

# CNES MAG



ESPACE • INNOVATION • SOCIÉTÉ

#73

Juillet-août 2017



**SANTÉ**

L'ESPACE,  
UN FORMIDABLE ACCÉLÉRATEUR  
DE CONNAISSANCES



## SOMMAIRE



06

### 05 ÉDITORIAL

#### 06 L'ESSENTIEL

Maladies cardiovasculaires, vieillissement des os, nutrition et épidémies : le point sur les multiples applications santé des projets du CNES

#### 12 #COMMUNAUTÉ

Les followers du CNES s'expriment sur les avancées médicales permises par le spatial

#### 13 GRAND ORAL

Michel Cymes, médecin et animateur de renom, nous raconte pourquoi il s'intéresse particulièrement à la santé des astronautes



13

### 16 EN IMAGES

Bed rest et Emergesat au service de notre santé

#### 18 EN CHIFFRES

Corrélations majeures entre spatial et santé publique

#### 19 LE CNES EN ACTIONS

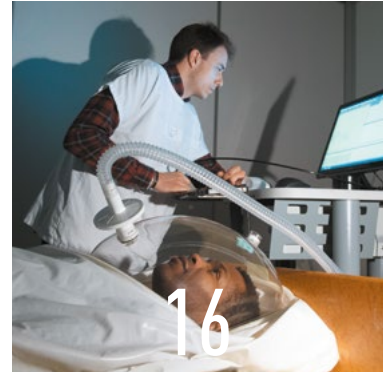
Comment le CNES fait le lien entre l'espace et notre santé

#### 27 MATIÈRE

Matiss, produit ménager de l'espace

#### 28 INSTANTS T

Diabsat, le camion du CNES qui dépiste le diabète à domicile



16

### 30 RENCONTRES

- Christine Rozand, directrice de l'équipe « Dispositifs innovants » chez bioMérieux
- Raymond Le Moign, directeur du CHU de Toulouse et président de Medes
- Elisabeth Rosnet, psychologue et professeur des universités à la faculté des sports de Reims

#### 33 ESPACE ÉTHIQUE

Éloge du médecin de famille, par Jacques Arnould

#### 34 EN VUE

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

#### 36 TRANSFERT

La Consult Station®, cabine médicale validée par le CNES

## PARTENAIRES

Sont cités dans ce numéro : p. 07 le CHU d'Angers et l'université de Strasbourg, p. 08 l'université de Saint-Étienne et l'université Paris-Descartes, p. 09 l'Institut russe des problèmes médico-biologiques (IMBP), p. 10 l'université de Montpellier, p. 11 l'Institut Hubert Curien (CNRS) et l'Institut Pasteur, p. 5-26-31 le CHU de Toulouse, p. 27 le Léti (pôle de recherche technologique du CEA) et le laboratoire Saint-Gobain (CNRS), p. 30 BioMérieux, p. 32 l'université de Reims, ainsi les agences spatiales américaine (NASA), allemande (DLR) et européenne (ESA).

En couverture : iStock



WWW.CNES.FR

Découvrez les contenus en ligne de ce nouveau numéro sur [cnes.fr/cnesmag](http://cnes.fr/cnesmag)



CNESfrance



@CNES



CNES



P. 09

## ÉTATS-UNIS

Très impliquée dans la lutte contre l'obésité chez les jeunes, la NASA est à l'origine du programme international d'éducation à la santé mission Explore, destiné aux 8-14 ans. Largement inspiré du modèle d'entraînement des astronautes, il incite à une bonne hygiène de vie.

P. 09

## RUSSIE

L'Institut russe des problèmes médico-biologiques cherche à comprendre le dysfonctionnement cardiovasculaire induit par l'impesanteur. L'expérience Mars 500 a simulé un voyage aller-retour sur Mars, et un séjour d'un mois sur place, à un équipage de six personnes.

P. 20-21

## GUYANE / BRÉSIL / AFRIQUE DE L'OUEST / AFRIQUE DU SUD

Assurant une surveillance épidémiologique, la télédétection spatiale contribue à mettre en place des systèmes d'alerte précoce contre les maladies environnementales, telles que la méningite en Afrique de l'Ouest, le paludisme en Afrique du Sud, la dengue et Zika en Guyane et au Brésil.

P. 28-29

## ÎLES DE LA RÉUNION ET DE MAYOTTE

Particulièrement impactées par le diabète, les îles de La Réunion et de Mayotte vont prochainement s'équiper de deux camions DiabSAT pour proposer un dépistage itinérant à leur population.



## CONTRIBUTEURS



### GUILLEMETTE GAUQUELIN-KOCH

**Thématicienne en sciences de la vie,** Guillemette Gauquelin-Koch a participé à faire de cette discipline un domaine d'expertise du CNES. Depuis le vol de Jean-Loup Chrétien, elle est à l'origine d'un programme original en biologie et en physiologie. Laboratoires, organismes de recherches, universités et centres hospitaliers sont toujours partie prenante de l'aventure. Elle nous a facilité l'accès à ces chercheurs pour L'Essentiel.



### MARINE BERNAT

**Malgré une réserve apparente,** Marine Bernat s'occupe de faire le buzz sur les actions de Medes depuis de nombreuses années. Rompue aux demandes de communication, elle nous a trouvé les meilleurs contacts et ouvert les portes de la clinique spatiale en plein *bed rest cocktail*. Grâce à elle, deux volontaires, généralement avares de commentaires, et le médecin psychologue ont répondu à nos questions.



### KAROL BARTHÉLÉMY

**Après avoir été notre correspondante en Guyane,** Karol Barthélémy est revenue en métropole comme rédactrice indépendante. Coutumière des thématiques « espace et santé » dont la Guyane est une vitrine technologique, sa plume nous emmène ici dans les coulisses de la recherche où la technique n'est finalement que peu de chose sans l'humain. À retrouver dans « Rencontres »!



### AMÉLIE BLANDEAU

**Familière de la mission Proxima,** Amélie a rejoint l'équipe du Cadmos pour promouvoir les 7 expériences du CNES menées par Thomas Pesquet. Concernant le volet santé, elle nous a aidés à apprécier non seulement l'expertise des équipes toulousaines dans le suivi physiologique de l'astronaute français, mais aussi leur implication dans la conception de nouveaux matériels comme Echo, Everywear, Aquapad ou encore Matiss.

## CNES MAG

**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 27 40 68. Internet : <http://www.cnes.fr>. Cette revue est adhérente à Communication&Entreprises. Abonnement : <https://cnes.fr/reabonnement-cnesmag>

**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 :** Karol Barthélémy, Liliane Feuillerac, Marianne Quiles, Marie-Claude Siron, Brigitte Alonzo-Thomas. **Photothèque (recherche iconographique) :** Marie-Claire Fontebasso. **Crédits photo :** CNES/E.Grimault - CNES/E.Martin - H.Adani (p. 04) ; CNES/C.Peus (p. 05) ; ESA/NASA (p. 06) ; CNES/E.Grimault (p. 07 haut-08-09-10 droite-11-16-19-23-25-27-34 portrait) ; iStock (p. 07 bas et haut droite) ; Inserm (p. 10 gauche) ; Institut Pasteur de Guyane (p. 11) ; JF PAGA/Leemage (p. 13) ; PIB/SIPA (p. 15) ; SAMU 973/G.Egmann (p. 17) ; iStock (p. 18 bas) ; CNES (p. 20) ; CNES/F.Maligne (p. 21) ; IRD/C.Costantini (p. 21 bas) ; ESA/NASA (p. 22) ; ESA/NASA (p. 24 haut) ; CNES/Zetapress/M. Pedoussaut (p. 24 bas) ; CNES/R.Barranco (p. 26) ; J.Arnauld (p. 33) ; ESA/NASA (p. 34) ; CNES/P.lalby (p. 35) ; H4D (p. 36). **Illustrations :** François Foyard (p. 09), Robin Sorian (l'dix) (p. 28-29), Jean-Marc Pau (p. 30-31-32). **Web master :** Sylvain Charrier, Mélanie Ramel. **Réseaux sociaux :** Mathilde de Vos. **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 :** Patrice Benaroch, Marine Bernat, Audrey Berthier, Fabrice Bertile, Stéphane Blanc, Lucie Campagnolo, Angèle Chopard, Meritxell Clanet, Bernard Comet, Christine Correcher, Marc-Antoine Custaud, Arnaud Deramecourt, Emeline Deseez, Rosane Fayet, Nicolas Foray, Guillemette Gauquelin-Koch, Antonio Guell, Philippe Hazane, Sandrine Lafont, Fabienne Lissak, Alain Maillet, Emmanuelle Martin, Joseph McIntyre, Eric Médaille, Jean-Gabriel Parly, Sophie Roelandt, Laurence Vico, Cécile Vignoles.



## ÉDITORIAL



Avant même l'envoi d'êtres humains dans l'espace, l'influence du vol spatial sur leur santé a été au centre de toutes les préoccupations. En fait, c'était la question essentielle : comment leur corps allait-il réagir à l'accélération et aux vibrations du lancement, à l'absence de pesanteur et aux radiations une fois arrivé en orbite et aux contraintes du retour sur la Terre ? C'est pour cela que, dès le début des vols habités, ont été créés des instituts de médecine spatiale dont l'objectif était de comprendre les dangers qui menacent la santé des voyageurs de l'espace et de définir des protocoles pour les protéger. Mais très vite, on s'est aperçu que l'espace et en particulier le séjour en impesanteur, permettaient de mieux comprendre le fonctionnement du corps humain et le développement de certaines pathologies. C'est ainsi que les travaux sur la santé au service de l'espace, ont été peu à peu complétés par des travaux sur l'espace au service de la santé, qui aujourd'hui occupent une place très importante dans les expériences réalisées en orbite. La France et le CNES se sont intéressés très tôt à ces possibilités originales et lors du Premier Vol Habité de Jean-Loup Chrétien, en 1982, figuraient déjà à son programme des expériences de médecine spatiale. Depuis, le CNES a été le catalyseur de ces recherches en créant des partenariats avec de nombreux organismes chargés de la santé et en développant de multiples expériences qui sont utilisées en permanence à bord des vaisseaux spatiaux. Loin des craintes qu'il inspirait au début des vols habités, l'espace est ainsi devenu un formidable accélérateur de connaissances.

**JEAN-YVES LE GALL**

PRÉSIDENT DU CENTRE NATIONAL D'ÉTUDES SPATIALES





Pour l'expérience de neurosciences Grasp, Thomas Pesquet a enfilé un casque de réalité virtuelle et testé une multitude de scénarios ciblés pour plonger dans les secrets du cerveau.

