

# CNES MAG



ESPACE • INNOVATION • SOCIÉTÉ

#77  
Juillet 2018



## MINIATURISATION

DES SATELLITES  
À LA HAUTEUR



cnes  
CENTRE NATIONAL  
D'ÉTUDES SPATIALES



## SOMMAIRE



### 05 ÉDITORIAL

#### 06 L'ESSENTIEL

Propulsion, géolocalisation, senseurs : le point sur les actualités du secteur des nanosatellites

#### 12 #COMMUNAUTÉ

Les followers du CNES reviennent sur l'avancement de projets emblématiques

#### 13 GRAND ORAL

Pacôme Révillon, président du directoire d'Euroconsult, décrypte le marché mondial des nanosatellites

### 16 EN IMAGES

Focus sur le potentiel des balises Argos miniaturisées

#### 18 EN CHIFFRES

Nanosatellites : les données clés

#### 19 LE CNES EN ACTIONS

Comment le CNES fédère et stimule l'écosystème spatial de la miniaturisation

#### 27 MATIÈRE

Ninao, bien plus qu'une carte à puce

#### 28 INSTANTS T

Eyesat et son télescope XXS

### 30 RENCONTRES

- Mathilda Couture, étudiante sur le programme Janus
- Abdoulaye Seck, coordinateur du Conseil local de pêche artisanale de Dakar
- Laurent Javanaud, responsable de ligne Smallsat chez Nexeya

#### 33 ESPACE ÉTHIQUE

Murmuration, par Jacques Arnould

#### 34 EN VUE

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

#### 36 TRANSFERT

Mini-antennes, grande gamme

## PARTENAIRES

Sont cités dans ce numéro : p. 6/10/26 l'Agence spatiale européenne (ESA); p. 11 les sociétés Comat (concepteur et fournisseur d'équipements pour le spatial et l'industrie), Air liquide et la start-up ThrustMe, issue du centre de recherche de l'École polytechnique; p. 10 Syrlinks (société spécialisée en communication RF & géolocalisation); p. 10 Sodern (filiale d'ArianeGroup spécialisée dans l'optronique) et 3D+ (fabrication de composants électroniques); p. 16 CLS (Collecte Localisation Satellites), filiale du CNES; p. 18/36 le pôle de compétitivité Aerospace Valley; p. 22-23 Thales Alenia Space; p. 28 ISAE/Supaéro (leader mondial de l'enseignement supérieur dans le domaine de l'ingénierie aérospatiale) et l'Enac (l'école nationale d'aviation civile).

