

# CNES MAG

FR  
EN

ESPACE • INNOVATION • SOCIÉTÉ

#72  
Mai 2017

**DÉFI**

INVENTER L'ESPACE DE DEMAIN



  
**cnes**  
CENTRE NATIONAL  
D'ÉTUDES SPATIALES



## SOMMAIRE



### 05 ÉDITORIAL

#### 06 L'ESSENTIEL

Prometheus, Callisto, impression 3D ou encore Terre virtuelle : le point sur les défis relevés par le CNES pour inventer l'espace de demain

#### 12 #COMMUNAUTÉ

Commentaires des followers du CNES sur les futurs projets spatiaux

#### 13 GRAND ORAL

Philippe Starck, créateur talentueux et visionnaire, livre sa vision toute personnelle d'un espace de demain à la fois responsable et démocratisé

### 16 EN IMAGES

Valerian, des dessins de Jean-Claude Mézières au film de Luc Besson

#### 18 EN CHIFFRES

Lumière sur ce que représente l'espace de demain

#### 19 LE CNES EN ACTIONS

Comment le CNES se met en ordre de marche pour garder un espace d'avance

#### 27 MATIÈRE

Augmenter la réalité

#### 28 INSTANTS T

L'apport des données satellitaires dans la gestion de l'eau à l'horizon 2030

### 30 RENCONTRES

- Roland Lehoucq, président de l'association *Les Utopiales*
- Bertrand Dezoteux, auteur de l'exposition *En attendant Mars*
- Diane Delbègue, doctorante à l'Institut de chimie de Clermont-Ferrand

#### 33 ESPACE ÉTHIQUE

Jeu de possibles, par Jacques Arnould

#### 34 EN VUE

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

#### 36 TRANSFERT

Rosetta Live : divertissement spatial

## PARTENAIRES

**Sont cités dans ce numéro :** p. 08 le CNRS, l'Université de Lyon et Airbus Safran Launchers pour leur participation à une nouvelle unité de recherche sur les nouveaux ergols ; p. 09 la filiale du CNES CLS (Collecte Localisation Satellites) ; p. 24 l'ESA BIC Sud France pour la création de start-up via des transferts technologiques hors du domaine spatial ; p. 27 la société de services du numérique Capgemini.

En couverture : © Leonard Dupond



WWW.CNES.FR

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



CNESfrance



@CNES



CNES



**LES PUISSANCES SPATIALES  
QUI REJOINDRONT DEMAIN  
LE CLUB DES GRANDES**



## CONTRIBUTEURS



### LILIANE FEUILLERAC

**Collaboratrice de longue date de CNESMAG**, cette journaliste à la plume acérée suit de près l'actualité du CNES. À l'affût d'initiatives originales, de technologies de pointe, de futurs projets, elle a su faire, dans « L'essentiel » et « Le CNES en actions », le lien entre le CNES d'aujourd'hui et celui de demain. Confrontée à des défis de taille, l'agence spatiale est en ordre de marche, elle vous le prouve.



### MARIE-CLAUDE SIRON

**Rédactrice à la direction de la Communication du CNES**, la vulgarisation scientifique est au centre de son activité. Altruiste, Marie-Claude Siron aime le contact et recueille des témoignages sincères. Grâce à son empathie naturelle, on lui doit de très belles « Rencontres » depuis de nombreux numéros. Pour celui-ci, elle vous propose un pêle-mêle entre un président d'association, un artiste et une jeune chercheuse.



### LÉONARD DUPOND

**Séduits par son univers graphique**, nous avons renouvelé notre carte blanche à l'illustrateur Léonard Dupond pour donner une tonalité à ce numéro. Marquée par les motifs circulaires de l'architecte David Wright, son inspiration a puisé sa source dans les boîtes d'allumettes de la propagande soviétique sur la conquête spatiale. Une référence au constructivisme qui prend ici tout son sens.



### GÉRARD AZOULAY

**À la tête de l'Observatoire de l'Espace**, laboratoire arts-sciences du CNES, Gérard Azoulay développe une approche originale pour faire émerger savoirs et créations autour de l'univers spatial. Lorsque le monde de la création découvre l'aventure spatiale, il est à la fois fasciné et passionné par ce matériau surprenant, méconnu, qui devient alors une source d'inspiration puissante et féconde pour leur travail de création. À découvrir dans « En vue » et « Rencontres ».

## 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 : <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** : Liliane Feuillerac, Marie-Claude Siron, Brigitte Alonzo-Thomas. **Photothèque (recherche iconographique)** : Marie-Claire Fontebasso. **Credits photo** : p. 04 CNES/E. Grimault, C. Peus, L. Dupond ; p. 05 CNES/Christophe PEUS, 2017 ; p. 06 2016 Valerian SAS - TF1 films production ; p. 07 (haut gauche) Airbus Safran Launchers ; p. 07 (haut droite) CNES ; p. 07 (bas) 2016 Valerian SAS - TF1 films production ; p. 08 CNES/Distribution Airbus DS ; p. 08-09 (bas) CNES/D. Ducros ; p. 09 Tien-Naio-Technologies ; p. 10 (droite) Thinkstock ; p. 10 (gauche) Thales Alenia Space/P. Ridderhof ; p. 11 (haut) A. Szames ; p. 11 (bas) CNES/H. Piraud ; p. 13 Nicolas Guerin ; p. 15 James Bort-B&W ; p. 17 2016 Valerian SAS - TF1 films production ; p. 18 Thinkstock ; p. 27 CNES/E. Grimault ; p. 33 CNES ; p. 34 A. Boillot/Compagnie Full PETAL Machine ; p. 35 T. Vandevoorde/Observatoire de l'Espace ; p. 36-37 J.-C. Barré. **Illustrations** : Léonard Dupond (p. 19-21-22-24-25-26), Robin Sarian (Idix) (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, Mathilde Gayet, Alexandra Roy. **Impression** : Ménard. ISSN 1283-9817. **Ont participé à ce numéro** : Frédéric Adragna, Laurence Amen, Eric Boussarie, Sébastien Bégoc, Arnaud Carlier, Fabienne Casoli, Céline Cenac, Selma Cherchali, Philippe Collot, Emiline Deseez, Michel Faup, Philippe Guay, Joëlle Guinle, Alexandre Gyre, Jean-Luc Issler, Aurélie Jeanne, Mimouna Khaldi, Séverine Klein, Cathy Lacomme-Verbiquié, Nadine Ladiette, Didier Lapierre, Jean-Pascal Le Franc, Philippe Marchal, Frédéric Masson, Eric Médaille, Aude Nzeh Ndong, Véronique Palatin, Jean-Gabriel Parly, Lionel Perret, Frédéric Pradeilles, Sophie Roelandt, Laura Sere, Jean-Claude Souryis, Jérôme Vila.



## ÉDITORIAL



L'espace est depuis quelque temps omniprésent dans notre vie quotidienne et il faut remonter à la fin des années 60 pour retrouver ce même intérêt. Il est vrai que les images, en noir et blanc, de cette époque, sont impressionnantes : sur fond de guerre du Vietnam avec Nancy Sinatra en bande-son, les États-Unis marchaient alors sur la Lune ! 50 ans plus tard, les images, en couleurs cette fois-ci, des astronautes à bord de la station spatiale internationale ou des sondes qui explorent le système solaire, n'ont rien à envier à celles des années 60. Mais l'espace a changé de dimension : **l'innovation** révolutionne l'art des lanceurs et des satellites, **le climat** de notre planète est scruté en permanence depuis l'orbite terrestre et Mars est la nouvelle frontière de **l'exploration**. On mesure le chemin parcouru en 50 ans mais on réalise aussi à quel point ce chemin est difficile et combien il exige de s'adapter en permanence à des enjeux qui évoluent très vite. C'est ce que fait le CNES et avec lui, tous ses partenaires, institutionnels, scientifiques et industriels. Parce que confrontés à la montée en puissance des pays émergents et interpellés par l'hyperpuissance américaine, nous devons toujours avoir un coup d'avance et surtout, nous devons en permanence **inventer l'espace de demain**.

**JEAN-YVES LE GALL**

PRÉSIDENT DU CENTRE NATIONAL D'ÉTUDES SPATIALES



## CINÉMA

### Art et science se partagent l'affiche

À quoi ressemblera le XXVIII<sup>e</sup> siècle ? Le prochain blockbuster de Luc Besson, *Valerian et la cité des mille planètes*<sup>1</sup>, devrait vous éclairer sur le sujet. En attendant, vous pourrez en retrouver l'atmosphère sur le Pavillon du CNES au Salon du Bourget. Un partenariat CNES-EuropaCorp, la société de production du film, permet d'appréhender l'univers imaginé par Christin et Mézières, les auteurs de la saga BD éponyme, tout en inscrivant la nouvelle signature du CNES « Inventer l'espace de demain » dans une dynamique de communication originale. Aux côtés d'éléments de décor et de visuels du film, le CNES présentera de façon innovante, interactive et spectaculaire ses programmes présents et à venir. N'en dévoilons pas plus. Rendez-vous à partir du 19 juin au Bourget!

1. Sortie en salles le 26 juillet

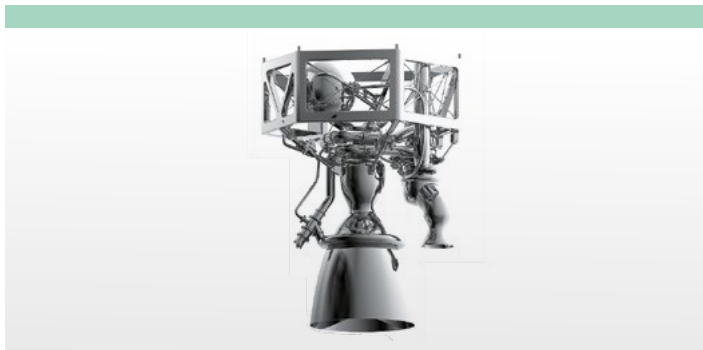
## VIDÉO



Qu'en pensent les ingénieurs du CNES ?