## L'ESPACE

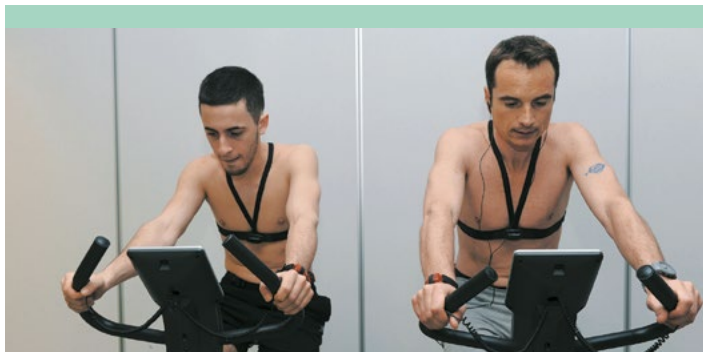
### Acteur méconnu du réseau santé

Dès les premiers vols habités, parce que l'environnement spatial était inconnu et parce qu'il était soucieux de l'état de santé de ses astronautes, le CNES s'est questionné sur l'incidence de l'impesanteur sur l'homme. Depuis, il n'a cessé de faire le lien entre espace et santé. Dans la Station spatiale internationale (ISS), à travers sa filiale (Medes) ou service (Cadmos)<sup>1</sup>, il a engagé une politique volontariste de préparation et de suivi des astronautes, et, en parallèle, d'expérimentation. Depuis un demi-siècle, il partage largement ses résultats avec un secteur de la santé publique interpellé par de nouvelles problématiques sociétales (déserts médicaux, soutien à l'autonomie, e-santé).

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



## L'ESSENTIEL



### SYSTÈME CARDIOVASCULAIRE NOS VEINES EN SOUFFRANCE

**H**aut, bas, couché, debout... En impesanteur, ces notions n'ont pas de sens, mais leur absence a des conséquences : anomalie des transferts liquidiens, troubles orthostatiques, congestion du visage ou encore dysfonctionnements cardiovasculaires lors du retour sur Terre. Les *bed rest* – ces campagnes d'alitement menées par Medes – ou les vols paraboliques ont reproduit les conditions d'un séjour spatial pour analyser ces phénomènes. Depuis 2010, Cardiomed, un équipement mis au point par le CNES et validé au CHU d'Angers, enregistre en continu l'activité du système cardiovasculaire des astronautes dans l'ISS. Leurs deux heures d'effort physique quotidien ne tiennent pas qu'à la passion du sport : des études ont aussi prouvé le lien avéré entre inactivité physique et risques vasculaires. Ces exercices pourraient donc améliorer l'état cardiovasculaire des malades soumis à l'alitement ou en manque d'activité physique de longue durée. À l'avenir, ces observations seront confrontées à une nouvelle donne : l'épreuve du temps dans les vols de très longue durée.



## 2 x 45

*C'est la fréquence journalière des séances de sport des astronautes à bord de la station spatiale. Coachés depuis le sol, ils alternent vélo « d'appartement », tapis de course à pied et exercices d'haltérophilie sur un appareil spécifiquement conçu.*

### SÉRUM D'OURS L'HIBERNATION À PORTÉE DE MAIN



**Q**uand il s'éveille d'une hibernation de plusieurs mois, l'ours n'a presque rien perdu de ses muscles. Son secret ? Les chercheurs de l'université de Strasbourg s'appliquent à le percer. De la réponse dépend peut-être la solution au problème d'atrophie musculaire qui touche les astronautes ou les personnes vieillissantes. L'explication tient-elle à des composés spécifiques présents dans le sang de l'ours ? Ces composés pourraient-ils être transférés à l'homme ? Du « sérum d'ours » a été inoculé à des cellules musculaires humaines cultivées en laboratoire. Résultat : elles ont grossi et tous les événements moléculaires observés dans le muscle de l'ours en hibernation se sont reproduits dans les cellules humaines. Reste à identifier les composés actifs ou au moins la famille de composés capables de limiter l'atrophie d'un muscle.





## MARS ENTRE RÊVE ET RÉALITÉ

**V**ous rêvez d'aller sur Mars? Patientez! Il reste encore quelques détails techniques à régler. Si aucun n'est insurmontable, tous sont formidablement complexes, à commencer par la question du transport et du logement. Mais le plus difficile sera de garder les astronautes opérationnels en arrivant sur Mars après un trajet de 6 mois en impesanteur. Les séjours dans les stations en orbite basse, comme l'ISS, ont préparé le terrain mais il est un point sur lequel on manque de recul, celui de la résistance mentale. Quel sera l'effet psychologique de ces missions de très longue durée? Comment l'homme réagira-t-il à l'isolement loin des repères terrestres? Comment sélectionner les équipages? En 2010, le programme Mars 500<sup>1</sup> abordait cette problématique. Des études complémentaires seront nécessaires. Elles pourraient éclairer certaines situations terrestres : populations isolées, travailleurs de l'extrême.

1. Expérience de confinement de 520 jours de l'Institut russe des problèmes médico-biologiques (IMBP)



## DENSITÉ OSSEUSE UN RETOUR SUR TERRE DIFFICILE

**L'**image de l'astronaute flottant dans sa capsule est culte. Mais elle n'est pas sans effet sur le système osseux, et notamment sur les os dits porteurs (fémurs, tibias, etc.). L'imagerie pré et post-vol a confirmé l'existence d'une perte rapide de densité osseuse. Un autre phénomène fragilise les os chez les astronautes : c'est la migration des liquides vers les parties hautes du corps. En modifiant l'irrigation de la moelle osseuse, cette dernière anticipe le vieillissement du système osseux. Deux études ESA/CNES/DLR à court et long terme devraient préciser la marge de récupération après le vol. Des mesures *in vivo* de la microarchitecture osseuse sont aussi réalisées grâce au scanner XtremeCT. Les observations recueillies par l'université de Saint-Étienne pourraient s'avérer très utiles en santé publique, pour la prise en charge du vieillissement.

## INNOVER POUR SOIGNER

1982



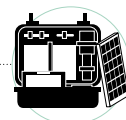
**AS DE CŒUR**  
Premier appareil au monde d'échographie Doppler pour l'étude du système cardiovasculaire des astronautes.

1996



**PHYSIOLAB**  
Laboratoire embarqué destiné à l'étude du système cardiovasculaire.

2001



**VALISE DE TÉLÉMEDECINE**  
Dédiée au diagnostic médical sur site isolé ou mobile (train, avion, bateau).





## NEUROSCIENCES DU CERVEAU À LA MAIN

Le système nerveux central est alimenté par de nombreux « assistants » sensoriels (œil, oreille, bouche, etc.). La suppression de certains d'entre eux influence l'interprétation des données sensorielles. L'université Paris-Descartes cherche à comprendre l'incidence de la gravité sur la coordination gestuelle. Agit-il comme un « cadre de référence » pour le contrôle des gestes, notamment de la préhension des objets ? Sur Terre, il est difficile de séparer l'influence de chacun des sens mais dans un contexte d'impesanteur, le sens de la verticalité est altéré. Il devient donc plus facile d'analyser les réactions du système sensorimoteur humain. Ces recherches pourraient également éclairer les troubles sensoriels ou de motricité dans des affections fréquentes comme la maladie de Parkinson.

# 16,2 %

C'est la proportion d'opacification du cristallin observée sur 48 des 295 astronautes de la NASA examinés dans le cadre de l'étude LSAH (*Longitudinal Study of Astronaut Health*). Protégés par leurs combinaisons spatiales, les astronautes ne sont en effet pas équipés de moyens de protection pour les yeux.

# 81 %

Les astronautes subissent des sensations particulières dues à l'impesanteur. Dans le détail, ils ressentent l'impression d'avoir le visage gonflé (81 %), mal à la tête (76 %), les sinus congestionnés (62 %), des problèmes cutanés (39,40 %) et une irritation des yeux (22,90 %).

# 11290

Ce chiffre éloquent signe la réussite du programme d'éducation à la santé mission Explore, mis en œuvre par la NASA et relayé en France par le CNES. Objectif : inciter les jeunes à vivre sainement en s'inspirant du modèle d'entraînement des astronautes. En 2017, en France, 11290 élèves de 8 à 14 ans ont participé à ce challenge Espace/Santé. Parmi les nombreuses ressources mises à disposition des 350 enseignants, un webdocumentaire traitant des effets de l'impesanteur sur le corps humain.

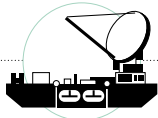
PLUS D'INFOS : [PROXIMA.CNES.FR/FR/EN-MICROPESANTEUR](http://PROXIMA.CNES.FR/FR/EN-MICROPESANTEUR)

2003-2006



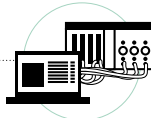
**SCANNER OSSEUX XTREMECT**  
Haute résolution pour mesurer à la fois la densité et la microarchitecture osseuses.

2007



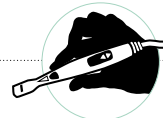
**EMERGESAT**  
Conteneur humanitaire de télécommunications satellitaires pour servir sur tous les terrains de catastrophes (Haïti, Darfour, Tchad, etc.)

2008



**CARDIOLAB**  
Dispositif européen installé sur l'ISS pour étudier le système cardiovasculaire humain en impesanteur. Décliné en Cardiomed (2009) pour le module russe et en Cardiospace (2016) avec la Chine.

2016



**CAMÉRA DENTAIRE**  
Mini-caméra inspirée des technologies utilisées sur le satellite Pliades pour créer des images 3D.

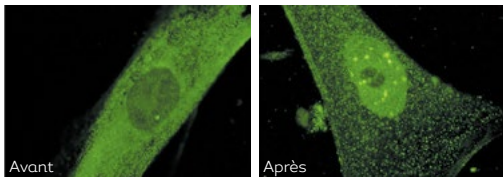
2017



**ECHO**  
Échographie télé-opérable depuis la Terre.

## RADIATIONS

### ENNEMI SPATIAL N°1



Avant exposition aux radiations, la protéine (en vert) se trouve dans le cytoplasme des cellules. Après, elle se diffuse dans le noyau, ce qui provoque les cassures de l'ADN.

