



Avis de l'AAE sur

L'Espace : quelle stratégie européenne pour les vols habités ?

Avis

Les



ISBN 978-2-913331-82-2

ISSN 2426 3931

2019

Avis n° 10

10€

Avis de l'AAE sur

L'ESPACE : QUELLE STRATÉGIE EUROPÉENNE POUR LES VOLS HABITÉS ?

Avis n° 10

Novembre 2019



Avis précédents

Avis n°1 sur L'Accident technique et faute pénale, 2007

Avis n°2 sur Le Projet de règlement du Parlement européen et du Conseil sur les enquêtes et la prévention des accidents et des incidents dans l'aviation civile, 2010

Avis n°3 sur Le Règlement européen sur la sécurité aérienne, 2011

Avis n°4 sur L'Éruption du volcan Eyjafjöll d'avril 2010, 2011

Avis n°5 sur L'Aviation de combat, 2013

Avis n°6 sur L'Agence européenne de défense, 2015

Avis n°7 sur Les Programmes de systèmes de défense en coopération européenne, 2016

Avis n°8 sur La Stratégie européenne pour l'aviation proposée par la Commission européenne, 2016

Avis n°9 sur L'Avenir des lanceurs européens, 2019

© Académie de l'air et de l'espace, janvier 2020. Tous droits réservés.

Dépôt légal février 2020

ACADÉMIE DE L'AIR ET DE L'ESPACE

Ancien observatoire de Jolimont

1 avenue Camille Flammarion

31500 Toulouse – France

contact@academie-air-espace.com

Tél : +33 (0)5 34 25 03 80

www.academieairespace.com

Imprimé par :

Imprimerie ULZAMA

Pol. Ind. Areta, C/ Altzutzate, 53

31620 HUARTE – Navarre

www.ulzama.com

ISBN 978-2-913331-82-2

ISSN 2426 3931

Crédits images couverture : ESA, CNES

TABLE DES MATIÈRES

Résumé	5
1- Quelques rappels historiques.....	6
2- La situation actuelle	10
3- L'avenir	13
4- Intérêt des hommes pour ces missions.....	16
5- Les racines culturelles des vols habités.....	18
6- Les stratégies possibles pour les vols habités européens..	21
7- Un calendrier de décision à prévoir	26

RÉSUMÉ

Depuis le début de l'ère spatiale, l'Europe occidentale a envoyé plus de quarante astronautes dans l'espace en profitant de facilités offertes par les Soviétiques et les Américains et en participant à la Station spatiale internationale. Le financement de cette dernière, au moins sur la base des accords actuels, devrait après 2024, être modifié, voire abandonné. Le présent avis n°10 de l'Académie de l'air et de l'espace (AAE) pose la question d'une stratégie européenne pour la suite.

Cet Avis établit les raisons profondes pour que l'Europe poursuive ces vols. Il recense les diverses missions possibles, qui ne sont en définitive pas nombreuses, avec

leurs difficultés et leurs ordres de grandeur des coûts associés. Ne sachant pas quelles seront les règles en 2024, sont examinées les diverses voies possibles pour réaliser ces missions : de façon autonome, en coopération bilatérale ou multilatérale. Dans ce contexte, l'Académie plaide pour que l'Agence spatiale européenne et les agences des pays européens établissent une stratégie qui donne un plan de financement associé à destination des pays participants et au-delà vers tous les contribuables européens et une perspective à moyen terme pour les actuels et futurs astronautes.

1- QUELQUES RAPPELS HISTORIQUES

C'est le père de Spoutnik, Sergueï Korolev, qui lança le vol habité dont il avait depuis toujours été le promoteur. L'exploit de Gagarine et de ses successeurs a bien sûr contraint les Américains à répliquer. C'était la guerre froide. Les dépenses engagées comptaient peu face à l'enjeu politique. Cette première étape date des années soixante et s'est achevée par la fameuse « course à la Lune » que les États-Unis ont gagnée sur l'Union soviétique. Celle-ci n'a jamais pu développer le lanceur nécessaire à l'envoi d'un équipage. Après la mort de Korolev en 1966, les grands constructeurs soviétiques n'ont pas réussi à s'entendre. Naturellement, le régime a longtemps nié qu'il ait essayé d'aller sur la Lune et il a poursuivi un important programme de vols habités. Ce fut la période des stations spatiales Saliout de 1 à 7, puis de la station MIR, régulièrement desservies par des cosmonautes lancés par Soyouz.

Côté américain, le programme lunaire Apollo s'est arrêté aussitôt la course gagnée et les trois derniers lancements

prévus de Saturn V n'ont jamais eu lieu. Il y eut un essai de station avec le programme Skylab, une station basée sur la reconversion d'un troisième étage du lanceur Saturn, mais arrêtée assez rapidement pour laisser place au programme Shuttle de navette spatiale habitée. Les Américains ont alors tout misé sur le Shuttle jusqu'à l'accident de Challenger en 1986 qui a mis en lumière la grande difficulté du concept américain. Adieu l'abaissement du coût des lancements et adieu l'ouverture à des non-professionnels du voyage dans l'espace.

