

## Les grands progrès en matière d'utilisation de l'espace: quelques réflexions et quelques réalisations.

*Les Activités Spatiales doivent nous interpeller non seulement par le rêve qu'elles nous apportent chaque jour, mais surtout par les retombées à la fois scientifiques et technologiques, directes et mais aussi indirectes et imprévisibles.\**

Le 4 octobre 1997, nous célébrerons le 40<sup>ème</sup> anniversaire du lancement du premier satellite artificiel de la Terre; il se présentait sous la forme d'une sphère en aluminium de 83.6 kg et de 58 cm de diamètre, dotée de quatre antennes et de deux émetteurs radio qui envoyèrent au monde entier, pendant 21 jours, les "bip-bip" annonçant la naissance de l'ère spatiale. Un demi-siècle d'activités spatiales nous permet d'envisager les cinquante prochaines années sur des bases beaucoup plus solides que les pionniers de l'espace. Faut-il rappeler quels étaient ces pionniers, des précurseurs isolés, voire marginaux: le professeur russe de Kalouga (de père Polonais), Konstantin Tsiolkovski (1857-1935), l'ingénieur américain Robert Goddard (1882-1945), l'Allemand d'origine hongroise, Hermann Oberth (1894-1989), et leurs émules, qui lancèrent avant 1937, les premières petites fusées à propergols liquides. A ces pionniers visionnaires succédèrent les ingénieurs responsables de grands projets spatiaux: Wernher von Braun (1912-1977), Sergueï Korolev (1907-1966),... Citons aussi deux expatriés belges qui ont joué un rôle important dans la conquête de l'espace: André Bing qui déposa en 1911, un brevet sur le principe de la fusée gigogne, qui permet d'atteindre une altitude presque indéfinie par un système de fusées successives dont chacune est abandonnée aussitôt qu'elle est consumée, et Karel Bossart qui est considéré à juste titre, comme le père de la fusée américaine ATLAS. Ces pionniers de l'espace avaient un rêve ..., nous, nous le vivons.

L'espace est un rêve de toujours, mais aujourd'hui c'est un nouveau territoire que nous commençons tout juste à explorer. Comme toutes les explorations, celle de l'espace enrichit nos connaissances, tout en offrant de nouvelles possibilités et de nouvelles ressources.

L'effort de recherche nourrit ainsi la richesse culturelle, scientifique, technologique et économique des puissances spatiales plus particulièrement, mais aussi du monde entier. De plus, l'accès à la dimension spatiale a bouleversé notre perception de l'Univers et de la place que nous y occupons: nous ne considérons plus l'homme comme le maître d'une Terre aux ressources infinies, mais comme un individu embarqué sur "*le vaisseau spatial Terre*", habitat fragile et relativement petit, voguant dans les profondeurs de l'espace.

La recherche spatiale est un défi pour notre imagination en matière de réalisations techniques et aborde l'étude de questions fondamentales pour l'humanité.

Explorer est un désir constant de l'homme qui cherche à aller toujours plus loin. Le but ultime est la connaissance de l'univers, de son origine et de son évolution, et de la place que nous y occupons.

Parmi les questions à étudier figurent la formation des étoiles et la physique de l'accrétion qui régit la formation des galaxies et des trous noirs.

L'utilisation de grands télescopes spatiaux nous permettra d'établir l'âge des populations stellaires les plus anciennes. Nous savons à présent que nous sommes tous constitués de cendres d'étoiles mortes et que connaître

notre univers, c'est connaître nos origines. L'univers ne se contente pas de nous héberger mais il nous a engendré. Dans ce domaine, astrophysique, cosmologie et physique fondamentale sont étroitement liées. L'"*infiniment petit*" rejoint ici l'"*infiniment grand*". Trois questions principales de physique fondamentale que l'espace (seul sans doute) permettra de traiter sont la détection des ondes gravitationnelles, le principe de l'équivalence entre la masse inertielle et la masse gravifique, et la relation entre la matière et la courbure de l'espace-temps. Les expériences menées dans l'espace nous permettront de mettre à l'épreuve la relativité générale d'Einstein.

Les sciences de la Terre, géodésie, climatologie et océanographie, nous aident à évaluer les grandes menaces qui pèsent sur la planète. Le système atmosphère/océan est une machinerie complexe dont la compréhension, indispensable pour le bien-être futur de l'homme, nous fait toujours défaut. De même, la structure et la dynamique de l'intérieur et de la croûte de la Terre doivent être explicitées. Des systèmes satellitaires permettent déjà de mesurer les déplacements de surface avec une précision centimétrique. Le but ultime pourrait être de prédire des catastrophes comme les tremblements de terre, les éruptions volcaniques et les inondations.

L'environnement de microgravité représente une ouverture unique pour la recherche en sciences des fluides, des matériaux et de la vie. Ce nouveau domaine de la recherche bénéficiera de l'existence de la station spatiale et pourrait grandement améliorer notre connaissance des processus biologiques et physiques, menant à des applications pratiques réalisées sur Terre.

Les télécommunications ainsi que les systèmes de positionnement (GPS = *Global Positioning System*) ne s'imaginent plus sans satellites.

