

Le programme de séances d'exploration de l'univers spatial est engagé par l'Observatoire de l'Espace, le laboratoire arts-sciences du CNES dans la perspective d'ouvrir de nouveaux champs d'inspiration ou de nourrir ceux abordés par les auteurs et artistes qui gravitent autour de l'Observatoire de l'Espace, et plus particulièrement les résidents du programme Création et imaginaire spatial. La première séance se consacre au corps transformé. Qu'est-ce que l'Espace fait au corps, comment le transforme-t-il ? Comment tentons-nous de le modifier pour l'adapter à ces conditions différentes ?

# Séances d'exploration de l'univers spatial

## Séance n°1 : Le corps transformé

Observatoire de l'Espace, laboratoire arts-  
sciences du CNES

---

## Séances d'exploration de l'univers spatial

Dans la perspective d'ouvrir de nouveaux champs d'inspiration ou de nourrir ceux abordés par les auteurs et artistes qui gravitent autour de l'Observatoire de l'Espace, et plus particulièrement les résidents du programme *Création et imaginaire spatial*, l'Observatoire de l'Espace, le laboratoire arts-sciences du CNES ouvre un programme triennal de séances d'exploration de l'univers spatial. Chaque séance d'exploration abordera une notion qui revient régulièrement dans les projets d'artistes et d'écrivains du programme, afin de donner accès à un large savoir sur le thème abordé. Témoignages d'acteurs du monde spatial, exposés de chercheurs en sciences exactes ou en sciences humaines, présentation de documents d'archives documentaires ou audiovisuelles composeront le programme de chaque séance. Un temps d'échanges et de discussion est également réservé à la fin de chaque séance entre les participants et les intervenants.

La première séance d'exploration a été organisée le 03 décembre 2015, elle était consacrée au corps transformé. Le corps humain est adapté aux conditions de la vie sur Terre, son irruption dans l'Espace le mène dans un territoire nouveau aux conditions bien différentes notamment par l'absence de pesanteur et son exposition aux rayonnements.

La séance a exploré ce que l'Espace fait au corps, comment il le transforme mais également comment nous-mêmes tentons de le modifier pour l'adapter à ces conditions différentes. Pour évoquer les différents aspects de ce corps transformé, des spécialistes du monde spatial se sont exprimés et ont réagi sur un flux d'archives, d'extraits vidéo ou encore de lectures à la fois historiques et fictionnelles qui replaçaient dans un contexte plus large leur parole.

Michel Viso qui a supervisé de nombreuses expériences spatiales de physiologie animale et de biologie, a animé cette première séance. Il est maintenant responsable de l'Exobiologie au Centre national d'études spatiales (CNES).

L'invité Philippe Goudard, artiste de cirque, auteur et professeur des universités, a discuté ces interventions pour révéler les liens entre sciences et arts au cœur de ces trois axes.

## Programme

La séance s'est organisée autour de trois grands axes :

**Le corps préparé**, intervention de Bernard Comet, docteur au centre de médecine spatiale (MEDES) : comment prépare-t-on les corps à leur séjour dans l'Espace ? Quels sont les moyens d'entraînement et de simulation au sol ? Entre permanence des moyens depuis les débuts de l'aventure spatiale et évolution, l'histoire de cette préparation est aussi celle de notre rapport à l'Espace.

Un extrait de *Space cowboys*, film de Clint Eastwood datant de 2000, est présenté à la salle. On y voit un entraînement dans une centrifugeuse à la NASA. Il permet d'évoquer le fait que le voyage dans l'Espace est un thème récurrent dans la fiction depuis le 17<sup>ème</sup> siècle. Toutefois, aucune source ne traite de la préparation corporelle pour aller dans l'Espace avant que l'Homme ne soit véritablement confronté à cet environnement. L'entraînement du corps dans la fiction est donc toujours inspiré des entraînements réels effectués par les premiers Hommes ayant voyagé dans l'Espace.



