

CNES MAG



ESPACE • INNOVATION • SOCIÉTÉ

#70
Octobre 2016

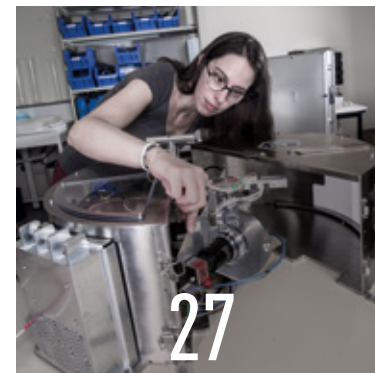
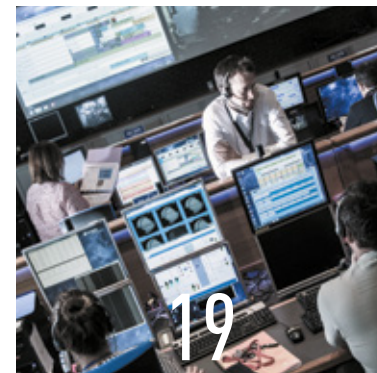
ISS

DE LA SCIENCE ET DES HOMMES





SOMMAIRE



05 ÉDITORIAL

06 L'ESSENTIEL

Cadmos, Medes, Novespace, santé, physique et gastronomie : le point sur les actualités du CNES à un mois du départ de la mission Proxima

12 #COMMUNAUTÉ

Les actualités de l'ISS relayées par les followers du CNES

13 GRAND ORAL

L'astronaute français Thomas Pesquet revient sur son parcours et livre avec passion sa vision de l'exploration spatiale d'aujourd'hui et de demain

16 EN IMAGES

Du laboratoire Columbus à une base sur Mars

18 EN CHIFFRES

Les données clés de la Station spatiale internationale

19 LE CNES EN ACTIONS

Proxima : préparer l'avenir depuis l'espace

27 MATIÈRE

Mieux comprendre la danse des fluides avec Fluidics

28 INSTANTS T

La vie à bord de l'ISS

30 RENCONTRES

- Brigitte Godard, médecin de l'astronaute Thomas Pesquet
- Stéphane Blanc, directeur de recherche au CNRS
- Claude Carrière, sellier-garnisseur du spatial

33 ESPACE ÉTHIQUE

Ecce homo, par Jacques Arnould

34 EN VUE

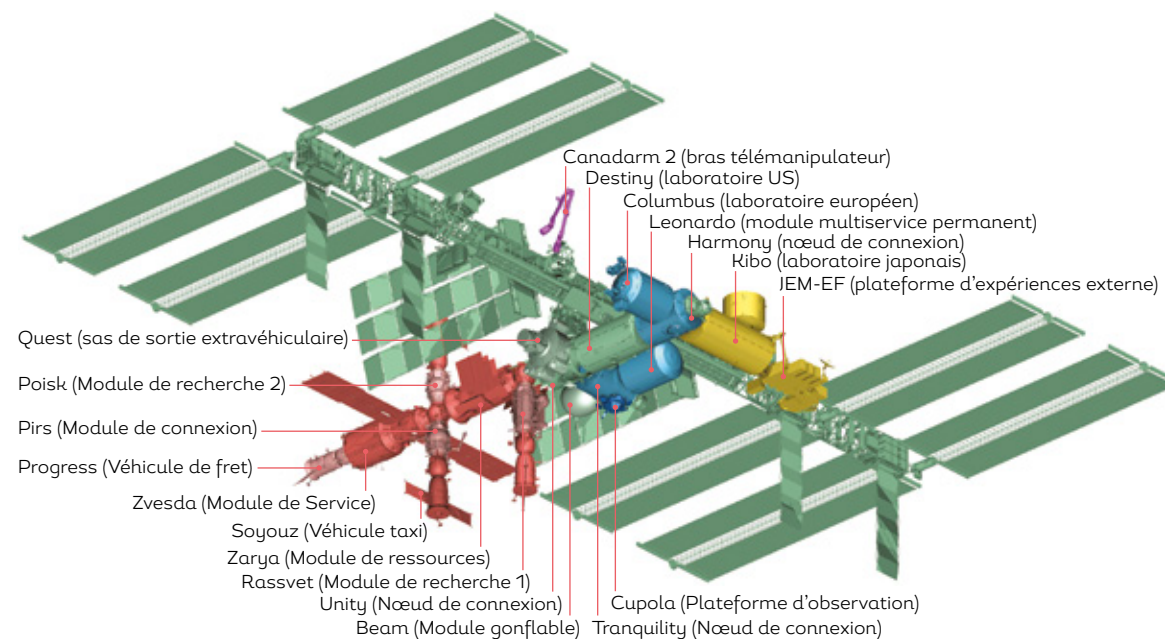
Les manifestations, les expos et les ouvrages réalisés ou soutenus par le CNES

36 TRANSFERT

Échographie : une sonde contrôlée à distance

LA STATION SPATIALE INTERNATIONALE

Formidable exemple de coopération internationale, l'ISS est composée d'un ensemble de modules mis au point par différents pays. Le point sur qui a fait quoi.



● MODULES AMÉRICAINS ● MODULES RUSSES ● MODULES EUROPÉENS ● MODULES JAPONAIS ● MODULES CANADIENS

PARTENAIRES

Sont cités dans ce numéro : p. 08 l'entreprise spécialisées dans les vols paraboliques, la microgravité, et le transfert technologique, Novespace; p. 09 l'institut de médecine et de physiologie spatiale, Medes; p. 10 l'institut pour les problèmes biomédicaux, IBM à Moscou; p. 31 le CNRS; p. 36 la société de télémédecine Adechotec ainsi que l'ensemble des agences spatiales impliquées dans l'ISS (ESA, NASA, Roscosmos, CSA).

En couverture : © NASA



Découvrez les contenus en ligne de ce nouveau numéro sur cnes.fr/cnesmag



CNESfrance



@CNES



CNES



CONTRIBUTEURS



FRANÇOIS SPIERO

Responsable des vols habités au sein de l'équipe Science, Micropesanteur et Exploration du CNES, François Spiero fait partie de la délégation française à l'ESA et représente le CNES à l'international. Les astronautes, la science dans l'ISS ainsi que la préparation de l'exploration humaine de la Lune et de Mars n'ont pas de secret pour lui. Il nous a aidé à élaborer ce numéro et à vous expliquer la position de la France dans un domaine en pleine évolution.



SÉBASTIEN BARDE

À la tête du Cadmos, Sébastien Barde coordonne la préparation des expériences en micropesanteur avec les scientifiques et les agences spatiales partenaires. Il assure aussi le suivi des opérations depuis la salle de contrôle, ainsi que la distribution des données. Chef de projet de la participation française à Proxima, il nous a raconté la genèse de ce projet depuis Toulouse.



DAVID DUCROS

Enfant de la génération Apollo-Soyouz, David Ducros a conjugué sa passion de l'espace et celle du dessin. Des satellites d'observation aux sondes spatiales, il a illustré beaucoup d'engins qui explorent notre univers. Pour nous, il a réalisé une version simplifiée de l'ISS, à partir d'un écorché extrêmement détaillé de chaque module qui a nécessité un nombre incalculable d'heures de calcul.



CLÉMENT DEBEIR

Responsable des productions audiovisuelles et multimédias de l'agence SapienSapienS, Clément Debeir est un passionné des interactions humaines et numériques. Une passion partagée avec les membres de l'équipe France de la mission Proxima qu'il a filmés au Cadmos. Ses sujets sont à visionner sur la version numérique de *CNESmag*.



ÉDITORIAL



Le 12 avril 1961, date du vol spatial de Youri Gagarine, est l'une des dates mythiques de l'histoire de l'humanité. C'était en effet la première fois qu'un être humain quittait le sol de notre planète pour conquérir un nouvel élément, l'espace, suscitant un engouement sans précédent. 55 ans plus tard, la magie opère toujours et dans quelques semaines, nous serons très nombreux à regarder Thomas Pesquet s'envoler depuis le Cosmodrome de Baïkonour, sur le pas de tir qui a été le théâtre de l'exploit de 1961. La conquête de l'espace fait en effet toujours rêver et la perspective d'aller un jour sur Mars, mobilise l'ensemble de notre communauté. C'est pour cela que Thomas et ses collègues vont séjourner six mois à bord de la Station spatiale internationale, pour apprendre à vivre de plus en plus longtemps dans l'espace. Le CNES est évidemment aux avant-postes de cette mission : nos équipes sont mobilisées pour préparer ses expériences scientifiques et en assurer le suivi médical, dans le cadre de l'accord que nous venons de signer avec l'Inserm. Parce que même si dans nos métiers, la plupart du temps tout est « nominal » comme nous avons l'habitude de le dire, l'espace reste la dernière aventure.

JEAN-YVES LE GALL

PRÉSIDENT DU CENTRE NATIONAL D'ÉTUDES SPATIALES

CNESMAG

CNESmag, le magazine d'information du Centre national d'études spatiales, 2 place Maurice Quentin. 75039 Paris cedex 01. Adresse postale pour toute correspondance : 18 avenue Édouard Belin. 31401 Toulouse cedex 9. Tél : +33 (0)5 61 28 33 90. Internet : <http://www.cnes.fr>. Cette revue est adhérente à Communication&Entreprises. Abonnement : cnesmag@cnes.fr

Directeur de la publication : Jean-Yves Le Gall. **Directrice éditoriale** : Marie-Claude Salomé. **Rédactrice en chef** : Brigitte Alonzo-Thomas. **Secrétaire générale de la rédaction** : Céline Arnaud. **Rédaction** : Liliane Feuillerac, Marie-Claude Siron, Brigitte Alonzo-Thomas, Camille Aulas. **Photothèque (recherche iconographique)** : Marie-Claire Fontebasso. **Crédits photo** : © CNES/H.Piraud - E.Grimault - D.Ducros - D.Debeir (p. 04), CNES/O.Pascaud (p. 05), NASA (p. 06), ESA - NASA (p. 07), CNES/E.Grimault (p. 08-09-11 gauche) - ESA (p. 08), CNES/IMBP/CHU d'Angers (p. 10), A.Ducasse/P.Desgrieux (p. 11 haut, droite), NASA/STAFFORD Bill (p. 13-15), ESA-NASA (p. 16), Gamma Habitat (p. 17), NASA (p. 18), INSERM/IM Heidinger (p. 18), CNES/E.Grimault (p. 19-25-26-27-33), CNES - TASS (p. 20), NASA (p. 21), Gagarin Cosmonaut Training Centre (p. 22), NASA (p. 23), ESA/NASA (p. 24), AdEchoTech (p. 36). **Illustrations** : David Ducros (p. 03), François Foyard (p. 07, 10 et 35), Christophe Pierrot (IDE) (p. 28-29), Jean-Marc Pau (p. 30-32). **Web master** : Sylvain Charrier. **Traduction** : Boyd Vincent. **Conception, conseil et réalisation** : Citizen Press - Camille Aulas, Stéphane Boumendil, David Corvaisier, Alexandra Roy, Aurélien Saublet. **Impression** : Ménard. ISSN 1283-9817. **Ont participé à ce numéro** : Laurence Arnen, Gérard Azoulay, Lionel Baize, Marine Bernat, Amélie Blondeau, Guilhem Boyer (réseaux sociaux), Fabienne Casoli, Sylvain Charrier (web master), Jean Coisne, Philippe Collot, Christine Correcher, Chantal Delabarre, Emeline Deseez, Romain Desplat, Giorgi Donato, Guillemette Gauquelin-Koch, Claudie Haigneré, Philippe Hazane, Aurélie Jeanne, Séverine Klein, Didier Lapierre, Alain Maillot, Didier Massonnet, Jean Mignot, Sébastien Rouquette, Nathalie Ribeiro Vieira, Sophie Roelandt, Florence Serroussi, Marie-Claude Siron (CNESmag numérique), François Spiero, Lionel Suchet, Martial Vanhove, Michel Viso, Julien Watelet.