Voyager dans le cosmos n'est pas sans risques radiatifs. Qu'elles soient d'origine cosmique, solaire ou liées au passage de la ceinture de Van Allen, ces radiations impactent fortement la santé des astronautes. Deux risques majeurs ont été identifiés par l'Inserm : les cancers radio-induits et les cataractes. D'autres facteurs viennent ensuite moduler l'impact sur l'organisme des équipages : la radiosensibilité des individus, l'hypersensibilité aux faibles doses, les expositions répétées. Or, les efforts déployés pour trouver des radioprotecteurs efficaces se heurtent à des problèmes d'effets secondaires. Moins morbide, le phénomène des cataractes est aussi étudié de près. Il est considéré comme une « conséquence probable » de l'exposition aux rayonnements cosmiques. Les questions posées par ces radiations spatiales ne sont pas sans lien avec celles inhérentes aux radiothérapies médicales. Développer les recherches en radiobiologie spatiale, c'est aussi répondre à des questions posées par le radiodiagnostic et ses conséquences cliniques.

# 400 $\mu$ Gy/JOUR

*C'est, en gray, la radiation absorbée lors des missions spatiales. Elle est 5000 fois inférieure à la dose d'une séance de radiothérapie et 10 à 20 fois plus faible qu'une session de mammographie (2 à 4 mGy).*



## MUSCLES

### L'EXERCICE PHYSIQUE COMME ADJUVANT

Faites de l'exercice pour préserver votre capital musculaire ! Cette recommandation est le résultat d'observations menées par l'université de Montpellier lors des vols et des sessions d'alitement prolongé. Constaté chez l'adulte dès 30 ans, le déconditionnement musculaire s'accélère en cas d'hypoactivité. Les muscles lents, les « endurants et posturaux » sont atteints en priorité. L'hypoactivité a aussi des répercussions sur les tendons qui relient les muscles aux os. Bref, toute la chaîne musculaire est touchée. Ce qui vaut pour les astronautes vaut aussi pour les personnes âgées ou atteintes de déficit moteur. C'est vrai aussi dans les situations de sarcopénie<sup>1</sup> ou de cachexie<sup>2</sup>. Si les études n'ont pas encore livré de « recette magique », elles ont révélé un ensemble pluriel de solutions : pharmacologie, supplémentation nutritionnelle et stimulation mécanique. Mais l'activité physique est de loin celle qui donne les meilleurs résultats !

1. Diminution de la masse musculaire chez la personne âgée.  
2. Affaiblissement profond de l'organisme lié à une dénutrition très importante.



## L'ESSENTIEL

### MÉTABOLISME

## LA GUÉRISON EST-ELLE DANS L'ASSIETTE ?

**D**epuis plus de 20 ans, le triptyque homme/impesanteur/inactivité physique est sous surveillance : l'Institut Hubert Curien du CNRS et le CNES s'interrogent sur son rôle dans les dérèglements métaboliques qui affectent santé et performance des astronautes. Un syndrome métabolique a été mis en évidence : il est très proche de celui constaté chez l'homme en surpoids ou obèse. Des exercices physiques avaient été testés comme contre-mesures. Leur bilan reste mitigé.



Les scientifiques explorent d'autres pistes en lien avec la nutrition, notamment. Des études transverses avaient

conforté le rôle important joué par les micronutriments et vitamines (vitamine E, oméga 3, polyphénols, etc.) dans la prévention des effets de l'impesanteur, chez l'animal comme chez l'homme. Pour exemple, les astronautes qui consomment le plus de poisson (oméga 3) sont ceux qui perdent le moins d'os. En janvier 2017, des tests de nutrition-cocktail ont donc été menés au cours d'un bed rest spécifique pour vérifier certaines hypothèses. Ces travaux sont en cours d'exploitation.



### TÉLÉ-ÉPIDÉMIOLOGIE

## PRÉDIRE LES ÉPIDÉMIES

**C**ontre les maladies infectieuses, fléau mondial, l'approche pluridisciplinaire est le seul remède efficace. S'il n'a pas de solution curative, le CNES prend pleinement sa place d'acteur de la prévention en facilitant la prédiction des épidémies grâce à l'imagerie satellitaire. Sollicité par des organismes de santé (OMS, ARS, etc.), il met à disposition des outils pertinents d'observation comme les cartes de risque entomologique (présence ou absence de gîtes larvaires, densités de moustique adulte, etc.). L'efficacité de ces données s'est notamment vérifiée dans la lutte

contre la dengue, en Guyane. Dans le cadre du projet de recherche Detect<sup>1</sup>, mené par le laboratoire d'épidémiologie de l'Institut Pasteur de Cayenne et soutenu par le CNES, l'équipe de chercheurs exploite les données satellitaires de quartiers identifiés comme à risque. Elles représentent une mine d'informations et une économie considérable de temps et de moyens. Le CNES assure un soutien similaire dans la lutte contre la malaria, le paludisme, la méningite, la fièvre de la vallée du Rift, etc.

1. Dengue transmission and emergence control using tele-epidemiology



## # 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!;

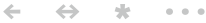


### @ JULIETTE RAYNAL

Journaliste #digitalretail #fintech  
@lusinedigitale. Ex @IT\_technologies  
@LesClesDeDemain @frenchweb. #startup  
#innovation #numérique.



Cœur artificiel, robots chirurgicaux, gilet pulmonaire... Découvrez 3 innos santé issues du spatial et de la défense [industrie-techno.com/comment-la-sante-innove-grace-a-l-aerospatial-et-la-defense.47298...](http://industrie-techno.com/comment-la-sante-innove-grace-a-l-aerospatial-et-la-defense.47298...)



### @ MARC GOZLAN

Médecin de formation, journaliste par vocation



Thomas Pesquet (@Thom\_astro) participe dans les minutes suivant son atterrissage à une série d'examens médicaux via @esa [#medecinespatiale](https://twitter.com/Thom_astro/status/777777777777777777)



### @ CITYZEN SCIENCES

Specialized in the conception and developments of smart fabrics



Le Smart de @CityzenSciences testé dans l'espace pour suivre en direct le rythme de @Thom\_astro pour la mission #Everywear du @CNES



### @ ANGELINA BALLERINA

NASA ESA JAXA  
CSA CNES RSA



Des chercheurs de l'UJM mesurent l'impact du vol spatial sur le squelette de @Thom\_astro [univ-st-etienne.fr/fr/tous-les-faits-marquants/annee-2016-2017/zoom-sur/des-chercheurs-de-l-ujm-mesurent-l-impact-du-vol-spatial-sur-le-squelette-de-thomas-pesquet.html](http://univ-st-etienne.fr/fr/tous-les-faits-marquants/annee-2016-2017/zoom-sur/des-chercheurs-de-l-ujm-mesurent-l-impact-du-vol-spatial-sur-le-squelette-de-thomas-pesquet.html)



### @ CNES

L'actu du CNES, le Centre National d'Études Spatiales



Perspectives, la dernière expérience #Proxima du CNES a démarré ! Au programme : réalité virtuelle ! #VR <http://bit.ly/2rgWoQm>







GRAND ORAL

# MICHEL CYMES

AVEC SA VOIX ET SON HUMOUR RECONNAISSABLES  
ENTRE TOUS, le célèbre médecin devenu animateur  
de radio et de télévision initie le grand public aux grands  
enjeux médicaux. Il nous explique en quoi sa pratique  
professionnelle le pousse à s'intéresser à l'espace,  
et en particulier à la santé des astronautes.



## GRAND ORAL

### **EN TANT QUE MÉDECIN, QUELLES ÉTAIENT VOS MOTIVATIONS QUAND VOUS AVEZ COMMENCÉ À ANIMER DES ÉMISSIONS D'INFORMATION POUR LE GRAND PUBLIC ?**

**Michel Cymes :** J'étais interne à l'hôpital de Chartres. Tous les jours, dans ma voiture, j'écoutais la rubrique santé de France Info; un format de deux minutes qui m'intéressait parce que je suis obsédé par la pédagogie. J'ai toujours aimé expliquer aux patients, dans une relation d'empathie, leur maladie et leur traitement, à l'aide de croquis, notamment. Alors que je faisais partie de l'équipe médicale sur un rallye automobile, j'ai pris contact avec des journalistes d'Europe 2 qui m'ont proposé un billet hebdomadaire, « La minute scientifique ». À la télévision, j'ai commencé dans Télématin, puis enchaîné avec « Qui vive », lors du lancement de France 5. « Attention santé » a suivi, puis « Le journal de la santé », qui s'est peu à peu allongé. À la radio, j'ai tenu des chroniques médicales sur Europe 1, France Info et depuis 2011, sur RTL. Je parle toujours de façon simple du fonctionnement du corps humain et de thèmes se rattachant à la santé. Je me souviens que l'un des premiers thèmes que j'ai traité pour « La minute scientifique » concernait l'hypotension orthostatique des astronautes à leur retour sur Terre.

**« LES ASTRONAUTES SONT DES SORTES DE "COBAYES" QUI VIVENT DE FAÇON ACCÉLÉRÉE. CE QU'ON CONSTATE SUR EUX PEUT ÊTRE ENSUITE TRANSPOSÉ SUR LA TERRE »**

### **VOUS VOUS INTÉRESSEZ DONC À L'ESPACE ?**

**M. C. :** L'espace fait rêver. Comme beaucoup de gens, je me souviens avoir suivi les premiers pas de l'homme sur la Lune, en juillet 1969, sur la télévision en noir et blanc de mes parents. Les conséquences des missions spatiales pour la santé des astronautes et leurs effets sur le vieillissement m'ont toujours passionné. Ces thèmes rejoignent le champ de la médecine. Pour « Qui vive », nous avons d'ailleurs soumis un cerveau de mouton à l'action d'une centrifugeuse pour voir comment il réagissait à des « G ».

### **L'UNE DES ÉMISSIONS QUE VOUS PRÉSENTEZ TRAITÉ NOTAMMENT DU FONCTIONNEMENT DU CORPS HUMAIN EN CONDITIONS EXTRÊMES. VOUS VOUS ÊTES PRÊTÉ À L'EXERCICE. QU'EN RETIREZ-VOUS POUR VOUS-MÊME ?**

**M. C. :** Certains numéros de l'émission « Les pouvoirs extraordinaires du corps humain », sur France 2, montrent comment le corps humain réagit dans des conditions difficiles. Parmi la dizaine d'épisodes, nous avons tourné sur les pentes du mont Blanc, dans la jungle, en Australie, et nous tournerons bientôt en Namibie. Ma peur du vide,

en altitude ou lors d'un saut en hélicoptère, me donne l'occasion de tester mes limites.