Tommy Lee Jones et Clint Eastwood dans le film

**Le corps modifié**, intervention de Philippe Arbeille, cardiologue spécialisé en médecine spatiale : quels sont les effets sur le corps d'un séjour dans l'Espace ? Que risque-t-il et quelles sont les méthodes pour remédier à des séquelles permanentes ? Le séjour dans l'Espace est toujours entouré de fantasmes où fiction et réalité se rejoignent.

Lecture d'un extrait du *Somnium* de Johannes Kepler, né le 27 décembre 1571 dans l'électorat de Bavière. Astronome célèbre pour avoir étudié l'hypothèse héliocentrique de Nicolas Copernic, affirmant que la Terre tourne autour du Soleil, et surtout pour avoir découvert que les planètes ne tournent pas autour du Soleil en suivant des trajectoires circulaires mais au contraire elliptiques. Dans le *Somnium*, il imagine le trajet de la Terre à Levania, pays sur la Lune, d'hommes enlevés par des démons.

*Malgré sa longueur, tout le trajet se fait au plus en quatre heures. Nous sommes toujours très occupés et nous sommes d'accord pour partir seulement quand l'éclipse de Lune a commencé à l'Est. Si la Lune retrouve tout son éclat quand nous sommes encore en chemin, notre voyage devient alors inutile. Ces*

*occasions si soudaines font que nous n'avons que quelques hommes pour compagnons, seulement ceux qui nous considèrent le plus. Tous ensemble nous nous jetons sur un homme de cette espèce, tous nous le poussons par dessous et l'élevons ainsi dans les airs. Le choc initial est très pénible pour lui, il souffre comme s'il était un projectile lancé par un canon et voyageait au-dessus des mers et des montagnes. Il faut donc l'endormir dès le départ à l'aide de narcotique et d'opiates et déployer ses membres pour que l'avant de son corps ne soit pas séparé de l'arrière, ni sa tête du reste du corps, et que la violence du choc se répartisse dans chacun de ses membres. De nouvelles difficultés se présentent alors : le froid intense et l'impossibilité de respirer. Nous remédions au premier en utilisant un pouvoir inné en nous, à la seconde, en passant des éponges humides sous ses narines. Quand la première partie du trajet est accomplie, le transport devient plus facile. Nous laissons alors les corps flotter à l'air libre et retirons nos mains. Les corps se mettent en boule comme des araignées, et nous les transportons presque par notre seule volonté, si bien que la masse du corps se dirige d'elle-même vers l'endroit prévu. Mais ce mouvement ne nous est guère utile car il est trop lent : c'est pourquoi nous augmentons la vitesse du déplacement en utilisant notre volonté, comme je l'ai dit. Nous précédonz le corps pour l'empêcher de se faire du mal en heurtant trop violemment la surface de la Lune.*

*Lorsque les hommes se réveillent, ils se plaignent en général d'une espèce de lassitude dans tous les membres ; plus tard ils s'en remettent suffisamment pour pouvoir marcher. (Kepler, extrait du Démon de Lévania)*

**Le corps adapté**, intervention de Jean-François Clervoy, spationaute, il dirige actuellement la société Novespace qui propose des vols paraboliques à bord de l'Airbus Zéro-G. Le corps a ses limites, même adapté et surveillé, dès lors par quels moyens pallie-t-on à ces limites ? Quelles sensations transforment notre perception de notre environnement ?

Un extrait du film *Le Voyage cosmique* (titre alternatif : Le Raid cosmique, titre original russe : Космический рейс), film muet soviétique réalisé par le réalisateur russe Vassili Zouravlev sorti en 1936 est présenté à la salle. On y voit l'équipage russe de la fusée lunaire alunir et faire le premier pas sur la Lune. Le conseiller scientifique de ce film fut Constantin Tsiolkovsky, considéré comme l'un des pères de l'astronautique moderne.



## Biographies

**Philippe Arbeille** est professeur de biophysique et directeur de l'unité de recherche en médecine et physiologie spatiale à Tours. Il est spécialisé dans le système cardiovasculaire et son adaptation dans des environnements extrêmes tels que la micropesanteur. Il travaille au développement de systèmes télé-opérés, dont d'échographie à bord de l'ISS, permettant d'ausculter des personnes à distance. Il a publié dans de nombreuses revues et a été nommé membre de l'International Academy of Astronautics (IAA).