2016

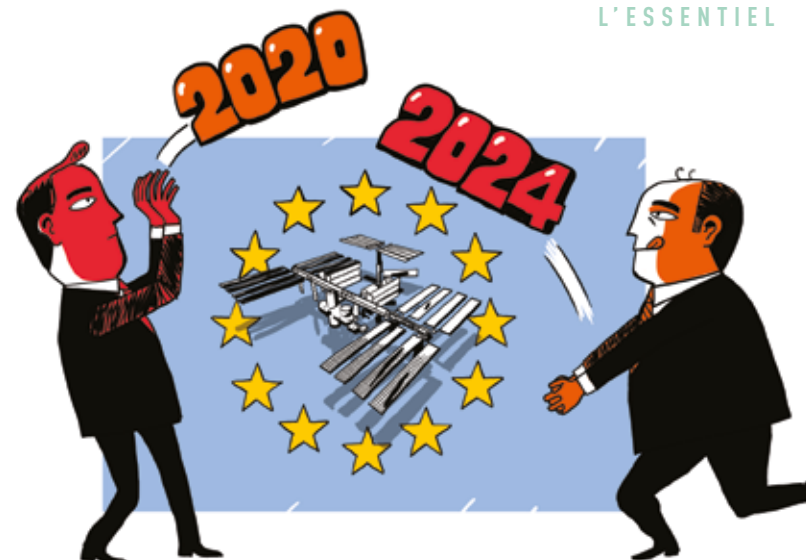
Rendez-vous spatiaux à ne pas manquer

À 400 km d'altitude, avec une vue imprenable sur la Terre, la Station spatiale internationale (ISS) vivra fin 2016 deux temps forts, suivis de près par la France. Elle devra tout d'abord accueillir trois nouveaux astronautes dont un Français, Thomas Pesquet, qui participera à la mission Proxima, conçue et préparée notamment par le CNES et le Cadmos¹ (cf. p. 8). En décembre, l'enjeu sera cette fois plus stratégique : à Lucerne, en Suisse, la conférence ministérielle de l'ESA devra préciser ses intentions sur sa contribution à l'ISS après 2020.

1. Centre d'aide au développement des activités en micropesanteur et des opérations spatiales.



L'ESSENTIEL



PERSPECTIVE

L'AVENIR DE L'ISS EST EN SUISSE

ESA poursuivra-t-elle sa contribution à l'ISS après 2020 ? Instance dirigeante européenne, le Conseil ministériel répondra à cette question, en fin d'année, à Lucerne. En effet, tous les deux ans, les ministres ou représentants des États membres de l'ESA se retrouvent pour fixer les grandes orientations de leur politique spatiale. En Suisse, l'ordre du jour sera chargé. L'Agence spatiale européenne s'était engagée à soutenir l'ISS jusqu'en 2020. Elle peut, si elle le souhaite, s'en tenir à ces engagements. Elle peut aussi s'inscrire dans la même démarche que les agences russe ou américaine et prolonger sa contribution à l'ISS jusqu'en 2024. Si tel est le cas, restera à définir les conditions de la contribution européenne à cette nouvelle période d'utilisation de la station. Bien en amont, le Conseil ministériel devra également réfléchir à « l'après 2024 » et tracer le cadre d'un nouveau programme d'exploration habitée.



200

Plus de 200 personnes se sont rendues dans l'ISS depuis sa mise en service, il y a 16 ans. Le prochain équipage qui rejoindra la station sera constitué de Peggy Whitson (NASA), Oleg Novitskiy (Roscosmos) et Thomas Pesquet (ESA).

DÉCRYPTAGE NOM DE CODE, PROXIMA



Proxima Centauri de la constellation du Centaure est l'étoile la plus proche du système solaire, située à plus de quatre années-lumière de la Terre.

« Mission Proxima » est le nom proposé par Samuel, un jeune toulousain de 13 ans, et choisi par Thomas Pesquet. En effet, pour désigner sa mission, le jeune astronaute a lancé une consultation sur le Web. Sur l'ensemble des propositions, l'appellation Proxima a fait consensus : elle reste dans la lignée du nom d'étoile donné aux précédentes missions européennes (Altaïr, Cassiopée, Andromède ou encore Perseus). Quant au « X », il symbolise le chiffre 10, Thomas étant le 10^e astronaute français. La mission regroupe une centaine d'expériences que le Français réalisera dans l'ISS. La moitié d'entre elles émane de l'ESA, mais le CNES lui a également confié sept démonstrateurs.

VIDÉO



Les coulisses du Cadmos

CADMOS EXPERT EN MICROPESANTEUR



En 1993, le CNES crée le Cadmos pour nourrir la connaissance sur la micropesanteur. Ses objectifs : préparer les missions et comparer l'état de l'organisme des astronautes au sol et dans l'espace. À l'œuvre auprès des astronautes français séjournant dans Mir¹, il joue déjà un rôle central. En 1998, quand l'ESA s'engage dans l'ISS, elle souhaite s'appuyer sur un réseau de plateformes d'excellence et crée les Usocs². Elle reconnaît alors la compétence et l'expertise acquises par le Cadmos qu'elle intègre dans ce réseau en tant que référent pour la physiologie humaine. La France, par l'importance de son investissement dans l'ISS, contribue à faire du Cadmos un des Usocs influents en Europe. Le centre français intervient aux trois moments clés de la mise en opérations des expériences qui lui sont confiées : leur préparation, leur suivi en vol et le recueil et archivage des données. Sur l'ISS, il a la responsabilité de l'exploitation et de l'utilisation de la baie EPM (European Physiology Module) et participe à l'exploitation des baies « sciences des fluides » et « biologie ». Le Cadmos est au contact des astronautes dans la phase de préparation où il participe à leur entraînement scientifique, mais aussi en phase de vol où il suit les opérations.

1. Station orbitale russe. Mise en orbite le 19 février 1986, elle a été désorbitée le 23 mars 2001.
2. User Support and Operations Centre.

PLUS D'INFOS : CADMOS.CNES.FR



VIDÉO



Embarquement immédiat !

NOVSPACE PASSER PAR LA CASE ZERO-G

22 secondes, c'est la durée d'une parabole dans l'Airbus 310 Zero-G de Novespace. C'est suffisant pour évaluer l'effet

de l'impesanteur dans certains domaines qui s'accoutument de courts temps d'observation. Depuis 1986, cette filiale du CNES simule les conditions de l'espace dans cet Airbus spécialement aménagé. Pas moins de 40 chercheurs suivent l'évolution de leurs travaux le temps d'un vol. Moins onéreux et plus souples que l'utilisation de l'ISS, ces vols paraboliques sont plébiscités par les scientifiques. À bord, des expériences peuvent être menées avant leur emport dans l'ISS. Pour Proxima par exemple, les protocoles utilisés sur Matiss et Aquapad (cf. Le CNES en actions, p. 25) ou les techniques adoptées pour EveryWear et Fluidics y ont été préalablement testés. Thomas Pesquet est un des « abonnés » de l'appareil puisqu'il est également utilisé pour l'entraînement des astronautes.

PLUS D'INFOS : ZERO-G.CNES.FR

VIDÉO



Mais que fait-on à la clinique spatiale ?

MEDES UNE CLINIQUE TRÈS SPATIALE

Ils sont sains, jeunes, sportifs, et pourtant ils sont hospitalisés de leur plein gré pendant deux mois ! Quand ces patients volontaires entrent au Medes¹, ils se mettent au service de la « science humaine ». À Toulouse, cette clinique spatiale organise des séquences de « bed rest »² qui simulent les conditions de l'impesanteur. Pendant plusieurs semaines voire mois, les sujets restent alités, inclinés, la tête plus basse



que les pieds. En 2015, le Medes a innové avec des études en immersion sèche³, une « première » en Europe. Cette technique plus rapide – la flottaison peut durer trois jours – met en évidence certains

déficits liés au manque de gravité. Créé en 1989 à l'initiative du CNES et du CHU de Toulouse, le Medes est la seule clinique spatiale au monde située au sein d'un hôpital. Elle bénéficie du même coup de toutes les expertises de l'établissement. La médecine générale et la e-santé qui, développent de nouveaux outils, bénéficient des résultats de ces travaux.

1. Institut de médecine et physiologie spatiales
2. Alitement longue durée
3. L'impesanteur est simulée par flottaison

PLUS D'INFOS : MEDES.CNES.FR



L'ESSENTIEL

8400

ASPIRANTS

En 2008, l'ESA a lancé un appel à volontaires pour renforcer son corps d'astronautes. 8400 candidatures ont été recueillies dont un quart de françaises. La suite on la connaît, c'est le Français Thomas Pesquet qui a été recruté ainsi que d'autres Européens. Depuis 2009 et jusqu'à son départ, il bénéficie d'un programme complet d'entraînement.

2,2

MILLIARDS

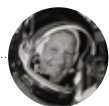
C'est, en kilomètres, la distance parcourue par l'ISS depuis 1998. La NASA, qui a communiqué le chiffre, évalue à 10 allers-retours Terre-Mars le parcours de la station, qui avait fêté, en mai 2016, son 100 000^e tour de la Terre.

50 000

La vie dans l'espace exige de l'astronaute une hygiène de vie exemplaire. À l'initiative de l'ESA, eXplore est un programme de sensibilisation et d'éducation à la santé auprès des jeunes, repris par les grandes agences spatiales. Dans ce dispositif, l'astronaute est pris pour exemple : les classes volontaires participent à des défis mobilisant à la fois la condition physique des élèves et leurs connaissances en biologie. Cette mission offre un support aux enseignants et une opportunité pour lutter contre l'obésité chez les jeunes. En 2016, dans le monde entier, plus de 50 000 jeunes, dont 3 000 Français, ont participé à ce projet transdisciplinaire.