Nous mixons la connaissance scientifique pour le grand public avec les aventures et les émotions. Nous abordons également des thèmes comme l'hypnose, la médecine chinoise, ou l'acupuncture.

### **QUELLES SONT, D'APRÈS VOUS, LES LIMITES QUE LE CORPS HUMAIN N'EST PAS CAPABLE DE DÉPASSER ?**

**M. C. :** Plus les années passent, plus je pratique la médecine (j'exerce deux matinées par semaine dans un hôpital parisien), plus je me documente, et plus je me demande s'il y a vraiment des limites... Tout ce que l'on croit impossible à un moment donné se réalise dix ans plus tard, ou après. On pourra bientôt « changer » les cellules et les organes d'un corps humain comme on le fait avec les pièces d'une machine. Il faudrait donc arrêter de parler de limites, car on ne peut pas dire avec certitude qu'on ne dépassera pas tel âge ou qu'on ne descendra pas sous telle vitesse au 100 mètres.

### **VOYEZ-VOUS L'ESPACE COMME LE MILIEU LE PLUS HOSTILE POUR LE CORPS HUMAIN ?**

**M. C. :** C'est évidemment le milieu le plus stressant. Vous vous retrouvez dans un endroit confiné, où personne ne peut vous apporter de l'aide, ni sur le plan mécanique, ni sur celui de la santé. À l'inverse, sur un bateau



## GRAND ORAL



### MICHEL CYMES

MÉDECIN, ANIMATEUR  
DE RADIO ET DE TÉLÉVISION

« LES CONSÉQUENCES  
DES MISSIONS SPATIALES  
POUR LA SANTÉ  
DES ASTRONAUTES  
ET LEURS EFFETS SUR  
LE VIEILLISSEMENT  
M'ONT TOUJOURS  
PASSIONNÉ. CES THÈMES  
REJOIGNENT LE CHAMP  
DE LA MÉDECINE »

ou dans un sous-marin, quelqu'un peut venir vous sauver la vie. Mais la situation se compliquera encore plus lors d'un voyage de deux ans vers Mars. J'ai bien sûr suivi le retour sur Terre de Thomas Pesquet au mois de juin. Pendant six mois, son cerveau a perdu l'habitude de sentir le poids de son corps, il doit se réadapter. J'ai personnellement volé en Alpha Jet, avec une poussée de 6G. Je n'arrivais à lever le petit doigt qu'au prix de gros efforts : mon cerveau ne comprenait pas que mon doigt soit si lourd.

#### QUE PEUT RETIRER LE MONDE MÉDICAL DE L'EXPLORATION SPATIALE, SELON VOUS ? QUEL RÔLE PEUT JOUER UN ORGANISME COMME LE CNES ?

**M. C. :** Tout d'abord, la télémédecine permet, grâce aux satellites, d'opérer, de donner des conseils ou de délivrer un diagnostic à distance. L'exploration spatiale fournit des informations sur des sujets comme l'ostéoporose, la tension artérielle, la fonte musculaire. L'homme est-il capable de vivre dans l'espace ? La question se pose alors qu'on parle d'envoyer des missions habitées vers Mars. Le CNES contribue aux avancées médicales dans le sens où il est le plus à même de mener toutes les expériences médicales, et notamment celles qui permettent d'anticiper les problèmes médicaux que peut connaître un organisme soumis à de telles contraintes. De façon plus personnelle, le CNES m'a proposé de réaliser un vol parabolique, pendant lequel on reconstitue la condition d'impesanteur. Je vais tester le problème du mal de l'espace, ayant une oreille interne sensible. Cette expérience pourrait faire l'objet d'un reportage dans « Le journal de la santé ».

#### SELON VOUS, LE SECTEUR SPATIAL PEUT-IL APPORTER DES RÉPONSES À CERTAINES PROBLÉMATIQUES ACTUELLES DE SANTÉ PUBLIQUE ?

**M. C. :** Le secteur spatial ne peut malheureusement pas résoudre le problème des déserts médicaux (rires) ! Plus sérieusement, les vols

spatiaux peuvent avoir des répercussions concrètes sur les méthodes de recherche médicale. Et pour rejoindre l'actualité, l'observation minutieuse de la condition physique de Thomas Pesquet, à l'issue de son vol de six mois avec la mission Proxima, résonne avec nos préoccupations terriennes : le vieillissement, le fonctionnement du cœur et des muscles, etc. Les astronautes sont des sortes de « cobayes » qui vivent de façon accélérée, puisqu'un vol, du fait de la microgravité, du confinement et des radiations, entraîne 20 à 30 % de fonte des muscles et 10 à 20 % de vieillissement des os. Ce qu'on constate sur eux peut être ensuite transposé sur la Terre.

### Profil

#### 1989

Fin de l'internat à Chartres

#### 1991

Michel Cymes se lance sur les ondes

#### 2012

Lancement de l'émission « Les Pouvoirs extraordinaires du corps humain »

#### 2014

Désigné personnalité préférée des Français par le magazine *Stratégie*



EN IMAGES



## ALITÉ POUR LA POSTÉRITÉ

*Rester couché, c'est une autre manière « d'aider la science ». De janvier à avril, dix volontaires sains l'ont prouvé lors d'un bed rest encadré par l'équipe de Medes. Dix autres vivront la même expérience à l'automne. Ces études d'alitement, qui simulent les effets de la microgravité sur l'organisme, permettent de tester des contre-mesures (méthode de prévention) spécifiques. L'édition 2017, baptisée bed rest cocktail, évalue les effets d'un complément alimentaire antioxydant et anti-inflammatoire dans la prévention d'un déconditionnement induit par les deux mois d'alitement. Ces résultats pourraient orienter certains traitements pour des populations terrestres sédentaires.*





EN IMAGES



## RÉACTION IMMÉDIATE

*Juste après une catastrophe, les moyens de communication classiques sont coupés. Rétablir le contact avec le reste du monde est donc la première urgence. Pour y contribuer, le CNES a conçu des outils à vocation humanitaire faciles à transporter sur les lieux d'un sinistre. Le poste de secours médical avancé (PSMA) apporte ainsi avec lui moyens de communication et matériel médical de premiers secours. Autre exemple : Emergesat, un véhicule modulaire qui peut être équipé d'une valise de télé-médecine et de logiciels de cartographie. Ces deux outils peuvent être déployés conjointement, comme ici lors de l'intervention du Samu de Guyane, en 2010, après le tremblement de terre à Haïti.*



## EN CHIFFRES

# DENGUE



L'impact économique de la dengue a été mesuré et il est considérable. En faisant la somme de la suractivité des hôpitaux, de la multiplication des arrêts de travail et des risques de décès des cas symptomatiques, cet impact est estimé à 100 millions/an pour 10 000 malades environ. Or, la dengue est en augmentation : on compte désormais environ 390 millions de cas par an.

# 5,3

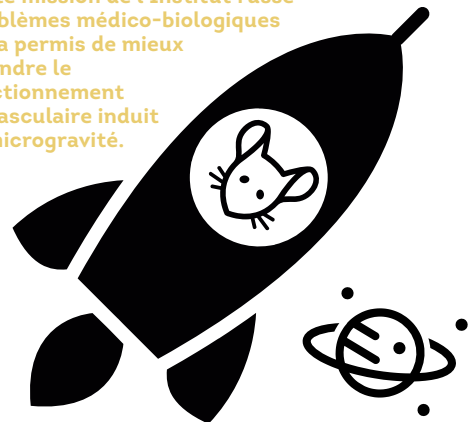
**MILLIONS. LES RÉSULTATS DU BED REST** ne sont pas sans intérêt direct pour la population terrestre : la nutrition pourrait en effet entrer dans les contre-mesures à la sédentarité, connue pour faire 5,3 millions de morts dans le monde, soit autant que le tabac.

# Guyane

**APRÈS AVOIR EXPÉRIMENTÉ UN TÉLÉ-ÉCHOGRAPHE ROBOTISÉ EN 2011**, la Guyane doit s'équiper cette année de télé-échographes particulièrement prometteurs, testés par Thomas Pesquet à bord de l'ISS. Ils seront installés sur trois communes reculées : Saint-Georges de l'Oyapock, Maripasoula et Grand-Santi. Après un test de dix-huit mois, la technologie pourrait être étendue à d'autres sites de cette région, plus grand désert médical de France où les distances entre les centres hospitaliers sont conséquentes. Le CNES finance ce projet de 236 000 euros à hauteur de 85 %. Pour l'heure, l'équipement n'a été utilisé qu'en Espagne et à Tours (Indre-et-Loire).

# 15

**En 2013, une centaine de geckos, gerbilles de Mongolie, microbes et 15 souris françaises ont séjourné un mois en microgravité.** La large échelle temporelle couverte par cette mission de l'Institut russe des problèmes médico-biologiques (IMBP) a permis de mieux comprendre le dysfonctionnement cardiovasculaire induit par la microgravité.



# 10 JOURS



Il ne faut pas plus de dix jours d'alitement pour que les muscles perdent 5 à 15 % de leur masse. Cela peut paraître peu mais c'est l'équivalent de 15 à 30 % de force en moins chez un sujet adulte. Par ailleurs, une étude menée pendant cinq ans chez des sujets âgés de 70 à 80 ans a montré que la perte de force est 2 à 5 fois plus rapide que la perte de masse musculaire.





LE CNES EN ACTIONS

VIDÉO



Reportage  
au Cadmos  
le 22 avril 2017

# UN ESPACE POUR LA SANTÉ

**QUEL EST LE POINT COMMUN ENTRE L'IMAGERIE PAR RÉSONANCE MAGNÉTIQUE, LA MINIATURISATION DES POMPES CARDIAQUES ET LA TÉLÉMÉDECINE? CES AVANCÉES MÉDICALES MAJEURES S'APPUIENT TOUTES SUR DES DÉCENNIES DE CONQUÊTE SPATIALE. EMBARQUÉ DANS CETTE FORMIDABLE AVENTURE, LE CNES S'AFFIRME COMME UN TRAIT D'UNION ENTRE L'ESPACE, VÉRITABLE LABORATOIRE D'EXPÉRIMENTATION, ET NOTRE SANTÉ.**

Préparation, au Cadmos, de l'échographe qui sera télé-opéré sur l'astronaute français depuis le sol par un expert.

