

# CNES MAG

FR  
EN

ESPACE • INNOVATION • SOCIÉTÉ

#75  
Février 2018



**NUMÉRIQUE**

ACCÉLÉRATEUR SPATIAL

  
**cnes**  
CENTRE NATIONAL  
D'ÉTUDES SPATIALES



## SOMMAIRE



06

### 05 ÉDITORIAL

#### 06 L'ESSENTIEL

Volume, vélocité, variété, véricité et valeur : le point sur les 5 « V » qui résument les enjeux du big data

### 12 #COMMUNAUTÉ

Les followers du CNES s'expriment sur les liens étroits qui unissent les secteurs du spatial et du numérique

### 13 GRAND ORAL

Cédric Villani, médaille Fields 2010 et député LREM dans l'Essonne, décrypte les enjeux actuels et à venir de l'intelligence artificielle



13

### 16 EN IMAGES

Réalité virtuelle et fabrication additive : les nouveaux outils au service du spatial

### 18 EN CHIFFRES

Espace et numérique, les données clés

### 19 LE CNES EN ACTIONS

Comment le CNES renforce sa position à l'heure où la donnée spatiale est devenue créatrice de valeur

### 27 MATIÈRE

Simuler l'exploitation complète d'un satellite avec Basiles

### 28 INSTANTS T

De la conception au lancement : les apports du numérique



17

### 30 RENCONTRES

- Fabrice Crasnier, expert en informatique légale auprès de la société Scassi Conseil
- Thanh-Long Huynh, président de QuantCube Technology
- Guillaume Eynard-Bontemps, ingénieur big data au CNES

### 33 ESPACE ÉTHIQUE

Par des terres qui nous sont inconnues, par Jacques Arnould

### 34 EN VUE

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

### 36 TRANSFERT

La baguette connectée qui remplace vos objets du quotidien

## PARTENAIRES

Sont cités dans ce numéro : p. 6/20 l'Agence spatiale européenne (ESA) ; p. 11 Thales Alenia Space et la société Syrlinks ; p. 20 les agences spatiales américaine (NASA), japonaise (JAXA) et allemande (DLR).

En couverture : © Tino



WWW.CNES.FR

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



CNESfrance



@CNES



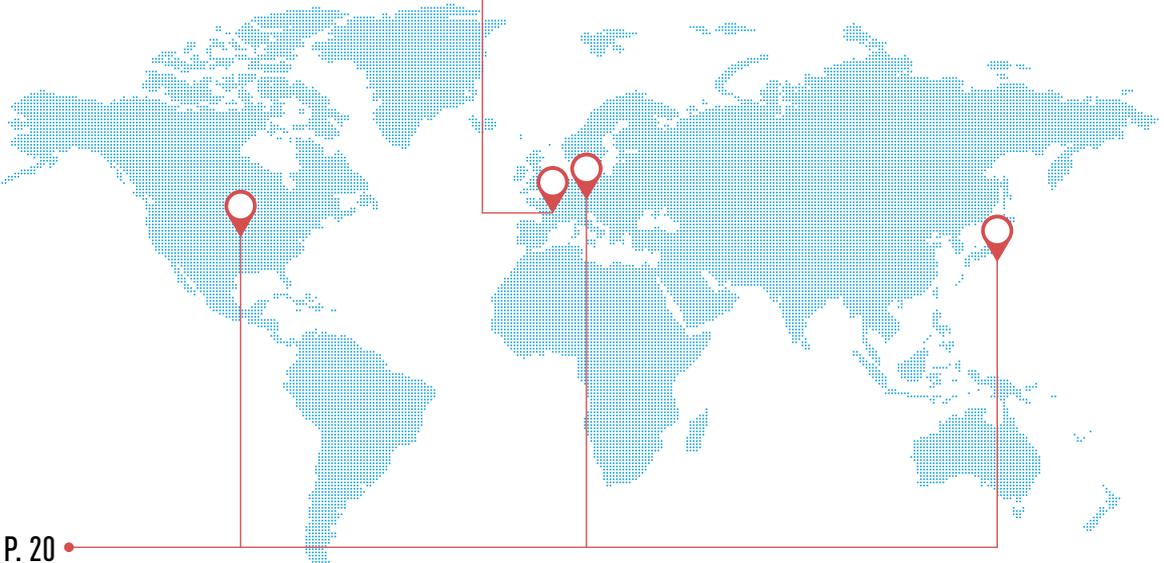
CNES



P. 09

## EUROPE

25 pays européens sont regroupés dans le Gaia Data Processing and Analysis Consortium (DPAC). Les six centres de traitement des données sont installés dans cinq pays : en Espagne (Madrid et Barcelone), en Italie (Turin), au Royaume-Uni (Cambridge), en Suisse (Genève) et en France (le CNES, à Toulouse).



P. 20

## ÉTATS-UNIS, JAPON, ALLEMAGNE

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.



## CONTRIBUTEURS



### CATHY LACOMME-VERBIGUÏ

**Chef de projet de la Transformation numérique du CNES.** Cathy Lacomme-Verbiguï, c'est l'executive woman dans le bon sens du terme. Énergique et dynamique, elle avance. Mais pas seule. Bienveillante et attentive au bien-être des équipes, elle a un sens du collectif aussi aigu que sa connaissance du numérique. Son arme secrète, c'est sa force de conviction pour faire du digital l'atout de demain de l'entreprise CNES.



### JEAN-PIERRE GLEYZES

**Sous-directeur à la direction du Numérique, de l'exploitation et des opérations,** Jean-Pierre Gleyzes surfe avec aisance entre petaoctets et zettaoctets. Impliqué depuis longtemps dans les systèmes de traitement des données spatiales, il sait à quel point cette donnée est précieuse et mérite d'être préservée. Il analyse avec une expertise saisissante et passionnante le monde des datas systems et de l'intelligence artificielle.



### GWENEVAN LE BRAS

**Photographe,** Gwenevan Le Bras entre dans l'univers du CNES avec des étoiles plein les yeux. Pour ce numéro, il a mobilisé son savoir-faire afin d'illustrer le procédé de fabrication additive et la création de nouveaux métiers autour de la donnée, en mettant en lumière l'humain face à ses formidables progrès techniques. Son secret : ajouter un zeste de magie pour nous suggérer l'émergence de nouvelles compétences.



### TINO

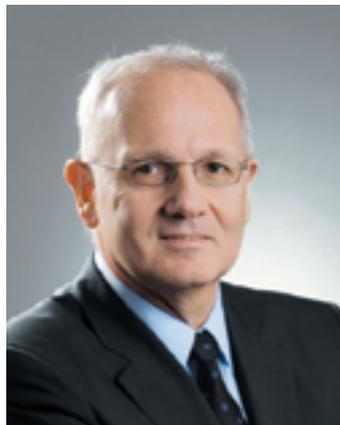
**Carte blanche à Tino qui, depuis sa base de Tinoland,** sait projeter les images d'un futur pourtant proche. Cet illustrateur au style bien reconnaissable intervient aussi bien dans la presse que pour des institutions publiques ou des entreprises. Et dans son laboratoire, il élabore moult projets, de héros et de livres pour la jeunesse, de plateforme collective sur internet, de mobilier virtuel. Dans ce numéro, il nous livre sa vision du big data spatial !

## 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 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** : Brigitte Alonzo-Thomas, Karol Barthélémy, Liliane Feuillerac, Sophie Lherm, Marianne Quiles. **Photothèque (recherche iconographique)** : Marie-Claire Fontebasso. **Responsable photo** : Nicolas Tronquart. **Crédits photo** : p. 04 CNES/F. Maligne, CNES/N. Tronquart, CNES/G. Le Bras, Tino ; p. 05 CNES/O. Pascaud ; p. 06 Y. Beletsky (LCO)/ESO ; p. 07 haut-VR2planets ; p. 07 haut droite CNES/G. Le Bras ; p. 07 bas CNES/D. Ducros ; p. 08 gauche ESA/J. Mai ; p. 08 droite CNES/E. Grimault ; p. 09 ESO/A. Duro ; p. 10 CNES/G. Le Bras ; p. 14-15 P. Matsas/Opale/Leemage ; p. 16 CNES/G. Le Bras ; p. 17 CNES/S. Godefroy ; p. 27 GettyImages ; p. 33 J. Arnould ; p. 34 S. Soriano, Hasselblad H5D ; p. 36 Icare Technologies/J. Neyrou. **Illustrations** : François Foyard (p. 11), Robin Sarian (Idix) (p. 28-29), Tino (p. 1-19-20-22-24-26), 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** : Caroline Amiot-Basile, Laurence Amen, Antoine Barnache, Jacques Béas-Garcia, Dampier Blanco, Christelle Boustié, Meritxell Clanet, Emline Deseez, Candice Foehrenbach, Philippe Guiral, Jean-Pierre Gleyzes, Cathy Lacomme-Verbiguï, Gabriel Liabeuf, Nadine Ladiette, Patrick Landrodie, Frederic Manon, Romain Mathieu, Eric Morand, Christine Monsan, Véronique Palatin, Chantal Panem, Killian Pfaab, Pierre Spizzi, Jérôme Vila.



## ÉDITORIAL



Depuis quelques années, les activités spatiales se sont installées dans notre quotidien et tiennent en haleine l'humanité tout entière. Que ce soit dans le domaine du climat avec les satellites qui auscultent en permanence notre planète, dans celui de l'exploration avec les projets liés à la Lune, à Mars et aux astéroïdes ou encore dans celui de l'innovation avec des technologies disruptives qui font la une de l'actualité mondiale, l'espace est partout ! Mais avec un point commun à toutes ces activités, qui est la formidable accélération que permet la transformation numérique de notre société, pour laquelle l'espace intervient en amont et en aval.

En amont, parce que les systèmes spatiaux ont conduit au développement de techniques extrêmement sophistiquées qui s'appliquent à présent en dehors du spatial. Le CNES a ainsi été pionnier en ce qui concerne le big data, pour des missions particulièrement ambitieuses comme Gaia, qui cartographie le ciel et qui nécessite le traitement d'un nombre inouï de données. Le spatial a aussi développé des algorithmes d'intelligence artificielle pour rendre autonomes les sondes qui explorent les confins de notre système solaire. Cette expertise développée au fil des ans s'applique maintenant en aval, avec le véhicule autonome, dont l'existence est rendue possible par l'extraordinaire précision de Galileo, ou avec les progrès spectaculaires de la médecine, rendus possibles par la corrélation d'un nombre quasi infini de résultats expérimentaux. Au total, cette véritable révolution numérique, dont nous sommes tous acteurs, ne nous conduira pas seulement à disposer d'un smartphone un peu plus évolué. Elle est en train de changer durablement nos conditions d'existence, et l'espace est au centre de cette nouvelle société qui se construit.