CES FRANÇAIS QUI SONT ALLÉS

JEAN-LOUP
CHRÉTIEN



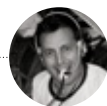
1^{er} astronaute européen de l'Ouest
Missions :
PVH (1982) - Aragatz (1988)
STS 86 (1997)

PATRICK
BAUDRY



Mission :
STS-51-G (1985)

MICHEL
TOGNINI



Missions :
Antares (1992)
STS-93 (1999)

JEAN-PIERRE
HAIGNERÉ



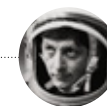
Missions :
Altair (1993)
Perseus (1999)

JEAN-FRANÇOIS
CLERVOY



Missions :
STS-66 (1994)
STS-84 (1997)
STS-103 (1999)

JEAN-JACQUES
FAVIER



Missions :
STS-78 (1996)

CLAUDIE
HAIGNERÉ



Missions :
Cassiopee (1996)
Andromède (2001)
1^{re} astronaute française dans l'ISS

LÉOPOLD
EYHARTS



Missions :
Soyouz TM-27 (1998)
STS-122 (2008)

PHILIPPE
PERRIN



Mission :
STS-111 (2002)



L'ESSENTIEL

CARDIO LA CIRCULATION SANGUINE SOUS HAUTE SURVEILLANCE



La gravité « organise » la circulation sanguine dans le corps humain. L'impesanteur, elle, dérègle ce système. La trilogie « cardio » étudie justement ces phénomènes à travers des équipements permanents présents à bord de la station :

- **Cardiomed** est installé de manière similaire au sol et à bord. Cet ensemble multi-données est le fruit d'une collaboration franco-russe¹. Le CNES a développé le calculateur principal à partir duquel sont connectés les instruments et deux senseurs.

- **Cardiolab**, contribution franco-allemande, est composé de plusieurs instruments. L'enregistrement, battement par battement, précise l'état cardiaque des astronautes. Cette étude pourrait éclairer le phénomène de syncopes et les effets de la sédentarité chez les personnes âgées.
- **Cardiospace** est une coopération franco-chinoise. Un ensemble d'instruments étudie les micro- et macro-circulations cardiovasculaires. À bord de TianGong 2, module spatial chinois, Cardiospace affinera les investigations déjà menées.

1. L'institut pour les problèmes bio-médicaux, IBMP, à Moscou

PLUS D'INFOS : CARDIOMED.CNES.FR ; CARDIOLAB.CNES.FR ; CARDIOSPACE.CNES.FR

EXPOSE R2 COUPS DE SOLEIL DANS L'ESPACE

L'ISS n'est pas un laboratoire clos. Positionné « en balcon », à l'extérieur de la station, le programme européen Expose-R comprend 9 expériences dont Expose-R2, proposée par le CNES. Objectif : mesurer les effets de la

lumière du Soleil sur certains composés chimiques ou biologiques. Expose R-2 a été lancé le 24 juillet 2014. Les observations de longue durée devraient permettre d'éclairer l'astrobiologie sur l'environnement de Titan. Les

PHARAO DÉTERMINER LE TEMPS UNIVERSEL



Aujourd'hui, l'étalon de temps, soit la seconde, est défini à partir de l'atome de césium. Aces, un ensemble d'horloges atomiques de l'ESA, sera prochainement installé sur l'ISS. À l'extérieur des modules pressurisés, il comparera les échelles de temps entre le sol et l'espace. Dans ce programme, la France a réalisé Pharao, première horloge à atomes de césium refroidis par laser, et l'a livrée en 2014. Programmé pour voler en 2018, Aces pourrait éclairer la théorie de la gravitation d'Einstein. Des applications sont attendues dans l'établissement du temps universel, la navigation, le positionnement ou encore la géodésie.



L'ESSENTIEL

DECLIC L'EAU DANS TOUS SES ÉTATS



Le traitement ultime des déchets ou la diminution des rejets polluants reste un problème d'actualité. Bonne nouvelle : l'eau à l'état critique est peut-être l'une des solutions. Les propriétés qu'elle développe dans cet état extrême le laissent penser. C'est du moins ce que cherchent à savoir les scientifiques avec Declic¹. En effet, la gravité empêche de déterminer précisément les interfaces entre les états (liquides, solides, gazeux) des fluides. L'impesanteur au contraire, crée les conditions d'une meilleure observation. En octobre 2009, le mini-laboratoire de physique Declic a donc été installé à bord de l'ISS pour tenter d'apporter des éléments de réponse. Depuis, il enregistre de manière automatique le comportement des fluides critiques à basse et haute température. Conçu pour accueillir différents inserts, il se prête à plusieurs types d'expériences suivies par le Cadmos. Lors des rotations d'équipage, les inserts peuvent être ramenés au sol et remplacés par de nouveaux. Après six ans de fonctionnement en vol, Declic a fait l'objet en 2016 d'opérations de maintenance et devrait être réintégré à la station en janvier 2017.

1. Dispositif pour l'étude de la croissance et des liquides critiques.

PLUS D'INFOS : DECLIC-MISSION.CNES.FR



GASTRONOMIE LA RECETTE DU BIEN MANGER DANS L'ESPACE

Après six mois passés dans la station spatiale, Jean-Pierre Haigneré l'a dit haut et fort : « La nourriture de conserve accréditée dans la station est fade et répétitive. C'est un coup porté au moral... Et donc à la santé ! Le sujet est moins léger qu'il n'y paraît puisque la nutrition a une grande influence sur l'adaptation physiologique des astronautes. La « gastronomie spatiale » est donc tout sauf accessoire. La collaboration entre le Cadmos et le lycée hôtelier de Souillac, puis avec les équipes de Ducasse conseil, a conduit à l'élaboration de « menus d'exception ». Leur réalisation n'est pas une sinécure car au-delà de la qualité gustative, les contraintes sont sévères : risque d'intoxication, d'ingestion, etc. Et pour cause : trop sèche, la nourriture produit des miettes qui peuvent être inhalées par l'astronaute, trop humide, le liquide pourrait provoquer des courts-circuits. La maturation des processus de fabrication a été longue, mais les recettes sont au point. Fabriqués avec le concours de la société bretonne Hénaff, ces repas ont reçu l'agrément de la NASA.

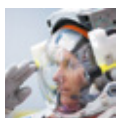
DE L'ENERGY DANS LE MENU

Quels sont les besoins énergétiques d'un astronaute au cours d'un vol spatial de longue durée ? Pour l'instant, on ne le sait pas précisément. L'expérience Energy s'intéresse à cette question en évaluant les menus de quatre repas. Elle permettra également de régler le problème pratique de la quantité de fret optimale pour éviter manques de nourriture et charges excessives à bord.



#COMMUNAUTÉ

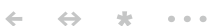
Tous les jours, sur les réseaux sociaux, le CNES discute avec vous. Vous nous faites part de vos réflexions ou questions. Rejoignez la conversation!;)



@ THOMAS PESQUET

Astronaute européen français, décollage en Novembre 2016 vers l'ISS / Euro-french astronaut in training for 1st mission to space!

Mon dîner: calories et quantités mesurées...
Merci @CNES #CADMOS, et vive la recherche à bord de l'ISS ;)



@ ARISS PROXIMA 30

Les élèves de Boissières et Saint-Dionisy vont appeler la Station Spatiale Internationale avec notre équipe radioamateur!
Rdv début 2017 pour cet événement!

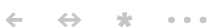
Les élèves de Boissieres et St Dionisy vont appeler @Thom_astro dans la @Space_Station!



@ PIERRE BUHLER

Ancien ambassadeur de France en Pologne. Były ambasador Francji w Polsce. Autor Anatomia Oszustwa, Polska w czasach komunizmu

Innovation en France : grâce à l'A310 @AirZeroG, les scientifiques procèdent à des expériences en apesanteur @CNES



VIDÉO



Retour sur un parcours hors normes

@ JULIETTE DEMEY

Reporter Le Journal du Dimanche @lejdd

À la clinique de l'espace du @CNES à #Toulouse, 12 hommes dans une baignoire testent l'impesanteur #MEDES



UN SITE DÉDIÉ À « L'ÉQUIPE DE FRANCE DE PROXIMA » !



Pour comprendre en un clin d'œil quelle est la stratégie du CNES et comment l'institution travaille avec ses partenaires, nous avons conçu pour vous une carte de visite interactive. Budget, stratégie, coopération : le CNES n'aura plus de secrets pour vous!
> <http://proxima.cnes.fr>

CRÉATEURS YOUTUBE, LE SPATIAL FRANÇAIS VOUS OUVRE SES PORTES !

À l'occasion de la mission Proxima, le CNES lance une collaboration au long cours avec le YouTube Space Paris. Un studio de tournage de 80 m², un décor spatial, et la possibilité pour les youtubeurs de tourner leur vidéo sur un des sites exceptionnels du spatial français : inscrivez-vous !
> <http://proxima.cnes.fr/YouTubeSpace>



GRAND ORAL

THOMAS PESQUET

À 38 ANS, THOMAS PESQUET VA RÉALISER SON RÊVE. Aboutissement de huit années de travail, il s'envolera bientôt pour la Station spatiale internationale. À quelques semaines du départ, il revient sur son parcours et livre avec passion sa vision de l'exploration spatiale d'aujourd'hui et de demain.



GRAND ORAL

ANCIEN SALARIÉ DU CNES, VOUS AVEZ REJOINT LE CORPS DES ASTRONAUTES DE L'ESA. QUEL A ÉTÉ VOTRE PARCOURS ?

Thomas Pesquet : Mon diplôme d'ingénieur en poche en 2001, j'ai commencé en ingénierie spatiale chez GMV, à Madrid. Puis je suis entré au CNES en tant qu'ingénieur de recherche sur l'autonomie des missions spatiales. C'est en représentant l'établissement au Comité consultatif pour les systèmes de données spatiaux que j'ai fait mes premières armes à l'international. Rattrapé par ma passion, j'ai décidé en 2004 de suivre le programme de formation des pilotes de ligne d'Air France. Devenu instructeur sur l'Airbus A320, j'ai accumulé 2500 heures de vol avant de répondre, en 2008, à la première annonce de l'ESA pour le recrutement d'un astronaute européen. Sans y croire vraiment mais sans rien lâcher pour autant, j'ai passé toutes les étapes de la longue sélection. Et la magie a opéré : j'ai été retenu en septembre 2009. Étant le plus jeune des 6 astronautes recrutés – j'avais alors 31 ans – je n'étais pas prioritaire pour être envoyé dans l'ISS. Cela m'a permis de mener sereinement ma formation de base au Centre des astronautes européens, à Cologne. Et en mars 2014, la nouvelle est tombée : Proxima était mon ticket pour l'espace !

EN QUOI A CONSISTÉ VOTRE ENTRAÎNEMENT ?

