



## *Cassini-Huygens, le long voyage, Huygens, l'arrivée sur Titan*

Conférence du 21 mars 2005 par Anne-Marie SCHIPPER (Alcatel Space, Chef du programme Huygens), Gérard HUTTIN (Alcatel Space e.r. ancien chef du programme Huygens 1992-1997) et Jean-Louis HEUDIER (Astronome, Observatoire de la Côte d'Azur)



*25 décembre 2004 : la sonde Huygens, larguée de l'orbiteur Cassini, plonge vers Titan*

La mission scientifique Cassini/Huygens peut être considérée comme une des grandes réussites de l'histoire spatiale. Pour la première fois un objet fabriqué de main d'homme s'est posé sur la lune d'une planète du système solaire aussi lointaine. Qui plus est, cette sonde est européenne !

Techniquement très difficile, cette mission est le fruit d'une coopération exemplaire de l'agence spatiale américaine (NASA), de l'agence européenne (ESA), de l'agence spatiale italienne (ASI) et de dizaines de scientifiques et industriels de par le monde. De nombreuses explications techniques nous ont été fournies par les conférenciers, complétant les informations dont la presse s'est fait largement écho, lors de l'arrivée de la sonde sur le sol de Titan le 14 janvier dernier. Il faudrait des pages entières pour les résumer.

En fin de conférence, Gérard nous a parlé, avec émotion, du côté humain de cette aventure qui dure depuis près de 25 ans. C'est sur cet aspect que sera axé notre compte-rendu.

Comme nous le rappelle Jean-Louis, avec sa verve habituelle de conteur, l'histoire commence il y a très longtemps avec Galilée au début du 17ème siècle qui, grâce aux premières lunettes astronomiques, observe le ciel et la planète Saturne, et lui trouve des « compagnons étranges » qu'il ne peut identifier.

C'est un autre astronome, Christiaan Huygens d'origine hollandaise, qui découvre en 1655 que ces objets bizarres forment en réalité un anneau mince autour de la planète dans son plan équatorial. Au passage, il observe l'existence d'une grosse lune qui sera baptisée Titan au XIX<sup>e</sup> siècle par John Herschel. L'astronome Giovanni Domenico Cassini, né dans notre région à Perinaldo au dessus de Vintimille, découvre deux nouvelles lunes de Saturne ainsi que les « divisions » de cet anneau dont la principale portera son nom.

Les astronomes s'intéressent beaucoup à Titan car c'est un des rares corps célestes dans notre univers connu qui soit un corps solide entouré d'une abondante atmosphère gazeuse, pouvant ressembler à celle de notre Terre; lors de sa formation il y a 4 milliards d'années. Et la communauté scientifique se mobilise pour tenter d'en découvrir la composition complexe, résultant d'une chimie « prébiotique » peut-être analogue à celle qui régnait sur la Terre juste avant l'apparition de la vie. Il fallait donc aller y sonder in-situ.

1980 - 1981 : les deux sondes spatiales américaines Voyager 1 et 2, au cours d'un très long périple dans notre système solaire, survolent successivement Titan et envoient vers la Terre quelques données intéressantes. Mais la planète entourée d'une épaisse brume orange ne laisse rien voir de son sol, très froid. Est-il solide, est-il liquide, un vaisseau spatial peut-il s'y poser et aller analyser ce qui s'y trouve ?

Jean-Louis, qui travaille alors à l'Observatoire de Nice depuis déjà 14 ans, connaît bien Saturne et Titan. Il a déjà eu l'occasion de les observer de nombreuses fois avec des télescopes puissants. Il va militer avec cette communauté scientifique européenne pour convaincre: il faut y envoyer une sonde spatiale !

A cette époque, Gérard est ingénieur à Cannes, c'est encore Aérospatiale. Il travaille sur tout autre chose : les systèmes de pilotage et de guidage des missiles balistiques de la force de dissuasion nucléaire. Quant à Anne-Marie, elle a tout juste 10 ans, c'est une jolie petite fille blonde qui habite chez ses parents en Hollande, et va à l'école comme tous les enfants de son âge. Mais a-t-elle déjà levé les yeux vers le ciel, voire collé un œil derrière l'oculaire d'une lunette astronomique et vu Saturne et Titan ?



