

COLUMBUS : UN LABORATOIRE SPATIAL EUROPÉEN (1^E PARTIE)

Christian Muller
B.USOC

Le laboratoire COLUMBUS est parti pour la station spatiale internationale le 7 février 2008. Il emporte toute une série d'équipements scientifiques et d'observations. Columbus a rejoint la station spatiale internationale le 9 février et a été complètement assemblé dans la semaine du 11 au 15, après trois sorties d'astronautes. Ces sorties étaient nécessaires pour connecter les circuits de refroidissement externes de Columbus à ceux de la station et pour assembler les charges utiles extérieures.

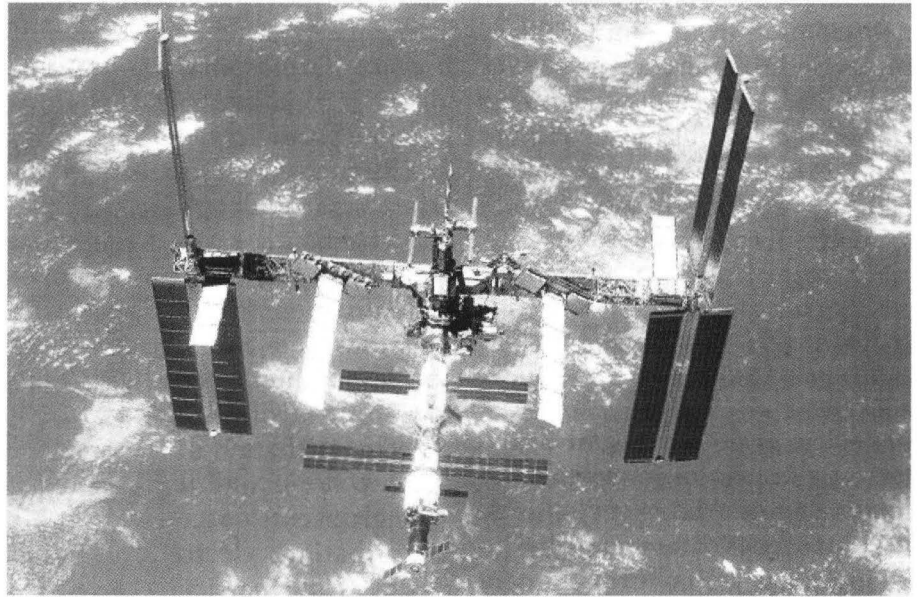


Fig.1 : La station spatiale internationale avant l'arrivée du laboratoire COLUMBUS (Document NASA)

Rôle belge dans COLUMBUS

La Belgique est non seulement membre de l'ESA et participe de ce fait à COLUMBUS ainsi qu'à la station spatiale internationale, mais elle intervient aussi par son implication dans des expériences

scientifiques et par la gestion d'un centre d'opération. Les expériences se font suivant deux axes, l'un inclut les sciences de la vie dans

l'espace et la microgravité, l'autre porte sur des charges utiles extérieures dont le fonctionnement est plus proche de celui des satellites automatiques.