**JEAN-YVES LE GALL**

PRÉSIDENT DU CENTRE NATIONAL D'ÉTUDES SPATIALES



GAIA

## La Voie lactée en 3D

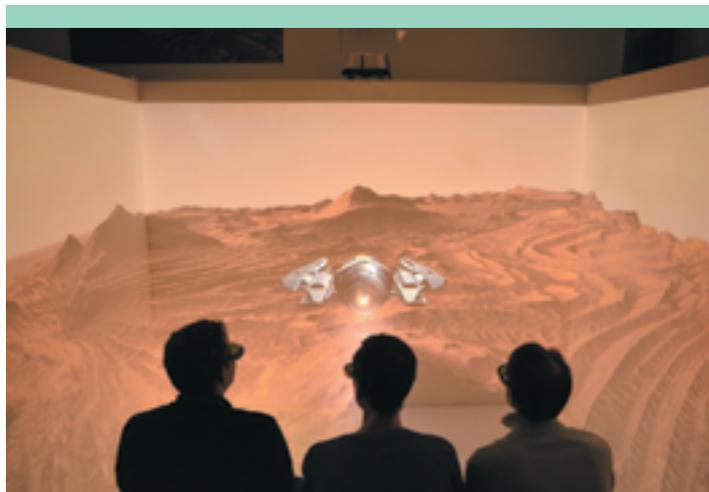
Gaia DR2<sup>1</sup> est la deuxième version du catalogue Gaia. Elle paraîtra en avril 2018, deux ans après la première édition. Plus d'un milliard d'objets célestes cartographiés en 3D y figureront. Gaia n'est pas une mission d'observation, mais d'astrométrie : elle apporte des informations très complètes sur les positions, les distances, la vitesse et les mouvements des étoiles. Lancée en décembre 2013 pour cinq ans, elle est la sixième pierre angulaire du programme scientifique de l'ESA. Par sa démesure, Gaia a fait bouger les lignes. Pour exploiter l'ensemble de ces données, le CNES a basculé dans le big data<sup>2</sup>, un saut technologique dont bénéficie toute l'entreprise.

1. Data Release 2

2. Les enjeux du big data se résument en 5 V explicités dans ces pages : volume, vitesse, variété, véracité et valeur.



## L'ESSENTIEL

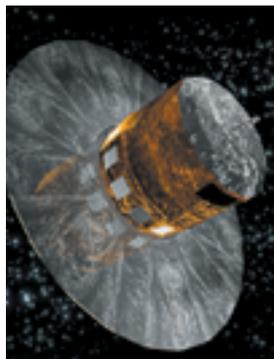


### CAVE MARTIENNE

## MARS PLUS VRAIE QUE NATURE

Imaginez une salle avec trois pans pourvus d'écrans 3D et deux bancs. C'est la Cave<sup>1</sup> martienne du CNES, un outil de communication qui vise à promouvoir la réalité virtuelle. Équipés de lunettes 3D, les visiteurs sont téléportés sur Mars, dans le sillage du robot martien. La visite de ce cube immersif est réservée aux salariés, et, pour les visiteurs extérieurs, elle est incluse dans le circuit de notoriété du centre toulousain. Mais cette phase d'immersion n'est pas totalement fictive : les images qui l'alimentent sont exactes et actualisées grâce aux données spatiales.

1. Cave Automatic Virtual Environment



## 6 000 MILLIARDS

*Le CNES est l'un des six centres de traitement des données Gaia. Chaque mois, il reçoit, traite et archive de 5 à 40 To de données. En 2018-2019, il devra traiter trois ans de données en moins de six mois.*

*En 2020-2021, il traitera cinq ans de données, ce qui nécessitera de réaliser 6 000 milliards d'opérations par seconde.*

### VOLUME

## LA MESURE DE LA DÉMESURE



**B**ienvenue dans le monde vertigineux des petaoctets (Po), l'unité de mesure rendue célèbre par Gaia ! Onze heures par jour, des masses de données brutes arrivent en continu au centre de traitement français (DPCC<sup>1</sup>). Anticipant cette volumétrie, le CNES a, dès 2011, mis en concurrence les technologies big data disponibles. Il a retenu le système Hadoop, reconnu pour ses capacités de stockage et de traitement de flux massifs. Mais pour Gaia, pas de mots-clés clairs et compréhensibles : les données brutes sont fournies en langage numérique mêlant chiffres, codes et signes cabalistiques. Le déchiffrement nécessite des algorithmes très spécifiques. Au terme de la mission, le CNES aura traité 3 Po de données.

1. Data Processing Centre CNES



## L'ESSENTIEL



### VÉRACITÉ RÉPÉTER POUR GARANTIR

Le satellite Gaia tourne en rotation lente pour balayer l'ensemble de la voûte céleste à chacun de ses passages. Il réalise une observation complète du ciel environ tous les six mois. Ces rotations répétitives sont primordiales car, à défaut de références existantes, le croisement des données permet de garantir leur exactitude. Tous les deux ans, à chaque cycle, l'ensemble des données est ainsi une nouvelle fois traité. Et pour s'assurer que tous les centres de traitement disposent du même jeu de données, des outils de comptage détaillé, d'analyse d'intégrité et de complétude ont été développés. Les données sont vérifiées avant et après archivage, traitements et transferts. Au sein du DPAC (Data Processing and Analysis Consortium), une équipe assure la validation scientifique du catalogue avant sa publication dans le monde entier. Si le deuxième catalogue est si attendu, c'est aussi parce qu'il détaille la méthodologie utilisée pour aboutir aux résultats.

### VÉLOCITÉ RECORD BATTU !



En consacrant une seconde à chaque étoile, il aurait fallu trente ans pour établir la cartographie que Gaia s'apprête à réaliser en seulement cinq ans ! Le débit minimum pour échanger les données est de 1 gigabit par seconde ; il est de 10 gigabits par seconde pour les transmissions internes. Ce débit est nécessaire pour stocker et exploiter deux ans de données de la mission et les traduire, en moins de six mois, en produits-catalogue. Et comme pour chaque nouvelle version du catalogue, toutes les données acquises depuis le début de la mission sont retraitées. Plus le temps passe, plus le catalogue est chargé. Il faut donc une extrême vélocité pour gérer de plus en plus vite un volume de plus en plus grand de données, à partir de traitements de plus en plus complexes.

### VALEUR OUVRIR LA VOIE À L'ARCHÉOLOGIE GALACTIQUE

Avec Gaia, pas besoin de choisir entre quantité et qualité. En extrapolant les informations relatives aux objets célestes cartographiés, la mission va peut-être permettre aux scientifiques de remonter jusqu'à environ 10 milliards d'années, à l'origine de notre galaxie. Ils pourront alors mieux comprendre sa formation et son évolution. Inconnues jusqu'alors, les vitesses d'éloignement ou de rapprochement de la Terre sont des données fondamentales pour faire de l'« archéologie galactique ». Le premier catalogue Gaia, paru en septembre 2016, largement utilisé, fait référence. En gagnant encore en précision, le second sera sans nul doute utilisé pendant des dizaines d'années. Les scientifiques du consortium l'annoncent comme formidable.



## VARIÉTÉ LA GAMME COMPLÈTE DES ASTRES



toiles simples, doubles ou multiples, naines brunes ou blanches, supernovæ, galaxies, astéroïdes, exoplanètes... Gaia ne sélectionne pas : il « flashe » tous les objets célestes. Connus ou inconnus, ces objets sont localisés et cartographiés avec une précision de l'ordre de 10 microsecondes d'arc, soit l'équivalent d'un cheveu vu à une distance de 1000 kilomètres. Les informations recueillies sont ensuite analysées et converties en valeurs astrophysiques. Au CNES, environ 100 types différents de tables (bases de données) sont reçus en entrée. 70 produits en sortent sous forme binaire ou textuelle. Ces données ne sont pas figées : Gaia observe 50 millions d'objets par jour, et ceux-ci seront observés 70 fois pendant la mission. Ces mesures viennent compléter celles du précédent catalogue et améliorer la précision de la cartographie.

# < 1 %

Cartographier un milliard d'objets ? Le chiffre est impressionnant. Et pourtant, un milliard d'objets c'est moins de 1 % des étoiles de notre voûte céleste. Les performances de la mission Gaia sont telles qu'à mi-parcours elle a dépassé l'objectif avec 1,14 milliard d'objets répertoriés.

# 100 To/AN

C'est le volume de données enregistrées lors des premières missions d'observation de la Terre. À l'heure du big data, ce chiffre paraît dérisoire. En effet, près de trente ans d'observation par les satellites Spot représente un volume d'à peine 15 Po, ce qui est proche du volume des données acquises par les Sentinelles Copernicus en seulement trois ans.

# 25

C'est le nombre de pays européens regroupés dans le Gaia Data Processing and Analysis Consortium. Ils sont représentés par les laboratoires, observatoires, universités et agences spatiales impliqués dans le traitement des données. Quatre cent cinquante personnes, dont une centaine en France, sont mobilisées autour de cette mission. Six centres de traitement de données ont été installés dans cinq pays. Le consortium a défini méthodes et standards communs pour uniformiser la gestion des données.

## PETIT LEXIQUE DE L'INNOVATION NUMÉRIQUE

### RÉALITÉ VIRTUELLE (RV)



Par le biais d'un casque 3D, c'est une plongée dans un monde virtuel.

### RÉALITÉ AUGMENTÉE



Elle transporte la personne devant des objets de taille réelle (comme devant une maquette) ou superpose en temps réel un modèle virtuel 3D ou 2D à la réalité observée.

### ASSEMBLAGE INTÉGRATION TEST (AIT)



Au CNES, la réalité virtuelle accompagne les différentes étapes d'assemblage, de contrôle et de test des satellites. Réalité virtuelle et conception assistée par ordinateur (CAO) sont alors superposées sur une tablette tactile.

### IMPRESSION 3D



Aussi appelé fabrication additive, ce procédé permet la fabrication d'un objet physique par empilement de couches successives de matière (plastique, résine ou métal) à partir d'un fichier 3D.

### OBJET CONNECTÉ



Désigne tout objet connecté sans fil et partageant des informations avec un ordinateur, une tablette électronique, un smartphone, etc.

### CLOUD OU CLOUD COMPUTING



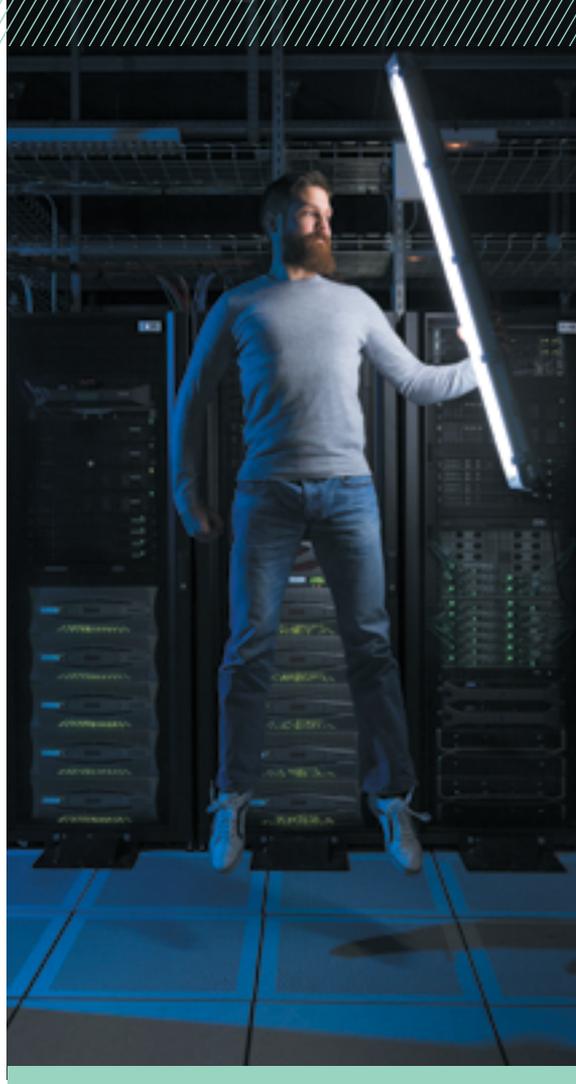
C'est l'accès via un réseau de télécommunications, à la demande et en libre-service, à des ressources informatiques partagées et configurables.