**Jean-François Clervoy** est diplômé de l'École Polytechnique, de l'École Nationale Supérieure de l'Aéronautique et de l'Espace, de l'École du Personnel Navigant d'Essais et de Réception. Il effectue 3 missions à bord de la navette spatiale en 1994 pour étudier l'atmosphère, en 1997 pour ravitailler la station russe MIR et en 1999 pour réparer le télescope spatial Hubble. De 2001 à 2008 il est astronaute expert du projet de ravitailleur spatial ATV-Jules Verne. Membre du corps actif des astronautes européens, il assure aussi les fonctions de Président de la société Novespace qui organise les vols paraboliques pour la recherche en apesanteur.

**Bernard Comet**, médecin et ingénieur SUPAERO, a été médecin des astronautes français de 1982 à 2001 au sein du CNES. Il a été membre de nombreux comités médicaux de l'ESA et de la NASA. Il travaille aujourd'hui à l'Institut de médecine et physiologie spatiales (MEDES) à Toulouse, une filiale du Centre national d'études spatiales (CNES). Il est également Président depuis 1996 de la Commission Médicale (Medical Board) de l'Agence Spatiale Européenne (ESA). Son travail a consisté à assurer la sélection et le suivi médical d'astronautes européens et à contribuer à la compréhension des conséquences de la micropesanteur sur l'organisme humain.

**Philippe Goudard** a une formation sportive, théâtrale et médicale (physiologie du sport et médecine d'urgence). Il devient, à 22 ans, artiste (acrobate puis clown) puis entrepreneur de cirque et auteur d'une quarantaine de créations de cirque contemporain. D'abord chercheur et auteur indépendant, il intègre ensuite l'université pour des recherches académiques, d'abord en physiologie des activités physiques et sportives et un doctorat en médecine sur l'apport médical à la santé des artistes de cirque, ensuite avec un doctorat en arts du spectacle sur l'esthétique du risque au cirque. Auteur de nombreuses publications, il est aujourd'hui professeur à l'Université de Montpellier 3, où il dirige le programme "Cirque : histoire, imaginaires, pratiques" au sein de l'EA 4209.

## Le corps transformé

Philippe Goudard

« Nous aurons le temps de perdre du temps » m'a répondu Gérard Azoulay, quand je le questionnais sur la durée de la première séance d'exploration de l'univers spatial à laquelle il venait de me convier. Quel luxe en effet, de pouvoir passer plusieurs heures au CNES, artistes et scientifiques réunis, sans contraintes autres que celles de se rendre disponible à l'écoute et à l'échange, avec pour seule préoccupation d'accepter de se nourrir des expériences présentées et s'interroger sur nos pratiques respectives dans une dynamique collective.

Le « corps transformé » est un domaine qui me passionne et me concerne depuis longtemps. Les pratiques du sport de haut niveau et des disciplines du cirque appellent en effet la préparation et la modification des performances physiques et mentales pour l'adaptation aux conditions extrêmes de la compétition ou de la représentation. L'étude de la physiologie humaine et la pratique médicale, quant à elles, font anticiper et prévenir ces mêmes transformations.

J'avais eu le plaisir de participer aux « Assises du corps transformé », la belle manifestation qu'organise le Dr Jacques Mateu à Montpellier depuis plusieurs années, mais n'avais pas encore eu la chance de rencontrer sur ce thème, une telle concentration de spécialistes de l'espace, physiciens, physiologistes, médecins et spationautes. Les entendre, puis échanger avec eux et les créateurs et créatrices présents, fût un réel enrichissement.

