

Principales expériences menées par Thomas Pesquet à bord de l'ISS

Lors de sa mission à bord de la Station Spatiale Internationale (ISS), Thomas Pesquet sera amené à conduire un large programme de recherche scientifique issu de collaborations internationales.

En complément des expériences conduites par l'ESA, le CNES développe des instruments innovants qui permettront d'améliorer nos capacités d'investigation en physiologie humaine (Echo, Everywear et Perspectives), de mieux contrôler les conditions de vie dans l'ISS (AquaPad et Cassiss) et d'améliorer nos connaissances sur le comportement des fluides dans l'espace (Fluidics). Pour mener à bien ces réalisations, le CNES s'appuie sur des laboratoires et industriels français considérés, pour la plupart, comme comptant parmi les leaders mondiaux dans leur domaine. Les équipes scientifiques travaillent pour le CNRS, l'INSERM, l'ENS Paris et l'ENS Lyon mais aussi le CEA-Leti et le Medes. Concernant les industriels, un large éventail est représenté de grands groupes comme ADS, bioMérieux, Saint-Gobain, des PME comme EREMS et des start-up comme Bodycap et Citizen Sciences.

Enfin, le CNES avec l'Education Nationale donnera la possibilité à des lycéens de réaliser leur expérience à bord de l'ISS.

A ce jour, le programme ESA/CNES représente 55 expériences réparties dans cinq grandes thématiques : Physiologie humaine, Environnement spatial, Physique des fluides, Physique fondamentale et Education. Une vingtaine de ces expériences sera sous la responsabilité du CADMOS, le Centre d'Aide au Développement des Activités en Micropesanteur et des Opérations Spatiales, un service du CNES en charge de préparer, organiser et suivre les expériences menées en micropesanteur.

Ci-dessous quelques exemples d'expériences pour chaque thématique.

1 Physiologie humaine

La recherche en physiologie humaine en micropesanteur permet d'étudier et de comprendre les mécanismes qui aident l'organisme à compenser les effets de la pesanteur.

> **Everywear** : Everywear est une application tablette/iPad conçue pour collecter et redescendre au sol des données sur la santé de l'astronaute. Cet outil, développé par le CNES, le Medes et l'INSERM, sera plus facile à utiliser et plus complet que ce qui existe actuellement à bord de l'ISS. Les capteurs contrôlés par Everywear ont été conçus par de jeunes entreprises françaises innovantes (Bodycap / Citizen Sciences).

Applications :

- Expérience scientifique PATTERNS : « étude des modalités de déplacements des astronautes à bord de l'ISS »,
- Suivi médical de l'astronaute en collaboration avec l'EAC : suivi nutritionnel, déclaration de prise de médicament, déclaration de symptômes, ...
- Suivi de la qualité du sommeil (Pr DENISE)

1.1 Explorations cardiovasculaires

> **Echo (Echographe télé-opérable depuis la Terre)** : Cette expérience menée conjointement par le CNES et l'Agence Spatiale Canadienne permet à un médecin de réaliser, depuis le sol, des échographies sur les astronautes présents à bord de l'ISS, dont Thomas Pesquet. Elle permettra de réaliser des recherches sur la circulation sanguine ou certains organes. L'utilisation de cet échographe et de ses sondes motorisées télé-opérables depuis le sol réduit non seulement le temps d'équipage durant les phases d'entraînement et de vol, mais elle optimise aussi la qualité des échographies réalisées.

Applications :

- *Améliorer l'accès aux soins des populations isolées,*
- *Grâce aux recherches réalisées en micropesanteur sur la circulation sanguine permettre, entre autres, de mieux comprendre les effets d'un alitement prolongé.*

1.2 Nutrition spatiale

> **Energy** : Cette expérience de l'ESA opérée par le CADMOS a pour objectif de déterminer les composantes de la dépense énergétique de l'astronaute au cours d'un séjour de longue durée dans l'espace. La nutrition spatiale est l'un des domaines où les équipes scientifiques françaises ont une expertise reconnue.

Applications :

- *Permettre de prévoir de façon très précise et à long terme les besoins alimentaires des astronautes pour des vols de longue durée (mission vers Mars par exemple).*

1.3 Neurologie

> **GRIP-GRASP-Perspectives** : Ces trois expériences, intimement liées, impliquent des scientifiques français (CNRS et INSERM) et utilisent en partie du matériel développé par le CNES. Opérées par le CADMOS, elles ont pour objectif de mieux comprendre l'influence de la perception et de l'orientation en situation de micropesanteur et d'évaluer l'adaptation du système nerveux à cet environnement.

Applications :

- *Etablir des contre-mesures pour assurer le maintien de la précision gestuelle, mieux comprendre le système vestibulaire et amener des réflexions sur les possibles aménagements des habitats spatiaux,*
- *Mieux comprendre au sol le système nerveux en général, et élaborer des méthodes thérapeutiques et réparatrices pour les personnes atteintes de troubles de la motricité.*

2 Environnement spatial

L'environnement à l'intérieur d'une station spatiale nécessite d'être surveillé pour assurer la présence humaine à long terme. Le système confiné et la micropesanteur influent sur les interactions entre l'astronaute et son environnement. Des expériences scientifiques caractérisent les radiations reçues à cette altitude et en mesurent certains effets. Elles seront complétées par deux expériences technologiques dédiées à la bio-contamination.