En couverture : © CNES - iStockphoto



WWW.CNES.FR

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



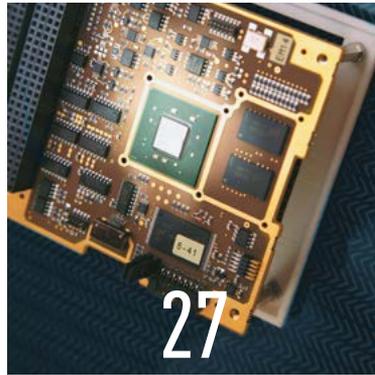
CNESfrance



@CNES

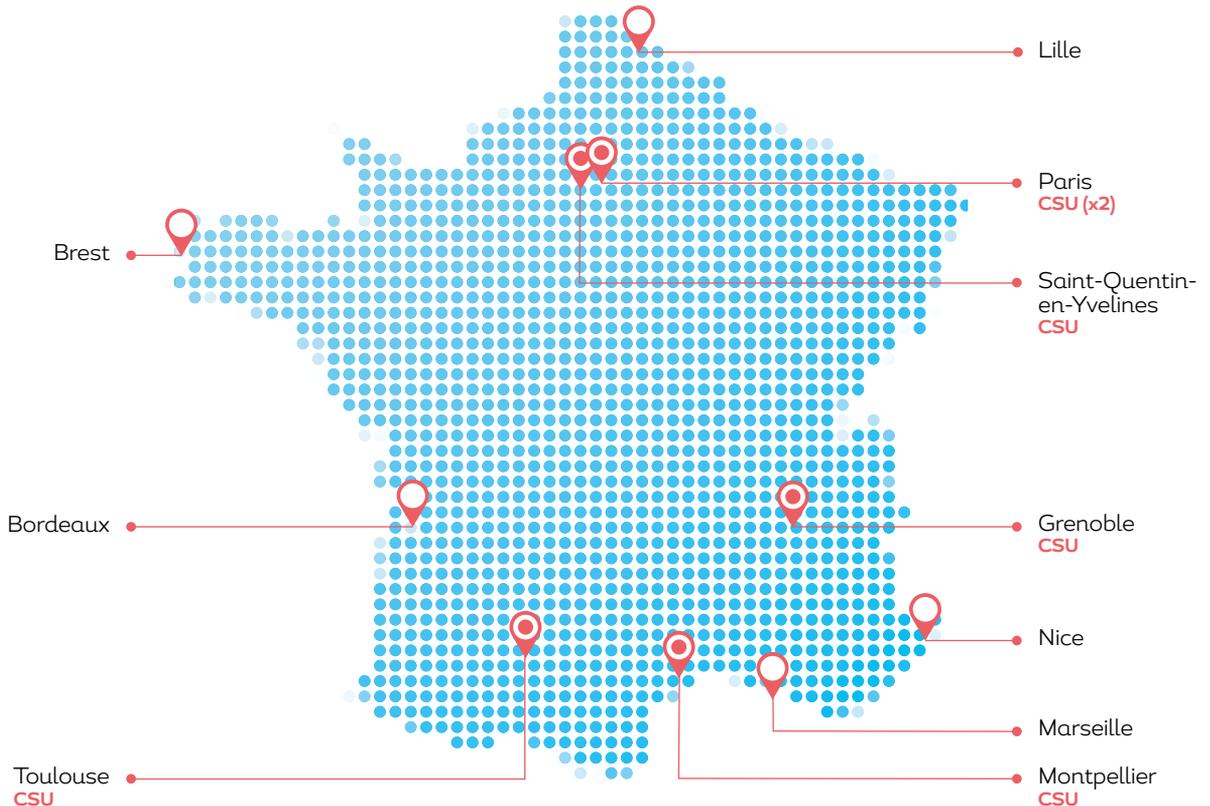


CNES



## LE RÉSEAU JANUS

19 établissements d'enseignement supérieur dans 10 villes de France dont 6 centres spatiaux universitaires (CSU)





## CONTRIBUTEURS



### AMÉLIE PROUST

Femme engagée, Amélie Proust a toujours travaillé pour des missions centrées sur l'homme et sa planète. Ce n'est donc pas un hasard si elle est aujourd'hui chargée de la communication scientifique de CLS. Enthousiaste, elle porte haut la voix des espèces protégées ainsi que celle de tous ceux qui travaillent en mer et ont besoin d'Argos. Grâce à elle, nous vous livrons une belle rencontre avec Abdoulaye Seck.



### ALEXANDRE OLLIER

Ancien étudiant de l'ETPA, il en sort lauréat du prix spécial du jury en 2015. Alexandre est un artiste photographe qui a le souci du détail et la sensibilité de l'instant. Tireur à ImageSingulières en 2017, cet esthète aime autant la technique que la prise de vue. Toutes ces photos ont une âme : en témoigne l'ouverture du CNES en actions.



### OLIVIER PASCAUD

Portraitiste, Olivier Pascaud aime les gens. La photographie est l'occasion pour lui de faire des rencontres passionnantes. En captant un regard, une expression ou une attitude, il nous révèle la personnalité profonde de son sujet. Pour le Grand Oral, il a saisi l'humanité de Pacôme Révillon pour en faire un portrait très expressif.



### THIBÉRY CUSSAC

Chef de projet nanosatellites au CNES, Thibéry Cussac s'est lancé dans l'aventure après une longue carrière d'ingénieur au service de plusieurs missions. La miniaturisation, il la connaît surtout sur les gros satellites. Aujourd'hui, il a la responsabilité du plateau technique CNES-Nexeya et accompagne l'industriel jusqu'au lancement de la tête de série Angels.