Un pied dans le domaine artistique et une autre dans l'académique, j'ai souvent observé que les hypothèses scientifiques les plus stimulantes, dont certaines occupent encore mon travail aujourd'hui, étaient nées lors des répétitions et tournées de spectacles, et que les images ou scénarios les plus inattendus de mes créations au théâtre ou au cirque, avaient germé pendant ma pratique médicale ou de chercheur. Je me suis trouvé – fort modestement, compte tenu de mon ignorance des problématiques liées à l'exploration spatiale, mais avec enthousiasme ---, présent à cette journée d'exploration, dans le rôle de passeur qui m'était offert. Sorte de co---enzyme d'une réaction intellectuelle née de la coprésence des participants, j'ai à nouveau, au gré des interventions des uns et réactions des unes et des autres, entre scène et salle, été frappé par la proximité des démarches de création des artistes et des scientifiques, des praticiens de l'espace scénique ou de la représentation et de ceux de l'espace non terrien. M'est revenu à l'esprit ce qu' Henri Poincaré décrivait en 1908, des étapes de la création mathématique : accumulation, décantation,

illumination, vérification et long travail de l'inconscient avant la découverte. Les artistes partagent ce cheminement.

C'est bien de la mise en réseau des expériences, des connaissances et des cerveaux dont il s'est agi ce jour-là, dans le plaisir infini et subtil de la coprésence et l'efficacité de la réflexion partagée dans la réalité du face à face. Notre système cognitif est bien plus puissant que les outils de communication, quel que soit leur niveau de sophistication technologique. Plus puissantes que l'intelligence artificielle et la communication virtuelle, l'intuition, la sensibilité, les nuances des cheminements intellectuels, les hésitations, les stimulantes surprises, les errances dans le temps qui passe et l'imagination, sont aussi plus agréables, raffinées et productrices de plaisir.

Ce que secrète notre cerveau lors de telles rencontres est identique à ce qui est produit lors d'une représentation de spectacle vivant. Calculer, la machine le peut, réfléchir sans doute, penser peut-être, mais l'imagination et la créativité restent encore, me semble-t-il un domaine de l'esprit humain dont l'être et le faire ensemble décuplent les possibilités. C'est un humain que l'on envoie dans l'espace pour réparer Hubble, et non une machine, car lui seul peut faire face à l'inattendu avec créativité. Faire se rencontrer des praticiens de disciplines considérées éloignées, cloisonnées, c'est accepter que le hors norme puisse advenir à tout moment, exigeant alors que s'ouvre un espace d'adaptabilité créative immédiate. Un espace à explorer, en « prenant le temps de perdre du temps » !

## Synthèse de la séance

Comment le corps humain est-il modifié par l'Espace et quels sont les moyens de s'y préparer pour obtenir un corps le plus adapté possible ?

Cette première séance d'exploration a tourné autour de la présentation des entraves et effets secondaires connus face aux « plaisirs » de l'exposition à la micropesanteur. Une constatation s'impose, le corps humain s'adapte.

### 1. Partir dans l'Espace

Les astronautes sont des personnes qui l'ont fortement désiré et ont franchi les différentes étapes de tests et de sélection. Cette sélection doit beaucoup aux critères physiques de forme et de bonne santé corporelle. À cette sélection fait bien sûr suite un entraînement. Avant le départ, les astronautes sont entraînés et font beaucoup de sport pour préparer leur corps aux effets de la micropesanteur. La sélection et l'entraînement ont investi l'imaginaire collectif notamment au travers des films et des romans.

La sélection n'est pas uniquement basée sur les individus mais également sur leur future entente. Il est nécessaire de constituer un équipage équilibré, ainsi, dans chaque équipage il y a au moins deux astronautes entraînés pour jouer le rôle de médecin de bord. Au-delà de la spécialisation, la constitution d'un groupe qui va vivre ensemble dans un environnement clos (la station spatiale ou la navette) pose des questions de mixité entre hommes et femmes et ouvre celles de la récréation d'une société de type terrestre, c'est-à-dire où les individus peuvent jouir des mêmes choses et plaisirs que sur Terre. La question de la sexualité n'est plus très loin...