## L'ESSENTIEL



### PROMETHEUS ÉCONOMIES EN LIGNE DE MIRE

**D**iminuer drastiquement les coûts pour une même exigence de service : c'est le défi majeur à relever pour les prochaines générations de lanceurs spatiaux. Le CNES et Airbus Safran Launchers (ASL) s'attaquent ensemble à ce challenge avec Prometheus<sup>1</sup>, qui doit diviser par dix le coût de production d'un moteur équivalent au Vulcain d'Ariane 5! Architecture simplifiée, industrialisation optimisée, méthane et oxygène, nouveaux procédés de fabrication... ce prototype introduit des technologies économes comme la fabrication additive, ou impression 3D. Le projet innove aussi par sa méthodologie : simulations numériques intensives, prototypage rapide et essais sont menés en parallèle. Enfin, Prometheus prépare de futurs systèmes réutilisables. Il pourra être réutilisé jusqu'à cinq fois en vol et ce, sans requalification. Une autre manière de réduire les coûts de lancement.

1. Precursor Reusable Oxygen METHane cost Effective propUlsion System



# 2500

*Le dernier film de Luc Besson comporte plus de 2 500 plans à effets spéciaux ! En 2004, un rapport de l'ESA<sup>1</sup> mettait en évidence l'accrétion entre technologies spatiales et art cinématographique ou littéraire.*

1. <https://www.esa.int/esapub/br/br205/br205.pdf>

### CALLISTO DÉMONSTRATEUR DE RÉEMPLOI



Avec seulement 13 mètres de haut pour 1,1 mètre de diamètre, Callisto sera un véhicule « miniature ».

En ramenant à bon port les premiers étages d'une fusée, les États-Unis ont remis au goût du jour le concept de fusée « réutilisable ». Le CNES et ses partenaires se penchent sur cette question depuis 2015 avec le démonstrateur Callisto. Si la phase de récupération des étages – spectaculaire – est au centre de toutes les attentions, les opérations au sol sont également essentielles dans l'équation économique de la réutilisation. Callisto se doit donc d'explorer ces paramètres. Le mini premier étage réutilisable de la fusée doit voler, revenir, puis être réutilisé plusieurs fois. Le port d'attache sera le site historique « fusées-sondes » à Kourou, remis en service pour l'occasion. Trajectoires, gestion de la sauvegarde en vol, diagnostic et maintenance prédictive : cette mission originale et complexe devra aborder de nombreux aspects. La date des premiers essais est fixée à 2020.



## L'ESSENTIEL

Localité de Ny-Ålesund sur l'île norvégienne de Spitzberg vue par Pléiades 1A.



### NOUVEAUX ERGOLS

## QUAND PERFORMANCE RIME AVEC ENVIRONNEMENT

**S'**il est un point qui ne préoccupe pas Valérian, c'est bien le décollage de son skyjet! Et pour cause : les effets spéciaux s'en chargent. La réalité est tout autre. Pour se propulser, un lanceur utilise des ergols, composés chimiques dont la réaction permet le fonctionnement des moteurs de fusée. Oxygène liquide, kérosène, ou encore monométhylhydrazine, les ergols utilisés aujourd'hui sont synonymes de moteurs performants. Mais ils présentent quelques défauts, dont une densité faible et une température très basse d'utilisation (jusqu'à -252 °C pour l'hydrogène liquide!). Le CNES, le CNRS, Airbus Safran Launchers et l'Université de Lyon ont créé une unité de recherche unique en France sur ce thème. Elle travaille à l'élaboration de nouveaux ergols plus performants, non toxiques et à faible impact environnemental. Les recherches se focalisent sur des molécules métastables à température ambiante; elles combinent une performance énergétique élevée et une forte densité. Ces molécules pourraient à terme ouvrir la voie à des architectures de lanceurs plus compactes et des moteurs plus simples.

### IMAGERIE SPATIALE

## OPTER POUR PLUS DE SIMPLICITÉ

**L**e CNES le savait, la COP 21 l'a confirmé : l'imagerie spatiale joue un rôle capital dans la surveillance du climat. Chefs de file de cette observation haute résolution, les satellites Pléiades stockent des images d'une exceptionnelle précision. Demain, les applications « grand public » en lien avec le climat ne nécessiteront pas une telle précision. La capture de ces innombrables données se fera sur des supports plus simples, plus polyvalents et moins coûteux comme les matrices de capteurs qui équipent nos appareils photo ou nos smartphones.

## LES GRANDS SAUTS DU TRANSPORT SPATIAL

1952



Premier lanceur développé par la France, Véronique emporte des instruments de mesure scientifique jusqu'à 70 km d'altitude.

1965



La fusée française Diamant met le satellite Asterix (A-1) sur orbite basse pour vérifier la viabilité de la satellisation.

1979



Ariane 1 place en orbite géostationnaire un satellite d'une tonne et accède au service commercial de télécommunications.

1988



Ariane 4 réalise les premiers lancements doubles pour une nouvelle génération de satellites de télécommunications.





Création par Naïo Technologies d'un robot viticole à chenilles pour aider les viticulteurs et pépiniéristes à automatiser certaines de leurs tâches manuelles, comme ici le désherbage.

## INTERNET DES OBJETS À LA CONQUÊTE D'UN NOUVEAU MONDE

**U**ne montre connectée qui commande la fermeture de vos volets, ce n'est plus de la science-fiction mais du M2M (Machine to Machine) ou de l'IoT (Internet des objets). Pour fonctionner, les objets connectés sont reliés à des serveurs centralisés. Ils peuvent aussi communiquer au travers de réseaux avec divers acteurs d'une manière plus interopérable et de moins en moins centralisée. Ce nouveau « monde » est en pleine explosion et le sera plus encore avec l'émergence de la 5G. Pionnier depuis près de trente ans de la collecte de données avec le système de balise Argos, le CNES réfléchit avec sa filiale CLS aux améliorations technologiques qui pourraient augmenter la capacité et améliorer les fonctionnalités du système.

# 4.0

Les lanceurs évoluent, la base de lancement aussi. Le Centre spatial guyanais (CSG) adopte les leviers de modernisation de l'industrie « 4.0 ». L'optimisation des usines, l'utilisation de l'IoT dans les cycles de fabrication ou encore les aides numériques aux opérateurs font partie des voies explorées. Partage d'une maquette numérique collaborative en phase d'industrialisation, capteurs connectés, regroupement des fonctions éclatées, etc. sont d'ores et déjà engagés.

# x1000

En l'espace de vingt ans, la capacité en débit de transmission des satellites de communications géostationnaires a été multipliée par mille. On est passé du gigabit par seconde (Gbps) à plusieurs centaines actuellement. Demain, on atteindra le téra-bit (1000 milliards de bits) par seconde!

# 269

Le CNES a examiné 770 propositions lors de son appel à projets 2017, dont 648 externes. Au final, 269 projets innovants ont été sélectionnés selon les huit principaux objectifs de la R&T, parmi lesquels la préparation des avioniques et des horloges atomiques de nouvelle génération (Galileo NG) ainsi que le soutien à la compétitivité de l'offre export pour les télécommunications.



1996

**Ariane 5** bénéficie d'une nouvelle architecture. Elle a été déclinée en plusieurs modèles (GS, ECA, ES) afin de répondre aux spécificités des différentes missions.



2020

Lanceur à iso-fiabilité. **Ariane 6** diminue le coût avec une nouvelle organisation industrielle et de nouvelles technologies. Il est décliné en deux configurations pour s'adapter au marché institutionnel et commercial.



**Ariane Next** ouvre la voie à des lanceurs réutilisés après mission ou investis d'une suite de missions en orbite.



## L'ESSENTIEL

### OBSERVATION

## VERS UNE TERRE VIRTUELLE



### SÉCURITÉ

## S'AFFRANCHIR DES PIÈGES D'UN MONDE CONNECTÉ

Vivre dans un monde connecté n'est pas sans danger. Contrôlés par des organismes de pays tiers, « visités » par des hackers, les réseaux sol doivent être très sécurisés; des réseaux privés satellitaires seront même indispensables. Avec le ministère de l'Intérieur et le ministère de l'Environnement, le CNES a identifié les nouveaux besoins de télécommunications sécurisées par satellite en cas de gestion de crise. Ces derniers consistent à compléter ou suppléer les infrastructures terrestres déjà existantes. Des démonstrations de services multi-sites ont été réalisées en 2015 et 2016, via la station Sextan installée au Centre spatial de Toulouse et le satellite dual Athena-Fidus, en service depuis 2014. Avec des besoins croissants en termes de sécurité, de nouveaux travaux de R&D seront nécessaires. La Commission européenne a par ailleurs initié des réflexions sur le projet Govsatcom, auquel le CNES apporte son expertise. Son objectif sera d'assurer à l'Union européenne des communications sécurisées et indépendantes.



vec les constellations de satellites d'observation de la Terre en orbite basse, les systèmes de navigation vont être mis à jour en permanence. Ces images produites à profusion et à bas coût vont impacter d'autres secteurs. Par exemple le couple drone-satellite, enrichi par les nouvelles données, gagnera encore en autonomie. On attend aussi beaucoup de la « Terre virtuelle ». Alimentée par des images de résolution métrique en temps réel, elle décuplera les possibilités offertes aujourd'hui par Google Earth. Des outils associés optimiseront l'exploitation de cette base de données : recherche par le contenu, suivi d'informations dans les questions environnementales (forêts, mangrove, érosion, etc.), indicateurs au bénéfice de l'économie, ou aide à la décision. Cette Terre virtuelle est aussi le socle sur lequel pourront s'appuyer des services novateurs comme ceux de Qwant, moteur de recherche français que le CNES soutient.



Concept d'étage de transfert à propulsion solaire héliothermique.



## L'ESSENTIEL

VIDÉO



Comment ça marche l'impression 3D ?