## 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, Marianne Quiles. **Photothèque (recherche iconographique)** : Marie-Claire Fontebasso. **Responsable photo** : Nicolas Tronquart. **Crédits photo** : p. 4 CLS, CNES/N. Tronquart, O. Pascaud ; p. 5 CNES/C. Peus ; p. 6 NASA/J.L. Caltech ; p. 7 CNES, CNES/S. Girard (haut droite), ESA/NASA ; p. 8 NASA ; p. 9 ESA/NASA ; p. 10 CNES/G. Le Bras (haut), CNES (bas) ; p. 11 CNES/G. Le Bras (haut), COMAT (bas) ; p. 13-15 CNES/O. Pascaud ; p. 16 Getty Images/CLS ; p. 17 A. Maisonabe/Nuuk-Photographies ; p. 18 CNES/G. Le Bras ; p. 19-20 CNES/A. Ollier ; p. 21 CNES/N. Tronquart ; p. 22 CNES/G. Le Bras ; p. 23 CNES/D. Ducros ; p. 24 École polytechnique de Paris-Saclay ; p. 25 CNES/G. Le Bras ; p. 26 ESA/D. Ducros ; p. 27 CNES/G. Le Bras ; p. 33 J. Arnould ; p. 34 Getty Images ; p. 36 CNES/N. Tronquart. **Illustrations** : David Ducros (p. 23), François Foyard (p. 8 et 35), Robin Sarian (Idix) (p. 9, 28-29), Jean-Marc Pau (p. 30 à 32). **Web master** : Sylvain Charrier, Mélanie Ramel. **Réseaux sociaux** : Mathilde de Vos. **Traduction** : Boyd Vincent. **Conception, conseil et réalisation** : Citizen Press – Camille Aulas, Stéphane Bournendil, David Corvaisier, Alexandra Roy, Aurélien Saublet. **Impression** : Ménard. ISSN 1283-9817. **Ont participé à ce numéro** : Mathieu Albinet, Laurence Amen, Hélène Ben Aim, Typhanie Bouju, Thierry Bret-Dibat, Jean-Noël Bricout, Céline Callega, Marie-Anne Clair, Meritxell Clanet, Pauline Clazer, Philippe Collot, Thibéry Cussac, Emline Deseez, Daniel DeStaerke, Hubert Diez, Christian Elisabelar, Michel Faup, Claude Fratter, Stéphane Fredon, Jérémie Hassin, Alain Gaboriaud, André Laurens, Gabriel Liabeuf, Thomas Lienart, Pierre Emmanuel Martinez, Grégory Pradels, Dominique Pradines, Amélie Proust, Pierre Spizzi.