Une fois le groupe sélectionné et préparé, c'est le départ qui survient enfin et avec lui apparaît le motif de l'accélération pour s'arracher à la gravité terrestre, encore une fois fréquemment décliné dans la fiction. Cette accélération a pour effet principal d'entraver les mouvements du bras pour atteindre les commandes. À l'arrêt des moteurs, huit minutes et demi après le décollage – pour tous les lancements de vaisseaux spatiaux et de satellites, le lancement dure moins de dix minutes— on atteint la vitesse de satellisation et il faut alors rallumer les moteurs en atteignant les commandes. Ce moment-là est assez lourd psychologiquement et physiologiquement mais au moment de la sélection on choisit des personnes qui ont un bon tonus cardiovasculaire et qui vont être capables de supporter cette accélération.

## 2. La micropesanteur et ses effets

La micropesanteur est inhérente à l'Espace et elle provoque une perturbation corporelle qui se manifeste en premier lieu par une sorte de mal des transports avec la sensation d'être constamment en chute libre. Le corps finit par s'adapter au bout de quelques jours et les symptômes disparaissent.

La micropesanteur pose d'autres problèmes lors de séjours prolongés car elle apporte des modifications fonctionnelles et morphologiques notamment sur la paroi des vaisseaux sanguins, sur la vision et sur le cerveau. Elle induit des perturbations qui ressemblent à celle du vieillissement sur le cœur, les artères et les veines. Des processus physiologiques terriens, de réflexes d'équilibre comme de station debout sont également perturbés. Il y a une perte des réflexes de sensibilité qui reste invisible jusqu'au retour au sol, lorsque l'individu ne pourra plus se tenir debout correctement.

Certains effets de ces problèmes de circulation sanguine sont visibles comme l'aspect bouffi du visage, un œdème qui traduit la montée des liquides circulant dans les veines. Lorsqu'on est debout, beaucoup de sang est stocké dans les veines. En micropesanteur la pression sanguine n'est plus maintenue dans le corps par la gravité et le sang remonte dans la partie haute du corps. Le centre de gravité se déplace, ainsi il y a beaucoup plus de liquide dans la partie céphalique. Le cœur augmente de volume ainsi que les veines supérieures thoraciques.

Le deuxième danger de la micropesanteur pour le corps est l'atrophie musculaire. Plus aucun effort musculaire n'est nécessaire pour se déplacer ou déplacer un objet, ainsi les muscles ne sont plus sollicités. Il existe donc plusieurs exercices de musculation à exécuter comme le tapis roulant, ou le vélo ergomètre ou encore des barres équipées de systèmes à ressorts ou à tendeurs élastiques. Environ deux heures par jour d'exercice physique sont programmées sur les vols de longue durée.

Au-delà de la perte de tonus musculaire qui peut poser des problèmes au retour sur Terre, la non stimulation mécanique des muscles sur les os entraîne une perte osseuse et une décalcification. Pour limiter cet effet, il faut absorber des minéraux et porter un survêtement qui est muni de tendeurs intégrés dans le tissu qu'on appelle un « Penguin suit » et qui maintient les membres du corps en compression. Sans efforts musculaires pour lutter contre la tension des élastiques, le corps est ramené en position fœtale. Ce survêtement permet de maintenir un peu de force de compression dans l'axe des os et surtout de la colonne.

La micropesanteur a donc des effets sur le corps plus ou moins importants et surtout plus ou moins visibles. Elle a également un effet direct sur la conscience de son corps. Puisqu'il n'y a plus aucun effort à fournir, on ne ressent plus son corps comme on le fait sur Terre, de plus, l'orientation est différente, il n'y a plus de haut ou de bas. Le seul repère devient le regard. Sur Terre, en tendant les bras, on sent les muscles se

contracter pour s'opposer au basculement du poids en avant ou arrière mais dans l'Espace le bras ne pèse plus rien. En fermant les yeux, il faut alors se concentrer pour savoir si le bras est devant et non derrière parce qu'il n'y a plus aucun muscle contracté. La vue devient la fonction la plus importante pour repérer comment est situé son corps dans le vaisseau ou la station spatiale.