La recherche scientifique dans l'espace n'est pas seulement un défi intellectuel, c'est beaucoup plus, elle est un stimulant pour les développements technologiques; elle demande des développements permanents très poussés dans les domaines de la miniaturisation des systèmes, des détecteurs de lumière, des matériaux nouveaux, de la cryogénie, des mécanismes, et j'en passe... Les ingénieurs de projets spatiaux sont en permanence poussés aux limites de la physique et de la technologie, par les scientifiques du projet, qui ne tarissent pas d'idées nouvelles pour atteindre leurs objectifs scientifiques.

La recherche spatiale donne lieu à des sous-produits et des développements pour nos applications de tous les jours, souvent inattendus, comme ce fut aussi le cas des développements militaires et de leurs spin-off en période de crise ou de guerre. Notre espoir à tous est donc que les énormes budgets consacrés à la recherche militaire puissent petit à petit être déviés vers les activités spatiales.

La NASA a recensé plus de 30.000 retombées de la technologie spatiale, dans la vie de tous les jours au cours de ces 27 dernières années, dans les domaines les plus divers: *médecine, sécurité, domotique, loisirs, biens de consommation, environnement et management des*

\* Pierre ROCHUS, Directeur de Recherche et Développement, au Centre Spatial de Liège.

*ressources, agriculture, alimentation, technologies de fabrication, productivité industrielle, informatique, énergie, construction, transports, analyse des structures...* De toute évidence, la recherche spatiale est un moteur puissant de l'avancée technologique. A ce jour, cette véritable "mine d'idées" reste trop peu secondée par une recherche efficace des retombées possibles. Il faut véritablement susciter ces *spin-off*; ils ne viennent pas naturellement, sans effort. Celui qui maîtrise la technologie spatiale, n'est pas au courant des besoins possibles dans la vie de tous les jours, il n'est pas à même d'évaluer le marché, il n'est pas capable d'en faire le marketing et il ne peut s'investir dans des développements qui l'écartent de ses activités premières: il faut donc une décision politique ainsi qu'un support financier et technique pour induire un maximum de sous-produits du spatial.

"Ces expériences spatiales coûtent cher", me direz-vous; tout est relatif: le coût de la fameuse mission sur Mars "PATHFINDER", qui est à la une de tous les journaux, est comparable à celui d'une équipe de football italienne, qui ne fait finalement pas vibrer plus de personnes. Je voudrais aussi insister sur l'importance de faire de la recherche spatiale (et de la recherche fondamentale), à un niveau suffisant, à l'époque de la troisième révolution industrielle, où technique et science ne font plus qu'un; je donnerai deux exemples pour vous en convaincre: un exemple pratique de la vie de tous les jours et un exemple historique.

*Exemple "pratique"*: le laser est devenu un produit "commun", aux applications les plus diverses; il est utilisé en médecine comme bistouri, dans les grandes surfaces aux caisses enregistreuses, en soudage, dans les lecteurs de CD, en nettoyage de façades, dans les télécommunications du futur, .... C'est pourtant un produit "noble", issu d'études très théoriques, faites par A. Einstein sur l'interaction de la lumière sur la matière. Ces études ont conduit à l'existence physiquement possible, d'une source monochromatique, cohérente, très concentrée et presque parfaitement parallèle. Longtemps, les physiciens l'ont considéré comme un objet irréalisable. Le LASER a finalement été construit après beaucoup de difficultés et de nombreux doutes.

A présent, prenons le problème à l'envers, imaginons que la théorie d'Einstein sur l'interaction de la lumière n'existe pas parce que la "physique pure" a été négligée et non soutenue, et que le laser ne soit donc pas découvert; les problèmes posés par la création d'un meilleur bistouri, d'un système pour enregistrer les marchandises le plus rapidement possible, une reproduction musicale plus fiable... ne conduiraient jamais au laser.

*Exemple "historique"*: Quelques rappels historiques pourraient également nous en convaincre: Notre récit commence avec les anciens Grecs qui, les premiers, ont abordé sous un angle scientifique des questions fondamentales telles que: L'Univers a-t-il un commencement?, "Quelle a été son évolution?", "De quoi la matière est-elle faite?", "Qu'est-ce qui la maintient ensemble?".

Les Romains eux considéraient la science comme une aide pour la vie pratique mais négligeaient la poursuite du savoir pour lui-même. En l'espace de quelques générations, la science pure puis la science appliquée s'éteignirent. Un millénaire s'écoula avant que la Renaissance italienne n'annonce le réveil intellectuel de

l'Europe et que la spéculation philosophique sur la nature des choses ne redevienne une science empirique. Durant le siècle des Lumières et au cours du XIX<sup>ème</sup> siècle, expérimentateurs et théoriciens travaillèrent de concert à l'élaboration d'un modèle décrivant l'Univers. Ce modèle reposait sur les éléments chimiques classés dans le tableau périodique de Mendeleïev, l'unification des forces électrique et magnétique formulée dans les équations de Maxwell et la théorie de la gravitation de Newton expliquant les mouvements des corps célestes. Tout ceci a conduit aux changements spectaculaires que nous connaissons mais qui sont difficilement prévisibles. Ainsi, au milieu du siècle dernier, le célèbre Philosophe-Mathématicien Français, Auguste Comte (1798-1857) responsable du plan des travaux scientifiques pour réorganiser la société et créateur de la philosophie positiviste, proclamait qu'il existe des problèmes insolubles comme celui de déterminer la composition du Soleil; la même année, le Physicien Allemand, Joseph von Fraunhofer (1787-1826) en détermina la composition en analysant le spectre du soleil. On découvrit par cette même méthode, l'élément Hélium sur le soleil (1868), avant de le découvrir sur Terre (en 1895).