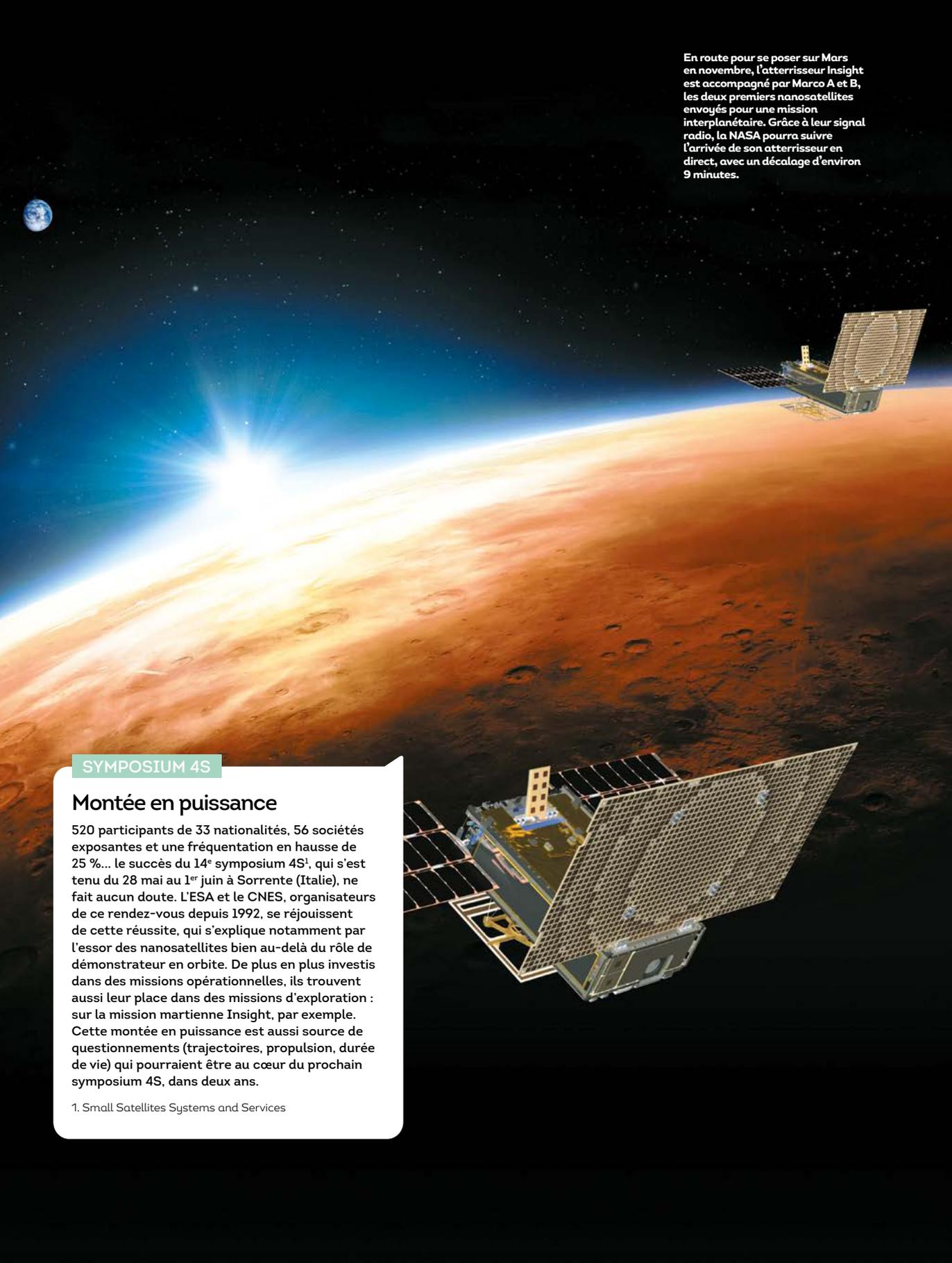
## ÉDITORIAL



**Mini, Micro, Nano, Pico,...** Ce sont les nouveaux codes qui, depuis quelques années, régissent le monde des satellites. La raison ? L'espace est lui aussi touché par la révolution numérique et ses formidables avancées technologiques. Alors qu'il y a quelques années, pour observer notre planète ou les étoiles, on envoyait dans l'espace de véritables télescopes, à présent une mini-caméra de quelques grammes fournit de très belles images. L'évolution est la même que celle qu'a connue le photographe du dimanche qui était auparavant lesté d'un appareil photographique d'un kilo avec un zoom de 30 centimètres et qui aujourd'hui, prend en permanence des centaines de photos, avec son téléphone. Et cette miniaturisation touche aussi le monde des télécommunications avec la multiplication des projets utilisant des « petits » satellites. Les conséquences de cette véritable révolution sont considérables car elles conduisent à un abaissement très important du coût du ticket d'accès à l'espace. Du coup, de plus en plus de pays ont leurs satellites et les projets privés se multiplient, ce qui conduit à une véritable explosion du nombre des applications de l'espace. Nous vivons la même révolution que celle qu'a connue, il y a tout juste 20 ans, ce qu'on appelait alors l'informatique. Dans l'espace aussi, la miniaturisation est en train de rebattre les cartes !

**JEAN-YVES LE GALL**

PRÉSIDENT DU CENTRE NATIONAL D'ÉTUDES SPATIALES



En route pour se poser sur Mars en novembre, l'atterrisseur Insight est accompagné par Marco A et B, les deux premiers nanosatellites envoyés pour une mission interplanétaire. Grâce à leur signal radio, la NASA pourra suivre l'arrivée de son atterrisseur en direct, avec un décalage d'environ 9 minutes.

## SYMPOSIUM 4S

### Montée en puissance

520 participants de 33 nationalités, 56 sociétés exposantes et une fréquentation en hausse de 25 %... le succès du 14<sup>e</sup> symposium 4S<sup>1</sup>, qui s'est tenu du 28 mai au 1<sup>er</sup> juin à Sorrente (Italie), ne fait aucun doute. L'ESA et le CNES, organisateurs de ce rendez-vous depuis 1992, se réjouissent de cette réussite, qui s'explique notamment par l'essor des nanosatellites bien au-delà du rôle de démonstrateur en orbite. De plus en plus investis dans des missions opérationnelles, ils trouvent aussi leur place dans des missions d'exploration : sur la mission martienne Insight, par exemple. Cette montée en puissance est aussi source de questionnements (trajectoires, propulsion, durée de vie) qui pourraient être au cœur du prochain symposium 4S, dans deux ans.