## DARWIN

### UNE CARTE UNIQUE ET DES « CLOISONS » ÉTANCHES



**D**émonstrateur d'avionique développé au CNES, Darwin va tester de nouvelles technologies numériques qui devraient apporter une plus-value aux solutions spatiales. Parmi elles, l'éparpillement des unités de calcul sur l'ensemble de l'instrumentation. Après des phases de recherche et développement, Darwin testera un modèle innovant de groupe processeur. Le système repose sur un ordinateur à carte unique qui centralise les algorithmes. Mais la centralisation des « intelligences » devait s'affranchir d'obstacles. Mémoire partagée ne veut pas dire mémoire mélangée, et il faut éviter qu'une des applications n'interfère sur l'autre. Le cahier des charges prévoit bien la sauvegarde de la ségrégation entre les fonctions. Cette étanchéité est garantie par les logiciels conçus pour sécuriser cette cohabitation et par la puissance extrême du processeur. Darwin va exploiter ces nouveaux dispositifs; le système embarqué cumule haute intégration, polyvalence, compacité et faible coût.



## NOUVEAUX MÉTIERS

### CIBLER LES BONNES COMPÉTENCES

**A**u CNES, la donnée, on connaît ! Mais traiter les flux massifs délivrés par le big data est un challenge particulier. Pour y parvenir, l'agence spatiale se tourne vers les nouveaux métiers : data scientists, data analysts, etc. Face aux difficultés de recrutement de ces profils, très convoités par le secteur privé, le CNES privilégie des candidats ayant une connaissance sûre dans les domaines des mathématiques, des bases de données, de l'expertise statistique et des calculs de probabilité (cf. rubrique Rencontres p. 32). Il a pris le parti de faire des formations spécifiques sur l'intelligence artificielle, une technique déjà utilisée dans certains programmes scientifiques comme la détection de nuages ou dans le secteur de la défense.



## L'ESSENTIEL

### ARGOS NEO

## DE NOUVEAUX INSTRUMENTS RADIO-LOGICIELS



prouvés en orbite, les composants électroniques ont démontré leur fiabilité. Mais face à la concurrence mondiale et à la contrainte de temps de mise sur le marché, leur utilisation exclusive devient un luxe.

Le CNES se prépare donc depuis plusieurs années à utiliser des composants commerciaux pour concevoir les futurs instruments radio-logiciels. Argos Neo, la nouvelle charge utile radiofréquence bord développée par Thales Alenia Space et Syrlinks, repose justement sur ce type de composants, issus des domaines des radiocommunications terrestres et de l'automotive<sup>1</sup>. Ils représentent un gain de place et d'énergie et une réduction de coût. Le CNES travaille donc à leur caractérisation. Il établit la liste des risques potentiels en environnement spatial et élabore des stratégies pour garantir leur efficacité. Prévue pour début 2019, Argos Neo sera la première mission à exploiter ces nouvelles technologies radio-logicielles en vol. Ce qui devrait également ouvrir la voie au « tout reconfigurable » en vol.

1. Tout ce qui est relatif à la gestion de l'autonomie des transports.

### RESSOURCES HUMAINES

## LE BIG DATA AU SERVICE DE L'HUMAIN



P our gérer de manière plus personnalisée les questions de recrutement, de plan de carrière, de formation ou encore de congés, les services RH du CNES s'appuient aussi sur le big data. En croisant rapidement de nombreuses données, il apporte une véritable plus-value et fait converger approche humaine et cohérence d'entreprise. Le service Applications administratives et le service Valorisation, innovation et produits ont d'ailleurs établi des échanges pour partager leurs expériences et créer des passerelles sur des sujets d'intérêt commun.



### AFTERWORK

## RECRECITER AUTREMENT



A vec la digitalisation du monde économique, le CNES a besoin de nouvelles expertises, notamment liées au numérique.

Une denrée rare sur le marché. Il vise aussi les jeunes tout juste sortis des écoles, qui ont des idées plein la tête. Pour les recruter, le CNES oublie les procédures traditionnelles : il s'est converti aux afterworks, ces rendez-vous dynamiques organisés en soirée dans des lieux neutres et chaleureux. En amont, l'équipe RH établit avec le manager un « gabarit » du profil recherché. Les offres de recrutement sont lancées sur tous les réseaux sociaux. Une présélection est opérée, et ne sont invités que les candidats ayant le bon profil. Entre entretien dynamique et conversation à bâtons rompus, l'afterwork permet de déceler d'autres atouts : réactivité, créativité, adaptabilité. Ces valeurs sont indispensables pour accompagner le CNES dans sa transformation digitale. Quatre ou cinq candidats seulement sont pressentis pour chaque poste. Et ça marche ! Pour six postes disponibles, le premier afterwork s'est conclu avec cinq embauches en l'espace de deux mois seulement.



## # 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!;)



**@CLAIREMAESELE**

Chargée de mission événementiel  
@Cap\_Digital | Twitt #innovation  
#numérique #startup #event | Passionnée  
de #voyages #food #theatre



Salle comble ce soir chez @Cap\_Digital pour l'Afterwork Espace & Numérique avec le @CNES\_Techno ! #espacenum



**@SFOUILLE**

#Digital #Marketing  
Strategist @Capgemini  
#TransfoNum #IoT  
#Cybersecurity  
#Cloud #AI #BIM #SIG | Déléguée  
@FemmesduNum Syntec | Fondatrice  
@FDOuest | #i4Emploi



#CWIN17 Paris Table ronde  
"Data #spatial" Elles créent  
de la valeur et donnent accès  
à de nouveaux usages dont  
#agriculture #environnement.



**@CAP\_DIGITAL**

Collectif d'innovateurs du numérique. 🤖📱  
Organisateur @Futuresfestival & @CapEdFab  
fabrique des nouvelles formations numériques 🚀



- 🤖 + 📱 = ? #espacenum Quels usages entre  
le numérique et les technologies du spatial ?  
📺 Réponse en vidéo avec le film Espace  
et Numérique by @CNES\_Techno @CNES

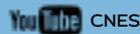
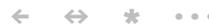
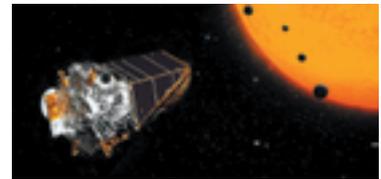


**@ASTRONOVAFR**

Site de vulgarisation  
scientifique dédié à  
l'astronomie et à l'espace  
#astronomie #aérospatial  
#espace @Robert\_Morel



Jeudi 14 décembre, la NASA  
révélera de nouvelles  
découvertes de son télescope  
spatial Kepler. On sait par  
ailleurs que les données ont  
été traitées grâce au machine  
learning de Google #espace  
#astronomie #NASA  
#MachineLearning #data





GRAND ORAL

# CÉDRIC VILLANI

MÉDAILLE FIELDS 2010 ET DÉPUTÉ DE L'ESSONNE, Cédric Villani a été chargé par le gouvernement de rédiger un rapport sur l'intelligence artificielle (IA). Il décrypte pour nous les enjeux actuels et à venir de l'IA, en France et dans le monde.



## GRAND ORAL

### QUE RECOUVRE LE TERME « INTELLIGENCE ARTIFICIELLE » ?

**Cédric Villani :** Dans les années 1950, il désignait une tentative de reproduire artificiellement, c'est-à-dire au moyen d'un algorithme, l'intelligence humaine. De nos jours, l'intelligence artificielle recouvre un ensemble de techniques algorithmiques accomplissant des tâches sophistiquées, personnalisées, prenant en compte de nombreux paramètres. Ces techniques reposent sur une variété d'approches : ontologique (fondée sur la logique, avec des causes et des conséquences), statistique (fondée sur l'exemple) ou encore par exploration (ou renforcement, basée sur l'exploration de tous les possibles). La grande révolution de ces quinze dernières années réside dans la montée en puissance des méthodes statistiques, ce qui explique pourquoi les données sont devenues un tel enjeu. Mais l'IA n'est pas un sujet nouveau : les algorithmes qui tiennent le haut du pavé existent depuis les années 1980. Autre nouveauté : du fait de l'abondance des données et des performances des systèmes de calcul, les algorithmes ont acquis une puissance inédite. En permettant le calcul des trajectoires et des

formes, l'optimisation des chaînes de production, etc., ces technologies s'invitent dans tous les secteurs industriels. Et notamment dans l'industrie spatiale avec la question du repérage dans le temps et l'espace, via le système européen Galileo. Ou chez l'équivalent américain de Galileo, GPS, et ses applications dans le cadre de l'astronomie, la reconnaissance automatique à partir d'images d'exoplanètes ou de débris.

### VOUS AVEZ ÉTÉ CHARGÉ PAR LE GOUVERNEMENT D'ÉLABORER UNE STRATÉGIE NATIONALE FACE À L'IA. QUELLES EN SONT LES PRIORITÉS ?

**C. V. :** Notre équipe d'une demi-douzaine de personnes a auditionné 300 experts dans toutes les disciplines. L'intérêt allant croissant pour ce sujet, plusieurs rapports sont parus récemment, notamment celui de l'Académie des technologies. La France, premier écosystème de startups en Europe, se caractérise par une expertise scientifique reconnue et une forte culture de recherche, sur le plan mathématique et algorithmique. De nombreux laboratoires de grands groupes étrangers sont d'ailleurs implantés chez nous, comme celui de Facebook à Paris. Notre objectif est

d'améliorer la synergie des acteurs de la recherche avec le secteur privé qui, historiquement, a plutôt été défaillante. Nous travaillerons aussi sur le droit des données, sur la notion de confiance et d'éthique, en mettant en place les institutions ad hoc qui encadreront le dispositif. Avec aussi l'environnement, l'emploi et la formation, l'augmentation des moyens alloués à la recherche... les questions à aborder sont nombreuses. La stratégie française s'appuiera par ailleurs sur l'Europe. L'Angleterre est déjà en avance, avec un montage institutionnel efficace et d'importantes ressources. L'Europe est elle-même en train de développer une stratégie de coordination. Il sera intéressant de fédérer les différentes stratégies et d'utiliser nos différences et nos points communs, à travers des programmes de coopération et d'échange.

