



HAL
open science

ROBOTIQUE SPATIALE ET VIE DE L'HOMME DANS L'ESPACE

Roger Prud'Homme

► **To cite this version:**

Roger Prud'Homme. ROBOTIQUE SPATIALE ET VIE DE L'HOMME DANS L'ESPACE. 1988.
hal-02334570

HAL Id: hal-02334570

<https://hal.science/hal-02334570>

Submitted on 26 Oct 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Conférence Internationale

**ROBOTIQUE SPATIALE
ET VIE DE L'HOMME DANS L'ESPACE**

8-9 décembre 1988

Parc des Expositions, Bordeaux-Lac



Centre National de la Recherche Scientifique

dans le cadre de TECHNOSPACE

Conférence Internationale

ROBOTIQUE SPATIALE

ET VIE DE L'HOMME DANS L'ESPACE

8-9 décembre 1988

Parc des Expositions, Bordeaux-Lac

proposée par le:

**Centre National de la Recherche Scientifique
Département Sciences Physiques pour l'ingénieur**

dans le cadre de:

TECHNOSPACE

**Exposition Internationale des Industries
et Technologies de l'Espace**

organisée par:

**Roger PRUD'HOMME, Laboratoire d'Aérodynamique du C.N.R.S.
4 ter, route des Gardes, 92190 MEUDON (France)
Tél. 453475 50- Télex Labobel 204 135 F- Fax 45344696**

**avec le concours d'Erick DAVIAUD, TECHNOSPACE,
12, place de la Bourse, 33076 BORDEAUX Cédex (France)**

La conférence scientifique :

ROBOTIQUE SPATIALE ET VIE DE L'HOMME DANS L'ESPACE

est organisée par le C.N.R.S. à l'occasion de Technospace, exposition internationale des industries et technologies de l'espace, qui se tient à Bordeaux du 6 au 9 décembre 1988. Elle a pour principal objectif de faire le point, de manière non exhaustive, sur les recherches et programmes en robotique spatiale, en biologie et en sciences de la vie dans l'espace.

La première des trois demi-journées de cette conférence scientifique porte sur les problèmes posés à propos du rôle et de la vie des hommes dans l'espace et de la place de la robotique. Il s'agit d'introduire les exposés et les discussions des deux autres demi-journées par des réflexions, des mises au point à partir d'exemples vécus ou de projets en cours.

La seconde session est relative aux projets de robotique spatiale, aux recherches de base théoriques, expérimentales et de simulation numérique, aux réalisations technologiques en ce domaine en perpétuelle évolution.

La troisième et dernière session traite de projets et de recherches en biologie animale et végétale d'une part, et de l'homme en tant que sujet d'étude multiple, d'autre part.

PROGRAMME

8 décembre - de 9 h à 12 h.

Accueil des participants

Ouverture

MISSIONS PLANETAIRES ET UTILISATIONS DES STATIONS SPATIALES, présidée par Jean-Jacques DORDAIN et René PELLAT

Des robots et des hommes, J.J. DORDAIN (ESA)

Rôle de l'homme dans les stations spatiales, W. OCKELS

Pause

L'exploration de Mars, J.P. BIBRING (Université d'Orsay)

8 décembre - de 15 h à 19 h.

ROBOTIQUE SPATIALE, présidée par Jean-Louis LACOMBE

Le programme de robotique spatiale du CNES, D. FAIVRE (CNES)

Téléprogrammation et télésupervision de robots autonomes dans les applications spatiales, G. GIRALT (LAAS/CNRS)

Assistance à l'opérateur en télémanipulation spatiale, G.A. BOY et N. MATHE (CERT/ONERA)

Pause

Application à court et moyen terme de la robotique spatiale dans les programmes Hermès et Columbus, T. BLAIS et J.L. LACOMBE (Matra Espace)

Mission "Comet nucleus sample returns", C. ETIENNE (Matra/Toulouse)

Dynamical simulation of a flexible manipulator arm, M. PASCAL (Université Paris 6)

9 décembre - de 9 à 13 h.