## CONCEPTS AVANCÉS UNE MINE D'INSPIRATION

Le CNES s'intéresse de près à des concepts technologiques, inhabituels voire futuristes. Ascenseur spatial ou voile solaire magnétique, certains ont un véritable potentiel mais ont encore besoin de temps pour être mûris. Dans les concepts avancés, la propulsion laser pourrait résoudre le nettoyage des débris spatiaux. La propulsion nucléaire-électrique amènerait des charges lourdes plus vite et plus loin pour explorer le système solaire. Le CNES, avec ses partenaires européens et russes, prépare des démonstrateurs pour cette technologie dans le cadre de Democritos<sup>1</sup>.

1. Consortium DEMOnstrators for Conversion, Reactor, Radiator and Thusters for Electric Propulsion Systems

## ANTENNES INNOVATION ET PERFORMANCE

Dans l'imaginaire collectif, l'antenne sol de poursuite satellite, c'est une parabole mobile montée sur un fût. Mais d'autres solutions apparaissent : le CNES et Thales Alenia Space ont étudié un concept novateur d'antennes sol Cospas-Sarsat<sup>1</sup> dans le cadre du déploiement des satellites Galileo. Contrairement aux antennes classiques motorisées, ces nouvelles antennes à formation de faisceaux sont fixes et gérées électroniquement; elles assurent le suivi simultané de 20 satellites Galileo et améliorent la zone de couverture et la détection des balises de détresse, condition de la réactivité des secours. Le CNES a accompagné l'industriel dans la phase de validation opérationnelle du prototype; le premier modèle de série sera livré fin d'année 2017.

1. Système mondial de recherche et de sauvetage

## IMPRESSION 3D L'AVÈNEMENT DU MADE IN SPACE

**E**n 2014, la NASA a réalisé un premier objet en 3D dans la Station spatiale internationale (ISS), sur une machine de fabrication additive embarquée. Par son adaptabilité et son faible coût, l'impression 3D gagne du terrain sur l'usinage. Obtenue par ajout de matière, couche après couche, cette mise en forme simplifie la production de pièces et systèmes complexes. Le CNES avait initié différentes études R&T sur le sujet. Pour aller plus loin, il a constitué une équipe dédiée, s'est impliqué dans des groupes de travail nationaux, a tissé des liens étroits avec les acteurs concernés et a défini une stratégie avec l'ESA et les industriels français. Des pièces réalisées en fabrication additive sont déjà intégrées dans le lanceur Ariane 5 et sur différents satellites avec des perspectives de croissance et des ambitions à plus grande échelle. Le « Made in Space » semble ainsi être un nouveau défi à relever. Plusieurs initiatives européennes ont été lancées. À plus long terme, rien n'interdit de penser que des pièces pourraient être fabriquées directement dans l'espace et pourquoi pas... à partir de poudre lunaire !



Maquette de lanceur réalisée en fabrication additive.



## # 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!;)

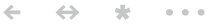


### @ CYRILLE VANLERBERGUE

Rédacteur en chef Sciences et Médecine au Figaro. Passionné de voile et de course au large.



Le chantier d'Ariane 6 en Guyane est vraiment impressionnant! Creusé dans le granite.

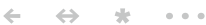


### @ RÉMI GOURDON

EE grad student @INP\_ENSEEIHT and @GeorgiaTech. Open Source supporter. Space addict! @ISUnet #SSP15 alumn. #SpaceUp participant. Tweeting also @techforspace.



Now some NewSpace & CubeSats figures & pictures with @plasmarmuse ! Aerospace startups are a real thing, check out @Thrustme2. #SpaceUpTLS



### @ THOMAS PESQUET

Européen Français, pilote de vaisseau spatial à l'ESA en mission pour six mois sur l'ISS / Euro-French spacecraft pilot at ESA, now on 6-month ISS mission



Les îles Kerguelen, au bout du monde. Pas un paradis pour vacanciers, mais pour les scientifiques et les ingénieurs notamment du @CNES



### @ SPACEUP FRANCE

The next event organized by SpaceUp France will occur on February 4 and 5, 2017 @ISAE\_officiel in #Toulouse, France. <http://www.spaceup.fr>



@tyrower now talking about how interest kids on Space with #astropi and #ARISS - #SpaceUpTLS



### @ SÉGOLENE ROYAL

Ministre de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer, en charge des Relations internationales sur le climat, Présidente de la COP21



Fierté de lancer la réalisation de #MicroCarb qui permet de construire une vision partagée de notre 🌍 et travailler ensemble à sa protection





GRAND ORAL

# PHILIPPE STARCK

CRÉATEUR TALENTUEUX ET VISIONNAIRE,  
Philippe Starck est aussi un citoyen de l'Univers inspiré par la conquête spatiale et résolument tourné vers le futur. Loin des défis techniques et scientifiques, qu'il laisse bien volontiers aux experts du domaine, il livre ici une vision personnelle d'un espace de demain à la fois responsable et démocratisé.



## GRAND ORAL

### **SUR QUELS PROJETS AVEZ-VOUS TRAVAILLÉ AU SEIN DE VIRGIN GALACTIC ?**

**Philippe Starck :** Mon rôle était celui d'un directeur artistique. J'ai conçu le logo à partir de l'iris de l'œil, qui représente la curiosité, l'aventure. À mon sens, ces caractéristiques sont le propre de l'esprit humain à travers ses millions d'années d'évolution. Mon objectif était d'apporter ma caution à la démarche Virgin Galactic<sup>1</sup>.

La création de cette entreprise a pu être vécue comme « un gadget pour milliardaires » mais ce qui m'intéressait, c'était le processus de démocratisation de l'espace. Aujourd'hui, c'est la chasse gardée d'experts et de militaires. Or l'espace reste une part de rêve dont ils ne sont pas propriétaires ; je suis convaincu que nous devons nous la réapproprier en organisant une défense citoyenne de l'espace. Cette multiplicité de l'offre conduira aussi à une réduction considérable du ticket d'accès à l'espace. En 2001, les premiers séjours suborbitaux coûtaient 35 millions de dollars. Aujourd'hui le ticket est annoncé à 200 000 dollars. Multiplier les offres, c'est favoriser l'égalité des chances d'accès au rêve.

### **QUELLE EST LA PLACE DU DESIGN DANS L'UNIVERS SPATIAL ?**

**Ph. S. :** L'aventure spatiale m'a fasciné très jeune. Mais je ne comprenais pas pourquoi les astronautes américains étaient tous beaux, élégants dans leurs vêtements blancs et leur décor

anodisé. L'environnement des missions était porteur d'une esthétique nouvelle qui m'a influencé. Par opposition, les cosmonautes russes étaient tristes dans leurs tenues kaki, leur décor gris. Ils m'apparaissaient sinistres au regard de mes rêves d'espace. J'ai su bien plus tard que la NASA avait un directeur artistique, l'éminent Raymond Loewy<sup>2</sup>, auquel les ingénieurs faisaient appel. On voit bien que, même dans l'un des milieux les plus contraints, l'homme peut faire le choix ou non d'un environnement séduisant.

### **SELON VOUS, À QUOI DEVRAIT RESSEMBLER UNE FUTURE BASE MARTIENNE ?**

**Ph. S. :** Se prévalant d'une théorie de Démocrite, Jérôme Monod disait que « *tout ce qui existe dans l'univers est le fruit du hasard et de la nécessité* ». Pour la base martienne, la nécessité sera l'aléa auquel seront confrontés les scientifiques et les hommes qui s'y installeront. J'imagine des contraintes telles que l'ordre esthétique sera à la marge, presque anecdotique. Mais avant de rêver cette base martienne, il faudrait s'obliger à anticiper certaines règles afin de s'exonérer de tout danger possible. Et j'en pointe deux :

les déchets et la pollution. Qu'avons-nous fait au début de la conquête spatiale ? Une espèce d'« après-moi le déluge ». Nous avons transformé l'espace en déchèterie. Aujourd'hui, on estime à 500 000 le nombre de ces « papiers gras » qui volent autour de la Terre. C'est une inconscience morale et fonctionnelle. La pollution et les déchets ont vraiment priorité sur l'esthétique. Et il faut penser dès aujourd'hui à un « droit à la construction » pour éviter une occupation anarchique de Mars.

### **LES FILMS DE SCIENCE-FICTION PRÉSENTENT TOUJOURS DES UNIVERS TRÈS « CLINIQUES », TRÈS FONCTIONNELS. CETTE REPRÉSENTATION VOUS PARAÎT-ELLE JUDICIEUSE ?**

**Ph. S. :** Les premiers films de science-fiction partageaient d'un espace vierge, irréel et dénué de toute empreinte. C'était notamment le cas des films pionniers inspirés de Philip K. Dick. Progressivement, on sent des références à des réalités terrestres, des images plus banalisées de salle de stockage. Avec l'évolution de l'aventure spatiale, on verra bientôt apparaître des images humanisées, des photos de filles, d'enfants, etc.

« **INVENTER DEMAIN S'ARRÊTE UNIQUEMENT LÀ OÙ NOTRE VÉHICULE NE PEUT PLUS NOUS AMENER. ET CHAQUE FOIS QUE NOUS PROGRESSONS À CE NIVEAU, NOUS GAGNONS SUR L'INFINI.** »



## GRAND ORAL



### PHILIPPE STARCK

CRÉATEUR TALENTUEUX  
ET VISIONNAIRE

#### QUE VOUS INSPIRE LA FORMULE « INVENTER L'ESPACE DE DEMAIN » ? COMMENT CONTRIBUEZ-VOUS À CETTE INVENTION ?

**Ph. S. :** Inventer l'espace de demain n'est pas un choix. Cela s'impose à nous. Il n'y a pas de différence entre nous et l'espace. Nous sommes dans l'espace et nous avons à explorer ce territoire qui est le nôtre. Il n'est limité que par nos possibilités à aller un peu plus loin chaque jour. Chaque génération a eu sa notion de l'infini. Et peut-être y a-t-il plusieurs infinis. Mais inventer demain s'arrête uniquement là où notre véhicule ne peut plus nous amener. Et chaque fois que nous progressons à ce niveau, nous gagnons sur l'infini. Ma contribution en qualité de designer est assez modeste. Je fais de mon mieux, mais mon métier ne peut servir qu'à améliorer la vie ; il ne va pas au-delà. En revanche, ma contribution humaine est assez forte : j'essaie d'être un « montreur », un « démontrer ». Je communique sur l'obligation du bionisme<sup>3</sup> par exemple. Nous

sommes « nés » il y a 4 milliards d'années sous la forme de bactéries et sommes voués à disparaître dans 4 milliards d'années avec l'implosion du Soleil. Le bionisme est un passage obligé pour maintenir notre vitesse d'évolution.