L'Union soviétique s'est lancée elle aussi dans le développement d'une navette appelée Bouran lancée par un puissant lanceur Energya. Celle-ci a effectué un unique vol d'essai en 1988 sans pilote à bord, puis le programme a été brutalement stoppé. Energya et Buran sont restés au sol. L'accident de Challenger a mis en doute la sécurité des vols de navette et a permis à l'ancienne génération d'ingénieurs soviétiques de défendre la robustesse du « vieux » système

Soyouz. Les coûts d'exploitation de Buran étaient aussi, comme ceux de la navette américaine, très élevés et, en aucun cas, l'Union soviétique de 1988 n'était capable économiquement de supporter de telles dépenses. Néanmoins, après la série des petites stations Saliout, elle a poursuivi son programme de station avec le développement et l'assemblage étalés sur la période 1986-1996 d'une grande station modulaire baptisée MIR (« paix » en russe), dont les modules étaient amenés en orbite par le lanceur Proton-K. En routine, la station était occupée par trois cosmonautes, les vaisseaux Soyouz assuraient la relève des équipages, et les Progress le ravitaillement. Même si les modules initialement prévus n'ont finalement pas pu être tous lancés pour des raisons budgétaires, la station MIR dans son état final avait une masse de plus de 130 tonnes. De très nombreuses expériences scientifiques y ont été menées, en particulier dans le domaine de la physiologie humaine, essentiel pour les vols de longue durée. 104 cosmonautes, appartenant à 20 pays, se sont relayés à bord de MIR pendant les 15 ans de son exploitation.

Pendant ce temps, les autres nations spatiales n'ont pas réalisé de projets autonomes dans le domaine des vols habités. Bien sûr, il y a eu le premier

Européen de l'Ouest⁽¹⁾ dans l'espace : Jean-Loup Chrétien a voyagé en 1982 puis en 1988 sur Soyouz et visité d'abord la station Saliout 7 puis la station Mir. Au total, huit missions à bord de Mir ont été réalisées par des astronautes français.

L'intérêt de l'ESA pour les vols spatiaux habités a été initialement focalisé sur l'exploitation scientifique du milieu spatial. Sur invitation de la NASA vers le milieu des années 1970, l'agence a développé Spacelab, un laboratoire spatial habité, consistant en un module habité ou des palettes porte-instruments scientifiques embarqués dans la soute de la Navette spatiale. En parallèle avec cette contribution européenne au programme de la Navette, l'ESA a eu l'occasion de recruter ses premiers astronautes en 1978, principalement destinés à être engagés sur des vols de Spacelab, mais pas exclusivement. Le corps des astronautes de l'ESA a été agrandi avec de nouvelles sélections en 1992, 1998 (inclusion d'astronautes nationaux européens) et 2009, jusqu'à comprendre 16 membres en 2017. Tous ces astronautes, en plus de quelques astronautes nationaux européens avant 1998, ont été engagés sur des missions de la Navette spatiale ou de Soyouz, avec les stations spatiales MIR et ISS comme destination fréquente, mais pas exclusive.

¹ Le premier Européen est en fait un Tchèque, Vladimir Remek, qui a volé en 1978 sur Soyouz 28.

Aujourd'hui (2019) et dans un avenir proche, tous les vols spatiaux d'astronautes de l'ESA ont/auront pour destination la Station spatiale internationale ISS. Deux astronautes de l'ESA ont aussi été engagés sur des missions de maintenance du télescope Hubble en 1993 et 1999.

En ce qui concerne les développements de véhicules habités autonomes, il faut citer la décision européenne de 1987 prise à la réunion ministérielle de La Haye. Elle a concerné une phase d'études de définition de trois ans d'un avion spatial Hermes et d'une station autonome MTF (*Manned Free Flyer*) desservie par Hermes et habitée uniquement lorsque l'avion spatial Hermes était présent. Ce sont les seules actions vers le vol habité hors des États-Unis et de l'Union soviétique. À cette époque, la Chine y pense peut-être mais n'a pas encore de programme visible en la matière.

En 1989, c'est l'effondrement du mur de Berlin. Cet événement va apporter une rupture considérable dans les programmes spatiaux et notamment ceux concernant le vol habité. Les Américains ont la crainte que la Russie ne vende sa technologie spatiale (et par conséquent balistique) dans le monde entier et particulièrement à des États « incontrôlables ». Ils n'ont cessé de vouloir contrôler les productions russes et de lier les développements russes aux leurs. C'est la période des « Joint-Ventures » (coentreprises)

entre les industries américaines et russes : Lockheed et Khrushchev pour le lanceur Proton ; Boeing et Yuzhnoye-Energia pour le lanceur Zenit. Mais surtout, les Américains obtiennent des Russes qu'ils abandonnent la station Mir et qu'ils deviennent partenaires à égalité sur la future station spatiale internationale (ISS) qu'ils ont à l'étude. Les Russes adhèrent. Ils détruisent la station Mir en 2001. Ils exploitent avec les Américains la Station spatiale internationale.

Côté européen, l'ouverture de l'ancienne Union soviétique va pousser les détracteurs du vol habité européen à soutenir qu'il ne faut pas se lancer seuls dans Hermes et MTF, mais s'appuyer sur la Russie. Les Américains souhaitent aussi que les Européens rejoignent l'ISS. Ils font la même offre aux Japonais et aux Canadiens. Les programmes Hermes et MTF en pâtissent, d'autant que l'on se situe en 1993, dans une période de récession économique. Ils sont stoppés à la conférence de Grenade fin 1992. En lieu et place, deux programmes allégés sont ultérieurement mis en place : un module de l'ISS, appelé Columbus, à maîtrise d'œuvre allemande avec une forte participation italienne, et le véhicule cargo ATV (*Automated Transfer Vehicle*) à maîtrise d'œuvre française qui est capable de s'arrimer automatiquement à la station pour la desservir. Le Japon développe à peu près les mêmes éléments, un module et un cargo. De temps en temps un astro-

naute européen se rend à l'ISS. C'est un droit donné au petit actionnaire qu'est l'Europe (environ 8% des parts de la station).