1. Small Satellites Systems and Services



## L'ESSENTIEL



### CLUB « NANO » VERS UNE FILIÈRE NATIONALE

**F**édérer les énergies des « moins de 50 kg » : c'est la dynamique insufflée par le Club « nano ». Cette structure ouverte, dans laquelle sont investis les secteurs public et privé, a été créée en 2016 lors du Toulouse Space Show. Le CNES, qui en assure l'animation, favorise le partage d'expériences et rapproche les secteurs académique, institutionnel et industriel. Objectif : encourager la création d'une filière nanosatellite nationale. Dès 2017, une cartographie des acteurs européens avait déjà été dessinée. Charges utiles, lancements, technologies... des ateliers thématiques permettent de répondre à des préoccupations concrètes et exprimées par les acteurs eux-mêmes. Fin mars 2018, le séminaire annuel a accueilli une soixantaine de participants à Paris et débouchera sur la création d'une plateforme d'échanges. Mais surtout, cette dynamique nourrit le partenariat CNES-Nexeya; c'est elle qui a fait le lit d'Angels, le démonstrateur industriel français (cf. En actions p. 22).



# 6200

*Plus de 900 cubesats ont été lancés depuis 1998 et plus de 1 000 devraient l'être d'ici à 2021. Agence d'analyse et de conseil spécialisée dans le spatial, Euroconsult estime à 6 000 le nombre de petits satellites qui devraient être lancés dans la prochaine décennie.*

### NANOSATELLITES CARTE D'IDENTITÉ



**D**ans la famille nanos, vous pouvez demander les pockets, les picos ou les cubesats (cf. frise p. 9). Outre leur petite taille et leur faible consommation, ils partagent d'autres caractéristiques comme un coût très bas et une durée de vie limitée (6 mois à 3 ans en moyenne). Ils sont donc en phase avec la loi sur les opérations spatiales (LOS) qui stipule qu'en fin de vie, sur une trajectoire à moins de 600-650 km, la rentrée atmosphérique doit être assurée en moins de vingt-cinq ans. La plupart évoluent sans propulsion et en orbite basse. Dans un proche avenir, les nanosatellites pourraient cependant atteindre d'autres orbites et être ainsi utilisés dans le cadre de missions d'exploration lointaine. Une chose est sûre : entre Internet des objets (IoT), suivi du climat et observation de la Terre, ces nouveaux « prestataires de services » ont de beaux jours devant eux.



## L'ESSENTIEL



### MÉTIER

## BROKER, LE COURTIER DU SPATIAL

**V**ous souhaitez utiliser un nanosatellite en vue d'une application commerciale ou d'une démonstration technologique ? Pour les questions logistiques et administratives, vous pouvez contacter un broker ! Le métier n'est pas nouveau mais se démocratise. Le broker, c'est l'intermédiaire, le courtier qui va faire le lien entre le client et l'opérateur de lancement. En amont de toute demande, il va réserver une capacité d'emport, par exemple 50 places sur Vega, et les proposer sur Internet. Mais en plus de la place en tant que telle, il vend aussi le transport, l'intégration du nanosatellite, fournit les services de la station sol, etc. Connecté avec plusieurs lanceurs, il sera en mesure de vous mettre sur le premier vol disponible correspondant à vos besoins. Un temps frileux, les opérateurs de lancement et les clients satellites accordent aujourd'hui toute leur confiance à ce nouveau professionnel qui facilite la massification des demandes.