#### SELON VOUS, L'AVENIR DE L'HOMME PASSE-T-IL OBLIGATOIREMENT PAR LA CONQUÊTE SPATIALE ?

**Ph. S. :** Notre vocation est d'être des « voyageurs ». Et pour voyager, aller plus loin, il faut s'alléger. Nous avons une conscience innée, une impression diffuse, qui nous pousse à faire « disparaître » le superflu, à nous dépouiller. La conquête spatiale est l'un des paliers qui conduit à se dépouiller. Tout le travail sur la miniaturisation, la dématérialisation montre une tendance très claire : une puce est le condensé d'un objet et elle a dix fois plus de force.

#### PENSEZ-VOUS QUE L'ART PUISSE INSPIRER LES SCIENTIFIQUES DU SECTEUR SPATIAL COMME L'ESPACE PEUT INSPIRER LES ARTISTES ?

**Ph. S. :** Oui, parce que les scientifiques sont aussi des créateurs. On a vu des images, des scénarios de science-fiction qui ont pu inspirer certaines recherches. Il est sans doute plus difficile d'utiliser le pouvoir de la science pour en faire de l'art. Mais la différence réside surtout dans le rapport à la liberté. Le scientifique est captif des nombreuses

contraintes fonctionnelles ; l'artiste, lui, peut rêver librement.

#### QUEL EST SELON VOUS LE RÔLE DES AGENCES SPATIALES DANS L'INVENTION DE L'ESPACE DE DEMAIN ?

**Ph. S. :** Une agence spatiale est une addition de connaissances venues de tous horizons. Elle a une vision globale, désintéressée et scientifique. Elle se doit d'avoir une extrême qualité de vision. On devrait leur donner plus souvent la parole car c'est leur voix la plus intéressante. La science peut aussi faire œuvre de poésie à l'état pur et j'en trouve preuve, pour ma part, en ce moment, dans les travaux de Thibault Damour, auxquels je m'intéresse. Appréhender la disparition de l'univers au travers du « petit bruit » de fond suggéré par le vide est pour moi, de la plus grande poésie.

1. Compagnie créée par Richard Branson au sein de Virgin Group pour commercialiser des vols suborbitaux.

2. Pionnier français du design industriel, Raymond Loewy a fait sa carrière aux États-Unis.

3. Le bionisme, c'est s'inspirer de l'organique pour créer des technologies mieux adaptées à l'humain.

### Profil

**1979**

Il crée sa propre société de design : Starck Products

**2006-2007**

Directeur artistique de Virgin Galactic

**2009**

Ambassadeur de l'année européenne de la créativité et de l'innovation



EN IMAGES



## DE LA PLANCHE...

« Dessiner une série futuriste qui se passe dans l'espace n'a rien d'évident. Surtout que nous n'avions que très peu de représentations de l'espace lorsque nous avons créé Valérian<sup>1</sup> en 1967. 2001 : l'odyssée de l'espace, de Stanley Kubrick, est sorti en salle un an plus tard ; La Guerre des étoiles, dix ans plus tard. Il fallait presque tout inventer et trouver les bonnes résolutions graphiques. Peu à peu, les choses se sont mises en place. Le dessinateur est en quelque sorte le metteur en scène ; cet extrait de L'Ambassadeur des ombres, où je n'avais pas de dialogue à intégrer dans les cases, m'a donné l'occasion de jouer sur une mise en images spectaculaire que le scénario de Pierre Christin permettait. » - Commentaire de Jean-Claude Mézières

1. Série d'albums de science-fiction de Pierre Christin et Jean-Claude Mézières, publiée aux éditions Dargaud.





EN IMAGES



### ... AU PROJECTEUR

*« Je suis curieux de voir ce que Luc Besson va proposer de nouveau par rapport à l'ambiance de l'album, on le verra vraiment lorsque le film sera entièrement monté avec les effets spéciaux. J'estime qu'il doit rester complètement libre d'imaginer son propre Valerian. S'il se contentait de suivre la bande dessinée pas à pas comme s'il s'agissait d'un story-board, cela n'aurait aucun intérêt. Je n'ai donc pas eu de rôle direct, je n'ai pas participé au film, même si Luc Besson nous a consultés et fait lire le scénario, c'est vraiment son film. Aujourd'hui, le cinéma prend le relais... C'est un rêve qui se réalise ! »* – Commentaire de Jean-Claude Mézières



## EN CHIFFRES

# OTOS



Avec Otos, le CNES développe des technologies innovantes pour concevoir un nouveau système instrumental.

L'utilisation de nouveautés comme l'optique active embarquée ou la télémesure à très haut débit permettront de rechercher de nouveaux points de fonctionnement pour les futurs satellites optiques à très haute performance. À la clé notamment, la fabrication d'instruments de petite taille dans des délais records, et le réglage final en vol des performances instrumentales.

# 20 pétaoctets

C'EST LE VOLUME AUQUEL S'ÉLÈVERA EN 2020, À L'ESA, l'archivage des données d'observation de la Terre. Cela représente une masse de stockage de 4 millions de DVD. Copernicus, lui, générera 13 téraoctets par jour, soit 5 pétaoctets (Po) par an. Quant à l'archive liée aux satellites Spot (depuis 1985, de Spot 1 à Spot 5), elle représente environ 15 Po.

# 25 KW



En mer, dans le train, à la maison... Internet, on le veut partout ! De manière complémentaire, les systèmes satellites doivent offrir mobilité, disponibilité et une meilleure capacité de transmission de données. C'est l'objectif des missions CNES. Neosat, par exemple, développera

des plateformes satellites géostationnaires jusqu'à une capacité de 25 kW. Le projet THDSat, lui, s'intéresse à leurs charges utiles et aux réseaux sols associés. Enfin, une amélioration de la flexibilité du service est prévue grâce à des projets tels que Flip<sup>1</sup> et Smile<sup>2</sup>.

1. Flexible Innovative Payload

2. Satellite Mobile Innovation, Laboratory and Engineering

# 1 PPM

MICROCARB CARTOGRAPHIERA à l'échelle planétaire les sources et puits de CO<sub>2</sub>. L'ampleur de la tâche est immense. L'instrument est miniaturisé à l'extrême. Il peut entrer dans une caisse de 12 bouteilles, sans nuire à sa précision d'analyse, qui sera de l'ordre d'1ppm<sup>1</sup> sur un pixel de 4,5 km x 9 km.

1. Nombre de molécules du gaz à effet de serre considéré par million de molécules.

# Brevets

Le CNES dépose chaque année une quarantaine de brevets. En 2016, il occupait la 30<sup>e</sup> place au classement des déposants de l'Institut national de la propriété intellectuelle (INPI). L'objectif est de permettre aux entreprises d'accéder à cette « matière grise » et de tirer parti des technologies du spatial. Ces six dernières années, le CNES a déposé, avec ou sans partenaires, 295 brevets dont 55 pour la seule année 2016.

# MILLIARDS

Depuis déjà trente ans, des milliers de balises Argos ont été lancées. Dans la prochaine décennie, ce sont des milliards d'objets qui devraient être connectés...





LE CNES EN ACTIONS

# GARDER UN ESPACE D'AVANCE

**NOUVELLES AGENCES SPATIALES, ENTREPRISES  
AMBITIEUSES : DE PLUS EN PLUS NOMBREUX,  
LES NOUVEAUX VENUS SUR LA SCÈNE SPATIALE  
INTERNATIONALE FONT BOUGER LES LIGNES.  
POUR LE CNES, CETTE NOUVELLE DONNE PREND LA FORME  
D'UNE OPPORTUNITÉ. CELLE DE SE RÉINVENTER TOUT  
EN RESTANT À LA POINTE DE L'INNOVATION. ET AINSI  
DE CONTRIBUER À INVENTER L'ESPACE DE DEMAIN.**



## LE CNES EN ACTIONS



Le monde change. Le secteur spatial aussi. Le premier signe de cette évolution est apparu il y a une quinzaine d'années. « L'abaissement du ticket d'accès à l'espace a incité un nombre croissant d'États à développer des activités spatiales », constate Jean-Yves Le Gall, président du CNES. L'Inde, le Brésil, la Corée du Sud ou encore le Mexique se sont installés progressivement aux côtés des puissances historiques du secteur. Derniers en date : les Émirats arabes unis et leur agence spatiale, créée en 2014. Un second signe, apparu plus récemment, est venu des géants du Web, qui veulent tout connecter à tout (maison, voitures, tablettes, montres, en 4G, en 5G) et partout. Et pour cela, ils ont besoin du Graal : la donnée spatiale. Pour eux, le secteur spatial est devenu un champ concurrentiel. De plus, on sait désormais que l'accès à l'espace n'est pas l'apanage des agences étatiques. Depuis les succès du Falcon 9 de Space X, il est clair que des entreprises privées peuvent aussi bousculer les lignes et utiliser l'espace comme domaine d'exploitation marchande. Ces nouveaux entrants ont initié une approche nouvelle et dynamique dont profite un NewSpace<sup>1</sup> qui stimule l'économie spatiale.