Sur cette base, l'Europe a continué à envoyer des astronautes dans la station internationale. La dernière sélection d'astronautes a eu lieu en 2009. Elle comprenait :

- Lucas Parmitano (Italie) qui a volé six mois en 2013, et de nouveau en 2019 en tant que commandant de bord ;
- Alexander Gerst (Allemagne) qui a volé six mois en 2014 et six mois en 2018 ;
- Samantha Cristoforetti (Italie) qui a aussi volé six mois en 2014-2015 ;
- Andreas Mogensen (Danemark) pour une mission de dix jours en 2015 ;
- Timothy Peake (Royaume-Uni) qui est resté six mois à bord de la station en 2015-2016 ;
- Thomas Pesquet (France) est le dernier de cette promotion. Il a volé six mois entre 2016 et 2017.

En 2003, la Chine a envoyé pour la première fois un homme dans l'espace, Yang Liwei et depuis cinq autres missions habitées ont eu lieu. Durant la mission spatiale habitée la plus récente, effectuée en 2016 avec le Shenzhou-11, la Chine a réalisé son premier séjour en orbite en plaçant deux taïkonautes, Jing Haipeng et Chen Dong, dans le laboratoire spatial Tiangong-2 pendant 30 jours. Le rythme du programme spatial habité chinois reste malgré tout très mesuré. Il n'y a plus de course à la Lune !

2- LA SITUATION ACTUELLE

La Station spatiale internationale est en place. Sa construction a été pratiquement achevée en 2009, même si des ajouts continus sont toujours en cours. Elle est depuis cette date occupée de façon permanente par six astronautes, américains, russes, canadiens, japonais ou européens. Pour les transports habités, la station est desservie uniquement par le lanceur Soyouz depuis la mise hors service de la Navette américaine. C'est un monopole de la Russie qui prendra fin lorsque les Américains auront qualifié un nouveau moyen de transport. Pour le ravitaillement, le Progress russe apporte continuellement des vivres et du matériel. Les Européens ont cessé leur contribution après cinq missions ATV très réussies. Les Japonais ont lancé quatre HTV et continuent. Des cargos américains Dragon (SpaceX) et Cygnus (Northrop-Grumman) rejoignent aussi régulièrement la station pour la ravitailler.

La NASA a sélectionné deux constructeurs, Boeing et SpaceX, pour assurer la rotation des équipages de la station. Le

Crew Dragon de SpaceX a effectué un premier vol sans équipage début 2019 et la capsule CST-100 de Boeing devrait suivre. La NASA finance une autre capsule, Orion, développée par Lockheed avec une participation d'Airbus, qui fournira, au moins pour les deux premiers vols, le module de service dérivé de celui de l'ATV. Mais cette capsule semble n'être destinée qu'à l'exploration planétaire et non à l'ISS. C'est la politique spatiale américaine qui veut distinguer l'orbite basse « commerciale » de l'exploration spatiale purement étatique.

Dans ce même esprit, la NASA a reçu mission d'ouvrir dès 2018 l'accès de la station à de nouveaux partenaires internationaux et d'élargir les utilisations commerciales de l'ISS afin d'amorcer les financements de sources privées pour l'entretien de la station. Cela devrait permettre aux États-Unis de mettre fin à leur support étatique direct à partir de 2025.

Les Russes, bien moins enthousiastes qu'au début pour cette coopération,

suivent. N'oublions pas qu'ils lancent encore tous les astronautes vers l'ISS et qu'ils n'ont plus les moyens économiques de redevenir indépendants comme au temps de MIR. L'espace russe est en pleine restructuration et les budgets sont bien plus contrôlés qu'autrefois.

En décembre 2016, les Européens ont décidé de poursuivre leur participation sur la même période. Les Japonais et les Canadiens ont adopté la même approche.

La station existe jusqu'en 2024. L'investissement dans la station représente plus de 135 (valeur 2017) milliards de dollars. Elle fonctionne. Il est difficile de refuser de poursuivre même si les résultats scientifiques obtenus dans l'ISS sont beaucoup plus minces qu'escomptés. Existe-t-il d'ailleurs un bilan des travaux scientifiques menés dans la station ? Il existe, mais peu de publicité lui est donné, ce qui signifie vraisemblablement que les résultats ne peuvent soulever l'enthousiasme des contribuables.

Quant à la Chine, elle poursuit l'envoi de stations en orbite basse. Après Tiangong 2, qui prend fin en 2019, les Chinois ont prévu de lancer une station de plus longue durée de vie en orbite, Tiangong 3, vers 2022. Ils invitent les autres nations à y participer.

Les projets de vols habités au-delà de l'orbite basse voient le jour. Ils ciblent la Lune préférentiellement. La NASA doit achever le développement du lanceur

lourd SLS qui rend possible ce type de mission. Elle envisage d'installer une station visitable au voisinage de la Lune (*Lunar Orbital Platform Gateway*). Celle-ci a pour but d'être un relais pour des missions robotiques ou habitées sur la surface lunaire et potentiellement vers d'autres corps, Mars ou astéroïdes. Les États-Unis sont ouverts à des partenariats internationaux mais clairement sous leur direction. Il est actuellement difficile de savoir si l'idée de village lunaire défendue par l'Agence spatiale européenne s'inscrira dans ce projet américain.

La Chine a aussi des ambitions pour des missions lunaires. Elle vient de faire atterrir une sonde sur la face cachée de la Lune et de mettre en orbite autour de la Lune un satellite relais de télécommunications. Sa détermination à poursuivre un programme robotique et sans doute habité, dont une station lunaire permanente, dans ce domaine ne fait pas de doute.