BIOLOGIE ET SCIENCES DE LA VIE DANS L'ESPACE, présidée par Alain BERTHOZ et Augusto COGOLI

Les projets en biologie spatiale, H. BOUZOUKLIAN (CNES)

Effets de la gravité sur la croissance des plantes, G. PERBAL (Université Paris 6)

Electrophorèse dans l'espace, V. SANCHEZ (Université de Toulouse)

Response of cells to microgravity: biology and biotechnology, A. COGOLI (Institute of Biotechnology, Zürich)

Pause

Les neuro-sciences et l'espace, A. BERTHOZ (CNRS, Paris)

Some neurological adaptation studies in space, W. THORNTON, J. URI (NASA)

Exploration cardio-vasculaire des astronautes au cours de vols spatiaux, L. POURCELOT, Ph. ARBEILLE, F. PATAT, J-M. POTTIER, (LBM/Fac Médecine, Tours).

LE PROGRAMME DE ROBOTIQUE SPATIALE DU CNES

Didier FAIVRE

Le CNES a récemment examiné les perspectives offertes par la robotique pour les missions spatiales futures et défini les axes du programme technique à mettre en oeuvre, compte tenu notamment des décisions prises par les Européens sur l'infrastructure orbitale HERMES et COLUMBUS.

Le passage à une dimension supérieure de l'exploration et de l'utilisation de l'espace pose en effet la question de l'intervention en orbite et des moyens robotiques à mettre en oeuvre.

Un fort développement de la robotique spatiale est nécessaire pour trois types principaux de missions

1. La desserte externe des grandes infrastructures habitées avec téléopération par les équipages :

Le projet HERA (Hermès Robotic Arm) et la mission principale de remplacement d'unités modulaires du MTFF illustrent cette mission.

2. L'exploitation des charges utiles dans les stations spatiales avec les techniques de téléscience et de téléopération depuis le sol :

La rareté de la ressource "temps équipage", la diversité des charges utiles et les modes particuliers de fonctionnement du MTFF nécessitent une automatisation poussée des expériences embarquées.

3. La robotique mobile autonome pour l'exploration planétaire :

Les divers projets de "Rover" ou "Marsokhod" martiens illustrent les prochaines étapes de l'exploration planétaire par des véhicules dotés de capacités de perception, d'analyse de décision et d'action.

Le CNES présente sur ces thèmes le programme d'actions technologiques et les projets pilotes fédérateurs mis en oeuvre à moyen terme.

TÉLÉPROGRAMMATION ET TÉLÉSUPERVISION DE ROBOTS
AUTONOMES DANS LES APPLICATIONS SPATIALES

Georges GIRALT
Directeur de Recherche au CNRS

Laboratoire de et d'Analyse des Systèmes du CNRS -7 Av. du Colonel Roche
31077 TOULOUSE CEDEX

Les robots autonomes constituent un vecteur de recherche particulièrement bien adapté pour la robotique de 3ème génération.

Les divers domaines de la robotique non manufacturière, dont la robotique spatiale, conduisent à poser la problématique de la téléopération à distance d'une machine que l'on doit munir des attributs d'adaptation aux conditions réelles de la tâche qui sont celles de la boucle "relation intelligente entre perception et action", caractéristique des robots de 3ème génération.

Dans ce cadre, seront exposés les problèmes particuliers posés par les systèmes d'intelligence répartie et de perception d'environnement ainsi que l'approche de téléprogrammation et de télé supervision qui conditionne la conception des systèmes robotisés pour des tâches d'exploration ou de travail dans des missions sur site planétaire.

ASSISTANCE A L'OPERATEUR EN TELEMANNIPIULATION SPATIALE

Guy A.BOY & Nathalie MATHE

ONERA—CERT Groupe Intelligence Artificielle
2 avenue Edouard Belin 31055 TOULOUSE Cedex (France)

L'assistance à l'opérateur peut être vue sous trois angles : (1) la conception de systèmes experts temps-réel, (2) la prise en compte de l'acquisition incrémentale de connaissances, et (3) le développement d'interfaces "intelligentes" conçues comme un prolongement de la mémoire à court terme de l'opérateur. Afin de satisfaire ces objectifs premiers, il convient de développer des théories et des techniques portant sur la non-monotonie et l'aspect temporel dans les systèmes de raisonnement, l'apprentissage machine à la fois du point de vue de la généralisation et de la spécialisation, les langages objets et systèmes d'interfaces graphiques permettant à l'opérateur une manipulation directe des concepts.