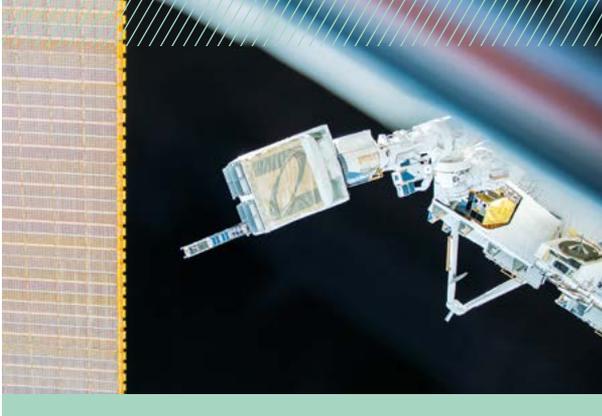
### NOIRE

## UNE NOUVELLE FENÊTRE SUR L'UNIVERS

**E**n radioastronomie, Noire<sup>1</sup> n'est plus une couleur mais un concept qui pourrait révolutionner l'observation spatiale. En effet, faute d'antennes assez grosses, l'observation du ciel dans les basses fréquences (c'est-à-dire au-dessous de 300 MHz) est impossible. Un réseau interférométrique de 7000 antennes terrestres déployé au sol peut « imager » le ciel à ces fréquences mais est incapable de « voir » au-dessous de 300 MHz à cause de l'ionosphère terrestre. Le concept Noire prend le problème autrement : il prévoit le déploiement d'un observatoire radio dans l'espace, et ce assez loin de la Terre pour ne pas être brouillé par les émissions radio humaines. Comment ? En s'appuyant sur un « essaim » de nanosatellites. En nombre suffisant, placés à des distances variables, ils constitueraient en réseau une antenne synthétique de l'ordre de quelques centaines de kilomètres. Chacun serait un capteur et tous les radio utilisés ensemble observeraient le ciel radio avec une résolution spatiale inédite. Étudié dans le cadre du Paso<sup>2</sup> au CNES, ce projet vient d'entrer en phase de maturation.

1. Nanosatellites pour un observatoire interférométrique radio dans l'espace.  
2. Plateau architecture systèmes orbitaux.





## STATION SPATIALE INTERNATIONALE BASE DE LANCEMENT DE RÉFÉRENCE

Les astronautes de la Station spatiale internationale (ISS) ne sont pas totalement esseulés. Régulièrement, des cargos viennent les approvisionner. Depuis quelques années, ces navettes acheminent aussi des cubesats. Située en orbite basse, l'ISS est devenue l'une des bases de lancement de ces petits satellites. Les cubesats sont déployés, depuis la station, grâce à un bras robotique rattaché au module japonais Kibo. Des déployeurs, conçus par l'entreprise américaine NanoRacks, s'interface avec ce bras. Chacun d'entre eux peut contenir 6 unités de cubesats selon leur configuration (6x1U, 3x2U, 2x3U, 1x6U). Ce bras peut manipuler jusqu'à 8 de ces déployeurs. L'ISS dispose donc d'une capacité de lancement de 48U en simultané. Le délai d'attente du déploiement pour un cubesat à bord de la Station est généralement compris entre un à trois mois. En avril 2017, 28 cubesats du projet QB50 y ont été mis en orbite. Deux d'entre eux, X-Cubesat et Spacecube appartenaient au programme Janus (cf. tweet de Thomas Pesquet, p. 12).

# 1U, 2U, 3U

La nomenclature de base est 1U, qui définit un nanosatellite constitué par un cube de 10 x 10 x 10 cm, d'un poids maximum de 1,33 kg, consommant au plus 1 W. Il peut être décliné en multipliant cette unité de base. Un double cubesat (2U), par exemple, fait 10 x 10 x 20 cm, pèse 2,66 kg et consomme 2 W. Et caetera.

# 888

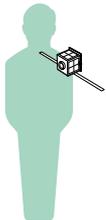
C'est le nombre de nanosatellites lancés en piggy back (« passager clandestin ») en près de huit ans. 257 ont été lancés avant septembre 2017.

# QB50

Financé en partie dans le cadre du 7<sup>e</sup> programme cadre de l'Union européenne (2007-2013), QB50 est un projet de constellation d'une quarantaine de cubesats étudiants. Chaque cubesat réalisé par une université emportera un instrument scientifique pour l'étude de la thermosphère.