*Les trois conférenciers et la maquette de Huygens*

1985 : l'Europe spatiale décide d'y aller, dans une coopération avec la Nasa. Comme nous le rappelle Jean-Jacques Dechezelles, dont les équipes ont mené le projet à Cannes, deux parmi les grands initiateurs de cette démarche ont un mérite particulier : Daniel Gautier, spécialiste de l'aéronomie de Titan à l'Observatoire de Paris et Roger Maurice Bonnet, directeur des programmes scientifiques à l'Agence européenne. Au début des discussions, il est prévu que l'Europe contribue au véhicule porteur Cassini car les Américains tiennent à conserver la sonde devant se poser sur Titan. Puis, sous l'insistance européenne pour obtenir une responsabilité marquante, le choix s'inverse et l'Europe obtient d'étudier la faisabilité d'une telle mission, Jean-Pierre Lebreton, responsable scientifique du projet à l'ESA, y participant dès l'origine. L'accord définitif sera conclu en 1988.

L'appel d'offres pour la phase de définition est lancé en 1990. Marcel Ziliani est nommé responsable de la proposition Aérospatiale, la réponse devant être fournie pour l'été 1990. Aérospatiale présente des atouts, non seulement comme maître d'œuvre d'un tel projet - elle réalise avec brio le satellite d'astronomie infrarouge ISO - mais elle possède également les technologies pour le bouclier thermique qui doit permettre à la sonde d'entrer à très grande vitesse dans l'atmosphère de Titan et de se freiner avant ouverture des parachutes. Elle peut le faire à partir de son expérience sur les corps de rentrée des missiles balistiques produits dans son usine d'Aquitaine, dont les boucliers thermiques, à base de tuiles de silice, sont parfaitement au point.

16 janvier 1991 : Aérospatiale a gagné l'appel d'offres et le programme démarre à Cannes en présence de l'ESA et de la NASA. La phase de développement débute avec Philippe Vizier comme chef de projet ; elle va durer 6 ans jusqu'au lancement prévu de la mission en 1997. En octobre 1992, à l'issue de la revue de définition système, Philippe Vizier part en retraite ; Gérard prend le relais pour les phases de qualification, d'intégration et d'essais. Ceux-ci comprennent des essais habituels en salle blanche, comme pour tout programme spatial, mais également des essais spectaculaires, comme ceux des boucliers et des parachutes qui devront ralentir la sonde jusqu'à son poser à la surface de Titan. Une maquette spéciale est construite et les essais sont effectués dans le grand froid du Cercle polaire, à Kiruna (Suède), la maquette étant lâchée d'un ballon stratosphérique à 40 km d'altitude. Les films réalisés montrent que la séquence de déploiement et les parachutes fonctionnent bien, préfigurant la future descente sur Titan.

C'est à partir de 1994 que l'on commence à « communiquer » largement sur ce programme ambitieux. Jean-Pierre Lebreton vient d'ailleurs à Cannes faire une conférence au Groupe AAAF, avec Philippe Vizier. La belle maquette à l'échelle 1/4 de notre photo a été réalisée par un artisan du Cannet. L'ESA produit un petit clip vidéo portant uniquement sur la « future » descente sur Titan, le freinage par le bouclier, son éjection, la séquence des trois parachutes et l'arrivée en douceur sur le sol de Titan. Mais tous ceux qui le voient à cette époque croisent les doigts en espérant que cette séquence, qui paraît un peu fantasmagorique, se réalise un jour.

15 octobre 1997 : c'est le grand départ, le lancement spectaculaire par une fusée Titan (coïncidence) américaine depuis Cape Canaveral, le périmètre de la base étant protégé contre une foule de contestataires hostiles à l'utilisation de RTG contenant des produits radioactifs utilisés à bord pour fournir l'énergie électrique pendant les nombreuses années de la mission. Gérard est là-bas et voit partir son « bébé » vers l'espace lointain. Jean-Louis, aussi, était invité au lancement. Malheureusement, pour des raisons techniques le lancement est reporté de 48 heures. Ayant un rendez-vous en France, qu'il ne peut reporter, il est obligé de rentrer, frustré de ne pas assister à ce spectacle magnifique.



*15 octobre 1997 : Cap Canaveral*

Quant à Anne-Marie, elle sort tout juste de l'Université de Delft, Pays-Bas, où elle a obtenu son *Master of Science* en télécommunications et télédétection. Mais est-elle au moins au courant de ce lancement ? Se doute-t-elle qu'elle va avoir un rôle à jouer bientôt sur cette sonde spatiale qui commence un périple de 7 ans ? Certainement pas. Ce n'est pas faute d'avoir une vocation pour les activités spatiales, puisqu'elle a déjà été stagiaire à l'ESTEC, le centre technique de l'agence spatiale européenne qui se trouve aux Pays-Bas. Elle travaille ensuite à l'institut aéronautique des Pays-bas, comme responsable des activités avioniques des avions de chasse du futur ! Une autre activité qui fait rêver, mais qui n'a rien à voir avec notre sonde Huygens.