Nous avons déjà développé, avec la Société DIALOGICS, un système d'assistance à l'opérateur prenant en compte l'ensemble des caractéristiques décrites précédemment. Ce système inclut deux parties une partie situationnelle, correspondant à la position de problème ou encore à la reconnaissance de situation, et une partie analytique, correspondant à la résolution de problèmes ou encore au raisonnement analytique. Cette architecture est actuellement utilisée pour assistance à l'opérateur en télémanipulation du bras du Laboratoire de Robotique du CNES à Toulouse.

Une étude plus approfondie est actuellement menée sur une architecture de système multi-expert, encore appelée "blackboard". Cette architecture doit permettre à terme de prendre en charge en parallèle les aspects situationnels et analytiques. De plus, la prise en compte, dès la conception du système d'assistance, des aspects non-monotones du contrôle en temps réel devrait permettre une meilleure gestion des hypothèses générées au cours d'une télémanipulation. Cette architecture est actuellement développée en LISP.

Le système actuellement développé dans le cadre du bras du CNES pourra être étendu à d'autres applications nécessitant la gestion simultanée de plusieurs hypothèses.

Cette étude est menée sous financement du CNES

APPLICATIONS A COURT ET MOYEN TERME DE LA ROBOTIQUE SPATIALE

DANS LES PROJETS HERMES ET COLUMBUS

Thierry BLAIS - Jean-Louis LACOMBE
MATRA ESPACE

Résumé :

L'Europe doit se doter d'une infrastructure orbitale, d'ici la fin du siècle, dont les éléments clés sont Hermès, Columbus et Ariane 5.

Le choix de l'homme dans l'espace ne freine pas la robotique spatiale ; au contraire, les robots de coopération et de substitution sont justifiés par la complexité opérationnelle qui accompagne le choix du vol habité.

La sécurité, la charge de l'équipage, Le fait que sa présence soit dans certains cas épisodique conduisent à mettre fortement l'accent sur l'automatisation.

Parmi les programmes décrits, on citera principalement :

- le Robot d'Hermès (HERA)
- l'automatisation des modules de COLUMBUS (EMATS, EMS, ROTEX)
- l'infrastructure pour la Télésience.

Cette description mettra en relief Les aspects utilisation, architecture et technologies essentielles.

Le futur plus lointain sera évoqué dans le contexte des missions d'exploration (Comète, Mars) et dans le contexte de la croissance de L'Infrastructure Orbitale Européenne.

ADVANCED TECHNIQUES REQUIRED FOR A COMET NUCLEUS SAMPLE RETURN MISSION

B. CLAUDINON AND C. ETIENNE
MATRA ESPACE (FRANCE)

ABSTRACT

Following recommendations by the Space Science Board, a Comet Nucleus Sample Return mission (CNSR) has been included in the ESA long term planning as one of the four cornerstones of the space science programme. This mission consists in collecting a 1 to 3 meter long core sample of a comet nucleus and to bring it back to Earth.

The recommendation of the scientists to choose a fresh comet led to a preliminary selection of comets whose trajectories have an aphelion at 6 to 7 AU and require a high launch energy. An aphelion encounter, chosen as the preferred solution with a ballistic trajectory, is achievable mainly with a TITAN 4/CENTAUR G' launcher.

The spacecraft configuration is built around a main cruise module associated with a lander module for on comet operations which is left on the comet surface at the time of departure. An atmospheric re-entry capsule is detached from the cruise module at Earth arrival for direct sample recovery on ground.

This mission requires to implement convenient strategies involving a wide range of technologies at the upper bound of the state of the art.