## SATELLITES : LA GAMME DES OFFRES

**PICOSATELLITES**  
< 1 kg



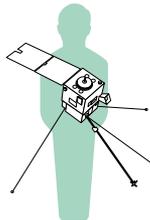
EXEMPLE :  
POCKETUBES  
0,5 kg

**NANOSATELLITES**  
entre 1 kg et 50 kg



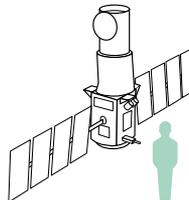
EXEMPLE :  
EYESAT (CUBESAT)  
4 kg

**MICROSATELLITES**  
entre 50 kg  
et 200 kg



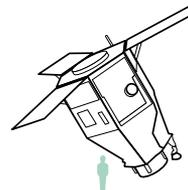
EXEMPLE :  
DEMETER (MYRIADE)  
130 kg

**MINISATELLITES**  
entre 200 kg  
et 800 kg



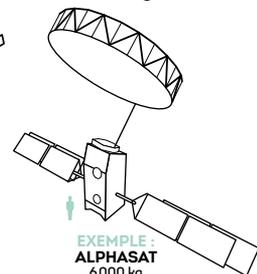
EXEMPLE :  
COROT (PROTEUS)  
630 kg

**MOYENS SATELLITES**  
entre 800 kg  
et 1500 kg



EXEMPLE :  
PLÉIADES  
1000 kg

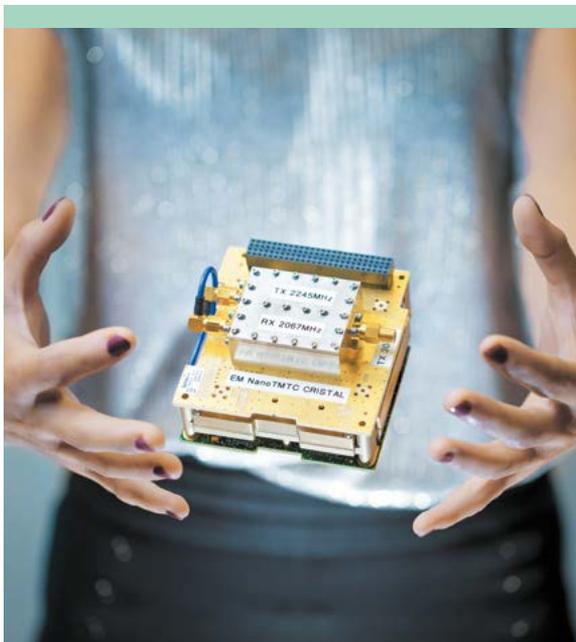
**GROS SATELLITES**  
> 1500 kg



EXEMPLE :  
ALPHASAT  
6000 kg



## L'ESSENTIEL



### COMMUNICATION

#### MODEM HAUTE PERFORMANCE

**P**rototypé dans le cadre de Janus, le nouveau nano-émetteur/récepteur de télémesures et de télécommandes équipe aussi bien des missions internationales que des missions de l'ESA ou du CNES. Fabriqué par la société Syrlinks, ce modem haute performance, issu de la R&D du CNES, mise sur des composants de nouvelle génération et sur la haute intégration des fonctions radiofréquences. Il peut être utilisé pour les communications Terre-espace, pour les communications inter-satellites (entre satellites en orbite basse) ou pour l'exploration de l'Univers, entre un orbiteur et plusieurs petits atterrisseurs. Grâce à un démonstrateur CNES, la fonction de mesure de distance inter-satellites lui a été adjointe ; la version bord-sol est également compatible avec la fonctionnalité de mesure de la distance. Le champ d'applications de ces R&D permettent aussi de maîtriser les risques pour le développement d'équipements dédiés aux microsatellites comme Myriade Évolutions.

### SENSEUR

#### BIEN S'ORIENTER DANS L'ESPACE



Comme le berger, c'est l'étoile qui guide le satellite ! Le senseur stellaire pointé vers la voûte céleste maintient sa bonne orientation. Mais équiper une constellation entière de senseurs coûte cher. La PME Sodern a donc créé un senseur low cost de nouvelle génération. Du nom d'Auriga, il est suffisamment performant et très peu cher. Pour le concevoir, Sodern a directement réutilisé une « brique » essentielle développée par la société 3D+, sous R&T<sup>1</sup> du CNES. Ce composant intègre de nombreuses fonctions, dont le détecteur. Des études d'avant-projet ont vérifié la crédibilité du senseur et son adéquation à la demande. Si Auriga est bien un produit low cost, il s'appuie sur un savoir-faire éprouvé sur de précédents senseurs stellaires. Il a relevé les défis de légèreté, de réduction de volume et de compétitivité. Le CNES a accompagné et soutenu Sodern tout au long du process, dont l'issue est heureuse : Sodern produira les 1800 « viseurs d'étoiles » des 900 mini-satellites de la future constellation OneWeb.

1. Recherche et technologie





## GÉOLOCALISATION

### LA PETITE PUCE QUI MONTE

**P**our alléger la masse comme le coût, le CNES cherche des économies d'échelle jusqu'au cœur des sous-systèmes, et notamment dans les puces électroniques. Boostées par des applications comme la téléphonie mobile, les dernières générations ont enregistré des évolutions majeures dans les circuits intégrés, et la finesse de gravure des circuits s'est fortement améliorée. Comme sur les portables, ces améliorations jouent sur la compacité de l'équipement et sur le poids. Non seulement la masse est réduite de moitié sur le calculateur, mais ce gain se répercute ensuite sur tous les éléments du sous-système. Ces composants électroniques, utilisés initialement pour la filière nanosatellite, peuvent aussi être adaptés pour être intégrés dans des microsatellites de la gamme Myriade Classique ou Évolution.