### QUELS PROGRÈS MONDIAUX PEUT-ON ATTENDRE D'UNE RÉVOLUTION DE L'IA ?

**C. V. :** Il y a dix ans, personne ne parlait d'investir de façon forte dans l'IA. L'unité de compte étant le milliard, la croissance de l'IA peut entraîner des retombées considérables, mais difficiles à évaluer. L'impact se fait déjà sentir dans les secteurs de la publicité et de la relation client (avec les agents conversationnels, notamment). Dans les faits, vous utilisez l'IA sans arrêt, même dans le cas de Google Translate. L'IA n'est pas nouvelle. Avant, on parlait de « recherche opérationnelle », de

« L'IA A ENCORE DES COTÉS OBSCURS : UN ALGORITHME DE RÉSEAU DE NEURONES QUI LIVRE UNE SOLUTION DONNE TRÈS PEU D'INFORMATIONS SUR SES RESSORTS. LE SPATIAL SERA L'UN DES SECTEURS QUI IMPULSERA LA MOTIVATION POUR RENDRE L'IA PLUS SÛRE. »



## GRAND ORAL



### CÉDRIC VILLANI

MÉDAILLE FIELDS 2010  
ET DÉPUTÉ DE L'ESSONNE

« L'IA N'EST PAS NOUVELLE. LA NOUVEAUTÉ RÉSIDE DANS LE GAIN DE PERFORMANCE RÉCENT ET INEXPLIQUÉ DES ALGORITHMES. LES MÊMES ALGORITHMES, LANCÉS AVEC DES MACHINES PLUS PUISSANTES, SONT PLUS EFFICACES QUE PRÉVU. »

« système expert ». La nouveauté réside dans le gain de performance récent et inexplicable des algorithmes. Personne ne s'attendait à ce que le logiciel de jeu de go Alpha GO soit aussi puissant, ou à ce que les réseaux de neurones donnent des résultats aussi rapides. Les mêmes algorithmes, lancés avec des machines plus puissantes, sont plus efficaces que prévu. La transition de ces dernières années ouvre aussi des possibilités dans le domaine de la défense, très motivé par la recherche. Des pays augmentent les performances de

leurs dispositifs de combat rien que par une amélioration des algorithmes, ce qui peut modifier l'équilibre géopolitique.

#### LE SECTEUR SPATIAL FAIT-IL PARTIE DES SECTEURS PROMETTEURS POUR LE DÉVELOPPEMENT DE L'IA ?

**C. V. :** Le spatial, considéré comme un laboratoire pour l'industrie de pointe, appelle au dépassement et entraîne les autres secteurs. Les contraintes spatiales obligent à tout optimiser. Les processus de certification vérifient que le code informatique fait exactement ce pour quoi il a été prévu. La sûreté des processus et la traque des bugs revêtent une importance capitale : une erreur lors d'une mission peut faire perdre des centaines de millions d'euros. Mais l'IA a encore des cotés obscurs : un algorithme de réseau de neurones qui livre une solution donne très peu d'informations sur ses ressorts. C'est l'un des grands enjeux de l'IA dans son interface avec l'humain de pouvoir expliquer ces réponses, par exemple dans le cadre d'un jeu d'échecs ou de l'achat d'actions en bourse. Le spatial sera l'un des secteurs qui impulsera la motivation pour rendre l'IA plus sûre. Le CNES, établissement-phare, a pour rôle d'accueillir en son sein l'expertise de l'IA, en menant une veille soutenue pour être toujours à la pointe de la technologie.

#### QUELLES LIMITES ET QUELLES DÉRIVES ENVISAGEZ-VOUS FACE À LA PROGRESSION DE L'IA ?

**C. V. :** Personne ne sait jusqu'où nous irons. Il s'agit de trouver la

meilleure façon d'utiliser l'IA. Les techniques actuelles vont plafonner tôt ou tard et auront besoin d'une adaptation. Le monde scientifique attend la combinaison des approches par statistiques et par logique, qui devrait produire un saut qualitatif. Les dérives potentielles s'inscrivent dans l'ensemble des risques liés à la technologie, elles seront dues aux humains et pas à la machine. Je ne les vois pas particulièrement se produire dans le domaine spatial. Dans son ouvrage, *Wagons of math destruction*, Cathy O'Neill décrit la manipulation déjà existante dans les systèmes d'évaluation, la publicité, la politique... Aux États-Unis, des modèles prédisent ainsi les prochains crimes ou la récurrence des prisonniers en libération conditionnelle. Des cas bien plus réels et terre-à-terre qu'une éventuelle « Guerre des étoiles », liée à de possibles dérives de l'IA dans le champ spatial.

### Profil

**1973**  
Naissance à Brive-la-Gaillarde

**1994**  
Agrégré de mathématiques

**1998**  
Thèse « Contribution à l'étude mathématique des gaz et des plasmas »

**2010**  
Médaille Fields

**2017**  
Député de l'Essonne (LREM), chargé par le gouvernement de rédiger un rapport sur l'IA



EN IMAGES



## LA FABRICATION ADDITIVE ALLÈGE LA CHARGE

*Doter un satellite de pièces plus légères et moins coûteuses, c'est possible ! Le CNES le prouve avec le support du capteur stellaire Taranis, le microsatellite dédié à l'étude des éclairs.*

*La solution réside dans la fabrication additive. Un procédé simple auquel il s'intéresse depuis plus de dix ans : un modèle de CAO (conception assistée par ordinateur) focalise les paramètres optimisés par des algorithmes adaptés. Là où l'usinage classique aurait nécessité l'assemblage de plusieurs éléments, le capteur a été constitué d'un seul bloc, couche après couche. La fabrication additive utilise la juste quantité de matière sans aucune altération. Moins de matière, c'est un moindre coût, mais aussi une moindre masse. Le support du capteur a ainsi pu être allégé de 40 %.*



EN IMAGES



## PAS DE TIR, PORT DU CASQUE OBLIGATOIRE

*Même s'il n'est pas encore construit, la revue de détail du futur pas de tir EL4 au Centre spatial guyanais est déjà possible. En effet, la réalité virtuelle est passée par là !*

*À terme, grâce à la maquette numérique, les équipes du CNES pourront visiter le futur site et prendre les décisions qui s'imposent depuis leurs bureaux. Équipés de leurs casques 3D en métropole ou en Guyane, ils seront virtuellement sur place au même moment.*

*Finis plans, cartes, documents ou fichiers informatiques ; plus besoin d'extrapoler pour visualiser la situation. Un système de tracking associé peut même transmettre à distance les mouvements de chaque interlocuteur.*



## EN CHIFFRES

# 13 T

C'est un véritable abîme qui sépare les missions historiques et les nouvelles missions d'observation de la Terre. Avec ses six familles de satellites, le programme européen Copernicus devrait générer chaque jour 13 teraoctets de données en régime de croisière, soit 5 petaoctets par an. À titre indicatif, les satellites Sentinelle fournissent en un an l'équivalent de trente années de données recueillies par l'ensemble des satellites de la famille Spot. Si on rajoute les services et produits associés, ce volume pourrait atteindre 10 petaoctets par an.

# e-conscience

**UTILISER UNE APPLICATION SUR SMARTPHONE POUR INTERPELLER LES JEUNES**, c'est utiliser leurs codes pour les toucher. C'est le pari fait par e-conscience, une start-up née d'un projet de Womixcity. Elle cible les lycéens, qu'elle veut aider à s'ouvrir au monde professionnel et environnemental, à créer des outils numériques et à pratiquer des techniques de mieux-être. Comment utiliser intelligemment les applications sur smartphone ou sur tablette? Comment rester maître du jeu et ne pas surfer à outrance? En proposant une démarche éducative, e-conscience entend responsabiliser les adolescents. Le CNES apporte son soutien à cette initiative, et plus généralement à toutes les actions en faveur du développement de l'e-conscience.

# 5G

Les acteurs des télécommunications préparent actuellement la nouvelle génération du standard des futurs réseaux sans fil. Technologie clé, la 5G devra satisfaire la montée en puissance des objets connectés et répondre à des exigences de flexibilité pour soutenir les nouveaux usages comme le véhicule connecté. Pour atteindre ses objectifs, notamment de couverture globale,

notamment de couverture globale, la 5G prend en compte les réseaux satellitaires. La communauté spatiale doit donc démontrer aux acteurs des réseaux terrestres la valeur ajoutée des satellites. Dans cette action de longue haleine (la 5G devrait être standardisée en 2020), le CNES mène une veille active pour accompagner efficacement la communauté satellite et valoriser les technologies spatiales.

# 11%

**LE BIG DATA FAIT DANS LA DÉMESURE** avec des volumes vertigineux de données et bientôt ceux générés par leur utilisation. En France, de plus en plus de sociétés intègrent la démarche du big data. Malgré tout, elles représentent encore une minorité : en 2015, seulement 11 % des entreprises de dix personnes ou plus ont effectué une analyse de big data.

# PEPS

La plateforme Peps met à disposition des produits aux niveaux de traitement variés (1 à 3) issus des satellites Sentinelle 1, 2 et 3. Mise en service en 2015, elle affiche déjà à son compteur 5 millions de produits livrés.

# 1 seconde

À chaque seconde sont déclenchés 100 000 recherches Google et 5 900 tweets, ce qui représente 343 Mo de données.



LE CNES EN ACTIONS

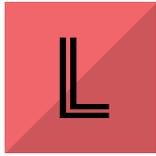
# \* DIGITAL

## UN CHANGEMENT DE CULTURE

DANS LE SILLAGE DES POLITIQUES PUBLIQUES  
ET EN RÉPONSE AUX NOUVEAUX USAGES DE SOCIÉTÉ,  
LE CNES EST ENTRÉ DANS L'ÈRE DU BIG DATA.  
L'ENJEU : RENFORCER SA POSITION À L'HEURE OÙ LA DONNÉE  
SPATIALE EST DEVENUE CRÉATRICE DE VALEUR.



## LE CNES EN ACTIONS



Le big data n'est pas une nouveauté pour le CNES. Depuis ses premières missions, le centre brasse des volumes de données considérables. Le projet Gaia a été le facteur déclenchant, le prétexte à adopter ses technologies spécifiques (cf. rubrique L'essentiel p. 6). Mais la réflexion de fond avait été amorcée bien en amont. « Le CNES s'est intéressé dès 2011 aux technologies utilisées par les Gafam<sup>1</sup>, les géants du web », explique Geneviève Campan, directrice du Centre spatial de Toulouse et de la direction du Numérique, de l'exploitation et des opérations (DNO). En

filigrane pointaient déjà les défis du projet Copernicus. Avec ce programme d'observation et de surveillance de la Terre, l'Union européenne va produire chaque jour jusqu'à 10 000 Go de données qui seront disponibles en open source, c'est-à-dire libres d'accès et gratuites pour les utilisateurs. « Pour le CNES, adopter les technologies du big data préparait aussi à cette révolution de l'accès et des usages. Si l'on rajoute la gestion de nos 3 Po d'archives, le basculement vers le numérique devenait naturel. »

Cette démarche s'inscrit dans une mouvance plus générale. En 2015, le CNES signait avec l'État un contrat d'objectifs et de performances





## LE CNES EN ACTIONS

qui plaçait la donnée spatiale au centre de ses axes structurants : l'innovation et l'inspiration. En 2016, la loi sur le numérique introduisait la notion d'ouverture des données publiques pour optimiser leur utilisation au profit de l'économie. Un contexte institutionnel qui plaide pour une plus grande diffusion de l'information spatiale et de nouvelles formes de collaboration numérique avec les entreprises. Dans le même temps, cinq des plus grandes agences spatiales mondiales (ESA, NASA, JAXA, DLR, CNES) se retrouvent deux fois par an pour mener une réflexion commune sur les effets induits par la circulation des données. Les agences spatiales ne génèrent que des données publiques, dans un total respect des informations privées, mais elles se préoccupent malgré tout des questions de réglementation et d'éthique. À son niveau, l'Agence spatiale européenne a entamé les mêmes réflexions avec son « agenda numérique pour l'espace ».