A Aerospatiale et un peu partout dans l'industrie spatiale européenne, tout le monde range ses dossiers, passe sur un autre programme et commence à oublier cette sonde partie avec Cassini faire des survols de Venus pour s'accélérer par l'effet de fronde gravitationnelle, seule méthode de lancement d'un vaisseau lourd (6 tonnes) permettant d'accomplir cette mission lointaine. Seule reste sur le projet une petite équipe, dirigée par Gérard, pour suivre la mission et faire des tests sur la sonde tous les six mois pour vérifier si elle fonctionne toujours. En août 1999, elle vient frôler la Terre pour s'accélérer davantage. Ce survol effraye même tellement les écologistes que la Nasa est obligée de changer légèrement le plan de vol pour être un peu plus à l'écart. La trajectoire demeure bonne et le vaisseau se dirige alors vers la très grosse planète Jupiter qui lui donnera un sérieux coup d'accélération en décembre 2000. Il ne lui reste plus alors que quatre ans pour atteindre la banlieue de Saturne, son objectif final.

Cependant, patatras ! Coup de tonnerre à l'automne 2000. Lors d'un test effectué en vol une anomalie est découverte dans les futures transmissions qui devront s'effectuer entre le véhicule Cassini et la sonde Huygens, après leur séparation. Une « impasse » a été commise lors des essais au sol sur la prise en compte de l'effet doppler. Si rien n'est fait, il n'y aura pas d'informations de la mission Huygens car les récepteurs de Cassini ne seront pas sur la bonne fréquence !

On mobilise d'urgence des ingénieurs qui ont travaillé sur le projet en France et en Italie chez Alenia qui a construit le système de transmissions radio entre Huygens et Cassini. Même ceux qui sont partis en retraite : certains sont extraits de leur quiétude pour les remettre dans le coup et ressortir leurs dossiers.

A ce moment Gérard est toujours à Cannes, chef du programme Proteus/Jason (satellite océanographique) qui doit être lancé en décembre 2001. Aerospatiale est devenue Alcatel Space depuis juin 1998. Anne-Marie, ayant quitté sa Hollande natale, y est entrée début 2001 sur Aurora, un nouveau programme d'exploration de l'ESA. Elle est « sortie » de son projet et est parachutée d'urgence sur le projet Huygens pour travailler sur cette « récupération » d'anomalie, sur un engin qu'elle n'a jamais vu, qui navigue à un milliard de kilomètres de la Terre entre Jupiter et Saturne. Il reste trois ans, avant l'arrivée de Cassini/Huygens dans la banlieue saturnienne, pour analyser et résoudre le problème en collaboration étroite entre Alcatel Space, Alenia Spazio, l'ESA et la NASA. Finalement, une solution est trouvée qui peut être mise en œuvre par les ingénieurs de la Nasa, *pilotes* du véhicule Cassini. Il faut changer de plan de vol, le moment venu en arrivant près de Saturne, pour minimiser cet effet doppler néfaste.

Puis enfin, le grand moment arrive après un périple de 7 ans et 3,5 milliards de kilomètres. Cassini a été mis en orbite autour de Saturne et, le 25 décembre 2004, Huygens est séparée de Cassini et commence son voyage en solitaire vers Titan qui va durer 21 jours.

Le 14 janvier 2005, tout le monde est « sur le pont », un peu partout, aux États-Unis, en Europe, en Australie et principalement à Darmstadt, le centre de contrôle des missions spatiales européennes. Chacun retient son souffle dans l'attente de la retransmission par Cassini de ce que le véhicule a pu collecter d'informations envoyées par Huygens automatiquement après la séparation de son bouclier thermique.

Vers midi, une bonne lueur d'espoir arrive depuis un puissant radiotélescope terrestre qui a capté un très faible signal radio de Huygens prouvant que la « bête » est vivante et a survécu à la terrible rentrée dans l'atmosphère.

Mais il reste cinq heures d'attente fébrile et à l'heure prévue, à 17 heures, les vraies informations arrivent de Cassini qui les a enregistrées.



14 janvier 2005 : le touch-down





*La première photo du sol de Titan  
(couleurs reconstituées)*

Tout y est : les séquences de séparation et d'ouvertures des parachutes, les signaux des expériences scientifiques et les premières photos de la descente sur cette planète mystérieuse, y compris des photos sur son sol, le bonus de la mission ! L'émotion est à son comble sur tous les sites. La mission est parfaitement remplie, le timing de la descente et le profil des décélérations n'étant écarté que de 10 secondes par rapport aux prévisions, comme nous le montre Anne-Marie sur un graphique !