### UNE RESTRUCTURATION PERTINENTE...

Cette recomposition du paysage spatial est considérée par Jean-Yves Le Gall comme « une opportunité pour se réinventer ». Comment ? Par « l'innovation et l'inspiration ». Déjà inscrites

dans l'acte de naissance de l'établissement, en 1962, ces deux valeurs signent son contrat d'objectif 2016-2020. Elles s'appliquent tous azimuts à ses « piliers », ses fondamentaux (sciences, observation de la Terre, lanceurs, télécommunications et défense) comme à ses sujets actuels de recherches (cf. « L'essentiel » p. 6-11). Pour les mettre en œuvre, le CNES a procédé à une restructuration interne. Créée en 2016, la nouvelle direction de l'Innovation, des applications et de la science (DIA) a reçu la mission d'être « un agitateur d'idées ». Son objectif : booster la « nouvelle économie du spatial » et favoriser le développement de nouveaux usages. En moins d'un an, elle a déjà noué des accords de partenariat avec plusieurs utilisateurs, dont la SNCF. Elle travaille aussi à se mettre en cohérence avec l'esprit de marché : on ne « vend » plus une technologie, aussi inventive soit elle ; on recherche une technologie innovante qui réponde à un usage précis. La direction des Systèmes orbitaux (DSO) doit, quant à elle, relever un autre défi, celui de développer les technologies ou procédés disruptifs pour rester dans la course. En clair, il faut faire fondre les coûts, optimiser les performances et diminuer les temps de développement pour un même niveau d'excellence. La multiplication des usages va placer en orbite basse des constellations gigantesques de petits satellites (cf. p. 22-23). Le CNES en sera l'un des acteurs majeurs. Enfin, se réinventer, c'est se rapprocher inéluctablement du numérique. La création d'une direction numérique de l'Exploitation et des opérations (DNO) a permis d'engager progressivement une véritable transformation digitale des établissements. « Or noir » du XXI<sup>e</sup> siècle, la donnée spatiale va couler à flots. La recevoir, l'analyser et l'exploiter, le tout en temps réel, ce sera demain l'un des plus gros challenges !



### Participants à la Journée de l'innovation

2017 a atteint une fréquentation record avec 650 participants. Le CNES y a présenté son budget « Recherche et technologies ». Pour 2017, il sera d'environ 20 M€.



## LE CNES EN ACTIONS



### ... POUR RESTER AU CENTRE DU JEU

Pêche, agriculture, BTP, sécurité, transports, santé... Quel domaine pourra demain se passer des données spatiales ? Aucun. Pour répondre aux besoins de chacun, il faudra concevoir de nouveaux satellites, les opérer, gérer des mégafloux de données, créer des applications et du service. Des synergies spatial-non spatial sont donc indispensables pour faire évoluer les pratiques. Organisée en février 2017 à Toulouse par le CNES, la Journée de l'innovation en était une bonne illustration. La communauté spatiale y côtoyait d'autres laboratoires, industriels, PME et start-up hors champ spatial. « Nous avons l'habitude de travailler avec des grands groupes industriels. Mais nous devons maintenant aider les start-up à se développer ; elles ont des idées,

elles sont créatives et ce sont elles qui vont, avec l'appui du spatial, imaginer et porter les applications futures », affirme Lionel Suchet, directeur de la DIA. Et pour que la chaîne soit complète, il manque encore un maillon : des entreprises de taille intermédiaire, synonyme d'une plus grande diversité d'actions et de plus de flexibilité. Toutefois, le CNES reste attentif et responsable. Multiplier les usages n'est pas dénué de risque (cf. « Espace éthique » p. 33). L'espace est un secteur sensible. Il veillera à faire évoluer, aussi, les règles qui régissent son utilisation dans le cadre de la loi sur les opérations spatiales (LOS). Une nouvelle aventure pour le CNES ? Non, seulement un nouveau chapitre.

1. NewSpace, ou entrepreneurial space, désigne le mouvement lié à l'émergence d'une industrie spatiale d'initiative privée.



## LE CNES EN ACTIONS

# SYSTÈMES ORBITAUX

## GÉRER LES ENJEUX D'UN NOUVEAU MARCHÉ

*L'orbite basse terrienne sera bientôt peuplée de dizaines de milliers de petits satellites : les constellations. Pour préparer cette révolution mondiale, le CNES soutient les fabricants dans l'adaptation de leur modèle de production et anticipe les nouvelles règles du jeu.*

**S**ervices Internet à bas coût dans le monde entier, images continues de la planète, etc. l'orbite basse terrestre devient le fait d'acteurs privés ; ils y voient l'opportunité de développer de nouveaux marchés. Ces perspectives font bouger les pratiques d'ingénierie, entraînant avec elles les technologies satellites et la réglementation spatiale. Pour gagner en rapidité, en flexibilité et en résolution, il faut se rapprocher de la Terre et changer de concept. En lieu et place de gros satellites monolithiques, les nouveaux entrants et acteurs privés prévoient d'avoir recours à des constellations de petits satellites (moins de 150 kg, et une taille équivalente à celle d'une grosse machine à laver),





## LE CNES EN ACTIONS

placées sur l'orbite basse située entre 700 et 1200 km de la Terre.

### L'INVASION DES CONSTELLATIONS

Ces « flottilles » nécessitent des véhicules en nombre suffisant pour assurer une couverture complète de la planète et une information continue. Le sur-mesure doit donc laisser la place à la production en série, assortie d'un coût et d'un délai de fabrication réduits. Si le principe de ces constellations n'est pas nouveau, il a été boosté par la perspective de vente de services associés à l'Internet.

L'histoire des projets de très grosses constellations de satellites commence dans les années 1990 avec Microsoft et son projet Tele-desic, qui ne verra jamais le jour suite à l'explosion de la bulle Internet. Aujourd'hui, l'extraordinaire dynamique des Gafa<sup>1</sup> les amène à s'associer de près ou de loin à d'ambitieux projets. Imaginée par l'Américain Greg Wyler, la constellation OneWeb sera constituée dans un premier temps de 672 satellites, avec des perspectives de croissance jusqu'à 2000. Space X envisage également de créer une constellation de 4425 satellites à court terme, puis une autre d'environ 7000 satellites. Boeing, quant à lui, aurait en projet une constellation de plusieurs milliers de satellites pour diffuser la 5G!

Le CNES est un observateur actif de cette révolution. En cohérence avec cette mouvance, il soutient ses partenaires, PME-PMI ou industriels, dont le modèle technico-économique de production va devoir s'adapter pour construire « à la chaîne » des engins spatiaux récurrents en nombre élevé, à savoir un ou

deux petits satellites par jour contre un gros fabriqué aujourd'hui en 18 mois.

### UNE NÉCESSAIRE VIGILANCE

Bras armé de l'État pour l'application de la LOS, le CNES observe cette prolifération de satellites en orbite basse sans angoisse, mais avec lucidité. Deux questions sont cruciales : les risques de collision et « le nettoyage après usage ». Les risques de collision, on les mesure : « *Maintenir à poste des milliers de petits satellites en orbite basse, c'est transformer une route départementale en autoroute, se retrouver sur un périph' à l'heure de pointe! Il faut baliser le chemin, imposer de nouvelles règles, gérer les problèmes de voisinage. Comment organiser un système anti-collision efficace pour rendre cette circulation fluide et sans risque? Le CNES en a fait un sujet de réflexion* », précise Philippe Marchal, directeur adjoint à la direction des Systèmes orbitaux (DSO).

La deuxième problématique est tout aussi prégnante. Produits à bas coût, ces petits satellites auront une durée de vie limitée. Il faut donc, dès leur conception, envisager leur future désagrégation lors de leur rentrée dans l'atmosphère terrestre. Ce qui passe par l'usage de matériaux auto-dégradables pour minorer les risques au sol. Sur ce plan-là aussi, le CNES reste vigilant et participe avec les fabricants de satellites aux travaux qui anticipent ces questions nouvelles mais incontournables.

1. Google, Apple, Facebook, Amazon



### de gain de temps

Le positionnement des constellations en orbite basse devrait permettre d'accéder à Internet avec un gain de temps de 40 % par rapport à la fibre optique.

## ROBOTISATION

### LES RÉPARATEURS DE L'ESPACE

**Augmenter le nombre de petits satellites en orbite c'est, en corollaire, augmenter le risque de pannes.** Les progrès de la robotisation laissent entrevoir

des solutions de maintenance dans l'espace. Des engins robots pourraient, demain, être capables de ravitailler en vol, réparer et remettre à niveau les satellites, pour

peut-être les recycler pour d'autres utilisateurs ! Reste à savoir si ces opérations de « service après-vente » sont des vues de l'esprit ou le vecteur d'un nouveau secteur économique.



## LE CNES EN ACTIONS

# PROSPECTIVE AU CŒUR DE LA RUCHE INNOVANTE

*Le CNES a toujours eu à cœur d'échanger avec la société civile et les entreprises innovantes proches du spatial. L'arrivée de nouveaux entrants sur le marché fait juste évoluer cette sphère et émerger une économie intermédiaire.*



heville ouvrière de l'Europe spatiale, le CNES a historiquement développé des liens solides avec les autres acteurs du spatial, laboratoires et industriels. L'arrivée de nouveaux entrants agrandit le cercle. Les partenaires scientifiques et institutionnels de la première heure restent des interlocuteurs privilégiés, mais dans sa politique d'ouverture, le CNES avait aussi noué des liens avec les collectivités publiques et des start-up proches du spatial. Dans une vision prospective, il se fait désormais médiateur entre le secteur spatial et le potentiel économique des nouveaux usages.

es partenaires scientifiques et institutionnels de la première heure restent des interlocuteurs privilégiés, mais dans sa politique d'ouverture, le CNES avait aussi noué des liens avec les collectivités publiques et des start-up proches du spatial. Dans une vision prospective, il se fait désormais médiateur entre le secteur spatial et le potentiel économique des nouveaux usages.