### VERS UN ESPACE AU SERVICE DU CITOYEN

« Le numérique va modifier profondément nos métiers et notre fonctionnement », constate Geneviève Campan. Au-delà des contraintes qu'il génère, il représente également une opportunité pour le CNES. Il s'agit aujourd'hui d'en faire une richesse, en proposant, à ses partenaires comme à ses collaborateurs, une approche humaine, sociale, citoyenne. Jusque-là réservée à une clientèle ciblée (communauté scientifique, défense, télécommunications), la donnée spatiale doit servir une grande diversité d'usages dans tous les secteurs de la vie quotidienne : la domotique, la robotique, les finances, la santé, l'environnement, les transports, etc. Statutairement établissement public à caractère industriel et commercial (Epic), le CNES a vocation à partager ce trésor. « Il doit permettre une valorisation maximale des données du spatial au service d'utilisateurs qu'il faut savoir écouter et accompagner », note Geneviève Campan. L'espace n'est pas un simple fournisseur de données, il peut et sait aussi inspirer des solutions novatrices et inspirantes. De fait, à l'instar des start-up qu'il côtoie et soutient, le CNES a adopté une posture d'entrepreneur dynamique, tourné vers l'avenir.

### HAPPY DIGITAL

## LE NUMÉRIQUE VERSION DYNAMIQUE

**Happy Digital : c'est le nom du dispositif mis en place par le CNES pour accélérer la transformation numérique de l'entreprise. Au cœur de cette démarche, un réseau d'ambassadeurs qui fait remonter les besoins exprimés au sein de chaque métier. L'Happy Digital doit aussi son succès à sa forme, très conviviale. Autour d'un café, l'équipe projet et les ambassadeurs échangent sur une nouvelle technologie, un service, un**

**produit ou une expérience qu'ils souhaitent partager. Informel, ce moment donne aussi l'opportunité à chacun de faire de nouvelles propositions d'applications. L'immersion en réalité virtuelle, les échanges audio/vidéo sont déjà mis en œuvre. Le management visuel avec le logiciel iObeya, l'animation de réunions collaboratives avec la plateforme Klaxoon sont quelques-uns des sujets à traiter en 2018.**



### Zo

La gestion des données par les technologies du big data n'en est qu'à ses balbutiements.

La masse mondiale de données produite par l'univers digital en 2013 était de 4,4 zettaoctets (4400 milliards de gigaoctets). Selon les prévisions, elle devrait doubler tous les deux ans pour atteindre, en 2020, 44 zettaoctets.

### UNE MATURATION ET DES ÉTAPES SUCCESSIVES

Le CNES a vu dans le big data et plus largement dans sa propre transformation digitale une opportunité de valoriser son patrimoine, mais aussi une chance à saisir en qualité d'entreprise. L'enjeu pour les équipes est moins de se familiariser avec le vocabulaire ou les outils que d'adopter un véritable changement de culture. Espace collaboratif, partage de données, accès autonome à l'information, c'est globalement dans l'approche métiers que le CNES s'adapte. Et la transformation est plutôt vivifiante puisque l'établissement fait sa révolution par la méthode douce. Il adopte un nouveau rapport à l'innovation, basé sur la confiance, et favorise des modèles souples comme le *test and learn* ou le *quick win*. Le numérique, c'est avant tout de la réactivité, de l'adaptabilité, et le CNES n'hésitera pas à réajuster la feuille de route. Big data ou pas, accepter de réorienter la trajectoire quand un projet mène vers une impasse n'est pas un échec mais de la sagesse. Et cette sagesse-là, l'agence spatiale sait aussi en faire preuve.

1. Google, Apple, Facebook, Amazon, Microsoft



## LE CNES EN ACTIONS

# VERSION CORPORATE UN ACCÉLÉRATEUR DE PERFORMANCES

*En 2016, le CNES figurait à la 3<sup>e</sup> place du classement Happy at Work, un challenge qui met à l'honneur les entreprises dans lesquelles les salariés sont heureux de travailler. L'établissement saisit donc l'opportunité de la transformation numérique pour améliorer encore le bien-être de ses collaborateurs.*



La transformation digitale des entreprises est inéluctable. Mieux vaut la choisir que la subir et en faire un vrai projet d'entreprise, souligne Cathy Lacomme-Verbigüé, chef de

projet de la Transformation numérique du CNES. Elle va apporter plus de réactivité, de fluidité. Elle sera un accélérateur de nos performances, et réussira si c'est une véritable coconstruction avec les salariés. » L'établissement mise sur tous les leviers, les moyens techniques mais aussi stratégiques et managériaux pour réussir sa mission.

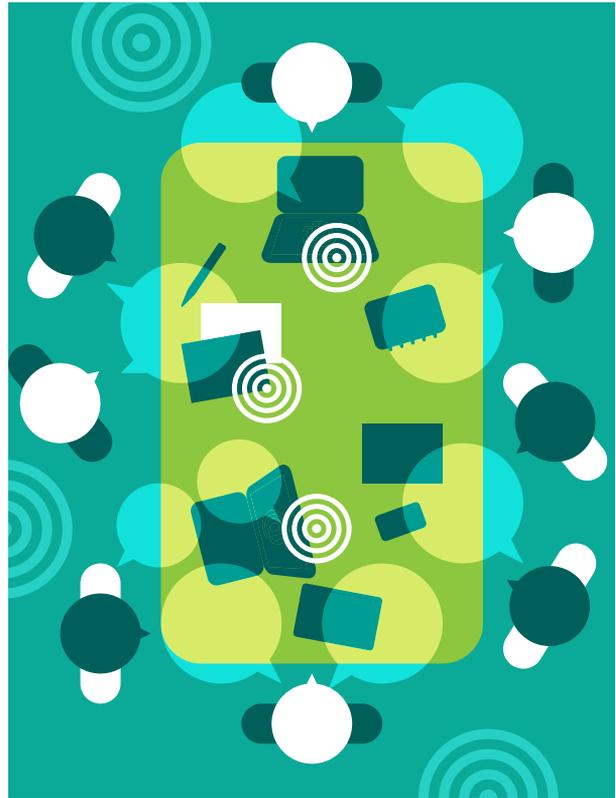
### UN CHANGEMENT DE CULTURE

Devenir une entreprise collaborative, c'est la voie empruntée par le CNES. Il n'est pas le seul à avoir fait ce choix. Nombre de ses partenaires dans la chaîne du spatial ont entamé leur propre transformation digitale. S'y convertir c'est aussi conserver sa place d'excellence dans la chaîne. La première tâche a été d'influer sur l'esprit d'entreprise et passer de la culture classique à la culture digitale. Or, cette dernière ne se réduit pas à l'usage des outils. Elle touche au facteur humain. En pratique, elle suppose de substituer à la verticalité et à la hiérarchisation des pratiques basées sur l'expérimentation, la trans-

versalité et l'autonomie. À des notions traditionnelles de contrôle, de sédentarité, d'intelligence des experts..., la culture digitale oppose des vertus comme la responsabilité, le nomadisme, la communauté, la valeur du partage, etc. Un temps préparatoire à une nouvelle culture est essentiel. Délicat mais vital pour apprendre à travailler de façon plus collaborative.

### UNE MODERNISATION DES OUTILS

Favoriser cette intelligence collective suppose de faire évoluer les outils de travail. La « boîte à outils » numérique est riche : portail d'entreprise collaboratif, chatbot (assistant virtuel), « chat » pour des dialogues instantanés, réunions virtuelles, espaces collaboratifs numériques, etc. Autant de dispositifs utilisés au quotidien par les salariés. Le CNES va égale-





## LE CNES EN ACTIONS

VIDÉO



Plongez dans le data center du CNES !

ment étudier des solutions facilitatrices comme le *machine learning* (apprentissage automatique), qui libère de tâches systématiques au profit de missions à valeur ajoutée. Les Mooc (formations en ligne) sont un des tremplins proposés pour accéder aux métiers du futur (cf. rubrique L'essentiel p. 10). Le plan d'action est déjà en place.

### UN DROIT À L'ERREUR

S'il est un accélérateur de performances, « le numérique n'en est pas moins un processus complexe qui nécessite aussi une bonne dose de pragmatisme, précise Cathy Lacomme-Verbigüé. *Il ne faut pas craindre d'expérimenter, et on doit admettre un certain droit à l'erreur!* » Dans sa démarche de transformation, le CNES s'appuie ainsi sur les méthodes du numérique. Le *test and learn* consiste à avancer en apprenant des écueils rencontrés et en adoptant des *quick wins*, ces petites victoires qui font franchir progressivement les étapes jusqu'à la réussite. Enfin et surtout, une telle transformation sera le fruit d'une démarche commune et transversale : elle se mène à deux niveaux, celui du management et celui du terrain. En 2018, un comité stratégique digital va fixer les orientations. Sur le terrain, un réseau d'ambassadeurs est déjà en place. Au-delà, la communication passe par des fils ténus : chaîne d'actualités sur portail interne, bulletin de veille sur les nouvelles technologies ou les événements digitaux permettent à tous de partager une même culture du digital... sans modération !



### quick wins

enregistrés depuis le début de l'expérimentation.  
Simplification de procédures, conception de nouveaux espaces de travail, engagement zéro papier... Ils n'ont rien de grands challenges qui usent les énergies! Ils s'appliquent à des améliorations simples mais efficaces car rapidement mises en œuvre.

# DONNÉES LE BIG DATA REBAT LES CARTES

*Le CNES produit, stocke et utilise un volume inouï de données. Acteur incontournable du big data, il dispose d'un capital qu'il peut aujourd'hui faire prospérer à condition d'en repenser les modes d'exploitation.*



Depuis trente ans, le CNES reçoit, traite, exploite et archive les données de ses missions. En ce sens, la donnée est inscrite dans son ADN. « C'est ce qui reste de la mission quand le satellite a terminé la sienne. C'est l'héritage que l'on lègue aux générations futures, affirme Jean-Pierre Gleyzes, sous-directeur au CNES. De plus, chaque mission est lancée sur la base d'un programme technologique ou scientifique. Mais on ne sait jamais quelles informations pourront être utiles dans l'avenir. Résultat, on conserve tout ce que l'on peut ! »

### UNE BIBLIOTHÈQUE DE RÉFÉRENCE

Dès les premiers programmes d'observation de la Terre, le CNES s'est interrogé : comment stocker les données et les pérenniser ? Comment les traiter, les analyser, les visualiser, leur donner du sens ? Comment les protéger ? Pragmatique, il a commencé par investir pour archiver les images et les rendre exploitables, en transformant les antiques bandes en produits numériques. Ce capital, dupliqué pour des raisons de sécurité, est toujours préservé. Ainsi, si l'on veut vérifier, par exemple, l'impact des pics de pollution, l'état de déforestation de l'Amazonie ou la fonte des glaces polaires, on peut trouver la réponse dans la « bibliothèque » fournie de l'agence spatiale : avec ses séries temporelles, elle contient des éléments objectifs d'analyse et des références.