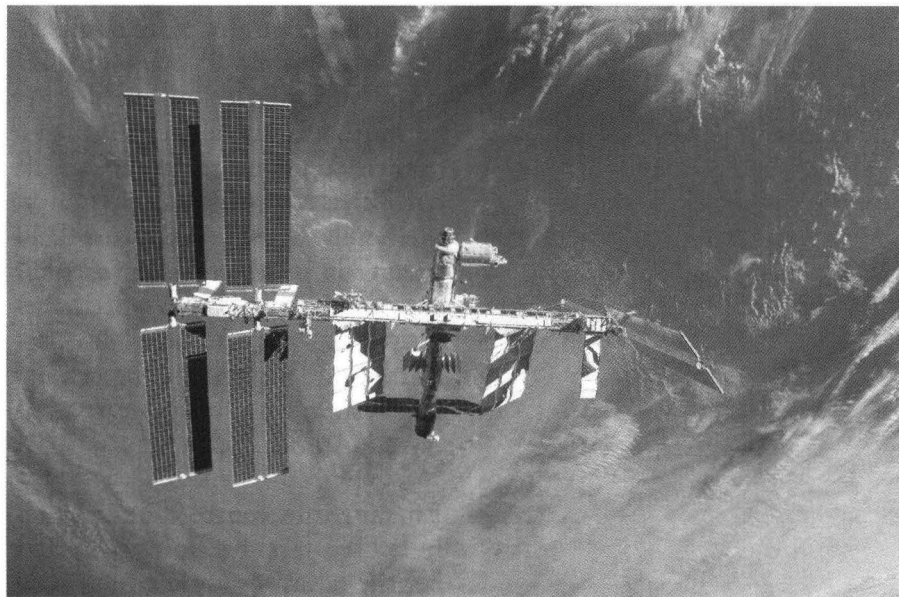


Fig.2 : La station spatiale internationale immédiatement après l'arrivée de COLUMBUS. COLUMBUS est le module brillant au centre droit. (Document NASA).

Le centre belge d'opérations s'appelle le B.USOC et est situé à Uccle au troisième étage de l'Institut d'Aéronomie Spatiale de Belgique. Le B.USOC distribue les données à des « User home base » situées dans les locaux des utilisateurs belges mais il est le seul à jouir d'un contact direct avec les grandes agences spatiales. D'autres centres d'opérations sont situés dans plusieurs pays européens et les tâches sont réparties suivant les spécialités de chacun. Les opérations du système COLUMBUS sont conduites à partir d'un centre situé en Allemagne, le Col-CC, tandis que la station est elle-même conduite par le centre Johnson de la

NASA situé à Houston et le centre TSUP situé à Korolev dans la banlieue de Moscou. La NASA conduit les expériences scientifiques à partir du centre Marshall à Huntsville. L'addition ultérieure du module KIBO a augmenté le rôle du centre d'opération japonais du JAXA et les opérations du ravitailleur européen Jules-Verne sont conduites depuis Toulouse. La multiplication de ces centres est rendue possible par l'existence de réseaux de communication élaborés dont celui de l'agence spatiale européenne.

Sciences de la vie et microgravité.

Les sciences de la vie sont orientées vers la possibilité de vols humains à longue durée et l'étude de l'évolution des paramètres physiologiques des astronautes pendant le vol. Comme pour toute étude dans un milieu extrême, certaines conclusions sont également pertinentes pour la santé générale de la population. En particulier, les astronautes subissent une décroissance de la masse musculaire

et un affaiblissement de la résistance des os. Ces effets, en bien plus lents, sont caractéristiques du vieillissement sur terre. Le cœur est sollicité différemment, les organes de l'équilibre sont fortement dépendants de la gravité. De plus, les astronautes sont aussi soumis à différents rayonnements qui, sur Terre, sont filtrés par l'atmosphère. A l'altitude de la station spatiale, une protection partielle vient du champ magnétique terrestre qui précipite les particules chargées du soleil et certains rayons cosmiques vers les pôles. Cela ne sera malheureusement pas le cas lors de missions vers Mars. Cependant, dès les premières semaines d'opération, le rayonnement cosmique affecte les charges utiles extérieures et celles-ci ont déjà connu des « single events upset » : il s'agit de perturbations électroniques dues à une seule particule ionisante. Après cinquante ans d'expérience spatiale, cette situation est maintenant devenue familière : au pire, la solution est d'éteindre les instruments de manière à les amener dans un état connu et à les faire

redémarrer. Les astronautes sont protégés par les parois de la station et dans le cas d'une éruption solaire, ils trouvent refuge dans les nœuds où l'épaisseur protectrice est plus importante.

L'étude de tous ces phénomènes est primordiale pour la future exploration du système solaire. Elle permet de donner un éclairage nouveau à différents aspects physiologiques rencontrés également à la surface de la terre.