### DE NOUVEAUX MODÈLES ORIGINAUX

Pour anticiper l'univers des possibles, le CNES contribue à la mise en place d'un observatoire de prospective spatiale, Spacibles. « À partir de l'identification des futurs possibles, il invite à réfléchir aux futurs souhaitables. Et à concevoir les stratégies pour qu'ils se réalisent », commente Michel Faup, responsable de l'équipe « Innovation et prospective » à la DIA. Dans cet observatoire, tous les partenaires de l'écosystème sont réunis pour interroger l'avenir. On attend beaucoup du premier atelier prospectif, qui se tiendra fin 2017. Par ailleurs, le CNES ouvre le dialogue bien au-delà de sa frontière naturelle qu'est l'espace : laboratoires non spatiaux, industriels de tous secteurs, grand public ou encore étudiants. Dans cet



### À terme,

**cet ensemble de 50 cubesat<sup>1</sup> sera destiné à proposer et valider en orbite de nouvelles technologies.**

**Particularité : ils sont tous conçus par des universités. Le CNES contribue à la formation de cette constellation à travers son programme « Janus » et en fournira lui-même quatre.**

esprit, il a créé « Fédération ». Objectif : dresser un tableau des défis qui attendent le monde et des moyens de les appréhender collectivement, chacun apportant son expertise et son enthousiasme. Enfin, s'il est un secteur qui sortira son épingle du jeu grâce à l'arrivée de nouveaux entrants, c'est bien celui des start-up. À travers les pôles de compétitivité, ActInSpace, ESA Bic ou Starburst, le CNES les soutenait déjà. Depuis 2016, avec CnesTim, c'est une relation personnalisée qui s'est instaurée. Le CNES pose un regard bienveillant sur ces jeunes entreprises. Quels sont leurs besoins ? Leurs points forts ? Leurs faiblesses aussi, pour innover un marché de plus en plus concurrentiel ? Agence publique, l'établissement a, dans sa feuille de route, cette mission de tutorat et d'accompagnement. Ces initiatives contribuent à le placer au cœur d'une « ruche innovante » qui bourdonne déjà de milliers de projets.

1. Petit satellite en forme de cube de 10 cm de côté dont le poids n'excède pas 1 kg.





## LE CNES EN ACTIONS

# LANCEURS PRÉPARER ARIANE NEXT

*Le vol inaugural d'Ariane 6 est programmé pour 2020 mais le CNES se penche déjà sur les lanceurs du futur. Avec Ariane Next, il anticipe les exigences évolutives qui régiront l'espace de demain.*



Inventer demain, ce n'est pas seulement convoquer le ban des technologies futuristes. C'est aussi prévoir, penser et agir autrement, concilier ingénierie et ingéniosité. Cette nouvelle démarche est portée par l'« innovation frugale ». Les Indiens la désignent par le terme *jugaad*, « secret de la réussite ». Plus qu'un effet de mode, l'innovation frugale est une véritable stratégie d'entreprise. C'est celle que le CNES a choisie pour Ariane Next, le lanceur du futur.

### OPTIMISER POUR S'ADAPTER

Ariane 6 va combiner efficacité industrielle, innovation et technologies matures. Dès 2020, elle offrira une réduction significative des coûts d'accès à l'espace. Ce n'est pas suffisant. La génération suivante doit porter l'ambition d'une nouvelle rupture : investissement réduit, conception courte, lancements encore plus économiques... un vrai challenge ! L'innovation frugale y tiendra un rôle majeur en jouant sur de nouveaux leviers. Lesquels ? Le temps de développement, par exemple. Le programme ne partira pas d'une feuille blanche. En misant sur des prototypes technologiques modestes et conçus en amont, la durée du développement devrait être réduite de moitié. En jouant ensuite sur le compromis complexité/juste besoin : le lanceur sera doté de Prometheus (cf. « L'essentiel » p. 7), un moteur moins sophistiqué que le



**5 000 €  
/KG**

**On estime à 20 000 €/kg le coût de mise en orbite de transfert géostationnaire avec Ariane 5. Ce coût va diminuer de moitié avec Ariane 6. La mission assignée à Ariane Next est d'atteindre les 5 000 €/kg.**

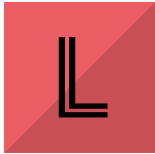
traditionnel Vulcain d'Ariane 5. Robuste et fiable, il est dix fois moins cher et deux fois plus rapide à produire. « En adoptant chaque fois que possible des solutions flexibles ou reconfigurables, Ariane Next s'adaptera aux exigences de marchés en pleine évolution », confie Jérôme Vila, sous-directeur Innovation systèmes et lancement à la DLA. Flexible quant aux services, Ariane Next devra se montrer agile dans son modèle d'industrialisation : les capacités de fabrication doivent pouvoir suivre les fluctuations de cadence. Il faudra faire face au lancement de nouvelles constellations ou, à l'inverse, parer à des baisses de production si le marché commercial se contracte.



## LE CNES EN ACTIONS

# BIG DATA DIGITALISATION EXPRESS

« Or noir du XXI<sup>e</sup> siècle », la donnée inonde le secteur spatial. Et ce n'est que le début. C'est pourquoi le CNES a entamé une mutation digitale profonde et de grande ampleur.



La donnée spatiale est devenue la matière première de l'essor économique. Sa valorisation est un enjeu clé. Pionnier européen du spatial, le CNES en est bien conscient.

Le foisonnement des données issues de multiples missions constitue un capital qu'il doit gérer avec rigueur. Dans ses pratiques, il a assimilé les nouvelles technologies. La réalité augmentée est entrée en salle blanche (cf. « Matière » p. 27) ; la réalité virtuelle soutient les activités de maintenance prédictive, via les objets connectés embarqués à bord des engins spatiaux ; la fabrication additive (cf. « L'essentiel » p. 7-11) est à l'œuvre dans les satellites et les lanceurs, etc. Le traitement en temps réel livre des interprétations immédiates et prédictives pour les lancements. Les chaînes de traitement multi-temporelles, multi-missions font évoluer les modèles et les prévisions. Le « machine learning » est considéré avec intérêt : il fera gagner aux ingénieurs un temps précieux qu'ils pourront réinvestir dans l'analyse des résultats produits. Le CNES fait aussi usage d'intelligence artificielle. Cette discipline très scientifique ne délivre son analyse ni en amont, ni en aval, mais juste au moment opportun.

### CHANGEMENT DE CULTURE

Mais l'agence spatiale est aussi une « entreprise » qui a pris la mesure du phénomène. Elle a entamé sa mutation digitale et opère



### satellites

de 1 à 50 kg seront lancés dans les sept ans à venir. Ils vont déverser sur Terre une quantité exponentielle de données de toute nature.

un changement profond de culture. L'intelligence collective, l'expérimentation, la transversalité et le partage des connaissances en sont les nouveaux piliers. La « maison » CNES les fait siennes et développe une approche collective. Elle accompagne ses collaborateurs pour prendre ce virage et inscrire durablement ce changement de culture. « Réussir une telle mutation passe en premier lieu par une transformation du management qui s'inscrit dans une posture responsabilisante, inspirante, favorisant l'innovation et la créativité », fait remarquer Cathy Lacomme-Verbiguié, sous-directrice adjointe à la sous-direction Entreprise digitale à la DNO. Mais ce changement n'est pas une fin en soi : un processus vertueux d'évolution continue sera instauré pour s'adapter aux évolutions du marché.





MATIÈRE

VIDÉO



Démonstration avec  
Le satellite Taranis

# AUGMENTER LA RÉALITÉ

**ASSEMBLER UN SATELLITE N'A RIEN D'UN JEU D'ENFANT.** Les milliers de composants, la complexité des process et les normes drastiques de sécurité en font une phase critique. C'est pourquoi les équipes Assemblage, intégration, tests (AIT) du CNES expérimentent la réalité augmentée en remplacement des lourds cahiers de procédures papier. Et pour cause : en superposant la réalité et la conception assistée par ordinateur (CAO), la réalité augmentée permet de vérifier que tout concorde dans le moindre détail avec le schéma désigné. La société Capgemini a donc conçu des logiciels spécifiques<sup>1</sup> capables d'accompagner les différentes étapes d'assemblage, de contrôle et de tests. À chaque opération, les équipes se réfèrent à ces données. Pertinente, la réalité augmentée traque les erreurs, renforce la sécurité et réduit le temps d'intégration. Un vrai coup de pouce !

1. Sur la base de la technologie de réalité augmentée développée par la PME Diota



## INSTANTS T

A

L

E

R

T

E



### CONSTAT

## UNE RÉPARTITION INÉGALITAIRE

*Sur Terre, 0,007 % seulement de l'eau est accessible à la consommation humaine. À l'horizon 2025, ce potentiel sera partagé par 9 milliards d'humains. De plus, la répartition de cette eau dans le monde est inégale : avec 60 % de la population mondiale, l'Asie ne dispose que de 6 % du capital eau. La qualité est aussi un facteur vital : 3,6 millions de personnes meurent chaque année par manque d'eau potable. Enfin, l'eau est un enjeu politique : avec 323 bassins d'eau transfrontaliers dans le monde, le partage entre pays fait l'objet de conflits majeurs. Une situation géopolitique qu'une pénurie d'eau pourrait encore aggraver.*



### GESTION

## L'OBSERVATION SPATIALE À LA RESCOURS

*L'imagerie spatiale est un outil évident pour prévoir et gérer la question de l'eau car elle offre une vue d'ensemble des ressources. Elle fournit des informations importantes sur les inondations, les sécheresses, le suivi des cultures et de l'irrigation, la salinisation des sols, etc. L'analyse de ces données permet de mettre sur pied des plans d'action pour suivre les évolutions, prévenir les risques ou gérer les conséquences de situations extrêmes. Diplomatiquement neutre, l'imagerie spatiale joue un rôle de régulateur en fournissant des données objectives à l'échelle mondiale.*



## INSTANTS T

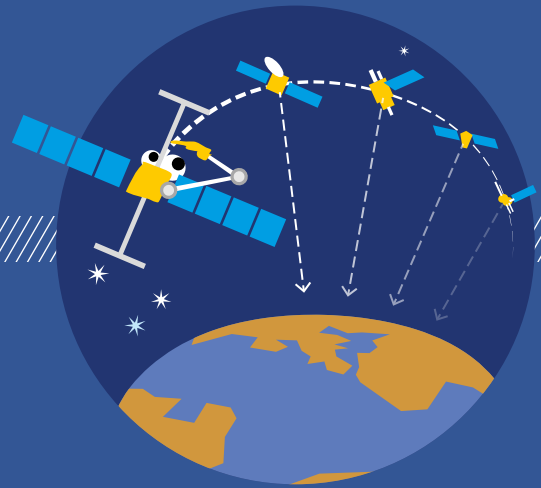
LA COP 21 PUIS LA COP 22 ONT TIRÉ LA SONNETTE D'ALARME : L'EAU POTABLE EST UNE DENRÉE EN VOIE DE DISPARITION ! AUJOURD'HUI « OR BLEU », ELLE SERA LE « PÉTROLE DU XXI<sup>E</sup> SIÈCLE ». LES DONNÉES SATELLITAIRES NE FONT PAS LA PLUIE, MAIS ELLES APPORTENT DES DONNÉES OBJECTIVES POUR UNE GESTION PARCIMONIEUSE DES RÉSERVES. UN ATOUT PRÉCIEUX.