### CHANGEMENT DE PARADIGME

Pour autant, l'établissement ne se contente pas de veiller sur ces réserves d'« or noir ». Il reste en éveil face

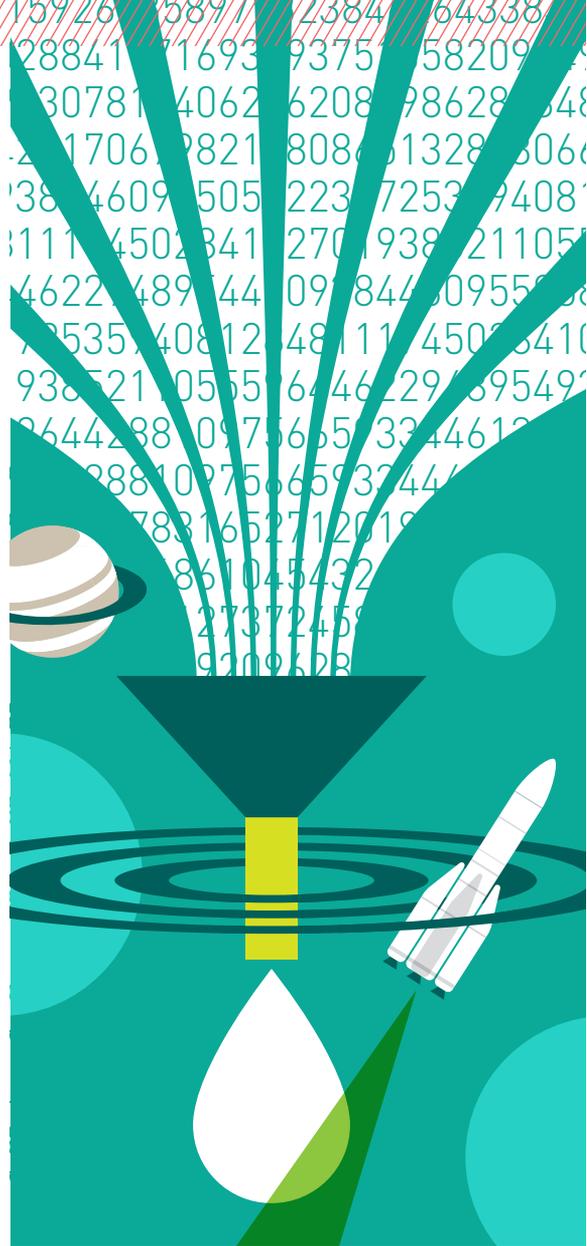
– SUITE P. 24

aux changements rapides imposés par le marché du numérique. « Ce qui a changé, c'est le rythme. Ce qui limitait l'usage des données, c'était la capacité des systèmes de traitement au sol, fait remarquer Jean-Pierre Gleyzes. Avec Internet, la liaison est beaucoup plus rapide, les données peuvent être croisées entre elles. Elles sont plus accessibles. D'où le big data. » Ce qui évolue aussi, c'est l'utilisation de la donnée. Le temps n'est plus au produit affiné : l'image Spot de la Terre vue du ciel ne fait plus recette. « On ne vend plus de l'image, on vend de l'information ! » La chaîne de la valeur se déplace progressivement. De celui qui distribue la donnée, elle est passée à celui qui vend l'information issue de la donnée et les services associés. Un changement de paradigme qui affecte tout le domaine du spatial.

### DATA REFINERY, UNE NOUVELLE FAÇON DE TRAITER LA DONNÉE

Internet, objets connectés, réseaux sociaux, appareils nomades, instruments scientifiques, géolocalisation... le CNES fait son miel de tout. Mais, s'il peut engranger des flux massifs, des questions se posent quant à ses capacités à tout analyser. Le volume des données atteint un tel seuil que les systèmes classiques, avec « l'humain dans la boucle », ne sont plus pertinents. L'intérêt de la donnée n'est pas dans le volume, mais bien dans la pertinence du tri et la qualité de l'information produite. L'étape suivante est donc l'utilisation de technologies comme l'intelligence artificielle (IA) pour « filtrer » la donnée et en tirer la « substantifique moelle ». De nouveaux systèmes, aux noms évocateurs de Data Refineries<sup>1</sup> ou Big Data Analytics, s'y emploient. En tirant de la donnée brute l'information attendue de manière automatisée, la Data Refinery, littéralement « usine à raffiner les données », fournit aux utilisateurs, à l'échelle mondiale, des aides à la décision. Ces systèmes de traitement de masse, gros consommateurs de puissance de calcul, sont capables de détecter, par exemple, la localisation et le nombre de voitures, d'avions, de bateaux, de containers dans les ports, les réserves en eaux, la croissance urbaine, etc. La force de ces nouveaux outils, hébergés massivement sur le cloud, est d'offrir le tout-en-un : analyse globale, qualité, multisource, en temps quasi réel et sur la totalité des données produites quotidiennement. De quoi plonger le CNES dans le monde de demain.

1. Multi-data sélectif



48,6

### Le volume de données

n'est pas le seul chiffre vertigineux associé au big data. Celui du marché mondial des équipements, logiciels et services associés l'est tout autant. Avec une progression de 23,1% par an, il devrait atteindre 48,6 milliards de dollars en 2019.



## LE CNES EN ACTIONS

# AU CŒUR D'UNE ÉCONOMIE BOUILLONNANTE

*La donnée spatiale et le numérique se nourrissent mutuellement pour faire émerger de nouvelles applications dans tous les secteurs de la vie économique. Un cercle vertueux au sein duquel le CNES prend toute sa part.*



Longtemps au service des seules communautés scientifiques, les données spatiales vont vers un âge d'or. Via le numérique, leur inclusion massive dans l'univers économique est aujourd'hui une réalité. Parce qu'ils permettent d'horodater une transaction bancaire au milliardième de seconde près, les systèmes de géolocalisation par satellite, par exemple, ont donné des ailes au secteur de la finance. Associée à des techniques d'intelligence artificielle, l'imagerie satellite sert aussi les analystes économiques et investisseurs qui suivent de près les indicateurs de santé des marchés. Mobilité, environnement, gestion de crise, tourisme, assurances, agriculture, télémédecine, aucun secteur n'échappe à l'efficacité du tandem spatial/numérique.

### COPERNICUS : INÉPUISABLE

À l'initiative du programme Copernicus, l'Union européenne a pris conscience de la révolution qui s'annonçait et a fait le choix de mettre en accès libre et gratuit ces données. Les six familles<sup>1</sup> de satellite vont livrer un flot d'informations. La politique d'accès en open source a déjà stimulé la créativité d'acteurs économiques et favorisé l'émergence de start-up dans de multiples domaines. De nouvelles applications opérationnelles apparaissent, comme la mesure

d'efficacité thermique des bâtiments, le suivi de l'utilisation des sols, la planification d'activités touristiques... Le puits est sans fond ! L'ESA a créé les Copernicus Data and Information Access Services (DIAS) dans le but de faciliter l'exploitation de ces données grâce à une architecture informatique dématérialisée. Dans une recherche d'efficacité, ces services pourront croiser leurs données avec des plateformes déjà mises en place par les États membres. C'est le cas de Peps. Créée en 2015 par le CNES, cette plateforme de démultiplication des données vise à soutenir les initiatives d'acteurs publics et privés. Peps a déjà donné naissance à de nouvelles applications dans des secteurs aussi variés que l'agriculture, l'environnement ou l'aménagement du territoire.

### VIDÉO



Pixstart, de la data spatiale à la piscine

### AUX CÔTÉS DES START-UP

À travers ce type d'initiative, le CNES joue pleinement son rôle : apporter la plus-value nécessaire au développement de services

– SUITE P. 26

## CAP DIGITAL

### AGITATEUR ET FACILITATEUR

**Pôle de compétitivité de la région Île-de-France, Cap Digital définit son rôle comme celui d'un « agitateur » et d'un « facilitateur ».** Sa vocation : **aider les entreprises et les établissements publics à réussir leur transition numérique et technologique.** Créé en 2006, il regroupe aujourd'hui plus de 1000 membres et fédère de nombreux acteurs de l'innovation : laboratoires de recherche, PME, start-up, grandes entreprises,

ETI, écoles, universités et investisseurs. Le CNES et Cap Digital se sont rapprochés afin que les acteurs de l'économie numérique aient une meilleure connaissance des technologies spatiales. En novembre 2017, les deux partenaires ont organisé une soirée de matchmaking – programme de mise en relation – entre experts du CNES, start-up rompues aux usages du spatial et le réseau de start-up du pôle.

 **PLUS D'INFOS :**  
[WWW.CAPDIGITAL.COM](http://WWW.CAPDIGITAL.COM)



## LE CNES EN ACTIONS

à destination des citoyens. Le partenariat CNES/SNCF signé en 2016, par exemple, devrait aider la compagnie ferroviaire à surveiller le réseau, piloter ses trains, connecter les voyageurs. « Mais avec le big data et l'intelligence artificielle s'ouvre un nouveau champ des possibles », souligne Jacques Beas-Garcia, responsable politique industrielle aval au CNES. Et ce champ digital est vaste; il est occupé par de nombreux acteurs très dynamiques que sont les pépinières, incubateurs, boosters et autres accélérateurs au service du tissu industriel. Le CNES est partenaire ou/et contributeur actif d'un grand nombre d'entre eux, comme Station F, ce campus inauguré en juin 2017 à Paris, qu'il a décidé d'accompagner dans son développement. Le CNES soutient également le développement de QuantCube Technology,

**1000**

### Plus grand campus

de start-up digitales au monde, Station F met à disposition 34 000 m<sup>2</sup> de bureaux parisiens « flexibles ».

Il accueillera à terme un millier de start-up internationales de toutes tailles.

**PLUS D'INFOS :**  
[HTTPS://STATIONF.CO/FR](https://stationf.co/fr)

société spécialisée dans l'intelligence artificielle (cf. rubrique Rencontres p. 31) et dont les algorithmes ont été primés lors du forum des start-up à Paris. Enfin, le centre s'implique dans des initiatives ou des événements de portée nationale ou internationale comme Cap Digital (cf. encadré p. 25). Fidèle aux services apportés à la communauté scientifique, il n'en nourrit pas moins de nouvelles ambitions : soutenir et accompagner les acteurs de la nouvelle économie.

1. Sol, océans, traitement de l'urgence, atmosphère, sécurité, changement climatique





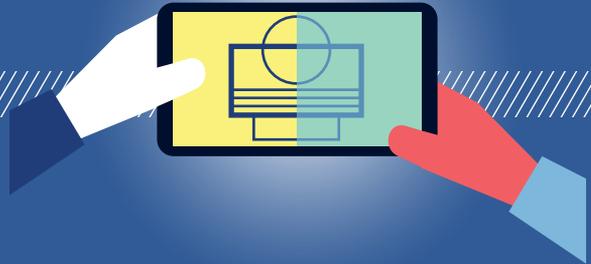
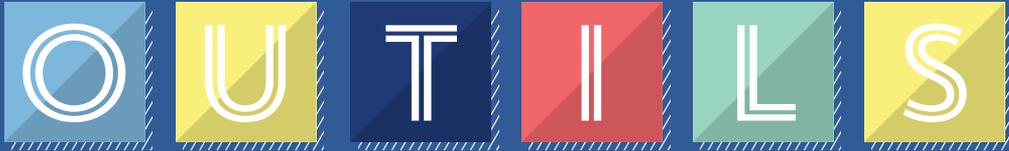
MATIÈRE

# SIMULER POUR APPRENDRE

**BASILES EST L'OUTIL INCONTOURNABLE POUR TESTER** un centre de contrôle satellite et entraîner des équipes. Conçue par le CNES, cette plateforme de composants logiciels permet de créer un simulateur numérique fidèle du satellite. « *Pour les essais avant tir, Basiles joue le rôle du vrai satellite en simulant tous ses équipements mais aussi l'orbite, les astres et les perturbations, plaçant ainsi le centre de contrôle et les opérateurs en conditions réelles d'exploitation* », s'enthousiasme Patrick Landrodie, chef du service Validation systèmes. Modéliser un satellite, des milliers de balises Argos ou encore le déploiement de compteurs électriques communicants, Basiles – téléchargeable gratuitement – relève tous les défis, enrichissant chaque fois ses propres capacités et le patrimoine logiciel du CNES.