Les enseignements du programme de la Station spatiale internationale ISS

L'intérêt principal du programme de l'ISS est très probablement d'avoir réussi à fédérer avec succès les forces de la plupart des nations les plus avancées autour d'un projet international très ambitieux. Cette coopération qui dure depuis 25 ans a résisté à toutes les

difficultés et aléas de tous genres, en particulier :

- la perte de la navette Columbia en 2003, créant un doute majeur sur la poursuite des opérations d'assemblage de la station et conduisant finalement au retrait des navettes, la relève des équipages ne reposant plus maintenant depuis plus de huit ans que sur le seul système russe Soyouz ;
- les tensions diplomatiques avec la Russie (Crimée, Donbass) ;
- les changements de gouvernements, de majorité et donc de politique dans la plupart des pays coopérants ;
- la crise financière majeure en 2008 et ses prolongements les années suivantes, avec des difficultés budgétaires en particulier du côté russe, ...

3- L'AVENIR

Jusqu'en 2024, et même sans doute au-delà, les vols habités vont continuer à être le monopole de la Station spatiale internationale, à l'exception du seul programme chinois qui progresse à son rythme. Quelle stratégie pour l'Europe après l'ISS ? C'est à cette question que la présente analyse tente de répondre.

Quelles sont les missions possibles pour les vols habités ?

Nous voulons recenser ici, dans un premier temps, toutes les missions qui sont physiquement envisageables pour des équipages, sans se préoccuper des besoins auxquels répondent ces missions. Il est possible d'en faire le recensement car les possibilités ne sont pas si nombreuses. Il est aussi possible d'en évaluer grossièrement les coûts, pour avoir en tête quelques ordres de grandeur.

Les hommes habitent une station ou des stations en orbite autour de la Terre. C'est

la continuité avec la situation d'aujourd'hui, même s'il peut y avoir plusieurs déclinaisons possibles suivant les plans d'orbite choisis. La coopération russo-américaine a contraint au choix d'une orbite inclinée à 51° maximisant l'emport depuis Baïkonour. Un autre choix d'orbite pourrait en faire une meilleure base de départ pour quitter la Terre et réaliser des missions extérieures habitées ou automatiques.

Y aurait-il une ou plusieurs stations ? Raisonnablement, une seule station suffirait, mais la rivalité américano-chinoise pourrait persister. La Russie pourrait (difficilement) reprendre son indépendance. L'Inde pourrait se lancer aussi dans l'aventure. Le plus vraisemblable est d'imaginer un monde à deux stations, une chinoise et une américaine. D'autres pays, l'Europe, le Canada, le Japon ou d'autres émergents pourraient s'associer à ces stations. Tout dépendra de la situation géopolitique des années à venir...

Les coûts de ces stations pourraient être moins élevés que celui de l'ISS qui est d'environ 135 milliards de dollars 2017. Cela dépend de leur taille et de leur fréquence d'habitation. Mais peut-on envisager de disposer d'une station pour dix fois moins ? Peut-être pas, mais pour le tiers, cela semble plus réaliste. Prenons comme référence une **quarantaine de milliards de dollars 2017**.

Les hommes peuvent retourner sur la Lune. Techniquement, cela a été fait, en prenant des risques qu'on ne prendrait peut-être plus aujourd'hui. Par exemple, le retour de la Lune s'effectuait sur un monomoteur !

Mais ces missions restent faisables. Leurs coûts restent très élevés. N'oublions pas que la propulsion spatiale n'a pas connu de saut technologique pour les fortes poussées nécessaires. Il faut prévoir pour ce type de mission des lanceurs qui sont de la classe de la Saturn V américaine ou la N1 soviétique. Ils sont capables de mettre une centaine de tonnes en orbite basse et pèsent vers les 3000 tonnes au décollage. Le futur lanceur de la NASA, le SLS, aura une capacité un peu inférieure, 70 tonnes en orbite basse. Le nouveau lanceur européen Ariane 6 sera capable de 20 tonnes en orbite basse et de 8,5 tonnes en orbite de transfert lunaire. Avec eux, faudra-t-il prévoir de l'assemblage en orbite, ce qui introduit une autre forme de complexité et donc des coûts élevés ? Le

programme Apollo a coûté 175 milliards de dollars 2017. Le coût d'un retour vers la Lune serait sans doute du même ordre de grandeur, autour de **150 milliards de dollars 2017**.

Une station placée sur une orbite proche de la Lune, autour des points de Lagrange L1 ou L2 du système Terre-Lune ou circumlunaire pourrait, comme le pensent les Américains, servir de station intermédiaire pour des missions lunaires ou vers les autres corps du système solaire. Ce serait peut-être plus avantageux qu'une station installée sur la Lune. Moins de dépenses d'énergie pour son ravitaillement, pas de problème de poussières... Cependant, les coûts d'une telle mission ne devraient pas être très différents des missions lunaires.

La dernière mission envisageable est une visite habitée de Mars. C'est une mission très ambitieuse dont la faisabilité n'est pas encore certaine. Elle nécessite certainement des envois précurseurs pour préparer l'accueil des hommes sur le sol de Mars, la mise en place de moyens de télécommunications et de navigation autour de Mars et encore la mise en place de moyens sur et autour de la planète pour assurer le retour des hommes. Il n'est en effet absolument pas question d'envoyer des hommes sans retour. Aucun gouvernement (car ce genre de mission est hors de portée de financements privés) ne pourrait accepter une telle éthique !