T. P. : L'entraînement aux missions spatiales vise à préparer le corps et l'esprit aux conditions extrêmes des

vols longue durée. La préparation physique, c'est-à-dire les séances de sport quotidiennes, nous permet de résister aux phases très dynamiques que sont le décollage et l'atterrissage. Et aussi de prévenir les dommages que pourraient par la suite subir nos muscles, moins sollicités dans un contexte d'impesanteur. De plus, je vais participer à une sortie extravéhiculaire (EVA) pour une opération de maintenance extérieure de la station. Pour m'y préparer, j'ai fait des plongées de 6 à 7 heures en piscine à Houston, dans le scaphandre américain. Il faut savoir que le scaphandre s'oppose aux mouvements. Le simple fait de fermer la main devient comme devoir écraser une balle de tennis ; l'entraînement est donc primordial. Et puis il y a le mental. La promiscuité, la désorientation avec la perturbation des rythmes circadiens, le sentiment de solitude... Pour nous préparer à cela, nous avons recréé des conditions de vie analogues en passant des jours et des jours en équipe, coupés du monde, dans un environnement extrême (sous l'eau ou dans une grotte par exemple) avec un programme d'exploration à mener.

QUELLES NOUVELLES COMPÉTENCES AVEZ-VOUS DÛ DÉVELOPPER ?

T. P. : Concernant les compétences, la formation de base sert dans un premier temps à mettre tout le monde au même niveau car le recrutement des astronautes se fait

dans des milieux assez variés : médecin, ingénieur, pilote, etc. Par exemple, les deux langues officielles à bord de l'ISS sont l'anglais et le russe. Tous les astronautes doivent donc les maîtriser. Pour ma part, l'apprentissage du russe a peut-être constitué la plus grosse partie de mon entraînement initial. J'ai passé des heures seul à mon bureau à apprendre mes déclinaisons – ce n'est pas le type d'entraînement de l'astronaute qui est relayé par les médias ! Par ailleurs, il faut bien sûr connaître tous les éléments de la station, apprendre par cœur toutes les procédures et être capable de manipuler correctement les 14 racks nécessaires aux expériences scientifiques... Le plus difficile en fait, c'est d'atteindre un niveau suffisant dans toutes les disciplines. Cela représente énormément de temps et de travail.

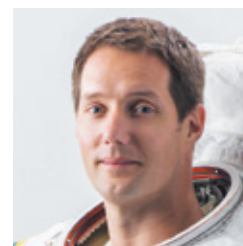
QUELS SONT LES ENJEUX DES EXPÉRIMENTATIONS QUE VOUS ALLEZ MENER PENDANT VOTRE MISSION ?

T. P. : À bord de la station, l'humain (donc l'astronaute) est le principal sujet d'étude. L'idée est de profiter des paramètres physiques – l'impesanteur particulièrement – qui règnent dans l'espace pour mener des recherches plus efficacement que n'importe où sur Terre. Notre but à nous, équipage de l'ISS, c'est d'acquérir des connaissances suffisantes pour être en mesure d'innover. Et ces innovations sont destinées à

« NOTRE GÉNÉRATION EST VRAIMENT TOURNÉE VERS LE FUTUR. CE QUI NOUS CARACTÉRISE, C'EST L'ENVIE D'ALLER TOUJOURS PLUS LOIN. »



GRAND ORAL



THOMAS PESQUET ASTRONAUTE FRANÇAIS

« NOTRE BUT DANS L'ISS, C'EST D'ACQUÉRIR DES CONNAISSANCES SUFFISANTES POUR ÊTRE EN MESURE D'INNOVER »

l'environnement spatial mais aussi à la vie terrestre quotidienne ! Les expériences que je vais mener couvrent de nombreux domaines. Sans rentrer dans le détail, les démonstrateurs technologiques embarqués dans la station visent par exemple à tester des surfaces antimicrobiennes, à évaluer un procédé simple et peu coûteux de purification de l'eau ou encore à améliorer les potentialités du contrôle d'une machine à distance.

QUELLES SONT SELON VOUS LES GRANDES MISSIONS SPATIALES DES 20 PROCHAINES ANNÉES ? Y PARTICIPEREZ-VOUS ?

T. P. : L'exploration de l'espace est pour moi un des sujets majeurs qui devraient faire évoluer l'humanité. Celle-ci peut revêtir de nombreux aspects, des télescopes spatiaux pour

observer et mieux comprendre l'Univers à la colonisation de la Lune ou de Mars. Aujourd'hui, toute mon ambition est centrée sur la réussite de cette mission. Je n'ai pas encore réfléchi à l'après. De nombreuses personnes travaillent au sol autour de nous, ingénieurs, techniciens, scientifiques, médecins... Les astronautes sont en bout de chaîne mais on a vraiment à cœur de mettre toutes les chances de notre côté pour le succès de la mission. Cela dit, si on me propose de participer à une expédition martienne en 2030, j'accepterai sans hésiter !

VOUS APPARTENEZ À LA NOUVELLE GÉNÉRATION DES ASTRONAUTES. COMMENT LA DÉFINIRIEZ-VOUS ? QUELLES SONT SES AMBITIONS ?

T. P. : J'appartiens en effet à la première génération d'astronautes nés après le premier alunissage. Je pense que notre génération est vraiment tournée vers le futur. Peut-être justement parce que nous ne portons pas ce poids du passé. Ce qui nous caractérise, c'est l'envie d'aller toujours plus loin, de dépasser l'orbite basse de la Terre et de répondre à toujours plus de nouveaux défis. Nous sommes aussi une génération d'astronautes plus engagés dans le partage de nos expériences. Mais c'est sans doute parce que, contrairement à nos prédécesseurs, nous en avons les moyens techniques. Je vois aussi beaucoup de points communs avec les astronautes d'hier. Nous avons tous des profils similaires, orientés vers la science ou la technique, et

ce côté un peu fou d'explorateur. Ce qui est sûr, c'est que depuis Gagarine, environ 550 personnes ont eu la chance d'aller voir la Terre depuis l'espace. Je vais à mon tour en faire partie et il est très important pour moi de transmettre cette expérience au public. J'ai envie de motiver les jeunes à entamer des carrières scientifiques, de déclencher des vocations. Car on ne naît pas astronaute, on le devient. Il n'y a ni école ni formation. Il faut assembler de nombreuses briques pour y parvenir. C'est un puzzle qui est passé, pour moi, par des études scientifiques et techniques, des compétences de pilote, la pratique de sports à haut engagement physique... Bref, les choses sont possibles si on y croit. Et c'est un optimisme qu'il me tient à cœur de transmettre.

Profil

2001
Diplômé de l'École nationale supérieure de l'aéronautique et de l'espace de Toulouse.

2002-2004
Ingénieur de recherche au CNES sur l'autonomie des missions spatiales.

2006
Obtention de sa licence de pilote de ligne après avoir suivi la formation Air France.

2009
Sélectionné pour devenir astronaute par l'ESA.

2014
Affecté à la mission de longue durée Proxima.



EN IMAGES



LABO EN ORBITE

En 2008, avec Columbus, l'ESA ne faisait pas que s'acquitter de l'une de ses contributions à l'ISS. Avec ce laboratoire orbital pressurisé, elle offrait aux chercheurs européens un lieu d'investigations en continu. En effet, ce sont plusieurs centaines d'expériences qui y sont réalisées chaque année, couvrant des domaines variés comme la science des fluides (FSL), la biologie (Biolab) ou encore la physiologie humaine (EPM). Ce dernier secteur, qui comprend les équipements de la filière cardiologie (cf. p. 10), est placé sous la responsabilité du Cadmos.



EN IMAGES



DEMAIN, UNE BASE MARTIENNE ?

L'ISS n'est qu'une première marche dans l'aventure martienne. À l'échelle mondiale, l'implantation d'une base sur la planète rouge est, loin de la fiction, un véritable challenge. Il reste néanmoins des étapes cruciales à franchir, à commencer par les problèmes liés à la durée du voyage, aux masses d'emport et au support-vie. En 2010, Mars 500¹ a préfiguré les conditions matérielles d'un long séjour sur la planète rouge. Aujourd'hui, l'intérêt d'acteurs privés pour ce défi scientifique et humain pourrait faire bouger les lignes.

1. Programme expérimental russe de simulation sur Terre des conditions de vie sur Mars.





EN CHIFFRES

CINQ ATV



Sous son patronyme simple, l'ATV – cargo automatisé de ravitaillement de l'ISS – était un projet audacieux, une compilation sophistiquée et sécurisée d'innovations. Sa mission était étroitement liée à l'ATV-CC, le centre de contrôle installé

à Toulouse et géré par le CNES. Parti le premier, le Jules-Verne a fait un sans-faute; il a prouvé sa capacité à s'amarrer en toute sécurité à la station. Les quatre missions suivantes ont confirmé la qualité technique du véhicule et l'expertise des équipes au sol. Jusqu'à l'apothéose finale : le Georges-Lemaître, cinquième et dernier de la filière, a participé lui aussi avec succès à des opérations d'évitement de débris spatiaux. Non maîtrisées, les collisions auraient pu avoir des conséquences dramatiques.

PLUS D'INFOS : ATV.CNES.FR

CUBESAT



Avec son projet Janus¹, le CNES encourage la création de nano satellites par des étudiants et contribue au financement des projets. Janus a rejoint le réseau QB50 financé par l'Europe. Plus d'une dizaine d'écoles s'y sont engagées et deux nano satellites s'apprentent à être lancés depuis l'ISS. X-CubeSat, porté par l'École polytechnique, a impliqué plus de 50 étudiants en quatre ans. Le second, SpaceCube, se construit actuellement à l'École des mines. Rappelons que le programme QB50 poursuit quatre objectifs : l'accès facilité à l'espace, des mesures *in situ* et multipoints dans la thermosphère, la démonstration technologique et l'éducation.

1. Jeunes en apprentissage pour la réalisation de nano satellites au sein des universités et des écoles de l'enseignement supérieur

Relève

SUR L'ISS, CHAQUE ASTRONAUTE SÉJOURNE EN MOYENNE UN SEMESTRE : une « relève » est assurée par moitié tous les trimestres. Thomas Pesquet fait partie l'expédition 50-51. À son arrivée, il formera avec ses cinq coéquipiers l'expédition 50, puis, au bout de trois mois, trois d'entre eux partiront pour être remplacés par trois nouveaux astronautes, ce qui marquera le début de l'expédition 51.

1 8



ACCORD

L'espace est un extraordinaire laboratoire. C'est pourquoi le CNES et l'Inserm ont décidé, le 12 septembre 2016, d'amplifier leur coopération dans le domaine de l'espace et de la santé. En présence du président de la République, Jean-Yves Le Gall et Yves Lévy ont signé pour la première fois, à l'Élysée, un accord-cadre sur les avancées en recherche fondamentale obtenues grâce à l'étude de l'être humain dans l'espace et aux applications des apports du spatial pour les questions de santé. Cet accord a pour but de développer des méthodes, outils et services s'appuyant sur les technologies spatiales dans le domaine de la santé, comme le développement d'appareils connectés, notamment conçus pour le vol d'astronautes, et le développement d'appareils médicaux. Cet accord va également donner lieu à un grand nombre d'expériences réalisées lors du séjour de Thomas Pesquet à bord de la Station spatiale internationale.