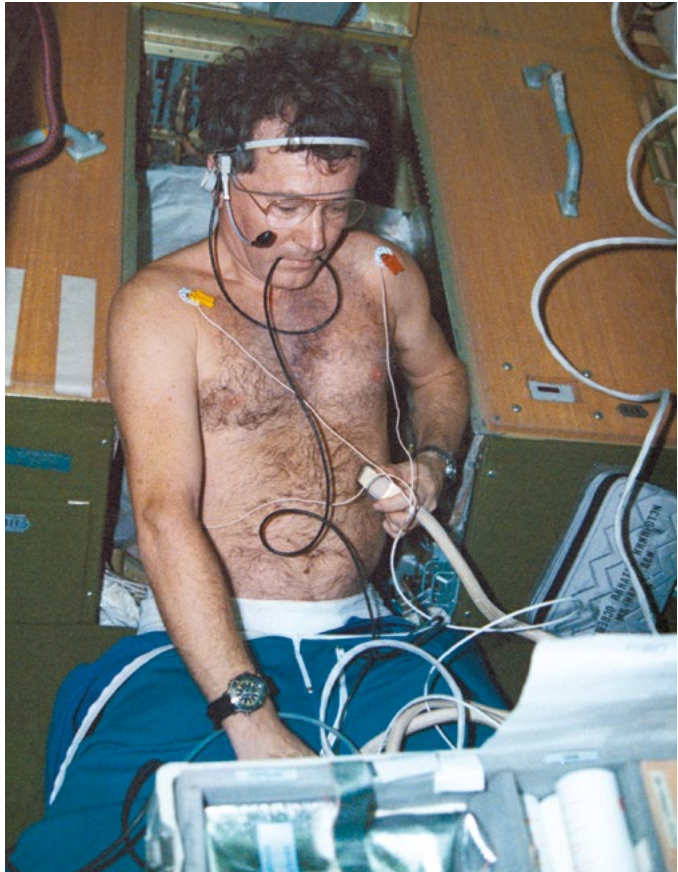


## LE CNES EN ACTIONS

**S** i les voyages spatiaux ne forment pas forcément la jeunesse (cf. L'Essentiel, p. 8), ils éclairent cependant la science sur le vieillissement de l'organisme, les effets de la sédentarité ou l'origine des maladies chroniques. Et pour cause : la gravité est essentielle pour l'homme ; c'est elle qui dimensionne le système cardiovasculaire, osseux, musculaire ou nerveux. À l'inverse, la microgravité est un état contre-nature. « *Nous ignorions les effets produits sur le vivant* », explique Guillemette Gauquelin-Koch, responsable des sciences de la vie au CNES. Convaincu de la pertinence des recherches dans ce domaine, le CNES s'est donc engagé à « *faire de l'espace un laboratoire en impesanteur* ». Et aujourd'hui, Laurent Braak, ancien directeur de Medes actuellement en charge de la valorisation des aspects santé au CNES le confirme : « *L'objectif de cette recherche spatiale reste bien de servir l'humanité.* »

### JEAN-LOUP CHRÉTIEN, LE PIONNIER

Dès 1975, avant même la grande aventure des vols habités, le CNES s'est impliqué dans des études spécifiques de biologie et de physiologie. Mais c'est avec le vol du premier astronaute français, Jean-Loup Chrétien, sur Saliout 7 en 1982, qu'il s'est lancé dans un véritable programme original et ambitieux. Deux cents kilos de matériel scientifique avaient précédé l'astronaute. Échographie, étude des modifications hormonales, contrôle de l'équilibre et de la posture... Sollicités sur appels à projet, les laboratoires, organismes de recherche, universités et centres hospitaliers (Lyon, Tours, Saint-Étienne, Toulouse) ont été force de proposition pour ce vol. Ainsi, le CNES élargissait son volet « sciences de la vie », devenu depuis l'un de ses domaines d'expertise. Surtout, l'agence spatiale s'est appuyée sur les enseignements capitaux de ce premier vol pour préparer les suivants. La prévention de certains syndromes chez l'astronaute (maux de tête, intolérance orthostatique, perte musculaire et osseuse, etc.) a constitué le premier lien entre sciences de la vie et médecine.



Lors de la mission PHV, Jean-Louis Chrétien manipule dans la station spatiale russe, Mir, le tout premier échographe Doppler, l'As de cœur.

Depuis, ce lien n'a cessé de se renforcer. En 1989, avec le concours du CHU de Toulouse, le CNES a créé sa filiale dédiée à la médecine spatiale, Medes (cf. p. 25-26). Et en 1993, il a ouvert un service opérationnel interne dédié, le Cadmos (cf. p. 23-24.). La connaissance scientifique, et en particulier celle relative aux maladies chroniques, a pleinement profité des travaux sur la relation espace/santé. En effet, l'alitement prolongé, le manque d'exercice physique et le confinement sont autant le lot des astronautes que celui des grands malades ou des personnes dépendantes. La médecine terrestre a ainsi





## LE CNES EN ACTIONS

bénéficié d'équipements pertinents comme les échographes, les plateformes posturales, les scanners osseux ou encore les systèmes de télémédecine. Quant aux pompes à insuline, elles constituent des retombées directes de ces travaux. Le vol de Thomas Pesquet était l'opportunité d'aller encore plus loin. En fin de mission, les sept expériences conçues et préparées par le CNES ont toutes été réalisées et « tous les voyants sont au vert » (cf. Cadmos, p. 24).

### SURVEILLANCE ET ALERTE PRÉCOCE

Au-delà des vols habités, les satellites d'observation et de télécommunication sont devenus des outils essentiels de la politique de santé. Ils jouent un rôle fondamental dans le développement de la télémédecine et de la surveillance. En Guyane, par exemple, le satellite a rendu possible la consultation et les soins à distance. « *Le dispositif est simple, explique Antonio Güell, « père » de la télémédecine au CNES. Une antenne satellite, un terminal et un référent habilité suffisent à prendre la bonne décision et à sauver des vies humaines.* ». Aujourd'hui, la télémédecine spatiale est plus que jamais d'actualité. Elle a fait ses preuves dans le suivi de certaines maladies chroniques, comme le diabète (cf. Instants T, p. 28-29) et répond à de nouveaux besoins sociétaux : suivi des travailleurs isolés, déserts médicaux, soutien au vieillissement et à l'autonomie à domicile.

Enfin, le satellite est efficace dans la caractérisation des interférences climat-santé-environnement. Déforestation, urbanisation et accroissement démographique ont contribué aux déséquilibres environnementaux. Ces phénomènes jouent un rôle clé dans l'émergence, la propagation ou la persistance des maladies environnementales chez l'homme. Méningites en Afrique de l'Ouest, paludisme en Afrique du Sud, dengue et Zika en Guyane ou au Brésil... Par son rôle d'observation, la téledétection spatiale contribue à mettre en place des systèmes d'alerte précoce. Cette surveillance épidémiologique rejoint les recherches menées sur les systèmes de support-vie pour les missions spatiales à venir.



Exercice Plan Rouge simulant un carambolage sur l'autoroute A68 dans la nuit du 14 juin 2012 à proximité de Toulouse : Emergesat, le conteneur humanitaire de télécommunications et d'échange d'informations, a été déployé par le Samu 31.

## SANTÉ PUBLIQUE

### — DE PRÉCIEUX PARTENAIRES —

**Partie prenante de la politique de santé publique, le CNES collabore avec des acteurs influents du secteur.** En 2016, trois accords-cadres le confirment. Avec l'Institut Pasteur, le CNES participe à la lutte contre les épidémies, et particulièrement la dengue, en Guyane. Avec la Direction générale de la santé (DGS) et le Service de santé des armées (SSA), il a contractualisé un

partenariat dans le cadre de la stratégie e-santé 2020 du ministère des Affaires sociales et de la Santé. Objectif : mettre en œuvre des programmes contribuant à la modernisation du système de santé. Enfin avec l'Inserm, le CNES développe des outils alliant technologies spatiales et santé, parmi lesquels des appareils connectés conçus pour les astronautes.





LE CNES EN ACTIONS

# EXPLORATION SPATIALE

## L'INNOVATION DE TOUS LES POSSIBLES

*Comment préserver la santé et les performances des équipages lors des vols spatiaux lointains ? Comment les secourir en cas d'urgence ? Relever ces défis demain suppose de mobiliser aujourd'hui tous les acteurs de santé, spatiaux comme terrestres.*

**A**ujourd'hui, lors d'un vol en orbite basse ou lunaire, quel que soit l'événement médical, l'équipage peut s'appuyer sur la télémédecine ou organiser, en quelques heures, une évacuation vers un hôpital terrestre. Depuis Mars, en revanche, la situation sera toute autre. En effet, les équipages sont promis à des séjours de 500 à 1 000 jours, dont un transit de 6 à 9 mois, synonymes d'isolement extrême et d'irradiation certaine. Au vu des délais de communication – environ 40 minutes aller-retour – le recours à la télémédecine est impensable, au même titre que l'envoi de pièces de rechange, de consommables, de médicaments, etc. Dans la perspective des voyages martiens, le seul recours est donc, d'une part, d'améliorer et de fiabiliser les technologies et, d'autre part, de rendre les astronautes plus autonomes dans la gestion de leur santé.

### INNOVER SUR TOUS LES FRONTS

Encore à ses balbutiements, la recherche n'a d'autre issue que d'innover. Innover pour faire face à la durée, à l'isolement et à l'environnement de ces missions extrêmes, c'est-à-dire inventer des moyens de suivi, des outils de prévention et ainsi limiter les troubles physiologiques et psychologiques. Innover aussi pour gérer des problèmes de santé. Santé connectée, aide au diagnostic, à la décision... De nouvelles technologies biomédicales comme les outils d'imagerie compatibles avec l'environnement spatial, des capteurs mobiles intégrés, des systèmes de formation continue et d'assistance (robotique, réalité virtuelle, réalité augmentée) seront associées.

15

**jours**

Après 15 jours d'impesanteur, des altérations majeures des systèmes cardiovasculaire, osseux, musculaire et nerveux sont constatées.

Enfin, innover encore pour maintenir un environnement sain pour l'astronaute dans un habitat adapté, autonome. Il faut se préoccuper du support-vie, optimiser l'utilisation des ressources (eau, air, nourriture). Des programmes comme le projet européen Melissa se penchent déjà sur un concept de recyclage maximum et de gestion des déchets. Quant aux expériences Aquapad et Matiss de Proxima, elles se sont intéressées au contrôle environnemental physico-chimique et microbien pour éviter toute toxicité ou contamination de l'équipage et biodégradation des équipements.

L'enjeu n'est pas d'agir uniquement pour l'espace, mais bien de co-innover avec tous les acteurs de santé pour faire de l'exploration un accélérateur d'innovations terrestres.