Une mission vers Mars serait très onéreuse. Des estimations grossières indiquent qu'une mission martienne se situerait un ordre de grandeur au-dessus du coût de la Station spatiale internationale. On peut l'estimer à plus de **1000 milliards de dollars**. C'est sans doute la raison pour laquelle on en parle souvent mais aucun gouvernement n'a jamais osé prendre la décision officielle de la financer.

Il n'existe pas d'autres missions possibles. Mercure et Vénus sont trop chauds. Les grandes planètes gazeuses engloutiraient les véhicules et les hommes. Leurs satellites sont trop froids ou, comme Io, soumis à des volcanismes dangereux et des rayonnements intenses. Quant à sortir du Système solaire, ce n'est absolument pas envisageable avec les technologies actuelles ou même seulement prévisibles dans les décennies à venir.

4- INTÉRÊT DES HOMMES POUR CES MISSIONS

Nous sommes en droit de nous poser la question de l'intérêt, compte tenu des coûts, de ces missions habitées. Les hommes sont-ils indispensables pour les objectifs de mission recherchés ? Il faut donc définir plus finement les objectifs.

Ils peuvent être à caractère scientifique, à des fins de services publics, à caractère commercial ou encore à caractère culturel.

Parmi les missions possibles, en y aurait-il à **vocation commerciale** ? Il est difficile de croire que des activités minières dans le Système solaire avec le retour de matériaux sur Terre puissent être rentables. Il faut avoir à l'esprit qu'une mission spatiale ne permet pas de transporter des masses importantes. Chacune des missions lunaires Apollo n'a rapporté finalement que trois spationautes et leurs bagages : des pellicules de films et des pierres de Lune. En gros, il s'agit de 300 kg utiles au retour pour plus de trois millions de kilogrammes sur le pas de tir. Le bilan est de un pour dix mille. Alors ceux qui pensent que l'on pourrait avoir

une application commerciale en rapportant des matières de Mars, d'astéroïdes ou de la Lune, sont dans la science-fiction. Imaginons un instant que nous ayons un moyen de ramasser des corps extrêmement précieux qui valent au kilogramme 100 fois le prix de l'or. Si nous savons en rapporter 50 kg par lancement, on pourrait en obtenir 150 millions d'euros environ, ce qui ne suffit même pas à payer le gros lanceur utilisé. On oublie aussi d'amortir les coûts totalement inconnus, mais certainement très élevés, des systèmes d'extraction et de couvrir les coûts d'opérations. Pourtant certains s'emballent pour le retour d'hélium 3 de la Lune. Il est vrai qu'on pourrait produire de l'énergie par fusion nucléaire à partir de cet hélium 3. Mais, outre que cela n'a jamais été réalisé, il faut avoir en tête que la proportion d'hélium 3 contenue dans le régolite lunaire est faible, de l'ordre de 10^{-8} à 10^{-9} . Il faut extraire au moins 100 millions de kilogrammes de régolite pour obtenir un kilogramme d'hélium 3 ! Il est inconcevable de faire cette opération de sépara-

tion sur Terre et il faut donc construire une usine spécifique directement sur la Lune. Cette usine et la mine qui l'alimente sont des investissements aux coûts totalement inconnus. Sont-elles même réalisables ?

Rappelons que les grandes applications commerciales de l'espace, les télécommunications ou l'observation, n'utilisent que des échanges de photons qui ont des masses nulles.

Les hommes sont-ils utiles pour les **missions scientifiques** ? La réponse des scientifiques eux-mêmes est nettement négative. Leur raisonnement est simple. Pour le coût d'une mission habitée, on peut financer de très nombreuses missions robotiques. D'ailleurs, on peut penser qu'au fur et à mesure des progrès des robots, des drones et de l'intelligence artificielle qui progressent tous les jours, ils ne changeront pas d'avis.

Il y a même un aspect qui touche à l'évolution des mentalités. Il est de moins en moins admis de mettre des hommes dans des situations à risque. Les pays qui maîtrisent les technologies spatiales, lorsqu'ils font la guerre, recherchent le « zéro mort ». Sans l'aiguillon de la confrontation politique, comme au temps de la guerre froide, les raisons qui poussent à envoyer des hommes dans des milieux hostiles s'effritent progressivement.

Néanmoins, les scientifiques reconnaissent que si des vols habités sont réalisés, ils chercheront à utiliser les hommes pour servir au mieux leurs objectifs de missions.

On ne voit pas non plus de missions à caractère de **service public** soutenir l'exploitation d'une station orbitale, ou encore des voyages habités vers la Lune, Mars ou des astéroïdes.

5- LES RACINES CULTURELLES DES VOLS HABITÉS

Ce rapide tour d'horizon montre que les missions habitées ne peuvent se comprendre sans évoquer **leur caractère éminemment symbolique et leur résonance culturelle.**

Il est un fait indéniable : la popularité des vols habités est forte dans tous les pays du monde. Dès que les astronautes font des conférences, on peut être assuré de larges succès d'audience. Leurs missions sont racontées dans les grands journaux et les grands hebdomadaires. Les télévisions s'arrachent leurs interviews et leurs participations. Ils suscitent constamment l'engouement du public. Ils sont admirés, peut-être pas comme des héros, mais comme les représentants audacieux de tout ce monde obscur d'ingénieurs et de techniciens qui réalisent les missions et démontrent la haute technicité de leur pays. On observe que les missions spatiales avec des astronautes sont des sources d'inspiration pour la jeunesse et que l'impact sur les orientations scolaires et universitaires est réel, avec un effet d'entraînement en faveur des carrières

scientifiques en général. Il y a donc incontestablement un soutien populaire aux vols habités dans l'espace.