## INSTANTS T



### RÉALITÉ VIRTUELLE DRÔLE DE VISITE GUIDÉE

*Une base de lancement, c'est un ensemble d'infrastructures complexes : bâtiments de préparation des satellites, installations radar, télémétrie, pas de tirs... Alors pour optimiser leur conception ou leur exploitation, la réalité virtuelle est un allié de poids. Car devant la maquette numérique, casque 3D sur la tête, tous les acteurs, où qu'ils soient, se retrouvent comme par magie à l'intérieur du bâtiment (cf. rubrique En images p. 17), libres de recueillir des données in situ. Comment installer un pont roulant, mesurer l'accessibilité sur une plateforme, prévoir le câblage réseaux ? Les différents paramètres étudiés sont automatiquement enregistrés puis réinjectés dans la chaîne des informations. De quoi gagner un temps précieux à tous les niveaux.*

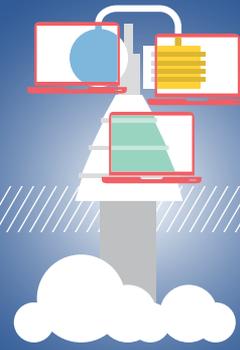
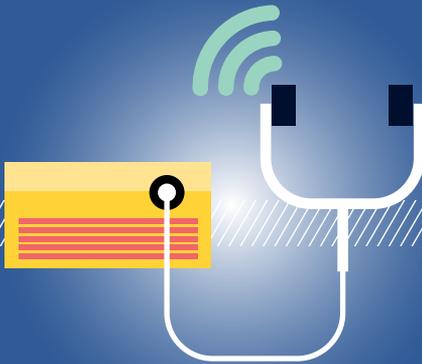
### RÉALITÉ AUGMENTÉE SUPERPOSER RÉEL ET VIRTUEL

*La conception assistée par ordinateur (CAO) a supplanté la planche à dessin dans l'ingénierie. Aujourd'hui, c'est la réalité augmentée qui enrichit la CAO. Via un simple écran, une interaction se crée entre une situation réelle et des objets virtuels que l'on incruste. On accède alors à des données associées : notice, historique de configuration, performances. Le geste est plus naturel qu'avec une souris d'ordinateur. Dans les démonstrateurs, la réalité augmentée permet d'intervenir sur un montage, d'ajuster une pièce. C'est aussi un « outil de dialogue » car votre interlocuteur japonais ou russe voit la même chose que vous ; les explications passent par les gestes directement opérés sur les éléments virtuels du démonstrateur.*



## INSTANTS T

CONCEVOIR VIRTUELLEMENT DES INSTALLATIONS, OPTIMISER LEUR CONSOMMATION ÉLECTRIQUE OU ENCORE ÉLABORER UNE STRATÉGIE DE MAINTENANCE PRÉDICTIVE : LE CNES VOIT LE NUMÉRIQUE COMME UN GARANT DE COHÉRENCE DE LA CONCEPTION DES VÉHICULES SPATIAUX JUSQU'À LEUR LANCEMENT.



### INTERNET DES OBJETS (IOT) PRÉDIRE LA DÉFAILLANCE

*Le Centre spatial de Kourou s'étend sur un territoire de 1200 km<sup>2</sup> ! La surveillance des bâtiments, des véhicules et des réseaux est donc très complexe. Elle peut être facilement améliorée grâce aux objets connectés. Très étendu, le réseau de climatisation, par exemple, est particulièrement énergivore, et ses éventuels dysfonctionnements entraînent des coûts importants. En dotant chaque équipement de capteurs connectés autonomes, on s'assure que le moindre aléa est immédiatement détecté et analysé. Ainsi, l'alerte est transmise avant même la défaillance : la maintenance devient donc à la fois ciblée et prédictive. Et tout le monde peut se recentrer sur ce qui est important. Le CNES étudie la possibilité d'interfacer des capteurs multiples avec l'un des deux réseaux commerciaux déjà installés en Amazonie.*

### USINE 4.0 POUR UNE COHÉRENCE PARTAGÉE

*Avec ses multiples parties prenantes, l'activité spatiale européenne est éclatée. Un moteur spatial peut être imaginé en France métropolitaine et assemblé sur un lanceur en Guyane avec des pièces conçues en Belgique et testées en Allemagne. Cette diversité est à la fois une force et une faiblesse : éloignement, complexité des interfaces, transmission de données, etc. L'usine 4.0 peut optimiser cet ensemble éclaté. Transmission automatisée des données d'une pièce, collaboration autour d'une maquette numérique unique et partagée, état des lieux en temps réel de la production... l'usine connectée facilite le travail collectif depuis l'atelier jusqu'au pas de tir. Un système d'assistance « j'appelle un ami » s'enclenche même automatiquement en cas d'aléa.*



RENCONTRES

# FABRICE CRASNIER

Expert en informatique légale auprès de la société Scassi Conseil.

« L'intelligence artificielle ne sera pas un danger pour l'homme si on ne prend pas l'homme comme modèle. »



Fabrice Crasnier a passé dix ans dans la police judiciaire et a dix-sept années d'enquêtes cybercriminelles à son actif. Entre 1995 et 2000, il a assisté à « l'essor de la délinquance dans le cyberspace », qu'il impute à « un détournement d'usage et non à un défaut d'outils ». Aujourd'hui, les vampires de l'information s'infiltrent jusque dans notre box pour récupérer nos données personnelles. La donnée spatiale n'y échappe pas, comme l'illustre le cas d'un individu qui repérait les points de fuite de ses braquages sur Google Earth. Selon Fabrice, « **les satellites sont des "armes de guerre" aux yeux des cyberdélinquants.** Si la dernière attaque de masse a réussi à éteindre 25 % du Net via 100 000 caméras

connectées, on peut faire exactement la même chose avec un satellite puisque ses données utilisent les mêmes nœuds du Web que les réseaux terrestres. D'où l'importance de protéger les centres de traitement au sol ». **Afin de lutter avec les mêmes armes, Fabrice s'est régulièrement formé aux fondamentaux numériques.** « Pour que les preuves numériques d'une fraude ou d'un crime soient recevables, il faut en connaître les technologies aussi finement que le processus judiciaire », affirme-t-il. Fin 2017, préparant un doctorat en intelligence artificielle (IA), l'ancien cybergendarme a rejoint la société Scassi Conseil et l'Institut de recherche en informatique de Toulouse pour soutenir une thèse sur

la façon dont l'IA peut impacter la cybersécurité. Que l'on soit un particulier ou une entreprise, « il faut circonscrire la donnée à son utilisation première, sans la diffuser sur tous les réseaux », explique le chercheur, qui construit et développe lui-même sa propre domotique ainsi que l'intelligence artificielle qui permettra à ses objets connectés de former un réseau autonome et sécurisé. **Face au risque de se faire submerger par l'IA, conçue pour apprendre seule, Fabrice prône l'altruisme :** « Si on les programme avec des règles comportementales saines, il est possible d'avoir des IA coopératives et désintéressées. L'IA ne sera pas un danger pour l'homme si on ne prend pas l'homme comme modèle. »



RENCONTRES

# THANH-LONG HUYNH

Président de QuantCube Technology.

« En croisant technologie, économie et intelligence artificielle, on voit les choses en très grand. »



Pouvant se trouver à Paris, Londres ou Bahreïn (Arabie) au cours de la même semaine, Thanh-Long Huynh est un globe-trotteur de la finance. « L'avion est ma seconde maison », avoue-t-il en riant. Si ce Français d'origine vietnamienne se rend aux quatre coins de la planète, c'est pour négocier avec des banques, des investisseurs privés et des institutions supranationales. Car tous s'intéressent de près aux prévisions financières de sa start-up QuantCube Technology. **Auteur de stratégies d'investissement depuis 1998, le tradeur a été inspiré par l'émergence des réseaux sociaux pour fonder son entreprise en 2013** selon un principe de base : « récupérer les données en temps réel pour se positionner sur les marchés

financiers avec une longueur d'avance. Ainsi, la récolte immédiate des prix et cours des denrées permet de déterminer l'inflation avec un mois d'avance sur les publications officielles. Les autres données du big data ne sont pas structurées comme des chiffres mais l'intelligence artificielle permet de les analyser au plus tôt. » **QuantCube peut ainsi publier des indicateurs de satisfaction ou d'instabilité sociale immédiate en épurant les réseaux sociaux d'un pays** quand les images satellite lui permettent de déceler les villes au meilleur potentiel de croissance. Le tout avec six mois à un an d'avance. « Le NewSpace<sup>1</sup> offre d'immenses opportunités. En partenariat avec le CNES, nous créons des applications pour déterminer par

exemple le taux de vente des constructeurs automobile en comptant les véhicules présents dans leurs entrepôts », explique le stratège. **Clairvoyante, la start-up se positionne devant les géants de la Silicon Valley, un succès directement lié à la vingtaine de data scientists (et bientôt le double) dont s'est entouré le dirigeant.** Fier et proche de son équipe, Thanh-Long Huynh évoque une « famille multinationales ». « Nous sommes des passionnés, on avance très vite. Des partenaires stratégiques comme le CNES nous permettent de développer un avantage compétitif sur nos concurrents, puis de le conserver. »

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



RENCONTRES

# GUILLAUME EYNARD-BONTEMPS

Ingénieur big data au CNES.

« La problématique n'est plus la puissance de calcul à atteindre mais la masse de données à gérer. »



Giga, téra, peta ou encore hexaoctets : le volume de données n'en finit pas d'augmenter, drainant techniques inédites et nouveaux métiers. **Ingénieur informatique, Guillaume Eynard-Bontemps doit son expertise en big data à cinq années consacrées au projet Gaia**, à ses 3000 To de données et à son cluster Hadoop (cf. rubrique L'essentiel p. 7). « Cette expérience m'a donné envie de travailler au cœur du sujet, et mon profil correspondait bien avec la problématique de l'essor du big data au CNES », explique-t-il. Au sein du pôle High Performance Computing (HPC) depuis septembre 2016, il décrit humblement son rôle : « Je suis en quelque sorte un ingénieur de la donnée qui apporte de nouvelles approches pour

stocker, manipuler et faire parler ces nouveaux volumes. »

**Transverse, le pôle HPC fournit à tous – projets en développement ou déjà opérationnels, ingénieurs, scientifiques – des moyens informatiques** permettant de calculer la trajectoire d'un lanceur, ou encore d'exécuter des algorithmes complexes de traitement d'images. Parmi ses six cents utilisateurs, certains consomment parfois jusqu'à trois millions d'heures de calculs en l'espace de six mois ! « Pour répondre à un maximum de demandes, nous avons un super-ordinateur tout terrain : 370 serveurs, soit 8000 cœurs de calculs, et 3 Po de stockage se partagent modes de traitement et données », expose l'expert. Support aux utilisateurs,

exploitation, développement et veille technologique, la profession exige de maîtriser « tant l'infrastructure matérielle que le développement informatique, ce qui mobilise bon nombre de solides connaissances scientifiques et mathématiques ». **Pour l'avenir, Guillaume évoque une sensibilisation des équipes pour intégrer la problématique big data en amont d'un projet, et une rationalisation de l'infrastructure de stockage.** « Nous nous penchons aussi sur l'intérêt du cloud pour l'externalisation des traitements et sur l'utilisation des techniques de machine learning, un sous-domaine de l'intelligence artificielle. Car si performantes et à la mode soient-elles, ces technologies ne sont pas adaptées à tous les usages. »

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



## ESPACE ÉTHIQUE



JACQUES ARNOULD

# PAR DES TERRES QUI NOUS SONT INCONNUES

*Le monde du numérique et des données massives n'est peut-être pas  
tellement différent de celui de l'espace : par ses dimensions exorbitantes,  
mais aussi par l'absence de centre sinon celui que nous, les humains,  
accepterons d'occuper.*

**P**rotagoras a du souci à se faire. Lui qui, au temps des philosophes grecs, affirmait que l'homme est la mesure de toutes choses, il pourrait s'inquiéter de voir nos existences envahies par une telle masse de données et d'informations, de connaissances et de théories que leurs flots sans cesse grossissants menacent de nous submerger et de nous entraîner au loin, vers une destination inconnue. Une sorte de raz de marée, de déluge face auquel il paraît difficile, voire impossible, d'opposer la moindre et efficace résistance, de trouver une issue de secours, d'imaginer une arche de Noé virtuelle. Nous sommes désormais condamnés à vivre au milieu de flots de données, sans même que nous y prêtions le plus souvent attention ; mais peut-être est-ce mieux ainsi ?