Ici dans l'ISS, Aquapad est un nouveau dispositif pour analyser la qualité de l'eau à bord.



## LE CNES EN ACTIONS



Préparation, dans les locaux du Cadmos, de l'expérience Perspectives pour comprendre comment le système nerveux s'adapte à l'orientation en impesanteur.

# CADMOS

## CONJUGUER EXPÉRIENCE ET EXCELLENCE

*En 1993, le CNES s'est doté d'un service opérationnel, le Cadmos, qui accompagne de bout en bout la mise en œuvre des expériences scientifiques réalisées dans l'espace. Situé sur le Centre spatial de Toulouse, il assure la préparation et le suivi opérationnel de ces expériences, ainsi que l'archivage et la diffusion des données.*



sciences de la vie, sciences de la matière, environnement spatial, physique fondamentale, activités de support-vie... le Cadmos est compétent sur toute la gamme. Mais il a acquis une légitimité toute particulière dans le domaine de la physiologie avec l'appui d'une équipe intégrée Medes (cf. p. 25-26). Un savoir-faire qui remonte à 1998, au moment où l'ESA s'engage dans la Station spatiale internationale. L'agence spatiale européenne décide alors de s'appuyer sur un réseau de plateformes d'excellence, les USOCs<sup>1</sup>. Aujourd'hui au nombre de sept, ces centres permettent aux scientifiques de suivre leurs expériences à bord de la station spatiale, via la téléscience et les opérations à distance. L'ESA a fait du Cadmos l'un des trois USOCs majeurs en Europe. Et le succès de la mission Proxima n'a fait que renforcer l'expertise française.

- SUITE P. 24





## LE CNES EN ACTIONS

VIDÉO



Thomas Pesquet : de la science, encore de la science

### CAP SUR MARS

Avec Proxima, le Cadmos a franchi une nouvelle marche vers la perspective de voyages martiens. Mais le défi reste de taille. En lien avec plusieurs laboratoires et industriels (grands groupes ou start-up<sup>2</sup>), l'équipe toulousaine suit une vingtaine d'expériences destinées à préparer cette grande aventure. Certaines portent sur l'investigation en physiologie humaine (Echo, Everywear, Perspectives). D'autres concernent la biocontamination. L'enjeu : dresser des barrières infranchissables pour les éléments pathogènes. L'expérience Aquapad, par exemple, utilise du substrat sec, facile à stocker pour des missions lointaines. Le couplage avec une application tablette permet un dépistage en instantané des colonies bactériennes. La transposition de ces applications à des milieux hospitaliers ou certains lieux publics est regardée avec intérêt.

### LES AVANCÉES DE PROXIMA

Au Cadmos, Proxima est synonyme de succès total. Toutes les expériences préparées et notamment celles siglées « CNES » ont pu être réalisées. Thomas Pesquet est allé au bout de toutes les sessions programmées. Pour certaines expériences, dont Echo, il a même réalisé une session supplémentaire. Des échantillons de Matiss (cf. Matière, p. 27) ont été redescendus au sol et seront analysés par les scientifiques. Des patchs utilisés dans Aquapad ont également été ramenés pour analyse. Toutes les expériences ont une suite programmée soit dans l'ISS soit au sol avant exploitation complète des résultats. Des autorisations d'utilisation de matériel à l'international sont déjà parvenues au Cadmos à peine la mission terminée. Du jamais-vu.

1. User Support Operations Centres

2. Labos : CNRS, l'INSERM, l'ENS Paris et l'ENS Lyon, CEA-Leti, Medes. Industriels : ADS, bioMérieux, Saint-Gobain, des PME comme EREMS et des start-up comme Bodycap et Citizen Sciences.



Thomas Pesquet teste Everywear, l'application tablette/iPad conçue pour collecter des données sur sa santé et les envoyer au sol afin d'être suivi au mieux durant son séjour.

### IMPESANTEUR

## L'APPORT DES VOLS PARABOLIQUES

**Moins coûteux que les vols spatiaux, les vols paraboliques réalisés à bord de l'Airbus A310 Zéro G exploité par Novespace, une filiale du CNES, servent de support aux expériences d'impesanteur.**

Pour Proxima, l'avion a permis de tester la plupart des expériences avant leur envol pour l'ISS grâce à des « modèles de qualification » et d'entraîner Thomas Pesquet.







## LE CNES EN ACTIONS

# MEDES LA FILIALE SANTÉ DU CNES

*Haut lieu de recherche biomédicale ouvert à la communauté scientifique, Medes a pour mission de promouvoir la médecine spatiale et ses applications à la santé.*

**S'**ils sont sains et sportifs pour leur mission, les astronautes européens doivent aussi le rester. Garantir leurs performances et leur santé est l'une des missions de Medes. C'est ainsi qu'une équipe intégrée au Centre européen des astronautes (EAC), à Cologne, a par exemple suivi Thomas Pesquet pendant et après son séjour dans l'espace. Mais la mission de Medes ne s'arrête pas là : il aide également le Cadmos dans la préparation et le suivi des expériences de physiologie embarquées à bord de l'ISS.

### UNE CLINIQUE PAS COMME LES AUTRES

Toutes les recherches ne peuvent pas être réalisées pendant les vols. Le nombre d'astronautes reste peu élevé et le matériel expérimental, trop difficile à embarquer. La création d'une structure à même d'effectuer ces recherches au sol se justifiait. En 1996, le CNES et le CHU de Toulouse ont fait évoluer Medes en l'enrichissant d'une véritable « clinique » dédiée au spatial. Depuis, c'est le siège d'expériences de simulation des effets de l'impesanteur. Un levier pour mieux comprendre les mécanismes d'adaptation de l'organisme, préparer les vols spatiaux et mettre au point des moyens préventifs.

Installer cette infrastructure au sein de l'hôpital était un vrai choix du CNES. Au cœur du CHU, la clinique spatiale bénéficie de la richesse d'un plateau biomédical unique (IRM, scanner,

analyses biomédicales, etc.) et d'un réseau de collaborateurs hautement qualifiés. Cette particularité en fait l'un des centres de référence mondiaux pour la simulation des effets d'environnement spatial. Concrètement, l'ESA ou le CNES lancent régulièrement des appels à projets auprès de la communauté scientifique, qui participe alors à des expériences hors du commun. Si le modèle d'alitement (bed rest) demeure la technique de simulation la plus courante (cf. En Images, p. 16-17), Medes innove avec le déploiement d'un autre modèle, l'immersion sèche. Il met aussi l'expertise acquise dans le spatial au profit de la recherche médicale classique. L'institut réalise des études sur le confinement et le sommeil, et évalue des dispositifs biomédicaux et de support-vie. Enfin, il accueille en ambulatoire des patients du CHU pour des tests spécifiques.

### UNE MAIN TENDUE À L'INDUSTRIE...

Mais le Medes n'opère pas en vase clos. En pleine évolution, la médecine dite généraliste s'appuie de plus en plus sur les nouvelles technologies : télémédecine, équipements

– SUITE P. 26



En parallèle des campagnes bed rest, Medes a mis en œuvre un autre modèle de simulation de l'impesanteur : « l'immersion sèche ». Les sujets sont « immergés » pendant trois jours dans une baignoire, isolés de l'eau par une bâche étanche.



## LE CNES EN ACTIONS

connectés, e-santé, etc. En outre, la mondialisation est un vecteur de mobilité fortement dépendant du spatial : partout où existe un risque épidémiologique, l'imagerie satellitaire est appelée à jouer un rôle primordial. Dans ce nouveau paysage, les entreprises du secteur sanitaire et médical rejoignent aujourd'hui le club des utilisateurs de technologies issues du spatial. En apportant son expertise à ce réseau économique qui fédère entreprises, PME, organismes publics, pépinières, etc., Medes participe à construire la médecine de demain.

### ... ET AUX POLITIQUES SOLIDAIRES

Enfin, l'évolution des métiers de la médecine autant que l'allongement de la durée de vie imposent de favoriser le soutien à un vieillissement autonome. Medes fait ainsi office de médiateur entre technologie et santé. Le nou-

25

### études

**d'alitement réalisées par Medes depuis sa création. Lors d'un bed rest, les sujets sains restent alités en position anti-orthostatique (à -6°) de quelques jours à plusieurs mois selon les études.**

veau directeur de Medes, Philippe Hazane, étudie le concept « d'hôpital hors les murs ». Dans le cadre du Contrat de plan État-Région 1, le pôle d'excellence rural « Gers-Santé-Ruralité » expérimente une forme originale d'ESPASS (ESpaces de PARcours Santé Social)! Ce démonstrateur propose un modèle de coordination sanitaire et sociale territorialisée. La mise en réseau des seniors avec le CHU, la maison de santé, le médecin généraliste, les services à domicile... feront appel au savoir-faire de Medes. Des services déjà existants comme Diabsat y ont toute leur place. Concept solidaire et fédérateur, ESPASS devrait aussi faciliter l'accès au marché de la silver économie aux entreprises innovantes. Le concept, encore expérimental, pourrait à terme être déployé dans certaines zones rurales en voie de dépeuplement.



Depuis 2007, Medes dispose également d'une centrifugeuse à bras courts financée par l'ESA pour évaluer les effets de la gravité artificielle.





MATIÈRE

VIDÉO



Matiss : la chasse  
aux bactéries !

# MÉNAGE SPATIAL

**CET OBJET DORÉ N'EST PAS UNE TABLETTE DE CHOCOLAT** mais un porte-échantillons répondant au doux nom de Matiss ! Développé par le CNES et l'École normale supérieure de Lyon, il doit exposer de nouvelles surfaces à l'air de la Station spatiale internationale. Créées par le Leti (pôle de recherche technologique du CEA) et le laboratoire CNRS Saint-Gobain, ces surfaces sont douées d'un talent rare : empêcher les bactéries de se poser et de proliférer. Lors de son séjour dans l'espace, Thomas Pesquet a disposé quatre jeux de lames dans le laboratoire européen Columbus. Objectif : mesurer l'efficacité de Matiss en microgravité pour, à terme, réduire la contamination bactérienne des futurs engins spatiaux. Sur Terre, une surface apte à diminuer la prolifération de bactéries trouverait toute sa place, en milieu hospitalier particulièrement.