### SUIVI SWOT LE VEILLEUR

*Swot est le fruit d'une coopération NASA-CNES. Son interféromètre balaiera bientôt l'intégralité de la surface de la Terre. Deux antennes éloignées fixées sur un mât de 10 m (la taille d'un bus !) scruteront les lacs, les fleuves, les zones littorales et les océans. Swot mesurera les pentes et les hauteurs d'eau et analysera leurs variations pour toutes les étendues d'eau. Ces mesures amélioreront considérablement les modèles hydrodynamiques pour le suivi des eaux de surface continentale.*

*Le programme préparatoire de la mission accompagne dès à présent les futurs utilisateurs pour proposer de nouveaux services.*



### ET DEMAIN OBJECTIF : CAPITAL EAU

*Pour suivre et gérer le capital « eau » de la planète, il faut dès à présent penser aux successeurs de Swot et à l'utilisation conjointe d'autres mesures réalisées par les satellites de la filière Sentinelle, Pléiades, etc. Ensemble, ces données alimenteront une base d'information spatialisée sur l'eau pour que soient développées à long terme des applications de suivi et de préservation de cette ressource vitale. Cette stratégie ira dans le sens de la COP 21 et de son « pacte de Paris sur l'eau ». Elle servira les enjeux des changements climatiques dont les Nations unies se préoccupent activement. La France a sans conteste un rôle à y jouer !*



RENCONTRES

# ROLAND LEHOUCQ

Président de l'association Les Utopiales

« La science-fiction est un laboratoire fictionnel  
qui parle de notre monde »



Astrophysicien au CEA, enseignant à Polytechnique et à Sciences Po, président de l'association Les Utopiales, auteur de nombreux ouvrages, Roland Lehoucq ne croque pas la vie, il la dévore avec passion.

Peut-on étudier la forme de l'univers ? Est-il fini et sans bords ? C'est le genre de questions que le chercheur se pose dans le cadre de son travail. Alors, de la science à la science-fiction, il n'y a qu'un pas, et vite franchi lorsque l'on déborde d'imagination. Roland Lehoucq accorde en effet un temps considérable à ses passions, la vulgarisation scientifique et la science-fiction. **Depuis six ans, il préside l'association Les Utopiales, qui soutient le prestigieux Festival annuel et**

**international de science-fiction de Nantes.** Garant intellectuel de l'événement, Roland Lehoucq y a introduit davantage de sciences tout en promouvant la science-fiction, seule littérature à mettre en scène les sciences et les techniques pour discuter des conséquences sur l'humanité.

**« C'est un effort intellectuel extraordinaire que d'anticiper les conséquences d'une innovation technique.**

*Avait-on imaginé qu'avec les outils numériques modernes nous aurions une multitude de "Little Brothers", comme les tweets individuels, au lieu d'un unique Big Brother ?* interroge-t-il. *La science-fiction divertit mais fait aussi réfléchir. Elle cherche à émerveiller en s'inspirant des sciences tout*

*en mettant en garde contre certaines de ses conséquences. La SF, avec son décalage dans l'espace et dans le temps, est un laboratoire fictionnel qui parle de notre monde »,* commente Roland Lehoucq. Qu'il convoque Tintin, Superman ou Dark Vador, tous sont prétextes à parler de science de façon ludique.

Et en matière de conquête spatiale, que recèle le cerveau de l'amoureux de science-fiction ? « J'aimerais que l'humanité puisse largement explorer le système solaire puis l'espace lointain. Je sais que les ressources nécessaires à de tels projets sont considérables. » Et de conclure : « Alors, en attendant, apprenons d'abord à mieux gérer notre planète. »



RENCONTRES

# BERTRAND DEZOTEUX

Auteur de l'exposition En attendant Mars

« Les artistes ne sont pas des scientifiques.  
Ils sont là pour partager une perception »



« Des héros ordinaires, ni athlètes, ni polyglottes, pas des vrais héros » : c'est en ces termes que Bertrand Dezoteux, auteur de l'exposition En attendant Mars, présentée en février 2017 dans une galerie parisienne, définit le profil des six participants à l'expérience Mars 500. Menée en 2010 en Russie, cette expérience visait à simuler un voyage vers Mars en conditions quasi réelles, à savoir un séjour de 520 jours en espace confiné, accompagné de l'allongement des délais de communication.

**Formé aux images numériques et au film d'animation, Bertrand Dezoteux, amateur de BD et de science-fiction, en a recréé l'univers** à travers une exposition sur le quo-

tidien de ces faux astronautes, ceux qui ne partiront pas. Un voyage immobile, des intérieurs ordinaires, six marionnettes en marcel et pantalon de jogging jouant de la guitare, affalés dans un fauteuil ou attablés dans la cuisine, entre le micro-ondes et le balai-brosse. Rien à voir avec l'image policée de haute technologie et d'hyper-maîtrise de soi à laquelle nous ont habitués les missions spatiales. Deux films vidéo accompagnaient cette exposition, retraçant l'univers à la fois quotidien et fantastique de l'expérience.

« Avec les marionnettes, je voulais explorer le sentiment de mélancolie qui semble tabou dans l'univers spatial. En tant qu'artiste, je voulais

sonder l'âme de ces êtres présentés comme des super-héros. Les artistes ne sont pas des scientifiques. Ils sont là pour partager une perception, du sensible », précise Bertrand Dezoteux.

**Lauréat d'un appel d'offres lancé par l'Observatoire de l'Espace du CNES dans le cadre de sa résidence hors les murs**, lauréat également du prix Audi Talents Awards, il a pu interroger, en Russie, les participants de Mars 500, visiter le lieu de l'expérience, se documenter sur leur vie à l'intérieur de l'habitacle, et s'inspirer du film réalisé par l'Institut des problèmes biomédicaux (IMBP) de Moscou.



RENCONTRES

# DIANE DELBÈGUE

Doctorante à l'Institut de chimie de Clermont-Ferrand  
« Je cherche à améliorer les performances  
des batteries envoyées dans l'espace »



Mettre ensemble plusieurs éléments et observer comment ils se comportent : c'est de cette façon que procèdent les chimistes, mais aussi les pâtisseries ! Diane Delbègue, en troisième année de doctorat, est à la fois l'un et l'autre. Elle prépare une thèse cofinancée par le CNES et la région Auvergne à l'Institut de chimie de Clermont-Ferrand. Mais elle est aussi titulaire d'un CAP de pâtisserie, obtenu en candidat libre pendant son master. Sa thèse a pour intitulé « Accumulateur de lithium-ion à cathodes de fluorures de métaux de transition ». Que peut donc bien cacher un intitulé si sibyllin ? « Je cherche à améliorer les performances des batteries envoyées dans

l'espace. Une batterie est constituée de deux électrodes, une positive, une négative, et d'un électrolyte. **Dans le cadre de ma thèse, on se focalise sur l'électrode positive, actuellement le facteur limitant aux performances des batteries Li-ion,** explique la jeune chercheuse. Je cherche à élaborer de nouveaux matériaux d'électrode. En introduisant du fluor dans les matériaux d'électrode positive, nous avons déjà observé une amélioration de 30 % de la durée d'utilisation des batteries. Il nous faut encore comprendre les mécanismes chimiques qui favorisent la décharge car, au fil du temps, la batterie se décharge de plus en plus rapidement. »

**Il faudra encore un certain temps pour connaître le comportement de ces batteries pendant le vol. Pourtant ces recherches ont attiré l'attention de l'industrie,** un secteur qu'elle se propose de rejoindre à l'issue de sa thèse. Diane possède également des talents de communicante. Elle a reçu le Prix du meilleur poster aux Journées Jeunes Chercheurs (JC2) organisées par le CNES en octobre 2016. Violoniste à ses heures, notre pâtissière avoue avoir un faible pour la charlotte aux fruits rouges. Une préparation que nulle recherche sur la durabilité de la crème ne saura faire perdurer face à la gourmandise.



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



## ESPACE ÉTHIQUE



JACQUES ARNOULD

# JEU DE POSSIBLES

*L'espace n'est pas seulement un territoire physique, mais aussi un ensemble de techniques à inventer et à développer, sous l'impulsion des projets et des entreprises que nous menons. Dès lors, l'espace de demain ne peut pas être autre qu'humain.*

 omment ignorer la parole des sages qui, au fil des civilisations, ont mis en garde ceux qui se sont plu et se plaisent encore à dresser des plans sur la comète, à rêver de conquérir le monde ou, au contraire, à se construire des silos où stocker leurs récoltes afin de s'assurer un avenir sans risques ? *Vanitas vanitatis* – « vanité des vanités », disait l'Ecclésiaste... Pourtant l'être humain n'a-t-il pas été doté par Dame Nature d'une imagination, d'un cerveau capable de se projeter dans le futur, de franchir les frontières de l'immédiate réalité ? Dès lors, pourquoi s'empêcherait-il d'imaginer ses lendemains, d'en dresser les plans, d'en poser les fondations, d'en monter les échafaudages, bref, avant même de les réaliser, de les inventer ? Dans quel monde vivrions-nous aujourd'hui si nos ancêtres avaient pris au pied de la lettre la sentence du même sage du Moyen-Orient, entrée dans les pages roses du dictionnaire : *nihil novi sub sole* – « rien de nouveau sous le soleil » ? Au contraire, nous nous dressons aujourd'hui sur les épaules de ceux qui ont osé non seulement affronter l'incertitude de leurs lendemains, mais surtout les inventer.

