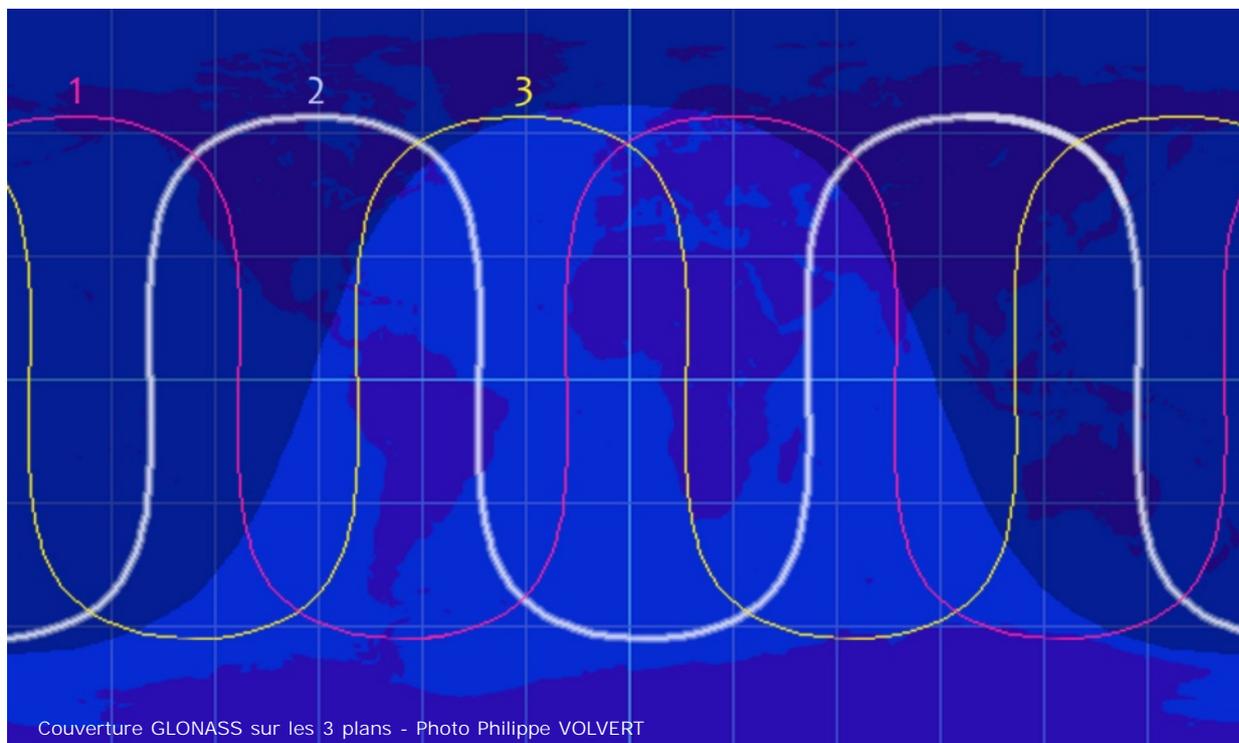
que d'un satellite expérimental destiné à valider les technologies utilisées dans sa conception.

Au 01/12/2011, le réseau GLONASS est constitué de la sorte :

Sur le plan 1 : 8 satellites (Uragan M-21, M-19, M-35, M-33, M-23, M-22, M-3, M-20)

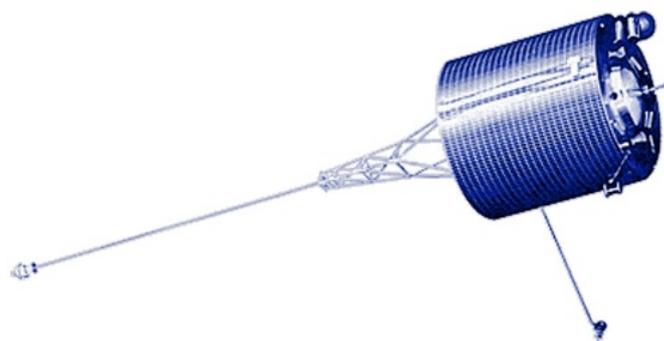
Sur le plan 2 : 8 satellites (Uragan M-27, M-8, M-14, M-28, M-12, M-6, M-7, M-29)

Sur le plan 3 : 8 satellites (Uragan M-5, M-15, M-11, M-10, M-16, M-24, M-25, M-26) ■



## LE TSIKADA CIVIL

En complément du réseau militaire Tsiklon / Parus, l'Union Soviétique puis la Russie ont exploité un équivalent civil baptisé Tsikada. Ces satellites sont très proches de la version militaire développée dans les années 60. Vingt satellites ont été lancés par une fusée Kosmos 3M entre le 15 décembre 1976 et le 21 janvier 1995. Une version modernisée, Tsikada M, a vu le jour au milieu des années 90 avant d'être supplantée par le réseau GLONASS. Ces satellites, d'une masse de 830 kg, avait une durée de vie minimale de 2 ans. ■



Tsikada M - Photo ISS Reshetnev



Trois Uragan M - Photo ISS Reshetnev

# OU DECOUVRIR L'ESPACE

## CITE DE L'ESPACE

Avenue Jean Gonord BP 5855  
31506 Toulouse (France)

Le Parc de l'aventure spatiale à Toulouse vous accueille, en famille ou entre amis, pour une expérience inédite au cœur de l'espace. Pour plus d'informations, visitez le site à l'adresse [www.cite-espace.com/](http://www.cite-espace.com/)



## AGENDA CULTUREL

**Du 01/12/2011 au 08/01/2012**

Exposition sur les 50 ans du CNES, au Musée des Arts & Métiers à Paris. Le CNES prévoit par ailleurs la parution chez Gallimard d'un ouvrage autour d'une réflexion générale sur ce qui caractérise l'exploration et les applications de l'espace.

**A partir du 01/05/2012**

« J'avais vingt ans en 1960 », nouvelle exposition dans le cadre prestigieux de la Gare de Liège-Guillemins (Calatrava), avec en point d'orgue les premiers pas de l'Homme sur la Lune et les premières retombées de la technologie des satellites.

Sources Wallonie Espace de Théo Pirard  
[www.wallonie-espace.be](http://www.wallonie-espace.be)

Une conférence, une exposition se déroule près de chez vous? N'hésitez pas à contacter Destination Orbite. Une annonce sera publiée au numéro suivant.

[philippe\\_volvert@destination-orbite.net](mailto:philippe_volvert@destination-orbite.net)

## DANS LE PROCHAIN ASTRONOTES



### La Navigation par satellites (2ème partie)

Après la présentation du GPS et de GLONASS, AstroNotes se penchera sur les projets européen, chinois, japonais et indien ainsi que sur le sauvetage par satellites.





Visitez Destination Orbite, le site de l'exploration de l'espace

[www.destination-orbite.net](http://www.destination-orbite.net)