Mais cette émotion perdue ; nous l'avons sentie lors de cette conférence. Je regardais nos trois conférenciers pendant la projection du très beau film fait par l'ESA et plus particulièrement pendant la séquence du fameux clip vidéo datant de plus de 10 ans.

Pourtant, ils l'avaient vu des dizaines de fois, mais là, ils le vivaient enfin en temps réel comme s'ils étaient là-bas retenant leur souffle jusqu'à l'atterrissage, ce n'est plus une simple simulation cette fois c'est du réel : avec toutes leurs dizaines de collègues européens, ils l'ont fait et tous y sont un peu pour quelque chose ! Je voyais Gérard les yeux fixés sur le formidable embrasement du bouclier thermique, guettant les ouvertures de parachutes, les éjections de boucliers, les mises en marche des expériences scientifiques.

Je voyais Anne-Marie voyant les signaux partir de Huygens vers Cassini, heureuse qu'ils nous soient bien parvenus ; et en finale quand Anne-Marie nous a projeté les images de l'arrivée sur le sol de Titan, elle les offrait à un Jean-Louis ravi, lui qui les attendait depuis des dizaines d'années !

Cette fabuleuse aventure technique et humaine dure depuis 25 ans, elle n'est pas terminée puisqu'il ne faudra pas moins de 10 années de travail aux équipes scientifiques pour tout dépouiller et essayer de comprendre la chimie existante sur cette planète, et mieux comprendre comment la vie a pu apparaître sur notre brave vieille Terre. Mais on aura sûrement l'occasion d'en reparler encore dans nos conférences à venir ! Hommage soit rendu à tous, à commencer par ceux présents à la conférence qui ont travaillé au succès de cette fabuleuse mission et à ceux qui y ont contribué, ou pris la relève depuis, à Alcatel Cannes.

Images et photos ESA

Texte et photo Guy Lebègue

Tout sur le projet Cassini-Huygens, Saturne et Titan, avec d'autres images et photos, sur le site de l'ESA :  
<http://www.esa.int/SPECIALS/Cassini-Huygens/>

*Le 15 mars 2005, les chefs successifs du programme Huygens à Aérospatiale puis Alcatel Space, fêtent très dignement la réussite du projet au restaurant " I pianetti di Giove", de Périnaldo, lieu de naissance de Giovanni Domenico Cassini.*

*De gauche à droite : Anne-Marie Schipper, Gérard Huttin, Philippe Vizier et Marcel Ziliani.*



# La Sonde Huygens sur Titan - Mémoire d'une réalisation européenne exemplaire -

*Un témoignage de Jean-Jacques Dechezelles*



*Jean-Jacques Dechezelles*

Peu de temps après sa nomination comme Directeur de la Science à l'Agence Spatiale Européenne ESA, Roger Maurice Bonnet entreprit en 1985 de bâtir une programmation solide des missions scientifiques avec l'approbation du Comité de Politique Scientifique SPC. Cette programmation couverte par l'appellation « Horizon 2000 » distinguait des missions sélectionnées comme intangibles ou « pierres angulaires » et des missions d'opportunité de format budgétaire plus réduit, « taille medium », pouvant se prêter à la coopération internationale.

La mission Huygens est issue de cette dernière catégorie et suivit à partir de 1985 un parcours de sélection qui tint à la fois du concours d'intérêt scientifique, comparativement aux projets concurrents Grasp, Lyman et Quasat aujourd'hui oubliés, et du débat propre aux USA sur le choix définitif des missions d'exploration spatiale.

Les études internes à l'ESA, d'abord sous le nom de projet Cassini, appelèrent dans un premier temps une petite étude experte de rentrée atmosphérique auprès de Aérospatiale Les Mureaux. Puis vint en 1987 le concours pour une étude de faisabilité ou Phase A. Déjà, l'approche industrielle par consortium qui avait présidé aux premières réalisations ESRO et ESA cédait le pas devant la nécessité de structurations industrielles plus fortes.

Nantie de l'importante maîtrise d'œuvre industrielle ISO (Infrared Space Observatory) pour l'ESA, Aérospatiale ne fit pas de Cassini-Huygens en phase A un enjeu premier et laissa le consortium Cosmos, dont elle faisait partie, se diviser. Marconi Portsmouth, membre de Cosmos, remporta l'étude de phase A avec, principalement, l'aide de SEP et Dornier, chef de file du consortium Star.