## INSTANTS T



### ÉDUCATION ACCOMPAGNER LE PATIENT

*Les satellites peuvent-ils aider à la santé ? Interrogé sur ce point dans les années 2000, le CNES a répondu oui ! Il l'a prouvé avec Diabsat. Ce dispositif novateur, adossé aux technologies satellitaires, s'articule autour de plusieurs volets. Le premier est consacré à l'éducation thérapeutique du patient : un programme, accessible sur des bornes interactives dans certaines pharmacies, formule des recommandations nutritionnelles, d'hygiène de vie et d'observance du traitement. Aujourd'hui, ce volet est aussi effectué à domicile ; il est porté par Diamip, le Réseau Diabète en Occitanie.*



### GÉOGRAPHIE FACILITER L'ACCÈS AU SOIN

*Les patients isolés, éloignés des centres de consultation, négligent le suivi de leur maladie. Diabsat prend le problème à l'envers et amène le centre de consultation chez le patient. Comment ? À bord d'un camion équipé d'une parabole ! Les partenaires du projet, le conseil régional Occitanie, les Hôpitaux de Toulouse, le réseau Diamip et le CNES, ont truffé le véhicule d'appareils d'exploration fonctionnelle. Quatre types d'examen (bilan rétinien, vasculaire, rénal et podologique) sont réalisés par du personnel paramédical de proximité. Une fois les données transmises au service d'interprétation hospitalier, des médecins référents décident des suites à donner.*





## INSTANTS T

18 MILLIARDS D'EUROS PAR AN, C'EST LE COÛT EXORBITANT DU TRAITEMENT DU DIABÈTE EN FRANCE. LES 2/3 SONT CONSACRÉS À LA PRISE EN CHARGE DES COMPLICATIONS DE LA MALADIE. OR L'ISOLEMENT DES PATIENTS EXPLIQUE EN PARTIE CES COMPLICATIONS. ALORS AVEC DIABSAT, C'EST LE DÉPISTAGE QUI VIENT TROUVER LE PATIENT.



### SURVEILLANCE FAVORISER

#### LE SUIVI À DOMICILE

*Avec Diabsat, la consultation est gratuite et sans rendez-vous. Le bon fonctionnement du dispositif repose sur des acteurs discrets mais indispensables : les centres communaux d'action sociale (CCAS) qui gèrent son volet administratif. Diabsat s'adresse en priorité à des populations fragiles, et répond de fait à un besoin sociétal reconnu au plus haut de l'État. En effet, le collège de la Haute Autorité de Santé (HAS), ému de la situation en France, avait réactivé en 2014 le référentiel de pratiques de prévention et de dépistage du diabète de type 2 et des maladies associées. En mai 2017, Diabsat comptait 12 000 examens à son actif.*



### COUVERTURE DIABSAT S'EXPORTE

*Le camion Diabsat est aujourd'hui plébiscité en Occitanie, où son passage est très attendu. De nouvelles approches sont en cours en région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Particulièrement impactés par le diabète, les départements et régions d'Outre-Mer ont également manifesté leur intérêt pour ce dépistage itinérant. Deux camions sont en voie d'équipement et devraient rejoindre les îles de La Réunion et de Mayotte. Des projets sont également à l'étude avec la Guyane. Enfin, le camion pourrait bientôt prendre la route vers de nouveaux publics : populations des établissements pénitentiers, squatteurs ou encore personnes âgées au sein des Ehpad<sup>1</sup>.*

<sup>1</sup> Établissement d'hébergement pour personnes âgées.



RENCONTRES

# CHRISTINE ROZAND

Directrice de l'équipe « Dispositifs Innovants » chez bioMérieux.

« Avec une rigueur que j'admire,  
le CNES nous permet d'intégrer des contraintes élevées. »



Femme de conviction, Christine Rozand voit une nouvelle ère de solutions humanitaires dans **la collaboration du CNES avec bioMérieux, qu'elle décrit comme « un mariage des exigences de la spatialisation et de la biologie ».**

La convention qui les lie, au profit de la santé des astronautes, a livré Aquapad, archétype de l'innovation par la simplicité : à l'aide d'une seringue, verser un millilitre d'eau dans une boîte de Pétri sèche. Attendre que des points colorés révèlent les micro-organismes présents puis lancer l'application tablette Everywear. Photographier la solution et lire le résultat. « Moins de 50 colonies bactériennes, l'eau est potable ! » Exaltée, la biologiste

commente la démonstration technique expérimentée par Thomas Pesquet dans l'ISS : « Minimaliste, la solution se conserve longtemps, à température ambiante, et la manipulation ne réclame que 20 minutes en impesanteur, contre 1h30 pour l'actuel dispositif de la NASA ! ».

**Gain de temps opérateur, gain de masse et de volume, bioMérieux et le CNES travaillent déjà sur la version 100 ml.** Ils préparent également une solution spatialisée de biologie moléculaire pour détecter, en moins d'une heure, jusqu'à 25 pathogènes liés à des infections respiratoires ou digestives.

« Avec une rigueur que j'admire, le CNES nous permet d'intégrer des contraintes si élevées que la robus-

té des solutions développées couvre de larges champs d'application terrestres », s'enthousiasme la responsable. Pour tester un dispositif proche d'Aquapad sur la détection du choléra dans l'eau de boisson destinée à la population, « un voyage à Haïti a mis les points sur les i, prouvant que tout un chacun, en l'occurrence notre chauffeur, peut utiliser ces solutions de diagnostic. Je pense que **l'application Everywear, associée à notre dispositif, augure des approches de type télé-médecine très intéressantes pour les fondations humanitaires** », relate Christine Rozand, qui entend bien « raconter une belle histoire à l'Unicef ».



RENCONTRES

# RAYMOND LE MOIGN

Directeur du CHU de Toulouse, président de Medes.

« Les recherches spatiales auront des applications dans la dépendance de la personne âgée. »



Directeur du CHU de Toulouse, Raymond Le Moign est aussi président de Medes. Il faut dire que ce centre hospitalier universitaire n'est pas simple membre, il en est l'un des fondateurs. La localisation du CNES à Toulouse a été déterminante dans la création d'une clinique spatiale au sein du CHU. Aujourd'hui, les deux parties y trouvent toujours leur compte. « Le CHU profite de l'effet d'appel des travaux de recherche de la médecine spatiale, explique Raymond Le Moign. En effet, les médecins chercheurs ont un accès facile aux espaces de la clinique spatiale du type "living lab"<sup>1</sup> ». Inversement, Medes dispose d'un accès privilégié à un plateau technique de pointe. Cette proximité facilite aussi le développement de projets collaboratifs combi-

nant les compétences des médecins/chercheurs des deux structures. DiabSAT (cf. Instants T, p. 28-29) fait partie de ces projets exemplaires. D'autres ne demandent qu'à se développer au profit de la médecine « classique ». C'est le cas des projets de télémédecine. **« Grâce aux outils de diagnostic à distance développés par le spatial, des réponses pourront être apportées en dehors de la présence sur place d'équipes et de matériels médicaux lourds. Ce qui revient à développer des solutions de télé-expertise, téléconsultations, etc. »**, constate Raymond Le Moign. Un second registre touche plus directement au traitement de l'homme sur Terre sur la base des similarités des troubles ressentis par un astronaute en mission spatiale et

par une personne âgée. Dans l'espace, le vieillissement physiologique de l'astronaute s'accélère de manière réversible (cf. Essentiel). Après 6 mois, l'évolution des troubles est comparable à un vieillissement de 3 à 10 ans. **« Les recherches spatiales auront potentiellement des applications dans le champ du traitement de la dépendance de la personne âgée »**. Par ailleurs, **« la médecine du futur devra être préventive, prédictive, personnalisée et participative. Elle se fera en réunissant des industriels du monde de l'aéronautique et du spatial mais aussi l'université et des start-up via des objets connectés, notamment »**.

<sup>1</sup>. Le "living lab" considère citoyens, habitants, usagers comme acteurs dès les processus de recherche et d'innovation.



RENCONTRES

# ELISABETH ROSNET

Psychologue, professeur des universités à la faculté des sports (UFR STAPS) de Reims.

« Les astronautes sont aguerris à maîtriser toutes les tâches en vol et les situations de stress. »



« Devenir astronaute ne s'obtient pas au mérite mais à l'aptitude », affirme Elisabeth Rosnet, membre actif de la sélection draconienne des six derniers astronautes européens. Car pour demeurer efficace en environnement extrême, un astronaute doit être aussi solide dans son corps que dans sa tête. « La façon de mener mon équipe et de déceler la fine fleur des candidats a donné envie au DRH de l'ESA de participer à toutes les séances ! », raconte-t-elle en souriant.

**Pour intégrer le groupe de travail de l'ESA sur les sciences de la vie, cette chercheuse hors normes s'est spécialisée en psychologie appliquée** dès son entrée à l'université de Reims, en 1991. Ses tra-

voux sur les effets de l'isolement et du confinement dans le cadre d'hivernages polaires la mènent rapidement vers des simulations de séjours spatiaux de longue durée. Car si l'impesanteur joue sur la perception et le raisonnement, l'isolement peut affecter quatre paramètres essentiels sur le plan individuel et collectif : l'humeur (euphorie, morosité), le relationnel (irritabilité, repli sur soi), le somatique (maux de tête, ventre, dos) et les performances. Alors, pour l'harmonie du groupe, les missions spatiales prévoient une répartition du leadership, ainsi qu'un espace individuel préservant l'intimité de chacun. Mais avant cela, « il faut bien comprendre la place d'un entraîne-

ment intensif : les astronautes sont aguerris à maîtriser toutes les tâches en vol et toutes les situations de stress. Nous leur conseillons d'écrire un journal en guise d'exutoire », confie la psychologue.

**Sur Terre, cette analyse lui permet d'accompagner les candidats au bed rest et d'éclairer des entreprises ayant des salariés isolés.** Au quotidien, elle puise dans cette riche expérience pour captiver son auditoire étudiant et partager en cours ce qu'elle fait en recherche. Aujourd'hui, Thomas Pesquet est rentré et Elisabeth Rosnet confie qu'elle serait « ravie d'évoquer avec lui les stratégies qu'il a employées pour faire face ».



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



## ESPACE ÉTHIQUE



JACQUES ARNOULD

# ÉLOGE DU MÉDECIN DE FAMILLE

*L'apport des vols habités et des techniques spatiales  
à la médecine humaine est incontestable. Il ne doit toutefois  
pas faire oublier le lien personnel du médecin à ses patients  
et l'importance du milieu, de la culture de chacun d'entre eux.*



« Je crois que cette nation devrait s'engager à atteindre l'objectif, avant la fin de cette décennie, d'envoyer un homme sur la Lune et de le ramener en toute sécurité sur

Terre. » Les médecins de la NASA n'étaient donc pas les derniers à être concernés par le véritable défi que le président John F. Kennedy proposa aux membres du Congrès de lancer à leur pays. Ils le relevèrent et le remportèrent : le 24 juillet 1969, trois astronautes furent ramenés sains et saufs, au milieu de l'océan Pacifique; deux d'entre eux avaient marché sur la Lune. Aujourd'hui, leurs successeurs qui occupent en permanence la Station spatiale internationale profitent donc d'une expérience de plusieurs décennies, sans jamais perdre de vue, nous pouvons en être convaincus, la santé de leurs congénères terriens. Nous pouvons nous en féliciter...