Navigation requirements are very different from common near-earth or interplanetary mission. Hybridisation between ground based and on-board measurement is necessary for comet approach. For comet proximity operations, requirements are even more stringent. For instance, it is necessary to locate the spacecraft with respect to the nucleus, to determine nucleus mass, spin vector and shape, and after selection of a landing site, perform navigation with respect to this landing site.

The major difficulty is that very little is a priori known about the nucleus characteristics, therefore demanding for very high autonomy and mission flexibility. Techniques required for relative navigation may range from surface image processing for landmark identification to objects fired from the landing vehicle and that penetrate into the nucleus surface for the purpose of giving fixed reference to the landing vehicle.

Dedicated instrumentation is required for control and navigation and to observe, map and analyse the comet.

The sampling mechanisms shall be suitable to a wide range of soil from snow to ice and shall preserve the structure of the comet ground. A mechanical drilling mechanism has been designed to get samples at a 3 m depth. Because of the low gravity on the comet surface, devices for spacecraft anchoring are necessary to sustain the drilling forces.

To maintain the comet samples at a low temperature during the return cruise phase, a good insulated container must be accommodated inside the recovery capsule with a radiator for the rejection of any heat leak.

The high energy dissipated during the atmospheric re-entry of the recovery capsule will require the design of a high performance heatshield with ablative materials.

The CNSR mission appears achievable for a launch in years 2001-2003 according to the current opportunities if a technological program is well identified and undertaken in the early 90's.

LES PROJETS EN BIOLOGIE SPATIALE

Hervé BOZOUKLIAN (CNES/PARIS)

Les programmes de biologie ont été initiés au Centre National d'Etudes Spatiales (CNES) au début des années soixante-dix. Il s'agissait alors d'expériences pionnières destinées à mettre en évidence les premiers effets observables de l'apesanteur et du rayonnement cosmique sur le vivant. Les objectifs de cette discipline ont progressivement évolué pour faire place aux deux orientations principales actuelles :

- la préparation des séjours prolongés de l'homme dans l'Espace, nécessitant l'adaptation à un nouvel environnement réputé hostile,
- les travaux qui relèvent des applications biologiques et biotechnologiques de l'environnement spatial, et en particulier les conditions dites de microgravité.

Un certain nombre de contraintes, en premier lieu techniques, sont spécifiques de l'expérimentation spatiale. La méthodologie employée doit y être rigoureusement adaptée.

Ce sont les laboratoires des Universités et des Organismes de recherche qui prennent l'initiative de proposer des projets d'expérience spatiale, dans le cadre fixé par l'appel d'offre annuel du CNES. Ce dernier apporte alors son soutien technique et financier aux projets retenus. Ce soutien concerne la préparation des expériences et leur embarquement ainsi que l'exploitation des expériences réalisées.

Seront présentées les tendances qui découlent de ces orientations actuelles appliquées à différents domaines : biologie gravitationnelle, radiobiologie cosmique et biotechnologies spatiales. Ce dernier point sera illustré par la présentation de quelques projets devant être réalisés prochainement.

EFFETS DE LA GRAVITE SUR LA CROISSANCE DES PLANTES

G. PERBAL

Université Pierre et Marie Curie, Paris.

La gravité représente un facteur primordial dans l'évolution des formes de vie sur terre. En tant qu'interaction faible, elle intervient surtout dans les édifices macromoléculaires ou cellulaires. L'expérimentation spatiale a porté plus particulièrement sur des phénomènes d'orientation des organes sur la réalisation d'un cycle biologique complet (graine à graine) d'une plante. Les plantes supérieures ont été étudiées du fait de leur intérêt nutritionnel.

De nombreuses expériences (soviétiques) ont montré que la germination s'effectue normalement en microgravité. Toutefois la croissance des plantes est souvent modifiée en impesanteur.

Plusieurs essais d'obtention d'un cycle biologique complet ont été infructueux. Seule une expérience sur *Arabidopsis thaliana* a été couronnée de succès. Les auteurs soviétiques ont souvent mentionné que les méthodes culturales utilisées pouvaient être la cause des difficultés rencontrées.