### LES EXIGENCES DE LA RÉALITÉ

À l'aube des temps modernes, l'espace a offert à ces audacieux un champ apparemment illimité : au bout de la lunette de Galilée, il se présentait

comme une nouvelle mer offerte à l'esprit d'exploration et d'entreprise des humains, un esprit jamais rassasié. Quelques siècles plus tard, les progrès des sciences aidant, les pionniers de l'astronautique devinèrent les défis techniques à relever, proposèrent d'hypothétiques solutions, inventèrent les premiers engins, firent tant et si bien que notre aujourd'hui était leur demain. À quelques détails près, préciseront les historiens et les connaisseurs : toutes les promesses, de destinations et de délais, n'ont pas été tenues. Ne devraient pas s'en étonner ceux qui se souviennent que l'espace n'est pas seulement un territoire, mais aussi un ensemble de techniques : dès lors, l'espace est aussi ce que nous y faisons, ce que nous en faisons, en fonction de nos capacités techniques, de nos décisions politiques et économiques, de nos choix juridiques et éthiques. Quelle que soit la part laissée à l'imagination, aucune invention ne saurait en effet ignorer, et moins encore mépriser, les exigences de la réalité ; sinon, elle risque de s'amollir en une œuvre d'affabulation. L'invention exige de « raison garder », de définir le jeu des possibles, de tracer les perspectives et même quelques frontières. L'espace, comme lieu et techniques, ne peut pas échapper à cette règle humaine. L'espace de demain, mais c'est là une évidence, ne s'invente pas sans que soit convoquée notre capacité à inventer l'humanité de demain.



EN VUE

## JOURNÉES JEUNES CHERCHEURS OPUS 2

Intégrés dans des laboratoires de recherche, de jeunes doctorants et post-doctorants contribuent par leurs travaux à l'évolution du spatial. En retour, le CNES les soutient chaque année, via des contrats de thèses ou post-doctoraux. Depuis deux ans, il les regroupe lors des journées baptisées « Jeunes Chercheurs ». Les 14 et 15 mars, lors d'une journée d'accueil (JC1), le CNES a reçu 60 doctorants et 15 post-doctorants (promotion 2016) au Centre spatial de Toulouse pour leur faire découvrir le site et entamer un dialogue. Du 2 au 4 octobre, ils reviendront, cette fois pour présenter leurs propres travaux (JC2).

## KIOSQUE « Espace(s) », numéro spécial

La revue *Espace(s)* n° 14 vient de paraître! Le thème de l'appel à textes? « L'espace, lieu d'utopies ». Auteurs et artistes s'y sont confrontés loin des standards de la science-fiction. Ils ont créé de nouveaux récits sur les perspectives de vie humaine hors de la Terre, oscillant entre utopie et dystopie.



## BOUQUIN Turbulences dans l'univers



Supposons qu'à force d'explorer l'espace on finisse par avoir la preuve que la vie et que des êtres sensibles

existent ailleurs que sur Terre. Qu'en serait-il alors de nos religions? Avec la pédagogie qui a fait le succès de ses précédents livres, le scientifique et théologien Jacques Arnould retrace l'histoire de cette question, en réalité très ancienne.

*Turbulences dans l'univers. Dieu, les extraterrestres et nous*  
Par Jacques Arnould, éd. Albin Michel, 279 pages, 19 euros

## RENDEZ-VOUS ACTINSPACE

Pour inventer le futur, le CNES et l'ESA sont à l'initiative d'ActInSpace, un hackathon international dédié au spatial et organisé tous les deux ans. En 24 heures chrono, les candidats doivent inventer un produit d'avenir à partir de données spatiales. L'édition 2016 a attiré 896 candidats venus de 12 pays. 208 projets de start-up ont été présentés. Cette année, le lancement officiel de la troisième édition aura lieu le 22 juin au salon du Bourget, en présence de nombreuses délégations étrangères. À ne pas manquer sur le stand du CNES!

## FESTIVAL SIDÉRATION L'ULTIME RENDEZ-VOUS



Le siège du CNES a accueilli du 24 au 26 mars 2017 la 7<sup>e</sup> édition du festival Sidération, organisé par l'Observatoire de l'Espace. Par la variété de sa programmation, le festival a ausculté pendant trois jours les promesses de sociétés nouvelles, issues de désirs de vie meilleure ou de volonté d'hégémonie. Il a questionné toutes les dimensions de la notion d'habitabilité de l'espace : poétique, domestique, politique et utopique. Il s'agissait de se demander, à travers les multiples interventions artistiques, quelles sociétés pourraient se déployer dans l'espace, quels modèles sociaux et économiques réinventer, ou encore à quoi pourraient ressembler les lieux de culture ou de tourisme hors de la Terre.



EN VUE

INSPIRATION

# ESPACE, LIEU D'OUVERTURE



Depuis l'an 2000, l'Observatoire de l'Espace du CNES développe une approche originale

pour faire émerger savoirs et créations autour du spatial. Il accompagne les artistes inspirés par le secteur en nourrissant leurs œuvres. « Nous leur fournissons un accès aux ressources documentaires et audiovisuelles, nous favorisons leurs rencontres avec des chercheurs, astronautes et historiens. Nous pouvons aussi mettre à leur disposition les moyens techniques du CNES », détaille Gérard Azoulay, responsable de l'Observatoire de l'Espace. Les artistes soutenus portent souvent sur notre société un regard critique. En témoignage la récente exposition réalisée par Bertrand Dezoteux, En attendant Mars

(photo ci-dessus). Parfois, ils génèrent une vision de l'univers spatial porteuse d'avenir, comme l'illustre le *Télescope intérieur* d'Eduardo Kac, une œuvre réalisée à bord de la Station spatiale internationale par l'astronaute Thomas Pesquet. Au XIX<sup>e</sup> siècle, l'espace avait pour limites celles de l'astronomie. Un siècle plus tard, l'astronomie n'est plus qu'une discipline de l'espace. « Tous les domaines peuvent être concernés par l'aventure spatiale : la biologie, la physique, la médecine, l'histoire, la philosophie sans oublier les arts plastiques, le design, l'architecture... L'espace est porteur d'imaginaire. En cela, il est une puissante source d'inspiration pour la création. » résume Gérard Azoulay.

➔ [WWW.CNES-OBSERVATOIRE.NET/](http://WWW.CNES-OBSERVATOIRE.NET/)



## AGENDA

**19-25 JUIN**

52<sup>e</sup> édition du Salon international de l'aéronautique et de l'espace  
*Parc des expositions du Bourget, France*

**2-4 OCTOBRE**

Journées Jeunes Chercheurs (JC2)  
*Toulouse, France*

**7 OCTOBRE**

Nuit blanche  
*Paris, France*

**17-19 OCTOBRE**

Symposium sur les bases de lancement  
*Toulouse, France*  
<http://gbsf2017.com>

**28-30 NOVEMBRE**  
BIDS'17

Conférence sur les big data de l'espace  
*Centre de congrès Pierre-Baudis, Toulouse, France*  
<http://www.bigdatafromspace2017.org/>

## LIVRE

### Quand la nature inspire la science

Dans l'esprit d'une encyclopédie, ce livre nous éclaire sur une science inspirée par les plantes et les animaux. Le biomimétisme s'avère plus que jamais d'actualité même pour aller étudier les comètes !

Par Mat Fournier, illust. Titwane, Editions Plume de Carotte, réédition 2016, 160 pages, 35 €



TRANSFERT

# ROSETTA LIVE

## DIVERTISSEMENT SPATIAL

*La vidéo spatiale interactive en 3D débarque sur vos écrans ! Jean-Christophe Barré, concepteur de l'application Rosetta Live, revient sur une invention qui inaugure un nouveau type de partage des expériences spatiales.*

**D**es yeux malicieux, une joie de vivre exacerbée, Jean-Christophe Barré jubile à l'évocation de cette aventure. Pour concrétiser son idée, il lui aura fallu côtoyer les lancements d'Ariane 5 chez Arianespace, où il était ingénieur. Un congé formation en poche, il prépare un master Interactive Digital Experiences à l'École des Gobelins et se forme sur tous les systèmes interactifs. Dans la foulée, il développe une application, Rosetta Live, et se lance dans la vidéo spatiale.

### PLONGÉE AU CŒUR DE LA MISSION ROSETTA

Créée pour suivre en direct les dernières heures de la sonde Rosetta, en septembre 2016, Rosetta Live est un film interactif en 3D qui, outre les dernières minutes de la sonde, retrace les douze années du périple spatial de Rosetta et de Philae, jusqu'à l'atterrissage de la sonde sur la comète. « L'application transforme votre appareil mobile en jumelles interactives et vous plonge au cœur de la mission Rosetta en 360°. Cette expérience utilise les trajectoires et données réelles de la mission », commente le jeune ingénieur. La mission Rosetta terminée, l'application n'a rien perdu de son attrait. Parti à l'assaut de sa commercialisation, Jean-Christophe Barré propose une version de Rosetta Live sur la plateforme de diffusion Steam, qui a l'immense mérite d'apporter un retour sur investissement. À plus long terme, Jean-Christophe Barré vise un direct du lancement d'Ariane 5, aux alentours de 2018, mais aussi d'Ariane 6 dès son premier lancement. Il a deux objectifs en ligne de mire : « D'une part répondre à la grande compétence de Space X en matière d'images, mais aussi passer du statut d'auto-entrepreneur à celui de créateur d'entreprise. » Le divertissement spatial a de beaux jours devant lui.

FR



4,8/5

**Note moyenne**  
des avis des utilisateurs  
mobiles de Rosetta Live