Dans sa nature, cet engouement n'est sans doute pas très éloigné de celui qui existe pour les autres grandes aventures : l'escalade des plus hauts sommets, les courses à la voile autour du globe, les traversées des continents arctique et antarctique, ... Mais il est bien plus fort parce que l'ampleur de l'effort demande la participation de toute une nation. C'est du fait même de sa charge symbolique que l'envoi d'hommes dans l'espace est perçu comme une démonstration de puissance et de savoir-faire. Pourtant cet « exploit » ne rend pas plus puissant, à la différence par exemple de la possession de l'arme nucléaire, il ne fait que montrer, démontrer la puissance parce que les hommes en général, de tous pays, y attachent de la valeur, une valeur non marchande, symbolique encore une fois, et reconnue, qui fonde le prestige. Il n'est pas indifférent, du reste, que cette démonstration soit, au moins jusqu'à présent, fondamentalement

pacifique. Reste à savoir quels sont les fondements culturels, voire anthropologiques, de cette « valeur ».

Pour certains, comme les astronautes Jean-Loup Chrétien ou Claude Nicollier, l'homme est un explorateur né. Le « gène », ou, d'un autre point de vue, le « besoin » de l'exploration est en lui depuis la nuit des temps, pour l'aider à survivre et faire survivre sa descendance. Certains vont même jusqu'à prétendre qu'il s'agirait d'une évolution darwinienne : il y a 300 millions d'années, la vie animale sortait du milieu aquatique pour s'étendre à la terre ferme. Bientôt, elle pourrait quitter la seule Terre pour d'autres astres... Ainsi le dirigeant de SpaceX, Elon Musk, pense que notre planète bleue va rapidement se trouver insuffisante pour son importante population et qu'il convient de conquérir au plus vite d'autres espaces. Cependant, on ne peut ni adhérer à l'idée que cette action puisse avoir lieu à court terme (car c'est une supercherie de laisser croire que l'humanité pourra en partie se déporter vers d'autres destinations dans les décennies à venir) ni même considérer qu'il s'agit là d'une perspective défendable, dans la mesure où cette logique conduit de fait à reléguer au second plan la sauvegarde écologique de notre planète.

En fait, indépendamment des raisons affichées, cet intérêt très répandu pour l'homme dans l'espace est avant tout l'ex-

pression d'une certaine civilisation ; historiquement, il a eu partie liée avec l'idéologie de la croissance infinie, de la conquête et de l'appropriation, mais il semble aujourd'hui tendre vers une approche plus respectueuse de l'environnement « universel » et même à s'en faire le chantre, comme le montrent les commentaires de tous les astronautes.

À court et moyen terme, le vol habité reste une affaire d'émotions, et ceci ne lui enlève rien. Il est l'expression au plus haut niveau de l'aventure humaine. Dans son discours du quarantième anniversaire du CNES, le philosophe Michel Serres faisait valoir que les hommes ont toujours eu la vocation d'accroître leurs connaissances, mais que ces connaissances incluaient l'*expérience*. Ce mot, rappelait-il, vient de deux prépositions, *ex*, qui signifie le départ de notre environnement et *per*, qui décrit le passage dans un nouveau milieu. Il ajoutait que l'expérience véritable est vécue par le corps et pas seulement l'esprit. Malgré notre monde de communications, de réalité virtuelle et d'intelligence artificielle, le public attache encore beaucoup d'importance au « corps » et à l'audace. Il vit l'expérience de l'astronaute par procuration et communique avec son aventure.

De tout cela, les dirigeants politiques sont plus ou moins clairement conscients. D'où leur soutien, plus ou moins actif mais jamais annulé, au vol habité. Ainsi, bien

que ses motivations fondamentales ne soient ni scientifiques, ni commerciales, ni même strictement rationnelles, le vol habité continuera, même si son prix est plus élevé que celui de l'espace robotique : les deux ne se comparent pas, appartenant à des registres fondamentalement

différents. Cependant, il faut redire que, une fois l'homme présent dans l'espace pour telle ou telle mission d'essence symbolique, il peut y accomplir bien des tâches technologiques et scientifiques de première importance.

6- LES STRATÉGIES POSSIBLES POUR LES VOLS HABITÉS EUROPÉENS

Avec ce qui vient d'être dit, il va de soi que l'Europe, qui est une des grandes puissances spatiales, ne peut renoncer à une politique d'envoi d'Européens dans l'espace. Il y a alors deux voies pour établir une stratégie : la première est d'opter pour une indépendance européenne, la seconde est la voie de la coopération.

La voie des vols habités européens indépendants

L'Europe reviendrait à la stratégie qu'elle avait voulu mettre en place en 1987, à la conférence ministérielle de La Haye. À l'époque, on avait envisagé un moyen de transport autonome, l'avion spatial Hermes, et une station orbitale indépendante, MTFP (*Man-Tended Free Flyer*), visitable par Hermes et ses équipages. Notons que depuis cette date, et malgré l'arrêt de ces deux programmes, l'Europe a accru ses compétences technologiques dans les domaines de la rentrée et de la vie en orbite. Il y a eu la démonstration de rentrée d'une capsule ARD (*Ariane*

Reentry Demonstrator), et celle du IXV (Véhicule expérimental intermédiaire) lancé par Vega, qui ont donné totale satisfaction. Il y a eu le développement du cargo ATV lancé par Ariane et qui a desservi avec succès cinq fois la Station spatiale internationale, réalisant notamment des rendez-vous orbitaux automatiques, ce que ni les Américains, ni les Russes n'avaient réalisé auparavant. Enfin, les Européens ont développé le module pressurisé Columbus, attaché à la station, ainsi que la Cupola, montée à un nœud de la station et d'où les astronautes ont une vue magnifique sur la Terre. Pour faire au plus simple, l'avion spatial Hermes serait remplacé par une capsule de type Orion lancée par Ariane 6 et la station visitable serait dérivée de Columbus et de l'ATV. Réaliser des vols habités en orbite basse autour de la Terre ne constitue donc plus un saut technologique important pour l'Europe.