La morphologie des plantes est liée à la gravité car la plupart de leurs organes sont capables de s'orienter par rapport ce facteur. Si cette orientation n'est pas correcte, ils réalisent une courbure (gravitropique) et replacent leur extrémité dans la position adéquate. En impesanteur, la croissance des tiges n'est qu'imparfaitement orientée par la lumière (phototropisme) et les racines ont une direction de croissance aléatoire qui les mènent bien souvent à sortir du substrat.

L'étude de l'activité mitotique dans les organes de plantes cultivées en impesanteur a montré une réduction du taux de la division dans la plupart des cas, Un grand nombre de mitoses aberrantes conduisant à des noyaux multiples ou à une aneuploïdie ont été décrites, Les auteurs soviétiques et américains ayant obtenu ces résultats pensent généralement que la microgravité serait responsable, au moins en partie, de ces mitoses atypiques.

Afin de discriminer les effets de la microgravité des effets des autres facteurs des vols spatiaux (radiations, vibrations), il serait indispensable de pouvoir comparer les plantes cultivées en microgravité et des plantes placées sur une centrifugeuse 1g à bord du satellite, Par ailleurs, il sera de plus en plus nécessaire de pouvoir fixer chimiquement, congeler ou lyophiliser les plantes avant leur retour au sol.

RESPONSE OF CELLS TO MICROGRAVITY: BIOLOGY AND BIOTECHNOLOGY
A. COGOLI

Institute of Biotechnology, Space Biology Group,
ETH-Hönggerberg, CH-8093: Zürich Switzerland

Experimentation with single cells in microgravity started almost three decades ago when specimens of bacteria and animal cells were installed on board early unmanned satellites. However, most of the samples were stowed under non-controlled environmental conditions.

A more systematic effort began 1966 in the Soviet Union with the Cosmos biosatellite series and 1967 in the U.S.A. with Biosatellite II. A sophisticated experiment on human embryonic lung cells was performed on Skylab 3 in 1973. The lack of proper controls and technical failures often impaired the scientific credibility of early investigations. It is with the advent of Spacelab in 1983 that a broad international scientific community started to be involved in the study of microgravity effects at the cellular level. A variety of cells (bacteria, protozoa, algae, plant and human cells) were investigated in Biorack during the Spacelab D1 mission in 1985. The experiments provided strong evidence that cells are sensitive to a change of the gravitational environment. This may have also a significant impact on biotechnological applications in space. Important cell functions like mitotic rate, secretion of cell products, cytoplasmic movements, metabolic rates, resistance to antibiotics, and exchange of genetic material between cells were altered in microgravity. However, despite the large amount of data, it is not possible to predict the behavior of a determined type of cell. Experiments on Earth in clinostats (simulating hypogravity) as well as in centrifuges (generating hypergravity) proved to be very useful in the study of gravity sensing in single cells. The human lymphocyte and the protozoan *Paramecium*, for instance, are among the most extensively investigated objects in space as well as in ground simulations. While lymphocyte activation is strongly inhibited in microgravity and enhanced at 10g (as established by studies in our laboratory), *Paramecium* proliferates faster at 0g and slower at 2g than at 1g (as described by Planel and his collaborators). In fact, gravity effects may show opposite trends depending on whether the cell is undergoing a differentiation process (like lymphocytes do) involving changes of genetic expression, or whether it is adhering to a substratum, or whether it is capable of autonomous movements (like *Paramecium* which can swim in a medium by means of cilia, or it spreads on the bottom of a culture flask. In addition, cell-cell contacts or the binding of a ligand (like a mitogen) to the cell membrane may also be gravity-dependent.

Today we cannot yet explain the mechanisms governing the response of the cell to a change of the gravitational environment. Further investigations as well as theoretical studies (based on far-from-equilibrium thermodynamic and the theory of bifurcations according to Kondepudi/ Prigogine and Mesland) are necessary. A number of experiments are planned for Spacelab flights in 1990-92. The objectives of these investigations are to clarify basic mechanisms of graviperception as well as to establish the usefulness of biomedical and biotechnological applications of cell cultures in space.