L'ASTRONOMIE sans doute la plus ancienne des sciences, non seulement dans les civilisations à la racine de la nôtre: égyptienne, babylonienne, sumérienne, grecque, perse, arabe, du califat de Cordoue, mais aussi dans celles qui se sont éteintes: maya, aztèque ou développées loin de l'Occident (chinoise, indienne). Elle a engendré toutes les sciences, pas moins, toutes. La mathématique, d'abord, qui à l'aide de la précision des nombres a offert une description du monde apparent. Vint ensuite la physique qui a apporté une ou plusieurs représentations de ce monde. Enfin arriva la métaphysique, "après la physique", d'après son nom même, qui regroupe tout simplement tout le reste des sciences. L'astronomie? C'est une poésie irréelle et lointaine, fragile, fuyante, entourée et servie par des robots géants, high-tech, empressés, aux yeux pleins de rêve.

#### **Tendances futures du spatial**

La mission de l'industrie spatiale est de fabriquer des automates qui recueillent des informations et les transmettent vers des stations placées au sol. C'est dire que l'électronique et l'informatique sont notamment des éléments essentiels de l'espace. Or l'électronique, et surtout celle qui touche les circuits logiques au niveau aussi bien du "software" que du "hardware" subit depuis 1985, une amélioration exponentielle; les performances des composants et des systèmes sont multipliées par dix en quatre ans. Ce progrès est financé par le développement des ordinateurs et le marché grand public, et non plus, comme auparavant, par le "militaire" et le "spatial". Il permet aujourd'hui de concevoir, sur une puce, des sous-systèmes tels que les télémesures, les ordinateurs de bord, la plupart des instruments et en particulier les caméras. L'existence de composants super-intégrés entraîne deux conséquences:

- De nouveaux concepts de missions apparaissent, en particulier celui de *constellations*, qui sera adopté d'abord en complément puis peut-être en remplacement des satellites volumineux et lourds d'aujourd'hui. Une constellation est un ensemble de satellites identiques, placés sur des orbites de même altitude, mais d'inclinaison et de phasage différents, et remplissant tous la même fonction, à partir de

positions différentes. Déjà existe la constellation GPS pour le positionnement et la navigation, constituée de 25 satellites de 1075 kg placés sur des orbites circulaires de 19300 km d'altitude et de 51° d'inclinaison. Dans le domaine des radiocommunications, on assiste à une multiplicité d'initiatives privées concurrentes visant à offrir de nouveaux services. Les constellations en cours de déploiement seront placées sur différentes orbites, depuis la basse altitude jusqu'au géostationnaire, en fonction du service visé, du marché ciblé ou de la nature des missions. La miniaturisation permet d'imaginer dès aujourd'hui le passage au microsatellite dont la masse descendra au-dessous de 100 kg, et l'on peut prévoir des constellations de microsatellites.

- Un satellite est, jusqu'à présent, un *véritable individu*, possesseur de fonctions propres qui lui permettent de vivre et de survivre: *alimentation, contrôle d'attitude, radiocommunications, etc.* Nous allons vers une réduction de cette personnalité par la distribution de certaines des fonctions à des constellations. Ainsi les télémesures seront envoyées à une constellation de satellites de communication remplissant le rôle de relais, comme le fait déjà le réseau TDRSS (*Tracking and Data Relay Satellite System*) pour la navette spatiale. Très bientôt, plusieurs récepteurs GPS placés à bord d'un satellite permettront de connaître son attitude et de calculer directement les quaternions nécessaires à son orientation. On peut donc prévoir la disparition des senseurs d'horizon et des centrales à inertie dont la fonction sera assurée par un système extérieur. Un autre exemple sera la gestion de la distribution spatiale des satellites à l'intérieur d'une constellation qui pourra se faire automatiquement à partir du positionnement de chacun d'entre eux au moyen du GPS.

Lorsque nous cherchons à esquisser ce que seront les cinquante prochaines années, nous prévoyons une croissance substantielle des applications pratiques de l'espace parallèlement à la réalisation de nouveaux rêves. Ces deux composantes répondront à un ensemble d'objectifs similaires à ceux de notre 20<sup>ème</sup> siècle: améliorer la qualité de la vie, assurer la survie de l'homme et accroître la richesse du globe, poursuivre l'exploration de l'Univers pour mieux comprendre nos origines et notre destinée, et enfin explorer les ressources que l'espace peut nous offrir.