15 000

En 30 ans, Novespace a effectué 15 000 paraboles dans les avions Zéro G du CNES au cours des 160 campagnes menées, et a assuré trois missions d'observation de rentrée atmosphérique de l'étage principal d'Ariane 5.



LE CNES EN ACTIONS

PROXIMA

PRÉPARER L'AVENIR DEPUIS L'ESPACE

PROCHAINEMENT, LA FRANCE SERA À NOUVEAU REPRÉSENTÉE DANS LA STATION SPATIALE INTERNATIONALE SOUS LES TRAITTS DE THOMAS PESQUET, BENJAMIN DU CORPS EUROPÉEN DES ASTRONAUTES. LES CONDITIONS SPÉCIFIQUES CRÉÉES PAR LA MICROPESANTEUR DANS CE LABORATOIRE SPATIAL PERMETTRONT AU FRANÇAIS DE RÉALISER DE NOMBREUSES EXPÉRIENCES SCIENTIFIQUES, DONT 7 DÉMONSTRATEURS CONFIÉS PAR LE CNES. À LA CLÉ : DES RETOMBÉES CITOYENNES DIVERSES.



LE CNES EN ACTIONS

Dans la conquête spatiale, la France aurait pu faire office de Petit Poucet. C'était sans compter son audace. Très vite, elle a su apporter sa contribution humaine et scientifique à l'aventure moderne. Dès les années 1980, prenant appui sur les grandes puissances – États-Unis et Russie –, elle s'intéresse de près aux premiers vols habités. Pour preuve, en 1981, le CNES sélectionne Jean-Loup Chrétien et Patrick Baudry pour incarner les futurs astronautes français! La France et son agence spatiale prennent alors une longueur d'avance et développent une expertise incontestée. En 1985, à la conférence de Rome, les pays européens hésitent encore à s'engager dans une « Europe spatiale ». La France croit fermement à l'intérêt d'un regroupement des forces. Son volontarisme aide à emporter l'adhésion des plus réticents. L'Europe spatiale va commencer à dessiner ses contours et à envisager de participer à la Station spatiale internationale.

15

pays
L'ISS est une vaste contrée scientifique qui a été développée par 15 pays : le Canada, le Danemark, la France, l'Allemagne, l'Italie, le Japon, la Belgique, les Pays-Bas, la Norvège, la Russie, l'Espagne, la Suède, la Suisse, le Royaume-Uni, les États-Unis.

LE PREMIER EUROPÉEN EST FRANÇAIS

Ses premiers pas dans l'espace, la France les fait avec la Russie. En 1982, c'est à bord de la station orbitale Saliout 7 que Jean-Loup Chrétien rejoint un équipage russe. Le Français devient alors le premier astronaute européen de l'Ouest! En 1986, changement de partenaire : c'est avec la NASA, à bord de la navette Discovery, qu'un autre Français, Patrick Baudry, s'envole. Le principe de « faire de la science en impesanteur » est enclenché. En 1985 l'agence américaine engage le concept de « laboratoire dans l'espace » ; l'ESA, les agences canadienne et japonaise adhèrent vite au projet, suivies par la Russie.

Parallèlement, la France continue d'avancer : en 1986, avec la création du Medes (cf. p. 9), le CNES s'inquiète de la santé des astronautes et veut faire bénéficier la santé publique des enseignements spatiaux. En 1993, avec la création du Cadmos (cf. p. 8), il propose à la recherche scientifique un outil d'excellence pour la préparation et le suivi des expériences en impesanteur. Devenu Usoc, ce dernier est aujourd'hui le référent opérationnel pour la baie EPM (Physiologie), l'une des quatre baies thématiques européennes de la station. En 2000, l'Europe spatiale forme un corps unique d'astronautes auquel la France adhère : Jean-François Clervoy devient le premier Français à voler sous la bannière européenne. En 2016, la mission Proxima, confiée à Thomas Pesquet, confirme cette reconnaissance de la France comme partie prenante des vols habités et de la science en mouvement. La Chine, qui ne cache pas ses ambitions en matière d'expédition lunaire et de stations orbitales habitées, a lancé un premier prototype de station spatiale. Elle sera, peut-être, un prochain partenaire pour l'Europe.

UN PARTAGE ÉQUITABLE

Sélectionné en 2009 par l'ESA, Thomas Pesquet va vivre sous peu l'aventure de l'intérieur. Une fois à bord, il passera une à cinq fois par nuit au-dessus de la France. Mais sa mission restera très internationale



2 juillet 1982 mission PVH : retour de Jean-Loup Chrétien à bord d'une capsule Soyouz.



LE CNES EN ACTIONS



Au premier plan, le véhicule de fret de l'Europe, ici l'ATV 2 Johannes-Kepler, amarré à de la Station spatiale internationale.

puisque l'ISS offre une collaboration scientifique très élargie et contingentée. Dans les faits, la station s'est constituée à partir de deux segments, l'un russe, l'autre occidental, reliés par un sas. Le segment russe s'articule autour de cinq modules et est entièrement géré par le Tsoup, centre de contrôle russe, à Moscou. Le segment occidental est, lui, supervisé par la NASA mais s'appuie sur les contributions des agences européenne, canadienne et japonaise, notamment. Les règles de contribution et d'utilisation ont été précisées par une succession d'accords. En contrepartie de leur investissement, les pays partenaires ont un droit d'utilisation. Il peut se traduire par le développement d'expériences au sein de la station ou par le séjour d'astronautes, comme c'est le cas pour le

8,3 %

La NASA, principal contributeur du module occidental de l'ISS, bénéficie d'un potentiel légèrement supérieur à 76 % pour ses interventions tandis que l'Europe dispose de 8,3 % de capacité d'utilisation ; c'est l'équivalent de sa contribution.

vol de Thomas Pesquet. La contribution de l'Agence spatiale européenne s'appuie sur deux piliers. Tout d'abord, la desserte de la station via la fourniture de 5 véhicules de transfert automatiques (ATV¹). Avec le lancement en juillet 2014 du Georges-Lemaître, 5^e et dernier ATV le contrat est rempli. Mais la participation de l'ESA, c'est aussi l'installation, en 2008, du laboratoire Columbus. D'autres collaborations peuvent être formalisées dans le cadre de contrats spécifiques, comme celui qui lie l'ESA et le Cadmos pour ses activités.

1. Automated Transfer Vehicle



LE CNES EN ACTIONS



Entraînement de l'astronaute français en piscine au centre russe Gagarine.

INNOVER DANS L'ISS : MODE D'EMPLOI

Avec Proxima, le Cadmos, s'est particulièrement investi dans la préparation et le développement des expériences françaises. Objectif : fournir à Thomas Pesquet les meilleurs « outils » pour faire avancer science et technologies.

VIDÉO



De la science
made in France



La France l'attendait, c'est fait : huit ans après Léopold Eyharts, Thomas Pesquet va s'envoler mi-novembre vers l'ISS. Préparé à ce voyage depuis 2009 au Centre des astronautes européens (EAC), à Cologne, il réalisera des dizaines d'expériences françaises, européennes et internationales. Ce « temps d'astronaute » et les services associés (volume de stockage, électricité, etc.) accordés par l'ESA à la France est un bien précieux. Thomas Pesquet va pouvoir tirer le meilleur parti de son séjour dans la station.

ESPACE DISPONIBLE ET APPLICATIONS TERRESTRES

Au fil des missions, et donc de l'embarquement de matériel, l'espace disponible dans la station s'est amenuisé. Thomas Pesquet voyagera léger : 25 kg de « masse montante » ont été alloués au CNES. Comme les autres programmes scientifiques, Proxima devra



LE CNES EN ACTIONS

s'appuyer au maximum sur le matériel déjà présent à bord. L'autre exigence repose sur l'objectif de la mission : il ne s'agit pas uniquement de « faire de la science pour la science ». Comme de nombreuses missions, Proxima doit avoir des retombées citoyennes. « Avec cette mission, la France s'implique à son échelle, dans la préparation du futur », résume François Spiero, responsable des vols habités au CNES.

PRIORITÉ AU SUPPORT-VIE

L'exploration planétaire est au cœur de nombreux travaux. En 2006, par exemple, une quinzaine d'agences parmi les plus influentes (NASA, Roscosmos, JAXA, ESA, CNES, etc.) ont pris l'initiative de se regrouper pour réfléchir à l'intérêt d'une exploration pacifique de l'espace. Issu de cet engagement volontariste, le groupe de travail ISECG¹ a construit une feuille de route internationale qui fait autorité en matière d'exploration planétaire. Parmi les thèmes à l'étude, la perspective de « l'homme sur Mars » peut représenter la phase ultime. Mais ce n'est pas une fin en soi. La valeur ajoutée, ce sont les étapes intermédiaires. Car pour atteindre de tels objectifs, il faut régler des questions vitales, dont celle du support-vie. « L'ISS est justement un outil adapté au développement d'expériences de support-vie dans une perspective élargie d'exploration planétaire. Par ailleurs, le support-vie présente un fort potentiel d'applications citoyennes », note François Spiero. Il rejoint en cela l'une des recommandations de Geneviève Fioraso chargée, par le gouvernement français, d'une mission d'étude sur les grands enjeux stratégiques de la filière spatiale française. Dans son rapport², l'ancienne ministre de la Recherche préconise d'« investir dans des niches technologiques comme le support-vie, où la France est reconnue et où les innovations peuvent diffuser vers d'autres secteurs ». Avec les démonstrateurs confiés à Thomas Pesquet, le CNES a donné priorité au support-vie pour coller à ces orientations.

UN ENGAGEMENT MULTI-PARTENARIAT

Proxima est axée sur la conception de techniques ou d'instruments innovants. Pour réa-



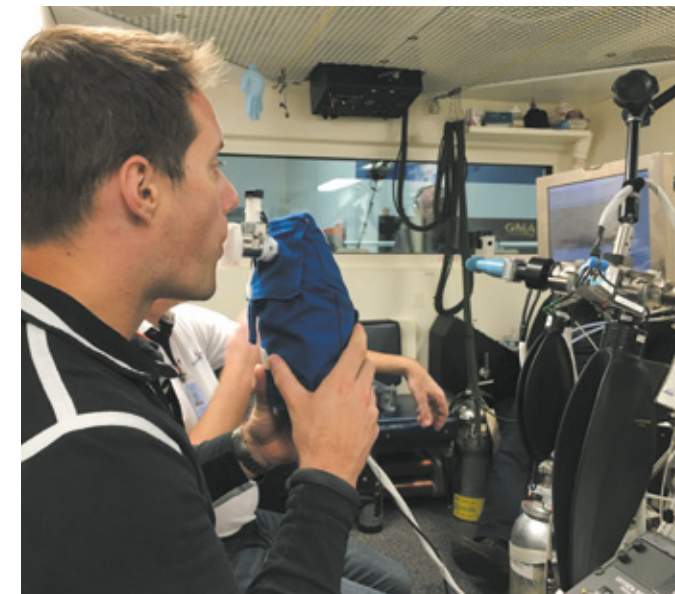
1300

Thomas Pesquet

est très présent sur les réseaux sociaux. Et très lu ! L'appel à idées pour le nom de sa mission a recueilli plus de 1 300 propositions sur la toile.

liser ces expériences, le CNES s'est appuyé sur le Medes ou des partenaires académiques reconnus comme le CNRS ou l'Inserm. Il a collaboré avec des industriels français leaders dans leur domaine de compétence, en particulier Airbus Defence and Space, bioMérieux... et créé une dynamique au sein de PME et start-up. Plus largement, avec Thomas Pesquet, chaque citoyen européen est partenaire. Il souhaite en effet partager son aventure avec ceux qui bénéficieront à terme des résultats de sa mission. Réseaux sociaux, médias en tous genres... Il a déjà créé des ponts numériques qu'il développera depuis la station. En 2017, son retour sera attendu avec le même engouement que provoque son départ. Le plus jeune astronaute de l'ESA fait l'unanimité auprès des lycéens et collégiens, qu'il a su mobiliser autour de sa mission. L'exploitation des résultats de Proxima promet d'être riche et excitante pour les scientifiques comme pour les générations montantes.