Néanmoins, force est de constater qu'en Europe, la notion d'astronaute européen

ne suscite pas l'engouement. Même si tous les astronautes sont entraînés et payés par l'Agence spatiale européenne, leur attrait se limite à leur propre pays. Les Français ne s'intéressent qu'aux astronautes français, les Allemands qu'aux astronautes allemands et ainsi de suite. Cela démontre une fois de plus le caractère symbolique de ces aventures humaines et leur résonance très forte au sein des communautés nationales. Mais, à un moment où l'Europe cherche un second souffle, on peut penser qu'un programme de vols habités purement européen pourrait apporter un peu de rêve aux Européens et redonner un élan nouveau en faveur de l'Europe. Nous pouvons facilement imaginer l'enthousiasme commun à toute l'Europe qui se produirait lors d'un lancement de Kourou d'un équipage entièrement européen à destination d'une station, même simple, mise en place par l'Europe.

Budgétairement, il n'est pas évident que les coûts de ces développements soient très supérieurs aux contributions demandées dans des programmes en coopération forcément plus ambitieux. Si l'on s'en tient à un programme d'ambition modérée comme évoqué précédemment, les coûts peuvent être contenus dans des enveloppes bien définies. Ce n'est pas aussi évident dans des programmes en coopération plus complexes dans lesquels les minoritaires n'ont pas toujours la possibilité de ne pas suivre.

Le choix entre une stratégie d'indépendance et une politique de coopération est un choix éminemment politique. Avant de trancher, il est donc important d'aborder aussi la voie de la coopération.

Quelle politique d'alliance mettre en place ?

L'Europe pourrait défendre l'idée que le vol habité concerne l'ensemble de l'humanité et qu'en conséquence, les futurs programmes en la matière devraient se placer dans un cadre international incluant toutes les nations spatiales qui le souhaitent. Les efforts d'harmonisation du Groupe international de coordination de l'exploration spatiale (ISECG) sont appréciables, mais il faudrait aller plus loin. En clair, il conviendrait d'accueillir la Chine et l'Inde dans le consortium actuel de la Station spatiale internationale. Ce futur programme de vols habités pourrait devenir une aventure exemplaire pour le monde entier démontrant que les nations sont capables de coopération et de construire ensemble de grands projets. Nul doute qu'une telle coopération serait un facteur de dialogue et de paix dans notre monde si concurrentiel. Cela pourrait contribuer à éviter le repli sur soi des nations, un danger qui semble s'amplifier.

Cette coopération pourrait prendre la forme d'un accord gouvernemental international ad hoc entre toutes les nations concernées. Les nations européennes signataires délégueraient l'Agence

spatiale européenne pour exécuter cet accord. Celui-ci fixerait l'objectif de cette vaste coopération et les grands éléments qui devraient être développés pour le satisfaire. Les partenaires contribueraient en nature. L'accord devrait être suffisamment souple pour que les partenaires puissent choisir les grands éléments auxquels ils comptent contribuer, soit seuls, soit en équipe au sein de sous-groupes de leur choix. Il est bien évident que l'engagement de réalisation devra s'étendre à la maintenance au cours de la vie opérationnelle. Toutes les infrastructures réalisées au titre de cet accord devront être ouvertes à l'utilisation de tous selon des règles convenues entre tous.

L'accord contiendrait aussi les règles de gouvernance du programme, incluant la désignation et la composition d'un architecte de système chargé de la définition et de la qualification de l'ensemble ainsi que de la gestion des interfaces entre les grands éléments. Cet architecte veillerait au respect des règles de sûreté de fonctionnement et de sauvegarde des équipages si importantes dans les programmes de vols habités. Par contre, une grande liberté serait laissée aux responsables des grands éléments dans leurs conceptions, leurs choix technologiques et leurs approvisionnements en composants. Chacun des grands éléments devrait cependant satisfaire aux exigences établies par le système, comme dans tout grand programme. Il conviendrait aussi de

définir les règles de gestion des modifications qui ont une influence sur le système, en veillant à ce que la méthode de répartition des impacts financiers soit bien définie.

Dans ce domaine, la longue expérience de coopération entre les nations européennes pourra être judicieusement mise à contribution pour établir un accord ni inutilement procédurier, ni inutilement complexe. Il s'agit de viser le juste nécessaire pour obtenir la maîtrise du système avec la plus grande efficacité possible.

Malgré la volonté européenne d'obtenir un accord de partenariat avec le maximum de nations spatiales, il se pourrait que d'autres nations le refusent. Dans ce cas, l'Europe doit maintenir son indépendance dans le choix de ses coopérations. Elle doit être libre de choisir les coopérations qu'elle entend mener, avec la Chine, les États-Unis, la Russie ou encore l'Inde si cette dernière développe un programme de vols habités. Elle ne devrait en aucun cas se soumettre à des clauses d'exclusivité.

Coopérations bilatérales à étudier sur le vol habité

Si l'Europe souhaite aller au-delà des vols habités en orbite basse autonomes comme décrits précédemment, elle se doit d'analyser des coopérations bilatérales qui lui permettent des missions plus ambitieuses, comme participer à la reconquête de la Lune, et aussi lui assurent un rôle plus déterminant dans la conduite du

programme. Compte tenu de ce dernier point, le partenaire ne semble pas pouvoir être la Chine ni les États-Unis. Ces pays veulent affirmer leur rôle de leader dans toute coopération. Il reste l'Inde et la Russie.