### 3. L'Espace et ses effets

L'Espace est un environnement auquel l'homme ne peut survivre en dehors d'un habitat contrôlé. Mais, même au sein de cet habitat, il faut encore se prémunir contre certains de ses effets qui pourraient être nocifs pour le corps. En tout premier lieu, les radiations cosmiques et solaires. L'exposition des astronautes à ces radiations est suivie de près par l'intermédiaire d'un dosimètre qu'ils portent constamment sur eux. En orbite basse terrestre, là où se situe la station spatiale internationale, on est encore protégés par le champ magnétique de la Terre, il n'y a donc pas de réelle nécessité de se protéger des radiations hors d'événements telles que des éruptions solaires. Dans ce cas, le seul moyen d'arrêter ces rayons est de prévoir un blindage, ainsi, il est actuellement demandé à l'équipage de la station spatiale internationale de se mettre à l'abri dans une partie spéciale de la station lorsqu'ont lieu des éruptions solaires qui peuvent durer entre 12h et 48h.

Les astronautes subissent également des flashes visuels qui sont des particules ionisées à haute énergie, des rayons cosmiques qui viennent du soleil ou du fond galactique. Certains pensent que c'est la particule à haute énergie qui excite le nerf optique donc qui déclenche un influx nerveux. D'autres théories disent que la particule à haute énergie excite la partie du cerveau qui traite les informations visuelles. Il y a des moments où ces flashes ne sont pas éblouissants, on voit comme une petite illumination rouge, bleue ou verte, dont la couleur correspond à différents types de rayons cosmiques.

### 4. L'environnement et ses effets

Une station spatiale ou navette spatiale est un espace confiné qui reproduit les conditions de la vie sur Terre dans l'Espace, exception faite de la gravité. Des efforts sont faits pour que cet environnement soit perçu comme relativement « normal » par les astronautes. Il est donc important de reproduire un rythme de vie terrestre avec des prises de repas régulières et surtout de continuer à vivre selon un rythme circadien.

Toutefois, malgré cette normalité reconstituée, les contraintes d'espace de l'environnement et son côté mécanique influent sur la vie des astronautes. Les

insomnies sont ainsi fréquentes, surtout dans les périodes de stress comme par exemple avant les sorties extravéhiculaires.

Le confinement s'avère avoir un impact physiologique direct sur le corps des astronautes au niveau du système cardiovasculaire. Le module d'habitation spatial est un endroit dans lequel un petit nombre de personnes vivent ensemble dans un espace étroit et ouvert, sans réelles zones d'intimité. Et, au-delà de l'impact psychologique, ceci a un retentissement très important sur le système cardiovasculaire, au niveau des parois artérielles. Il s'agit d'une découverte encore récente des effets de la vie dans l'Espace.

## 5. Le retour

Le corps des astronautes est sélectionné, préparé et surveillé pendant toute la durée du vol pour qu'il ne subisse pas de dommages physiologiques. Toutefois, les effets de la micropesanteur, et aussi du confinement, entraînent des modifications dans le corps notamment au niveau du système cardiovasculaire et des muscles. Le retour est donc une étape délicate de reprise de contact avec la gravité terrestre. Le corps, qui s'est adapté à la micropesanteur doit de nouveau faire face à son milieu d'origine. Le sang redescend dans le corps, ce qui peut provoquer des évanouissements. Il existe ainsi un pantalon anti-G muni de vessies sur les cuisses, les jambes et l'abdomen qui se gonflent très fort pour empêcher que le sang ne redescende d'un coup. On risque beaucoup moins de s'évanouir par manque d'oxygénation du cerveau. C'est une manière de se prémunir de la syncope.

Une fois revenu sur Terre, l'homme de l'Espace qu'est devenu l'astronaute doit se réadapter à son environnement et redevenir un terrien. Une adaptation physique puisque le corps doit de nouveau subir les effets de la gravité et donc se réhabituer aux efforts musculaires. Mais une adaptation également psychologique, l'astronaute doit de nouveau habiter un environnement orienté, avec un haut et un bas. Une partie de l'espace lui redevient inaccessible, son corps ne peut plus flotter, un changement de perception du monde qui peut s'avérer frustrant...