2.1 Bio-contamination

> **AquaPad** : Cette expérience technologique portée par le CNES en collaboration avec bioMérieux propose une technique simplifiée et innovante pour tester l'absence de contamination de l'eau de boisson à bord de l'ISS.

Applications :

- *Simplifier, lors des vols habités lointains, ces opérations de routine qui assurent la qualité du support de vie élémentaire et la sécurité des astronautes.*

> **Cassiss (Contamination des Surfaces Innovantes dans l'ISS)** : Cette expérience proposée par le CNES avec la collaboration de l'ENS Lyon, du CEA-Leti et de Saint-Gobain étudie les performances en micropesanteur de surfaces et revêtements innovants qui empêchent les bactéries de proliférer et de créer des biofilms.

Applications :

- *Améliorer la préparation des vols habités de longue durée et la conception des futurs habitats spatiaux pour l'exploration.*
- *Lutter contre les éléments pathogènes et leur prolifération dans les locaux très confinés, en milieu hospitalier ou dans les lieux publics tels les hubs de transport.*

2.2 Radiations

> **EuCPAD (European Crew Personal Active Dosimeter)** : Cette expérience de démonstration technologique de l'ESA mesure les doses de radiations reçues par les membres d'équipage de l'ISS. Ces équipements devraient être utilisés pendant le vol de Thomas Pesquet et seront opérés depuis le CADMOS.

Applications :

- *Utilisation future pour le suivi médical des astronautes à bord de l'ISS ou des vols habités lointains.*

> **DOSIS-3D** : Cette expérience de l'ESA permet de mieux caractériser les radiations spatiales et de comprendre la façon dont elles pénètrent et traversent les cloisons de l'ISS.

3 Physique des fluides

> **Fluidics** : Cette expérience développée par le CNES en coopération avec Airbus Defence & Space étudie à la fois le ballonnement des fluides mais aussi les phénomènes de turbulences d'ondes en micropesanteur.

Les satellites nécessitent des précisions de pointage de plus en plus grandes. Les effets du ballonnement des fluides dans les réservoirs des satellites deviennent de plus en plus néfastes pour la performance de la plateforme. Fluidics a pour but d'obtenir des données expérimentales qui permettront d'améliorer les modèles de simulation.

Par ailleurs, sur un plan plus scientifique, Fluidics permettra de valider, éventuellement de recalibrer, les théories de turbulences d'ondes. Cette étude est conduite par l'ENS (Paris Ulm).

4 Physique fondamentale

Aujourd'hui, l'étalon de temps, la seconde, est défini à partir de l'atome de césium. L'échelle de temps internationale est quant à elle établie en moyennant les signaux de plusieurs centaines d'horloges atomiques réparties sur la planète. Une équipe scientifique française, sous le leadership de M. Cohen-Tannoudji (Prix Nobel de physique), a proposé d'installer dans l'ISS des horloges atomiques, d'où les projets PHARAO du CNES et ACES de l'ESA. La mesure précise du temps que permettra PHARAO révélera aussi la nature de l'espace-temps et les fondements de la gravitation.

> **ACES (Atomic Clocks Ensemble in Space)/PHARAO (Projet d'Horloge Atomique par Refroidissement d'Atomes en Orbite)** : Ces expériences de l'ESA et du CNES seront opérées par CADMOS. Une fois installée à l'extérieur de l'ISS, PHARAO sera la première horloge à atomes de césium refroidis par laser en orbite autour de la Terre. L'expérience a pour objectif de mesurer le temps avec une exactitude et une stabilité inégalées et de tester plus précisément la théorie de la gravitation d'Albert Einstein.

Applications :

- *Obtenir une précision accrue des signaux de positionnement par satellite, une exactitude de la mesure du temps et une validation de la théorie de la gravitation.*

5 Expériences Jeunesse et culturelles

L'ESA et le CNES ont parmi leurs missions celle de diffuser le savoir, notamment auprès des jeunes, et de susciter des vocations. Dans ce cadre, des expériences proposées par des lycéens seront effectuées à bord de l'ISS durant tout le vol de Thomas Pesquet, permettant une interaction entre l'astronaute et les jeunes. Avec le concours du CNES, trois expériences dédiées respectivement à l'étude de la germination et la croissance des plantes (CERES), à l'étude de la croissance cristalline (CrISStal) et à l'étude de la croissance enzymatique (CatalISS) seront montées à bord de l'ISS.

Le CNES participe également à l'initiative éducative Mission X « *Entraînez-vous comme un astronaute* », dont l'objectif est de promouvoir l'exercice et une alimentation saine.

Enfin, l'Observatoire de l'Espace (le laboratoire arts-sciences du CNES) propose, *Télescope intérieur*, une expérience créative entre l'astronaute Thomas Pesquet et l'artiste de renommée internationale Eduardo Kac. Cette œuvre de papier, conçue par l'artiste pour être uniquement réalisable en impesanteur, est un poème où le langage est vecteur d'une expérience inédite.