Les expériences de microgravité belges portent essentiellement sur la cristallisation des protéines et la physique des fluides. Dans les deux cas, l'absence de gravité amène à des conditions qui ne peuvent pas être simulées sur Terre. Ceci permet d'établir ou d'infirmer des théories concernant certains problèmes mal compris. Par exemple, en étudiant la diffusion des fluides dans un petit échantillon en apesanteur, les scientifiques de l'expérience SODI (Université Libre de Bruxelles) espèrent comprendre la répartition anormale du pétrole brut dans les gisements. Dans un autre registre, en recristallisant une protéine qui assure une protection à un mammifère, sous une autre structure compatible avec l'homme, on peut créer un médicament. Dans ce dernier cas, une fois que le mécanisme est identifié, il faudra le reproduire sur Terre en utilisant une gravité artificielle appropriée avant d'envisager la production industrielle du médicament. Les difficultés présentées par le retour des produits rendent malheureusement impossible une industrie spatiale dans la station actuelle.

En tant que centre d'opérations, le B.USOC est « facility support centre » d'un module conçu pour l'étude de la cristallisation des protéines. Il permet également de gérer une expérience de phy-

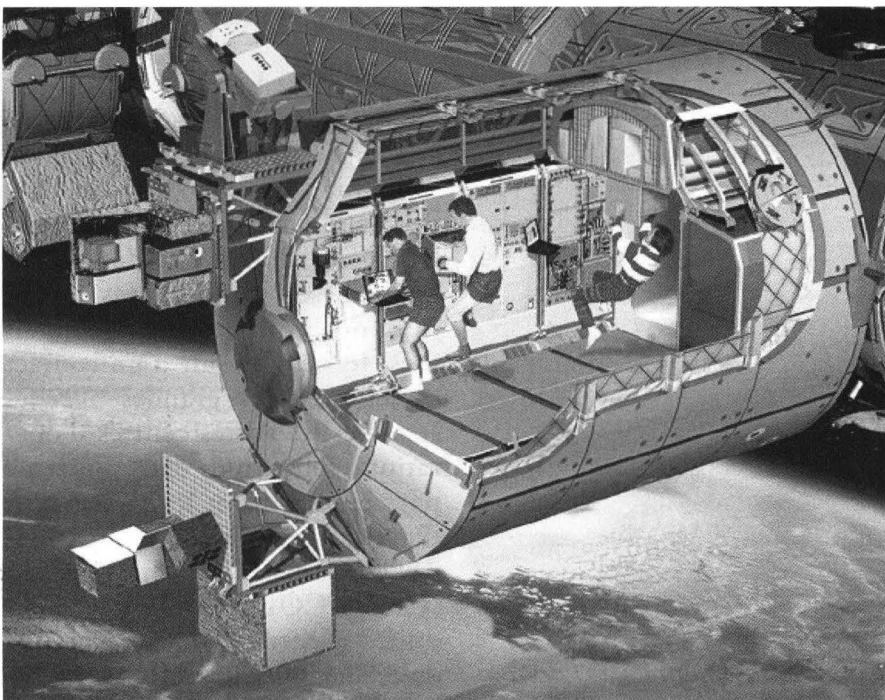


Fig.3 : Dessin d'artiste représentant COLUMBUS (Document ESA).



Fig.4 : Le laboratoire COLUMBUS en vol dans la soute de la navette ATLANTIS, les charges utiles extérieures EUTEF (à gauche) et SOLAR à droite, transférées à part, sont installées en vol lors d'une sortie. (Document NASA).

sique des fluides dans la même boîte à gants qui avait été utilisée par Frank De Winne lors du vol ODISSEA en 2002. Ces expériences concernent des scientifiques belges de plusieurs universités. Le B.USOC en assure non seulement les opérations mais aussi la distribution des données. Ce module de cristallisation des protéines se trouve dans l'« European Drawer Rack » avec d'autres expériences. Les tests du dispositif se déroulent depuis la fin février 2008 et les premiers échantillons ont été traités en 2009.

La complexité des expériences internes ne doit pas être négligée. Alors que dans un laboratoire au sol, une pièce manquante peut toujours être retrouvée ou rem-

placée, dans l'espace, le matériel nécessaire pour accomplir l'expérience, même dans des modes non nominaux, doit être disponible. Le rêve d'un laboratoire général où on pourrait improviser des expériences ne se réalisera probablement jamais car un accroissement de taille et d'équipage ne manquerait pas de créer des conditions d'accélération incompatibles avec les exigences de la microgravité.