### DONNER UN BUT À CES EXPLORATIONS

Ce n'est pas la première fois que l'espèce humaine doit affronter pareille situation. Les astronomes qui, au début du XVII<sup>e</sup> siècle, entreprirent de scruter le ciel avec des yeux augmentés par des lunettes et des esprits libérés d'un géocentrisme arrogant, ces astronomes n'ont pas hésité à décrire le monde comme une sphère dont le centre est partout et la circonférence nulle part. Les siècles qui ont suivi leur ont donné raison : des milliards d'années-lumière nous séparent des possibles

limites d'un univers que nous disons nôtre, non pas pour en revendiquer la possession, mais pour le distinguer des multiples autres qui pourraient peupler d'autres dimensions. Autant d'univers qui nous sont et nous demeureront sans doute à jamais inconnus. Pourtant, nous avons décidé d'explorer notre univers dénué de centre et de frontières, en commençant par ses franges les plus proches. Des explorateurs, humains ou robotiques, se risquent au-delà de l'atmosphère, décrivent de nouveaux mondes mais portent aussi sur notre planète un regard singulier. Sur Terre, des lois ont été élaborées pour faire du territoire spatial un lieu libre d'accès et sauf de toute appropriation, de son exploration un apanage de l'humanité. Insuffler et préserver un tel esprit n'a rien d'une sinécure, surtout face au développement d'entreprises et d'intérêts privés.

Le monde, les mondes du numérique et de ses masses de données ne sont-ils pas tout autant exorbitants ? Ne devrions-nous pas en partager les défis, les risques autant que les rêves et les valeurs ? Ne croyons pas que l'inconnu ne puisse que s'imposer à nous : nous explorons, nous découvrons aussi ce que nous avons préalablement imaginé et parfois construit. Dès lors, un même souci peut nous habiter : celui de donner un but à nos explorations, celui de garder l'être humain au centre des terres qui nous sont encore inconnues.



EN VUE

## ASSOCIATION LA MÊLÉE

Conférences, barcamps (ateliers participatifs) et autres ateliers de *quick learning* – formation express –, La Mêlée se penche régulièrement sur le thème du big data. Cette association créée à Toulouse en 2000 anime les écosystèmes de l'innovation et de la transformation digitale sur la région Occitanie. 600 adhérents partagent les contenus thématiques de projets collaboratifs au sein de groupes de travail. Ils échangent sur des problématiques communes, des solutions innovantes, des initiatives concrètes. Le CNES y trouve de bonnes idées, des réseaux, et le meilleur moyen de « rester connecté » à l'écosystème numérique régional. Il y soutient aussi des initiatives destinées à des applications citoyennes comme Qwant, le moteur de recherche français qui veut préserver la vie privée des utilisateurs. La Mêlée numérique, le « Festival de l'Homo Numericus » de l'association, a accueilli plus de 7000 visiteurs en 2017. Par la voix de Lionel Suchet, son directeur général, le CNES y animait une table ronde sur le big data et la toute-puissance des Gafam.



## DIGITAL GIRLS Allier climat et mixité

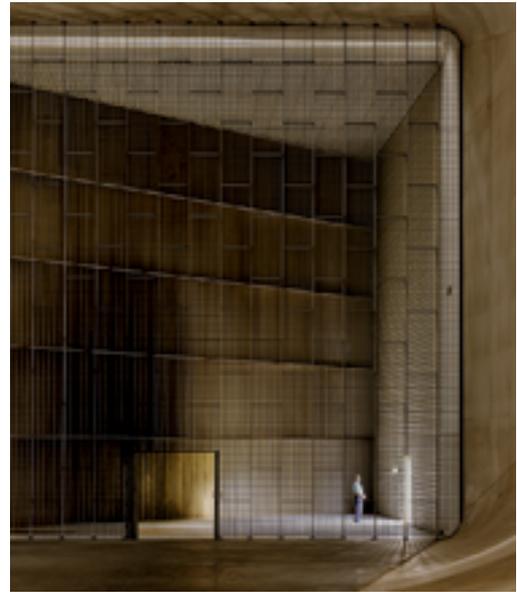
Les Digital Girls veulent prouver que les femmes, qui ne représentent que 25 % des métiers du numérique, y ont pourtant toute leur place. En septembre 2017, le marathon Wo'Mixcity organisé par l'association a permis à des porteuses de projet de concevoir et développer des solutions pour accélérer la protection du climat et la transition énergétique. Le CNES a pris une part active à l'événement, placé sous le double marrainage de Geneviève Campan et de Cathy Lacomme-Verbiguié, du CNES.

## COLLOQUE Big Data From Space

Fin 2017, le CNES a accueilli la troisième édition de la conférence Big Data From Space, organisée par l'ESA, le IRC et le SatCen. Avec plus de 700 inscrits issus de plus de 48 pays, cette édition fait date. Bilan : le rôle des techniques d'extraction d'informations des données est de plus en plus important. Toutefois l'accès – ouvert, notamment – aux données est un facteur de réussite qui reste à améliorer. La prochaine édition aura lieu en février 2019 et sera accueillie par l'agence spatiale allemande (DLR).

## EXPOSITION

# PAST FORWARD



Le travail de Vincent Fournier mêle photographies documentaires et clins d'œil cinématographiques. Programmée à la galerie du Château d'Eau, l'exposition Past Forward s'organise autour de deux parcours : « *Space Project* », dédié aux lieux mythiques de l'exploration spatiale revisités, et « *The man machine* », qui interroge sur l'évolution des créatures artificielles dans notre vie quotidienne.

À découvrir du 18 janvier au 1<sup>er</sup> avril 2018 à la galerie du Château d'Eau (Toulouse), du mardi au dimanche de 13 heures à 19 heures.



EN VUE



LECTURE

# ENKI BILAL LU PAR JEAN-FRANÇOIS CLERVOY

13 décembre 2041.

**Un bug planétaire entraîne la disparition de toutes les données.** Un seul homme y échappe : un astronaute de retour sur Terre après une mission sur Mars. C'est le point de départ de Bug, le nouvel opus de l'auteur de La Foire aux immortels. L'album a enthousiasmé l'astronaute français Jean-François Clervoy, qui compte trois missions spatiales pour la NASA à son actif. « J'ai découvert Bilal dès ses premiers albums. Je suis fasciné par ses dessins : de véritables peintures ! » Alors, qu'a-t-il pensé de ce Bug ? « C'est une vision d'artiste, bien sûr, mais ce scénario est loin d'être loufoque. Il permet de

*montrer à quel point nous sommes devenus hyperdépendants de l'espace, sans possibilité de retour en arrière. Dans un monde hyperconnecté, que se passerait-il si toutes les données disparaissaient ? Il y a quelques années, à l'ESA, nous avons tourné un clip pour expliquer qu'une hyperactivité millénaire du Soleil pourrait parfaitement griller tous les satellites actifs autour de la Terre, ce qui provoquerait un chaos immédiat, au niveau des transmissions, des transactions financières, etc. » Enki Bilal revendique pourtant un traitement non réaliste, celui de la fable, mais « avec des éléments de vraisemblance ».*



## AGENDA

**26-28 JUIN 2018**

Toulouse Space Show  
Toulouse, France

**FÉVRIER 2019**

Colloque Big Data  
From Space  
Allemagne

## CONCOURS

### ActInSpace® 2018

Imaginé par le CNES et coorganisé avec l'ESA depuis 2016, ActInSpace® est un concours international qui se déroule dans plus de 60 villes à travers le monde. Les participants doivent, en l'espace de 24 heures, résoudre un défi portant sur l'utilisation de technologies du spatial dans la vie quotidienne. Imaginé pour les étudiants mais ouvert à tous, ce concours a pour but de donner le désir d'entreprendre aux jeunes. La troisième édition est prévue les 25 et 26 mai 2018. 2500 candidats y sont attendus pour donner naissance à plus de 30 start-up. Rendez-vous pour la finale le 27 juin 2018 lors du Toulouse Space Show.



TRANSFERT

# BAGUE CONNECTÉE

*Avec sa bague intelligente Aeklys, la start-up corse Icare Technologies propose une nouvelle sorte d'union : celle d'un individu et des objets connectés à usage quotidien. Sortie prévue en mars 2018.*



u placard les clés de domicile et de voiture, les tickets de métro et les cartes de paiement ! Car vous pourrez bientôt tout faire d'un doigt ! Le tout sans craindre de perdre ou de vous faire voler ces précieux objets, tous réunis sous la forme d'un simple anneau qui se désactive dès qu'il n'est plus en contact avec la première phalange de votre doigt.

« Le système de reconnaissance du porteur de l'anneau passe par une application smartphone qui permet initialement de programmer la bague, puis de l'activer à chaque fois que vous la mettez. Ensuite, tout est automatique, vous pouvez même oublier votre smartphone ! » s'enthousiasme Fabien Raiola, responsable commercial et cofondateur d'Icare Technologies en 2016.

## UN SYSTÈME FIABLE, ÉTHIQUE ET TRANSPARENT

En céramique ou polymère, l'anneau lui-même n'est pas connecté : il reçoit le code d'un terminal auquel il va associer une réponse. « Compatible avec 95 % des équipements du marché, Aeklys utilise la technologie sans contact et autorise un ordre de paiement jusqu'à six cents euros. La sécurité et la protection des données personnelles sont au cœur du dispositif pour garantir un système fiable, éthique et transparent », poursuit le responsable.

Pour les besoins de miniaturisation, Icare s'est inspiré des technologies utilisées dans les domaines de l'aérospatiale et des satellites. « Nos prochaines applications se tournent vers la défense et la santé. Un partenariat avec le CNES, que nous avons rencontré tout récemment, nous permettrait sans doute de gagner encore en technique et en efficacité », affirme Fabien Raiola, dont la start-up compte déjà onze salariés en Corse et un à Paris. Le partenariat entre le CNES et le monde des start-up s'inscrivant pleinement dans la démarche de la direction de l'Innovation, des applications et de la science (DIA), nul doute que ce vœu sera exaucé !



FR

13

**brevets**  
assurent l'intégrité  
de la bague.