L'Inde a quelques ambitions lunaires mais ses budgets dans le domaine restent très limités, loin des montants nécessaires pour des vols habités.

Il reste à analyser une coopération à parts égales avec la Russie. Le rappel historique du début de cette note montre que la France et l'URSS et à la suite l'Europe et la Russie ont su coopérer dans le domaine des vols habités avec le lancement de nombreux astronautes. L'Agence spatiale russe Roskosmos et l'Académie des sciences ont présenté récemment un programme lunaire. Le pouvoir politique semblerait favorable à une telle action qui redonnerait un élan de fierté nationale, comme la conquête spatiale en Russie l'a toujours fait. Mais il n'a mis en place aucun financement pour ce programme et il soutient une recherche de coopération parce qu'il n'a plus les moyens financiers nécessaires pour le conduire seul. C'est d'ailleurs le point crucial. Depuis plusieurs années, l'espace russe est entré dans un mode de survie. Il vit uniquement de ses acquis et n'innove plus. Des acteurs russes en témoignent et le déplorent. Une coopération avec la Russie ne pourrait s'entendre que si l'État russe avait un

engagement fort à mettre les moyens dans le programme lunaire envisagé.

Bien évidemment, on peut aussi avoir quelques doutes sur l'enthousiasme des Européens à coopérer avec la Russie actuellement, mais cette recherche de coopération pourrait être l'une des voies pour renouer le dialogue avec elle. On peut faire remarquer que la coopération spatiale a toujours été menée dans le passé alors que des divergences politiques importantes existaient.

Quels objectifs pour un programme international de vols habités ?

Il est difficile de définir unilatéralement les objectifs d'un futur programme. Cependant, parmi les missions possibles qui ont été évoquées précédemment, il conviendrait de trouver le bon compromis entre les dépenses à engager et l'attractivité de la mission vis-à-vis du public, puisque c'est essentiellement pour lui qu'elle doit être accomplie. Sans la définir, on pourrait privilégier une mission assez ambitieuse pour offrir un réel défi, ayant un caractère de nouveauté après plusieurs dizaines d'années d'exploitation de la station internationale, mais tout de même très réaliste. Sa faisabilité devrait être acquise sans trop de difficulté, car il ne faut pas oublier que l'exploit se situe autant dans le domaine de la coopération mondiale que dans celui de la réussite technique.

Quelles contributions l'Europe devrait-elle viser ?

Il est difficile d'être précis dans ce domaine également puisque le système à développer n'est pas défini. Mais on peut faire une liste des travaux où l'Europe a démontré sa maîtrise de façon incontestable.

Depuis le programme Spacelab, puis le module Columbus et la Cupola attachés à la Station spatiale internationale, l'Europe a montré son savoir-faire dans la réalisation de modules pressurisés et dans le support vie. Avec le développement du cargo de ravitaillement de la station, l'ATV, la maîtrise du rendez-vous automatique a été prouvée, ouvrant la voie de l'assemblage en orbite sans doute nécessaire dans de futures grandes missions. La participation de l'Europe à la capsule habitée Orion, sous la forme de la réalisation de son module de service, elle-même tirée de l'expérience ATV, peut trouver des

applications sur le ou les modules de services qui ne manqueront pas d'apparaître dans le futur programme international. On peut rappeler aussi que l'Europe est peut-être la seule à avoir envoyé une sonde autour de la Lune en utilisant uniquement la propulsion électrique pour le transfert depuis l'orbite terrestre.

Voilà donc quelques éléments auxquels l'Europe pourrait participer efficacement. Un critère de sélection pourrait être proposé. Qu'un ou plusieurs éléments donnent une visibilité remarquable de l'action de l'Europe au sein de cette aventure. Qu'une fierté européenne ressorte de la réalisation et de l'exploitation de ce programme. Il faut faire en sorte que les Européens ressentent leur action positive dans le concert des nations, ce qui ne pourrait pas être fait isolément par une quelconque des nations européennes. Cela doit être un objectif politique essentiel des vols habités européens.

7- UN CALENDRIER DE DÉCISIONS À PRÉVOIR

La Station spatiale internationale sera exploitée à coup sûr jusqu'en 2024 et peut-être même au-delà si les coûts de maintenance ne deviennent pas rédhibitoires. Cependant, le ou les grands programmes de vols habités qui vont suivre commencent à se dessiner de plus en plus nettement. Nous avons fait remarquer que les décisions sont autant de nature technique que politique avec sans doute des allers et retours entre ces deux niveaux. Il faudra par conséquent du temps pour définir dans quel cadre coopératif l'Europe souhaite s'engager ou si elle décide d'agir de façon autonome. C'est au plus haut niveau des gouvernements européens de décider et nous savons qu'en Europe, le processus de décision peut être long. Ensuite, il faut encore du temps pour arrêter des financements et des calendriers crédibles, d'autant que certaines options de ces programmes peuvent être réalisées dans un contexte international nouveau.

L'Académie de l'air et de l'espace lance la réflexion, mais c'est aux agences spatiales européenne et nationales d'aller plus loin et notamment d'approfondir les différentes possibilités : programme autonome, en coopération bilatérale, en coopération multinationale. Chacune de ces voies mérite d'être explorée, analysée et comparée. Dans ce sens, l'AAE recommande de mettre en place dès à présent un calendrier d'actions (*road map*) qui aboutisse à définir avec précision la stratégie européenne des vols habités pour la décennie à venir.