L'ESA continuait d'œuvrer pour aboutir à une coopération de bon aloi avec la NASA, cette dernière manœuvrant aux USA pour obtenir le consentement budgétaire important que nécessitait l'engagement d'une lourde mission d'exploration vers Saturne. L'approbation du programme Cassini de la NASA survint dans le premier semestre 1989 avec un schéma de coopération incluant la sonde Huygens, comme fourniture de l'ESA, et l'ensemble de télécommunications de Cassini comme fourniture de l'ASI, Agence Spatiale Italienne. Chaque examen annuel successif du budget de la NASA par le congrès US constitua cependant autant de remises en cause convulsives du programme, mais la détermination et la diplomatie européennes obtinrent que le pire, le gel du programme Cassini, soit évité.

Dès lors Huygens était sélectionné, et l'ESA prépara le concours suivant pour la phase de définition ou phase B. L'appel d'offre parut au printemps 1990. Aérospatiale Espace et Défense avait au préalable convaincu ses partenaires du consortium Cosmos de la rejoindre et de l'élire comme candidat à la maîtrise d'œuvre, le projet étant dirigé par Aérospatiale Cannes avec l'appui direct de Aérospatiale Les Mureaux pour les études aérothermodynamiques et de Aérospatiale Aquitaine pour les technologies de protection thermique des boucliers de rentrée. Le fort groupe concurrent était mené par British Aerospace aidé, entre autres, de Dornier et SEP. Les deux propositions furent jugées bonnes à l'issue d'une compétition serrée que remporta finalement Aérospatiale, jugée plus convaincante sur la panoplie des solutions qu'elle pouvait apporter pour affronter l'intense phase d'entrée (6 km/s) dans l'atmosphère dense de Titan. Notoirement, le modèle de composition gazeuse de l'atmosphère de Titan comportait beaucoup d'incertitude, particulièrement sur la teneur en Argon, et, par conséquent, impliquait de pouvoir ajuster au mieux des connaissances la résistance thermique du bouclier avant.

La proposition industrielle définitive, remise en fin de phase B par Aérospatiale pour le développement de la sonde (phases C et D), fut retenue par l'ESA en février 1993 pour un montant de 117 millions d'unités de compte ESA (1 MUC = environ 1 M€). La construction de la sonde de vol s'appuya sur l'élaboration et les essais de trois modèles de développement spécifiques, et, tout au long de son développement, interfaces des instruments scientifiques comprises, fut suivie très attentivement, tant par le maître d'ouvrage ESA-ESTEC que par les responsables américains de la mission Cassini à la NASA et en son centre du JPL (Jet Propulsion Laboratory

chargé de la maîtrise d'œuvre des projets d'exploration du système solaire). L'intégration de Huygens sur le vaisseau Cassini ne posa pas de problème particulier et fut suivie par la campagne de lancement achevée avec succès le 15 octobre 1997 au Kennedy Space Center.

Hormis Aérospatiale, maître d'œuvre industriel et réalisateur des boucliers de rentrée, de nombreux partenaires industriels européens et quelques américains ont participé à la réalisation de la sonde. Les 14 pays membres de l'ESA (en 1993) sont représentés à bord. Parmi les principaux contributeurs citons DASA Ottobrunn (D) qui réalisa l'intégration et les essais associés de la sonde ainsi que le contrôle thermique interne, Martin-Baker (UK) pour l'ensemble des parachutes de descente, CASA (SP) pour la structure, Contraves (CH) pour les mécanismes de séparation, ETCA (B) pour l'alimentation électrique, Laben et Alenia (I) pour, respectivement, la gestion de bord et les télécommunications, Logica (UK) pour le logiciel de bord. Marconi, qui n'avait pas démérité dans les phases amont, et qui, détail de l'histoire, présidait alors le comité directeur de Cosmos, ne fut pas retenu en vue de la phase de réalisation pour des raisons d'ajustement du retour géographique global du programme ESA.

Comme cela est rapporté par ailleurs, l'ambition du projet n'eut d'égal que la qualité des échanges à tous niveaux, agences, scientifiques et industriels. Enthousiasme des équipes, expérience et qualité techniques des réalisateurs ont forgé ce succès. Titan s'est montré clément en restant proche des modèles atmosphériques préétablis à partir des observations astronomiques.

*Dossier établi par Jean-Jacques Dechezelles, responsable des programmes scientifiques et d'observation à Aérospatiale 1989-1998 puis Alcatel Space 1998-2000 - Archives personnelles COSMOS et Aérospatiale*



Groupe Côte d'Azur