1. ISECG, International Space Exploration Coordination Group
2. Rapport « Open space, l'ouverture comme réponse aux défis de la filière spatiale » (26 juillet 2016)



Expérience de physiologie (tests respiratoires).





LE CNES EN ACTIONS

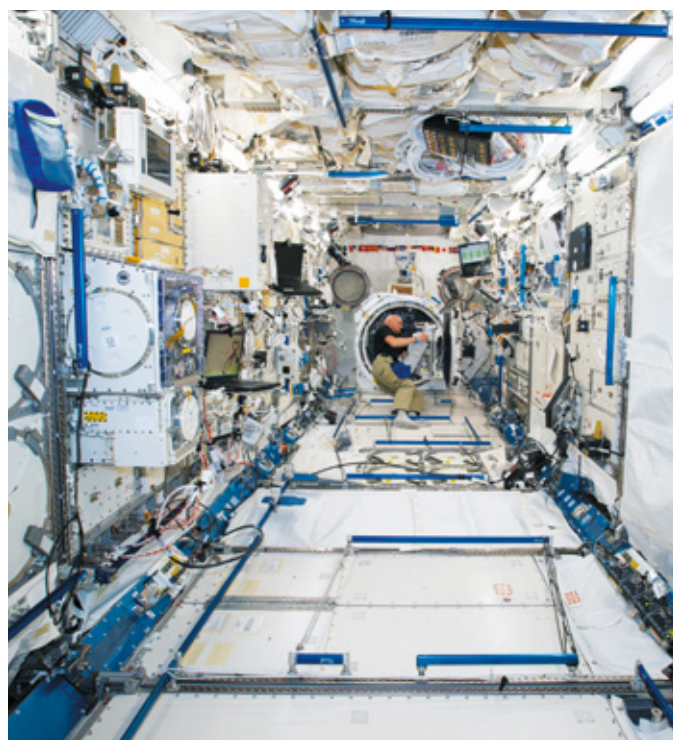
DES DÉMONSTRATEURS MADE IN CNES

Expériences scientifiques, technologies, éducatives... Le programme de Thomas Pesquet est chargé. Certaines des expériences sélectionnées par le CNES émanent directement du monde de la recherche. D'autres ont été fournies par des laboratoires français à la pointe de la technologie. Le point sur les innovations à venir.

L'ISS est, à ce jour, la plus grande structure jamais réalisée par l'homme dans l'espace. Il a fallu treize ans pour en assembler toutes les pièces. Mais c'est surtout

un laboratoire et un observatoire permanents de la Terre. Habitée à l'origine, en 2000, par trois astronautes, elle en accueille aujourd'hui 6, un effectif qui sera porté à 7 à partir de 2017. L'installation progressive des modules en fait un ensemble hétérogène mais totalement fonctionnel. Les astronautes disposent de plusieurs laboratoires dont Destiny (américain), Kibo (japonais) et Columbus (européen) qui fonctionnent en continu. Manipulations et recueils de données y sont quotidiens.

La mission Proxima va se rajouter aux activités en cours qui mobilisent déjà le Cadmos. « Sur une centaine d'expériences, 22 seront gérées depuis le Cadmos pour le compte de l'ESA et du CNES. Avec l'avènement des nouvelles technologies, l'interface avec les scientifiques a été optimisée et, en cas de nécessité, les expérimentations pourront être ajustées en temps réel », précise Sébastien Barde, responsable du Cadmos. L'agence spatiale française s'est investie en développant sept démonstrateurs dans le cadre du programme européen Elips (cf. encadré p. 26). Plusieurs de ces démonstrateurs sont directement inspirés des conclusions du séminaire de prospective organisé à La Rochelle en 2014. Ces ren-



Vue de l'intérieur du laboratoire européen Columbus.

contres ont une importance capitale dans la recherche. Les appels à projets lancés par le CNES lors de ces séminaires sont à l'origine de propositions qui trouvent, dans l'ISS, un terrain d'expérimentation.

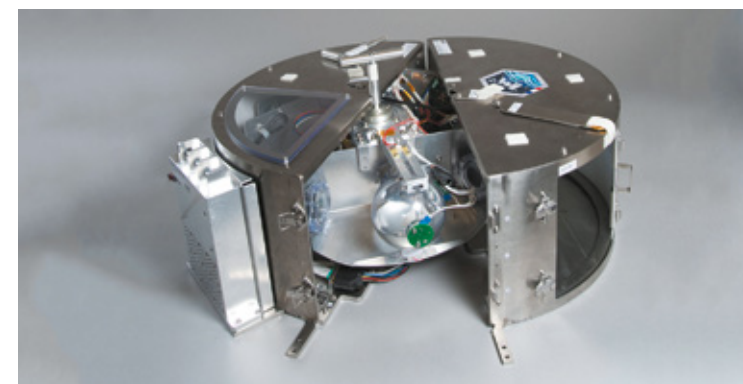


LE CNES EN ACTIONS

Mécanique des fluides

Fluidics : des liquides dans le moteur

En dépit de la maturité du domaine spatial, deux poches de résistance ont incité le CNES et Airbus Defence and Space à mettre à l'étude certains phénomènes comme le ballonnement des liquides en micropesanteur réelle et la turbulence des ondes. Les résultats enregistrés par Fluidics devraient être exploités dans l'industrie spatiale notamment pour améliorer le pointage des satellites (cf. Matière p. 27).

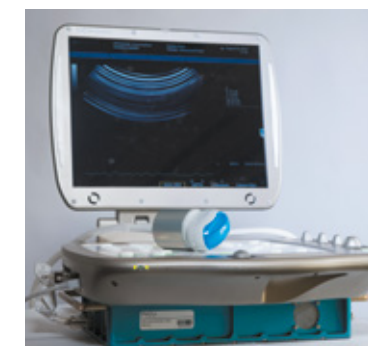


Physiologie et santé

Everywear : le vêtement qui suit l'état de santé



Contrôler la santé des astronautes d'un simple clic, c'est possible. Le vêtement Everywear porté par Thomas Pesquet sera équipé de capteurs portatifs communicants. Via une application tablette/iPad associée, Everywear transmettra au Cadmos ses données nutritionnelles, ses prises de médicament, etc. Le dispositif a été imaginé en partenariat avec l'Université de Caen et l'Inserm; les capteurs ont été conçus par de jeunes entreprises françaises innovantes (Bodycap / Citizen Sciences). Le système pourrait générer des applications pour le suivi de maladies chroniques.



Echo, vers des échographies à distance

Développé par le CNES, l'outil Echo sera utilisé par l'agence spatiale canadienne dans le cadre de son expérience « Vascular Echo ». Echo s'appuie sur les technologies de télé-médecine, un des domaines d'expertise de l'agence spatiale française. Via Echo, un médecin réalisera des échographies sur Thomas Pesquet. Les sondes motorisées télé-opérables depuis le sol vont transmettre, de manière réactive, des images optimisées de la circulation sanguine ou des organes. Cette télé-opérabilité pourrait résoudre les problèmes d'échographie des malades dans des zones difficiles d'accès.

Perspectives, quand le cerveau perd le nord

L'absence de haut et de bas, l'abolition de la position debout sont autant de bouleversements auxquels le cerveau doit répondre pour rester maître du corps. Le dispositif Perspectives est aménagé à partir d'un casque de réalité virtuelle de haute définition, occultant, stéréoscopique. Une application dédiée plonge les astronautes dans l'environnement immersif choisi. Ces tests en microgravité donneront une meilleure compréhension du fonctionnement du système nerveux central. Les recherches sur le vieillissement pourraient notamment bénéficier de ces analyses.





LE CNES EN ACTIONS

Le support-vie

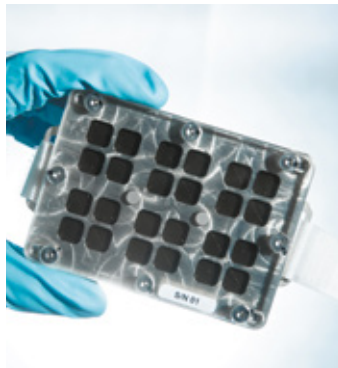


Matiss : vers des surfaces antibactériennes

L'entretien des « locaux » est inévitable à bord. Sur proposition de l'École normale supérieure de Lyon, le CNES testera en micropesanteur des surfaces et revêtements innovants qui éviteraient la prolifération de bactéries. Ces traitements de nouvelle génération allégeraient les tâches d'entretien dans la station. Ils seraient applicables à des univers sensibles, comme les hôpitaux, les transports en commun, etc.

AquaPad pour faciliter l'accès à l'eau potable

La contamination microbienne est la hantise des astronautes. Le contrôle de l'eau de boisson est une tâche obligatoire et chronophage. En collaboration avec l'industriel bioMérieux, le CNES va expérimenter une technique simplifiée pour quantifier de manière fiable et sécurisée les bactéries. Validée, cette technique pourrait être utilisée de manière récurrente à bord et faciliter le quotidien des astronautes. Au sol, elle pourrait être généralisée pour l'accès à l'eau potable après des catastrophes naturelles ou dans des pays pour lesquels cet accès est problématique.



ELIPS

UN PROGRAMME EUROPÉEN AU LONG COURS

En 2001, l'ESA a conçu un programme général, Elips¹ qui structure les recherches scientifiques en microgravité.

Facultatif, ce programme est totalement distinct de celui de l'ISS. Les pays peuvent ou non y adhérer. La France, quant à elle, participe aux deux. Elips décline deux axes. La plus grande partie des moyens

dégagés est destinée à soutenir des travaux scientifiques sur la station. Thomas Pesquet opérera certaines de ces expériences. Mais Elips finance aussi d'autres activités liées à la microgravité hors ISS, comme les vols paraboliques, les bed rests² du Medes ou certaines missions au sol sur la base Concordia. Cette base franco-italienne est située

en Antarctique. Les conditions de vie extrêmes qui y règnent s'apparentent à la vie en microgravité à bord des stations spatiales. Cette analogie en fait un support utilisé par les agences spatiales pour des expériences spécifiques.