Nous devons toutefois garder la raison autant que les pieds sur Terre : les conditions de la « sécurité » d'un astronaute, pour reprendre l'expression de Kennedy, autrement dit de sa santé, ne sont pas nécessairement comparables à celles qui constituent le commun des humains. Je ne pense ni à « l'étoffe des héros », ni à la réalité de l'impesanteur, dont les avantages et les inconvénients sont connus de tous les followers de Thomas Pesquet. Je pense plutôt

au suivi médical dont profitent les astronautes : celui assuré par un véritable « médecin de famille » qui connaît chacun d'entre eux, celui d'un milieu spatial certes hostile mais constamment surveillé et autant que possible maîtrisé, celui enfin d'une culture partagée.

### DES AIDES NÉCESSAIRES MAIS NON SUFFISANTES

Il ne s'agit donc pas de nier les progrès accomplis par les techniques médicales, en particulier sous le mode télé-, de la télé-auscultation à la télé-épidémiologie. Dans le contexte du développement de la e-santé, ces techniques constituent des aides indispensables pour relier des patients, des malades à un corps médical devenu plus rare ou simplement éloigné du fait d'un trajet aérien ou maritime. Aussi uniques et précieuses que soient les informations qu'elles recueillent et transportent, elles ne doivent pas faire oublier qu'une personne humaine ne peut pas être réduite à une superposition de valeurs, de diagrammes et de prises de vue. Elle est un tout, complexe, immergée dans une histoire et dans une culture, dont dépend sa santé et que ceux qui en ont la responsabilité devront toujours tenter d'appréhender. À l'ère spatiale, le médecin de famille n'a pas seulement encore de beaux jours; il est plus que jamais indispensable.



EN VUE

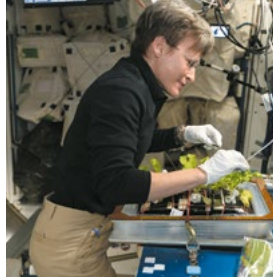
## EUROPE 1 ECHO AU BOURGET

Présent sur les points chauds, Europe 1 a envoyé ses meilleurs journalistes au Salon du Bourget, pour suivre l'actualité du plus grand salon aéronautique au monde. Sur le thème « espace et santé », Alain Cirou a couvert l'impact des séjours en microgravité sur le corps humain et présenté l'expérience Echo depuis le pavillon du CNES.

## RENDEZ-VOUS AU CONGRÈS MONDIAL DES ASTRONAUTES



Du 16 au 20 octobre 2017, la Cité de l'espace de Toulouse accueillera la 30<sup>e</sup> édition du Congrès mondial des astronautes. Cette rencontre, qui réunit chaque année une centaine de participants, entend favoriser les actions éducatives et préconiser une véritable coopération spatiale internationale. Concours d'agenda, le 20 octobre, la Cité de l'espace fêtera ses 20 ans d'existence.



## POTAGER SPATIAL L'avantage de l'épinard

Dans les conditions actuelles, une mission sur Mars exigerait une autonomie en alimentation de 400 à 900 jours. Le CNES finance donc la recherche de solutions plus durables. La croissance rapide de l'épinard, sa robustesse mais surtout son efficacité de photosynthèse en fait l'heureux élu de l'une de ces recherches. En 2015, une première laitue était produite dans l'ISS.

## DOUCEURS Des macarons nouvelle génération

Arrivés à point pour l'anniversaire de Thomas Pesquet, des macarons ont été spécialement préparés par le chef pâtissier-chocolatier Pierre Hermé pour satisfaire les conditions de la microgravité. Leur taille a été diminuée pour qu'ils puissent être consommés en une fois et la crème centrale remplacée par de la pâte de fruit pour faciliter leur conservation. Une innovation commercialisée sur Terre.

## INTERVIEW

# BED REST : LA MICROGRAVITÉ VUE DU LIT



À 10 ans, il rêvait de planètes, à 12 ans, il était ébloui par Hubble. Laurent Brun est d'une génération qui a « grandi avec les fusées qui décollent ». L'esprit d'aventure bien ancré, il a défié le hasard en

déposant sa candidature pour le *bed rest* 2017. Ses appréhensions sur les tests ont vite cédé la place à un sentiment exaltant de vivre une histoire extraordinaire. « *Nous sommes 8 milliards d'individus sur Terre et j'ai fait partie de l'échantillon sélectionné !* ». Sportif, baroudeur, en bonne santé, il avait « le bon profil ».

La relation avec les scientifiques, le professionnalisme de l'équipe Medes, un suivi psychologique efficace, tout l'a comblé. Et il s'insurge contre le terme de « cobaye » : cette expérimentation est une chaîne dans laquelle chaque personne a un rôle à jouer : le « sujet » est un membre à part entière de l'équipe. « *Le bed rest s'est déroulé au moment où Thomas Pesquet vivait sa première mission spatiale. J'ai vu, dans cette similitude, un signe. Notre mission, c'est d'aider à préparer les vols spatiaux, à soutenir la recherche* ». Photographe de formation, passionné de réseaux sociaux, Laurent Brun a alors établi le contact avec l'astronaute français qui a accepté de faire un « *selfie* » avec les sujets alités. Mais Laurent a aussi créé une passerelle avec le monde terrestre. Conscient de vivre une expérience rare, il a ouvert un blog pour raconter par le menu « *les journées, les tests, leur intérêt, la vie en position alitée, la tête en bas* », une chronique pleine de petites joies et de grandes interrogations. Pour lui, pendant deux mois, le temps ne s'est pas arrêté : il l'a fait avancer.



EN VUE



**NUTRITION**

# RECETTES SOUS HAUTE SURVEILLANCE

Il y a une dizaine d'années, les astronautes, lassés d'une nourriture insipide, ont fait pression sur leurs agences spatiales respectives pour disposer d'une alimentation à la fois gustative et appétissante lors de leurs séjours de longue durée dans l'espace. Le Cadmos s'empressa alors de répondre à la demande des Européens. Aujourd'hui, les astronautes ont la possibilité de choisir parmi une trentaine de recettes. Aussi alléchantes soient elles, elles répondent toutes à des critères nutritifs précis et aux besoins d'Energy,

une expérience scientifique sur la nutrition. Le cahier des charges est très strict : zéro bactérie et maintien des qualités organoleptiques des aliments. Plusieurs acteurs interviennent dans leur confection. Les spécifications sont définies par la NASA et les autres agences partenaires de l'ISS ; le Cadmos couvre les aspects scientifiques ; Alain Ducasse Formation prépare et teste les recettes ; l'emboîtement et la stérilisation sont assurés par la société Hénaff. Une équipe rodée pour le meilleur !



## AGENDA

**20 SEPT. - 20 DEC.**

Seconde phase de la campagne d'alitement (bed rest 2017) sur la nutrition.

*Medes, Toulouse, France*

**10-12 OCTOBRE**

4<sup>th</sup> International Symposium on the system of radiological protection / 2<sup>nd</sup> European protection research week

*Paris, France*

**16-20 OCTOBRE**

Congrès mondial des astronautes

*Cité de l'espace, Toulouse, France*

## BOUQUIN

### L'ENTENTE EST DANS L'ESPACE



Des premières poignées de main sur orbite entre trois Américains et deux Soviétiques

en juillet 1975, à la mission Proxima de Thomas Pesquet, les auteurs nous racontent comment une petite civilisation spatiale s'est construite. Une histoire exemplaire très bien documentée et illustrée.

*De Gagarine à Thomas Pesquet, l'entente est dans l'espace*, par Éric Bottlanender et Pierre-François Mouriaux, Louison éditions, 2017, 173 pages, 17 €.



TRANSFERT

VIDÉO



La cabine médicale : comment ça marche ?

# CABINE MÉDICALE LIAISON SATELLITAIRE OPTIMALE !

*Dans la famille « santé pour tous », demandez la Consult Station® ! Avec un dispositif validé en tous points grâce au centre Cesars du CNES, la société française H4D affronte la sous-médicalisation des territoires. Une aventure humaine, scientifique et satellitaire !*



assez le seuil de la Consult Station® et entrez dans l'ère de la télémédecine. Une fois confortablement installé dans cette cabine médicale connectée, deux choix s'offrent à vous : consulter un médecin à distance ou procéder à la réalisation autonome d'un bilan de santé, consultable par la suite sur une plateforme web sécurisée. Mais comment s'assurer que le système fonctionne partout ? C'est ici que l'équipe Cesars entre en jeu, apportant avec elle toute la technique et l'expertise en télécoms du CNES.

## UNE OFFRE VALIDÉE ET AGRÉÉE

« Informés du concept par Medes, nous avons contacté la société H4D à l'origine de l'idée et rapidement défini une solution ensemble », se rappelle Jérôme Moueza, responsable du pôle Applications télécoms par satellite au CNES. Moyennant le déplacement d'une antenne et d'une box Internet à Paris, différents tests ont été réalisés pour vérifier la qualité de la liaison satellite, avec un débit et une latence suffisants pour leur système, jusqu'à simuler le cas où patient et médecin se trouvaient en zones isolées. « Ces tests ont validé l'offre de H4D, agréée pour délivrer une ordonnance par le médecin à distance. La liaison satellite leur ouvre un vrai succès en métropole et un fort potentiel de commercialisation en zones isolées comme l'Outre-Mer », précise Jérôme Moueza. Une coopération efficace, donc, décrite comme « une relation ouverte » par le principal intéressé et directeur de H4D, Vincent Hillenmeyer : « Les échanges très professionnels avec notre équipe technique ont réglé en quelques semaines l'évaluation de notre dispositif. Nous avons désormais une réponse pour des clients en manque de connectivité et un partenariat de confiance pour aborder la suite ».

PLUS D'INFOS : [ENTREPRISES.CNES.FR/ACCUEIL-CESARS](http://ENTREPRISES.CNES.FR/ACCUEIL-CESARS)

FR

90 %

des consultations  
peuvent être prises  
en charge par un médecin  
à distance.