Charges utiles extérieures

La Belgique a une très forte implication scientifique dans la recherche solaire menée à bord de la station.

Cette recherche se base essentiellement sur une série de trois instruments destinés à mesurer l'énergie reçue du soleil au niveau de l'orbite terrestre. Deux des instruments sont des versions avancées d'instruments développés par le passé par l'Institut Royal Météorologique et par l'Institut d'Aéronomie Spatiale. Ces instruments impliquent aussi des partenaires français, allemands et suisses, essentiellement le Service d'Aéronomie du CNRS et le Physikalisch-Meteorologisches Observatorium de Davos en Suisse. Un troisième instrument, de conception entièrement nouvelle, mesure le rayonnement ultra-violet extrême. Ce rayonnement n'atteint pas la surface terrestre mais est essentiel à la compréhension de phénomènes de la haute atmosphère. Cet instrument a été construit par le Fraunhofer Institut de Freiburg qui en assure la gestion et l'analyse des données. L'étude des variations de l'énergie totale du soleil reçue au sommet de l'atmosphère de la Terre, anciennement appelée « la constante solaire », est essentielle à la compréhension du climat puisque le rayonnement ultra-violet influence énor-

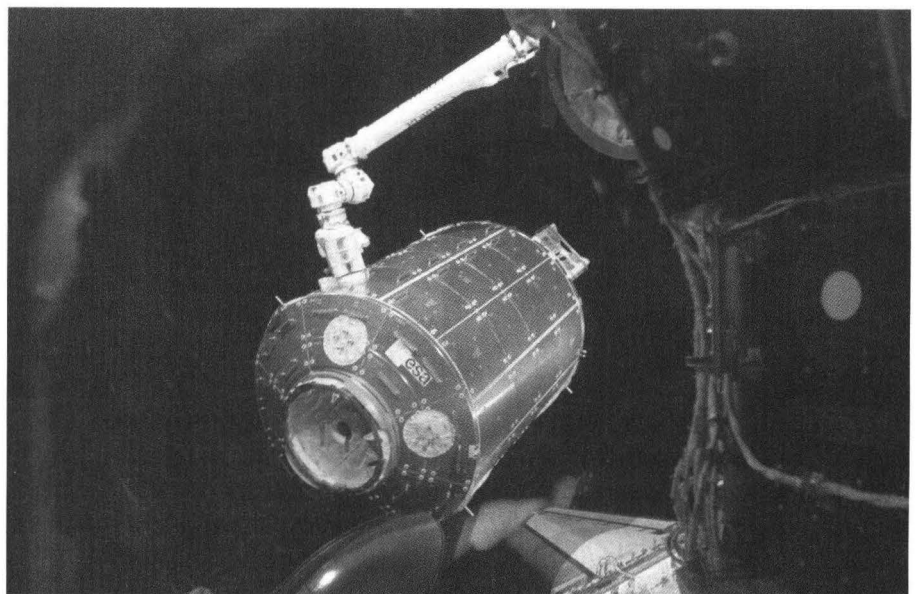


Fig.5 : Transfert de COLUMBUS de la navette à la station spatiale au moyen du bras robotique canadien. (Document NASA).

mément la chimie de l'atmosphère et en particulier la couche d'ozone. Le fonctionnement de cet ensemble d'instruments dédiés à la recherche solaire est assuré par le B.USOC à Uccle. La durée initialement prévue de la mission nominale de ces instruments était de 18 mois. Elle est dépassée maintenant. On peut de plus s'attendre à ce que le paquet solaire continue de fonctionner au-delà de sa mission nominale et reste sur COLUMBUS pour un plus longue période. Dans le cas du paquet solaire, le B.USOC est « Facility Reference Centre » et en assure donc la responsabilité complète. SOLAR est la première expérience en relation avec le climat qui soit installée sur la station spatiale internationale.