1. European programme for Life and Physical sciences in Space and applications utilising the International Space Station.
2. Bed rest : (cf. p. 8-9)

Pédagogie

EXO-ISS : les jeunes pour cœur de cible

Depuis plusieurs années, les agences spatiales européenne et française mènent une politique dynamique pour décliner certains projets spatiaux auprès des jeunes. Proxima était une nouvelle occasion de les associer. Dès 2015, le CNES a donc lancé un appel à projets inédit auprès des lycées et des établissements de l'éducation supérieure. Trois expériences ont été retenues et seront mises en œuvre par Thomas Pesquet. Regroupées sous l'acronyme EXO-ISS (EXperiment in Orbit), Ceres (germination et la croissance des plantes), CrISStal (étude de la croissance cristalline) et CatalISS (étude de la croissance enzymatique) seront montées à bord. Au sol, elles seront partagées par des établissements français et européens partenaires qui compareront leurs résultats avec ceux obtenus dans la station grâce à des kits distribués par le CNES et l'ESA à leurs réseaux d'établissements.



MATIÈRE



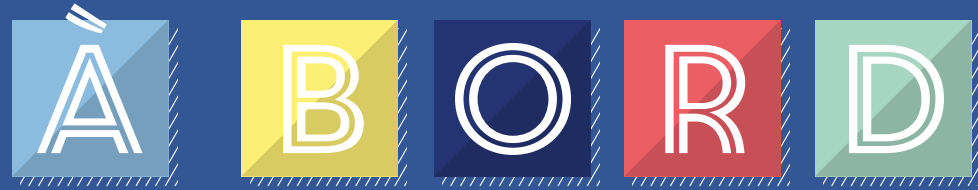
LA DANSE DES FLUIDES

QUE SAIT-ON DU COMPORTEMENT DES FLUIDES DANS L'ESPACE ? Qu'ils sont en mouvement ! En l'absence de gravité, le carburant forme des bulles qui « voyagent » dans les réservoirs cylindriques. Ces phénomènes nuisent aux performances des satellites. C'est pourquoi le projet Fluidics entend les maîtriser. Pour ce faire, le CNES et Airbus Defence and Space ont conçu une expérience sur trois sphères transparentes soumises à la force d'une centrifugeuse. Deux caméras filment en continu les fluides, qu'ils soient en mouvement ou au repos. Les données récupérées au sol seront ensuite comparées à des modèles connus. Cette analyse devrait fournir des éléments de contrôle des mouvements des fluides. Installée dans le laboratoire Columbus par Thomas Pesquet, Fluidics intéresse aussi l'École normale supérieure de Paris, qui étudiera les phénomènes de turbulences d'ondes en micropesanteur.

VIDÉO



Fluidics, comment ça marche ?



VIE COURANTE
UNE ORGANISATION
MILLIMÉTRÉE

Une journée ordinaire débute à 7h UTC¹ tapantes. Pas de chant du coq, mais une cloche bat le rappel. Les astronautes quittent les compartiments de repos pour une inspection de la station et un premier briefing avec la NASA. Le petit-déjeuner s'organise, suivi de manipulations scientifiques jusqu'à la pause méridienne d'une heure. Les opérations se poursuivent ensuite l'après-midi, entrecoupées d'une séance de sport obligatoire. Le dîner est généralement pris en commun. Et le samedi soir, tout l'équipage se réunit pour un « repas convivial ». De quoi maintenir le lien humain entre ces colocataires d'un genre particulier.

1. Heure de référence mondiale. La France est à UTC + 1.



OBJECTIF N° 1
LA SCIENCE
AVANT TOUT

L'ISS est un laboratoire : on y fait avant tout des expérimentations. La mise en œuvre des programmes scientifiques et technologiques constitue l'essentiel du travail de l'astronaute. Chaque nationalité réalise ses propres expériences mais peut aussi contribuer aux collaborations internationales. Certains équipements sont permanents, comme Declic ou ceux de la filière cardiovasculaire. Ils seront rejoints par l'horloge atomique Pharaon en 2018 (cf. p. 10). Lors des interventions dangereuses comme les sorties extravéhiculaires ou les manœuvres d'évitement, toutes les équipes à bord se mobilisent.

L'ISS RELÈVE PLUS DE L'ESPACE DE CO-WORKING QUE DU LIEU DE VILLÉGIATURE. ET POUR CAUSE : CHAQUE ÉQUIPAGE PART AVEC UNE FEUILLE DE ROUTE CHARGÉE ET DE NOMBREUSES MISSIONS À REMPLIR. IMMERSION DANS LE QUOTIDIEN DE L'ISS.



SÉCURITÉ
AUTONOMIE
MAXIMALE

Les astronautes sont aussi responsables de l'entretien et de la maintenance de la station, une tâche vitale. Une contamination à bord serait dramatique : ils gèrent donc l'intendance pour éviter le développement de champignons, moisissures et bactéries. Et ce n'est pas anodin : depuis 2009, six personnes vivent à bord en permanence. Par ailleurs, certains modules de la station ont été installés il y a 15 ans et peuvent présenter des déficiences. Il appartient donc à l'équipage de résoudre les éventuels problèmes techniques avec l'aide du sol.



LOISIRS
LES WEEK-ENDS
DANS L'ISS

Un astronaute est en situation de travail. Il a logiquement 5 jours d'activité. Pendant ses 2 jours de repos, il passe une partie de son temps libre dans « la Cupola », coupole d'observation panoramique de la Terre vue du ciel. Et parce qu'il y a une vie avant et après l'ISS, les astronautes peuvent se consacrer à leurs hobbies habituels. Conscients de leur situation de témoins privilégiés, ils prennent aussi du temps pour communiquer avec les jeunes, les écoles et le public restés au sol, via des ponts radio ou les réseaux sociaux.



RENCONTRES

BRIGITTE GODARD

Médecin de Thomas Pesquet.

« Accompagner médicalement un astronaute se mérite. »



À six mois du départ de l'astronaute Thomas Pesquet dans l'ISS, l'agenda de Brigitte Godard est saturé. Allemagne, États-Unis, Russie... accompagner médicalement un astronaute stresse, passionne, et se mérite ! C'est en lisant un article de *Ciel & Espace* consacré au vol de Claudie Haigneré que Brigitte Godard, qui depuis toujours rêvait d'être astronaute, s'est dit : « Là, c'est possible. » Elle fait médecine, prépare une capacité de médecine aéronautique et savoure son rêve. « À force de frapper à la porte du Medes, ils ont fini par m'ouvrir. J'ai lâché les remplacements de généraliste que je faisais à Paris pour un emploi de trois mois à Toulouse. » Et c'est ainsi que **Brigitte Godard par-**

ticipe, en tant que médecin, à l'expérience de bed rest de 2005, puis devient médecin d'astronaute. La prise en charge médicale d'un astronaute se fait en trois temps, deux ans avant, six mois pendant et jusqu'à un an après le vol. Si la sélection comporte un important volet physique, l'entraînement et le stress peuvent révéler des fragilités qu'il importe de surveiller. À bord, l'astronaute est soumis à des expériences de physiologie humaine suivies par son médecin. « Une fois par semaine, je vais assurer une consultation médicale privée de 15 minutes minimum avec Thomas », indique Brigitte Godard. **Le retour sur Terre constitue un moment médical particulièrement**

dense et nécessite un accompagnement en continu car la gravité pèse sur l'organisme de l'astronaute. Passé trois semaines, le médecin relâchera le suivi et s'assurera qu'au bout d'un an tout est rentré dans l'ordre. C'est à l'EAC¹, à Cologne, que Brigitte Godard exerce l'essentiel de sa mission auprès de Thomas Pesquet. « En dehors du temps passé à ses côtés, je rédige de très nombreux rapports, prends des cours d'allemand, de russe et prépare une licence de médecine en allemand » raconte-t-elle, légère. Elle étudie et pratique aussi la phytothérapie et la médecine taoïste. Histoire de garder les pieds sur terre.

1. Centre des astronautes européens de l'ESA.



RENCONTRES

STÉPHANE BLANC

Directeur de recherche au CNRS à l'Institut pluridisciplinaire Hubert-Curien à Strasbourg.

« Les études spatiales tracent de nouvelles pistes thérapeutiques dont l'homme bénéficie. »



Depuis 1996, Stéphane Blanc travaille avec le CNES sur les questions de l'adaptation énergétique et nutritionnelle à la microgravité chez l'homme et l'animal. Et l'astronaute n'est pas le seul objet d'étude original du chercheur. **Sa question centrale étant la physiopathologie de l'inactivité physique, il s'intéresse à la sédentarisation des Peuhls en Afrique et à l'ours, capable de résister à tout changement pendant son hibernation.** Comment la physiologie de ces êtres vivants s'adapte-t-elle à un nouvel environnement et quelles stratégies peuvent en réduire les effets ? Telles sont les questions qui le passionnent. Au cours d'un vol spatial, la plupart des fonctions phy-

siologiques s'adaptent : fonte de la masse musculaire, déminéralisation osseuse, dérèglement du système cardiovasculaire... L'organisme réduit le coût de ce qui ne lui est plus utile. « Pour maintenir la santé et la performance des astronautes, les scientifiques ont développé un ensemble de protocoles qui visent à en réduire les effets. Depuis les premiers vols, les astronautes ont été soumis à une activité sportive soutenue. De nos jours, des contre-mesures nutritionnelles, pharmacologiques voire psychologiques sont en cours de développement, explique Stéphane Blanc. Mais l'organisme s'adapte pleinement à l'environnement spatial. En témoigne

la bonne santé de la quasi-totalité des astronautes revenus sur Terre. » **Les recherches en physiologie spatiale menées sur l'astronaute profitent aux recherches sur des maladies chroniques modernes comme l'obésité, le diabète de type 2, mais aussi sur le vieillissement,** les troubles métaboliques, cardiovasculaires, musculaires et osseux dus à la sédentarité. Celles-ci sont aujourd'hui reconnues comme un facteur majeur de mortalité (autant que le tabac). « Les études spatiales tracent de nouvelles pistes thérapeutiques dont l'homme bénéficie. Elles réunissent parfois des dizaines d'équipes internationales », précise Stéphane Blanc.



RENCONTRES

CLAUDE CARRIÈRE

Sellier-garnisseur du spatial.