SOME NEUROLOGICAL ADAPTION STUDIES IN SPACE

William THORNTON, M.D., John URI, M.D.-NASA JSC

Beginning with the fourth Shuttle Mission a series of neurological studies were done on 10 flights including:

- Vestibulo-ocular reflexes (VOR)
- Audio evoked potentials
- Eye-hand coordination and kinesiology

A study of neuro-muscular inhibition in weightlessness is underway.

Pre and inflight VOR studies included: Visual vestibulo-ocular reflexes, VOR eyes closed, VOR eyes open with opaque goggles and VOR suppression, using voluntary head oscillation at 1/3 Hz as the stimuli with standard EOG techniques. No significant changes or differences were found in reflex gains or phases (n=8) but there were significant differences between VOR-S parameters in those with and without space motion sickness (n=16).

Audio evoked potentials, short and mid-latency, were measured pre and inflight with no detectable change.

Eye-hand tracking of sine and square waves of various periods and amplitudes was performed pre and inflight by 10 subjects. Kinesiology of wrist, elbow and shoulder was studied (n = 9) pre and inflight by having subjects repeat static and dynamic positions without visual aid. No apparent changes were found in any of these procedures.

A post flight psychophysiological survey of 27 astronaut-flights indicates that mean weight of self and external objects is perceived to be doubled immediately post flight, following exposure to weightlessness for as little as 3 days. There is a rapid (hours) improvement in apparent strength. The Weber-Fechner law was found to hold for maximum vs perceived force in this same population following recovery. It appears likely that peak strength may be reduced by 1/2 or more through neuro-muscular inhibition.

EXPLORATION CARDIO-VASCULAIRE DES ASTRONAUTES AU COURS DE VOLS SPATIAUX

Léandre POURCELOT, Philippe ARBEILLE, Frédéric PATAT, Jean-Marie POTTIER

Laboratoire de Biophysique Médicale (LBM)
Faculté de Médecine 37032 TOURS Cedex France

La microgravité représente une situation particulière pour le système cardio-vasculaire qu'il est impossible de simuler complètement sur la base de nos connaissances actuelles. En microgravité :

- le gradient de pression hydrostatique n'existe plus
- les changements de position du sujet ne stimulent plus les réflexes vasomoteurs permettant de réguler la position de la masse sanguine dans le corps humain
- l'activité musculaire est réduite, ce qui dégrade la réponse cardio-respiratoire à l'exercice physique.

En utilisant un système d'Echographie-Doppler spécialement développé pour l'espace (collaboration LBM-CNES-MATRA) nous avons pu étudier la réponse cardio-vasculaire au cours de différents vols spatiaux :

- 1982 vol franco-soviétique de 7 jours sur SALIOUT 7
- 1984 vol longue durée soviétique de 237 jours, SALIOUT 7
- 1985 vol franco-américain sur la navette spatiale.

Au total 6 astronautes ont pu être étudiés (5 hommes, 1 femme) dont 3 sur des vols courts et 3 sur des vols longue durée. Les paramètres étudiés concernent les dimensions et performances cardiaques, la régulation des débits sanguins périphériques et la réponse à des tests d'hypotension orthostatique, d'effort et de LBNP (Lower Body Negative Pressure). Les études sont effectuées avant, pendant et après le vol. De plus des simulations permettent de comparer la réponse sur des territoires sélectionnés avec les résultats de vol.

Les informations ainsi obtenues vont être comparées avec les données hormonales de régulation du système cardio-vasculaire et en particulier de la masse sanguine. Par ailleurs, ces données sont importantes pour apprécier l'effet des contre-mesures qui permettront de maintenir les astronautes en microgravité pendant des périodes de plus en plus longues.

Réalisé avec le concours du Service Imprimerie de la 5^{ème} Circonscription du CNRS
Place Aristide-Briand - 92190 Meudon - Tél. 45 3475 50 - Télex 204135