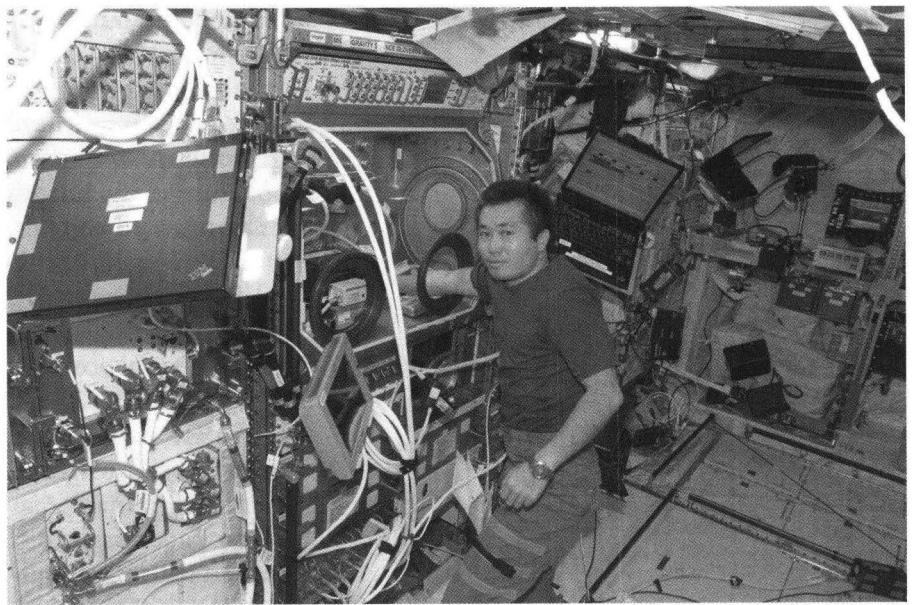


Fig. 6 : L'astronaute de la JAXA (Agence spatiale japonaise) Koichi Wakata manipule la Microgravity Science Glovebox dans le module COLUMBUS en mai 2009, le PCDF (Protein Crystallisation Diagnostics Facility) est à gauche en partie masqué par l'écran d'ordinateur. (Document NASA).

Une autre charge utile extérieure est le laboratoire EUTEF où des échantillons sont exposés à l'environnement spatial, une de ses plates-formes est spécialisée dans l'étude de la survie des micro-organismes dans l'espace. Cette plate-forme est revenue sur Terre en septembre 2009.

Dans la seconde partie de cet article, nous nous intéresserons plus en détail aux aspects scientifiques des missions embarquées.

Schéma de l'effet de serre

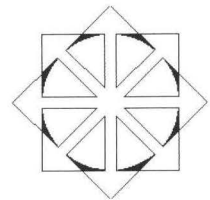
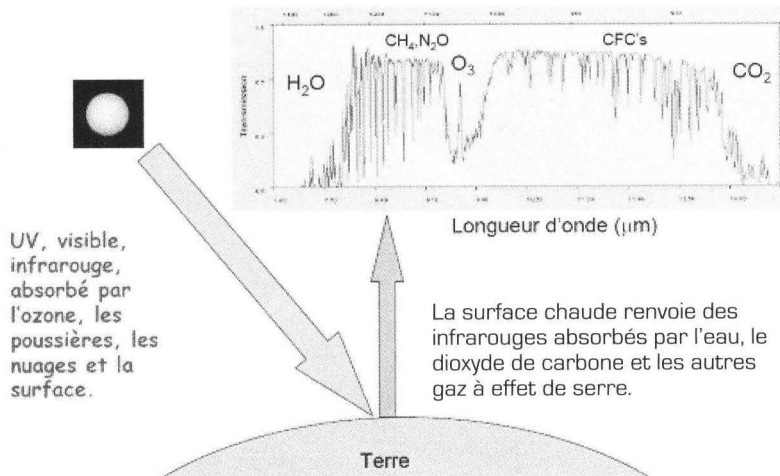


Fig. 7 : Représentation très schématique de l'effet de serre montrant le trajet des photons solaires dans le système terrestre, le spectre d'absorption de l'atmosphère étant une simulation basée sur une atmosphère standard actuelle. Tous les gaz poly-atomiques, avec la possible exception de la vapeur d'eau troposphérique sont directement influencés par l'activité humaine, le rayonnement solaire étant par contre indépendant de tout phénomène terrestre.