« On m'avait déjà demandé une casquette pour chien, mais une trousse pour voler dans l'espace, jamais. »



Claude Carrière, sellier-garnisseur à Toulouse, compagnon du devoir, s'amuse encore de cette première commande spatiale. **Depuis vingt-huit ans, il réalise pour le CNES, des boîtiers, des étuis, toutes sortes d'emballages de produits embarqués** (nourriture, ordinateur, matériel scientifique, etc.). Cet homme aujourd'hui proche de la retraite a pour principes la qualité du travail, du relationnel et le respect des délais. « Au début, nous réalisons cinq modèles d'un produit, pour les essais, la qualification, le vol. Aujourd'hui, nous n'en faisons plus qu'un ». Le sellier travaille à partir des plans que lui fournit le CNES. Des plans précis, sans erreur

possible, qui garantissent un travail en toute sérénité et tiennent le stress à distance. **Le sellier a dû adapter ses matériaux aux spécificités du spatial. C'est parmi les fournisseurs de combinaisons de pompier et de pilote de course qu'il a trouvé un tissu répondant aux normes anti-feu**, le Nomex. De même pour la mousse qui tapisse les boîtiers : le plastazote, par sa légèreté, ses différentes épaisseurs et son caractère antistatique, s'est révélé correspondre le mieux aux besoins du spatial. Pour la mission Proxima, Claude Carrière et son salarié, Richard, ont réalisé une trentaine d'étuis. **Les commandes pour le spatial représentent, suivant les**

années, de 20 à 25 % de leur production. Quand on demande à cet homme, habitué de la sellerie auto, moto, bateau, de la tapisserie d'ameublement, des fauteuils dentaires, des tables de kiné... si travailler pour le spatial est particulier, il répond tout de go : « On ne s'est jamais pris la tête avec ça. Le plus important, c'est le contact humain. » On imagine que celui qui le lie au CNES, par le biais du Cadmos, est particulièrement réussi.

Historien des sciences et théologien, Jacques Arnould est chargé de mission pour les questions éthiques au CNES.



ESPACE ÉTHIQUE



JACQUES ARNOULD

ECCE HOMO

Ultime balcon à partir duquel nous pouvons observer, contempler, surveiller notre planète, premier tremplin pour s'élancer vers de nouvelles frontières cosmiques, la Station spatiale internationale est aussi un lieu privilégié pour redécouvrir quels humains nous sommes.

Nous connaissons tous l'efficacité d'une prise de distance, d'un pas de côté, lorsqu'il est utile ou devient urgent de mieux comprendre une situation dont la complexité ou la solution paraissent nous échapper. Or l'alchimie de ce que nous appelons parfois le point de vue de Sirius se révèle aussi efficace vis-à-vis de notre nature humaine que de notre environnement, qu'il soit naturel ou social. Pour le dire autrement, ces hommes et ces femmes qui, pour un temps, quittent le plancher des vaches pour rejoindre l'orbite terrestre ne profitent pas seulement de l'overview effect, de l'effet surplombant qui offre une vision renouvelée sur notre Terre; ils entreprennent aussi une étonnante odyssée au cœur de leur propre humanité. Ainsi, les médecins et les biologistes qui observent ces astronautes grâce à des instruments toujours plus sophistiqués sont aux premières loges pour découvrir les secrets du corps humain que seule l'impesanteur parvient à révéler. Fort étrangement, le séjour dans l'antique monde des dieux, loin d'assurer aux humains l'éternelle jeunesse, leur impose plus lourdement le sort commun à tous les vivants, celui du vieillissement. Aux chercheurs de mesurer l'ampleur et de comprendre les processus de la récupération de leurs capacités dont profitent les astronautes après leur retour sur Terre.

ÉTRANGE TRIBU AUX ALLURES DE MOSAÏQUE
Microcosme déposé aux limites de l'atmosphère, dans les faubourgs de la Terre, la station spatiale abrite aussi une communauté humaine qui, internationale par ses membres qui arborent des drapeaux variés, n'en forme pas moins, avec ceux restés au sol, une « tribu » à la culture et au langage sinon unifiés, du moins uniformisés par des dizaines d'années de coopération. Étrange tribu qui a des allures de mosaïque dont toutes les pièces ont besoin les unes des autres, contre vents et marées, qui peuvent à tout moment bousculer les nations engagées dans cette singulière aventure. Je me souviens de l'image d'un astronaute, prise à bord de Mir, la célèbre station orbitale russe : il regardait par le hublot de sa datcha spatiale, le visage éclairé par une lumière venue du dehors. À quoi cet homme rêvait-il ? me suis-je demandé. Aux planètes, aux étoiles, aux galaxies à découvrir ou bien à sa famille, ses proches, ses congénères humains desquels il est séparé ? À bord de la station spatiale, confronté à l'hostilité du milieu cosmique, assujéti à la promiscuité inhérente à un petit groupe humain confiné, chaque astronaute, officiellement « envoyé de l'humanité », n'en finit pas d'affronter l'antique question : qui suis-je ? qui es-tu ? qui est l'autre ? Et si c'était cela, être humain ? Ecce homo : voici l'homme.



EN VUE

LIVRE COMMENT ON FAIT PIPI DANS L'ESPACE ?



Pierre-François Mouriaux, alias Cosmopif, signe un nouveau titre chez Fleurus dans la collection « Petites et grandes questions ». Entièrement illustré par Halfbob, *Comment on fait pipi dans l'espace ?* répond aux interrogations des enfants sur la vie dans l'espace : le travail, les loisirs, les repas, le contact avec l'extérieur, etc. Dès 8 ans, une lecture indispensable pour tous les astronautes en herbe.

Comment on fait pipi dans l'espace ? Pierre-François Mouriaux, Halfbob, éditions Fleurus, 48 pages, 8,90 €

PARTENARIAT Thomas Pesquet sait parler aux jeunes

À l'occasion de la mission Proxima, le CNES s'est associé aux éditions Milan pour sensibiliser les jeunes au spatial. Une série d'articles publiés dans le magazine *Géo Ado*, un numéro spécial *Un jour, une actu*, édité au moment du départ de l'astronaute français pour l'ISS, des fiches pédagogiques pour les enseignants, un concours annoncé sur *Wapiti, Julie et Géo Ado*, « Imagine ta vie dans un vaisseau spatial et partage ton idée avec Thomas Pesquet »... Autant d'actions pédagogiques proposées par le service Éducation Jeunesse du CNES. Depuis la station, Thomas Pesquet annoncera les noms des trois jeunes qui auront su convaincre le jury par leurs dessins, photos et textes, et en profitera pour évoquer les meilleurs moments de sa mission.

ANNIVERSAIRE L'Académie des sciences a 350 ans

Deux événements majeurs marqueront les 350 ans de l'Académie des sciences : la Journée mondiale des sciences, le 27 septembre 2016, et un duplex avec l'ISS, le 6 décembre 2016.

MARDIS DE L'ESPACE

LA SANTÉ DANS L'ESPACE



« Le corps à l'épreuve des voyages spatiaux », tel sera le thème du premier Mardi de l'espace de l'année 2017.

La soirée réunira François Spiero, du CNES, l'astronaute Jean-François Clervoy et Franck Lehot, de la société Novespace. Tous trois évoqueront les conséquences physiologiques de la microgravité sur le corps humain (ostéoporose, fonte musculaire, troubles cardiaques, troubles de l'orientation) et leur éventuelle réversibilité.



EN VUE



INÉDIT LA POÉSIE SPATIALE S'INVITE DANS L'ISS

Lors de son séjour à bord de l'ISS, Thomas Pesquet réalisera, à l'initiative de l'Observatoire de l'espace¹, *Télescope intérieur*, une expérience artistique inédite imaginée par l'artiste américain Eduardo Kac, créateur du terme « holopoésie »². Une fois lancées et libérées des contraintes de la pesanteur, deux formes découpées dans du papier vont composer les trois lettres

du mot « moi ». Le texte se fera alors sculpture mobile : selon l'angle et le moment, chacun pourra y lire ou non différents caractères, y voir un volume abstrait ou une représentation figurative. *Télescope intérieur* devient un instrument d'observation et de réflexion poétique pour réinventer notre rapport au monde.

1. Le laboratoire arts-sciences du CNES
2. Textes flottants tridimensionnels



AGENDA

20 OCT. 2016 - FIN DÉC. 2018
Astronautes
Exposition temporaire
Cité de l'espace, Toulouse

17 JANVIER 2017
Le corps à l'épreuve
des voyages spatiaux
Mardi de l'espace
Café du Pont-Neuf,
Paris 1^{er}
www.cnes.fr/
mardisdespace

COLLOQUE

En 2017, Toulouse accueillera le 30^e congrès mondial des astronautes

Il réunira du 4 au 8 septembre une centaine d'astronautes et explorateurs scientifiques pour échanger sur les projets futurs d'exploration. Cette édition bénéficiera d'une actualité particulièrement dense : mission Proxima, 20 ans de la Cité de l'espace, mais aussi Toulouse capitale européenne de la science 2017-2018 et présidente de la Communauté des Villes Ariane. Les congressistes consacreront une journée aux collégiens, lycéens et étudiants en allant à leur rencontre dans toute la France. Une journée « portes ouvertes » à la Cité de l'espace fera également une large place au grand public.



TRANSFERT

ÉCHOGRAPHIE

UNE SONDE CONTRÔLÉE À DISTANCE

Les conditions d'un vol spatial permettent parfois aux chercheurs et ingénieurs de développer des solutions impensables depuis le sol. La télé-échographie, développée par le CNES et mise à disposition du secteur médical, est un bon exemple. Explications.



Le temps des astronautes étant particulièrement compté, les expériences scientifiques dans l'espace doivent être réalisées le plus rapidement possible.

Or l'échographie, indispensable au contrôle de la bonne santé de l'organisme, exige un savoir-faire que l'astronaute ne pourrait maîtriser qu'en lui consacrant un temps incompatible avec sa mission. L'équipe de R&T du CNES a cherché à réduire le temps nécessaire à cette manipulation. « C'était dans le positionnement précis de la sonde que nous pouvions trouver des marges de progrès, explique Sébastien Barde, responsable du Cadmos. Bien positionner la sonde est difficile, d'autant plus que dans l'espace les organes bougent. À bord de l'ISS, trouver l'angle de vue souhaité est donc particulièrement chronophage. » La solution est simple : donner la main au médecin au sol pour réaliser l'échographie sur l'astronaute en vol.

Conçue pour le spatial, la télé-échographie pourrait faire le bonheur du secteur médical, qui n'aurait pas investi dans une recherche coûteuse pour un marché si étroit. Équipé de ce télé-échographe, l'hôpital peut ainsi proposer des échographies dans des zones isolées. Relié au généraliste, l'échographiste précise depuis le CHU, par de petits mouvements du porte-sonde, la bonne position de la sonde manipulée par le généraliste auprès de son patient. Les différentes phases de R&T développées par les équipes du CNES depuis les années 1980 autour de la télé-échographie ont permis à la société AdEchoTech, filiale du CNES, de mettre en application les avancées du domaine spatial pour la vie sur Terre à travers son robot Melody.

FR

7

jours

C'est le temps gagné dans le diagnostic et la prescription des soins pour les patients bénéficiant de la télé-échographie.