## ÉNERGIE

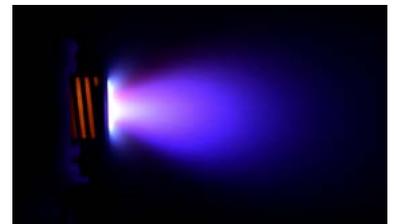
### UNE ALIMENTATION ÉQUILIBRÉE

**U**ne durée de vie de deux ou trois ans, c'est peu ! D'autant que pendant ce temps, un nanosatellite est soumis aux mêmes contraintes qu'un gros vaisseau : se maintenir en bon état de marche et alimenter sa charge utile. Pour y parvenir, le rapport consommation/taille est un paramètre décisif ; l'alimentation doit être calibrée au plus juste pour la mission. Au CNES, on « retaille » donc le générateur solaire : là où un satellite de télécommunication embarque des milliers de cellules photovoltaïques, un nano se contente de quelques dizaines. Autre auxiliaire vital : la batterie de stockage. Le CNES choisit des batteries lithium commerciales pour leur bonne compacité et un coût moindre. Côté électronique, des circuits intégrés abritent désormais de nombreuses fonctions de contrôle de puissance pour un moindre espace. Dans ce secteur très dynamique de recherche, des cartes électroniques pourraient être remplacées par des fonctions intégrées sur logiciels, ce qui apporterait un gain de place de 20 à 30 % sur le boîtier. Toutes ces technologies seront bien sûr testées à bord d'Angels.

## PROPULSION

### L'ÉLECTRIQUE À L'AVANTAGE

**U**n satellite ne vole pas, il manœuvre grâce à la propulsion ! Sur orbite basse, les nanosatellites ont aujourd'hui besoin d'assistance propulsive. Des recherches actives sont donc menées pour trouver des alternatives aux systèmes chimiques, puissants mais lourds et gourmands en ergols. Si la propulsion à gaz froid n'est pas très performante, la propulsion électrique a, pour l'instant, l'avantage. Car même si elle peut allonger les délais de mise en orbite, elle rend le tandem « réservoir-tuyauterie » obsolète et diminue drastiquement la masse. En France, les sociétés Comat et ThrustMe se sont positionnées sur le marché de la micropropulsion pour nanosatellite. Et le CNES participe à leur évolution. À l'aide de l'une de ses R&T, Comat investit dans le développement d'un moteur dédié aux petits satellites. Sur la base de sa R&T également, Air Liquide a développé, avec le CNES, un prototype de vanne qui servira la miniaturisation des systèmes de propulsion électrique.





## # 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!;)



**@THOM\_ASTRO**

Européen Français, pilote de vaisseau spatial à l'ESA de retour de 6 mois de mission sur l'ISS / ESA Euro-French spacecraft pilot, back from 6-month ISS mission



Préparation du lancement des nanosatellites **#Cubesats** : suite et fin avec l'installation du système de déploiement <http://bit.ly/2kSS6JT>



29,6 k vues

1:17 / 1:59



**@WAKKA44**

Espace et Conquête Spatiale - Co-Administrateur/ Modérateur du forum <http://www.forum-conquete-spatiale.fr/> Auteur du blog sur le programme @NASA\_Orion <http://www.developpement-orion.over-blog.com>



[#Inde] Lancement **#PSLVC37** en caméra embarquée suivi de l'impressionnant lâché des 101 nanosats



**@PLASMARMUSE**

Doctepreneur! PhD student in plasma physics for propulsion at @LabPhysPlasmas & @ThrustMe\_ | Back from @NASAJPL & @ESA\_Tech | French Point of Contact @SGAC.

Soutenance du projet de **#CubeSat** propulsé **#IonSat** à @Polytechnique cet après-midi! Un projet que j'encadre depuis septembre avec un super groupe d'élèves de @AstronautiXSC.



**@MATTHIEU\_COMPIN**

Ingénieur chef de projets de nanosatellites à @ISAE\_officiel en détachement longue durée du #CNRS.

Retour en images du point clé d'avancement de phase D du **#cubesat** **#EYESAT** piloté par le @CNES via le programme Janus avec des #étudiants de @Univ\_Toulouse @enacfrance @ISAE\_officiel 🌟  
Décollage entre octobre 2018 et mars 2019 🚀





GRAND ORAL

# PACÔME RÉVILLON

PRÉSIDENT DU DIRECTOIRE D'EUROCONSULT  
ET EXPERT DES QUESTIONS SPATIALES,

Pacôme Révillon estime que le rythme d'innovation  
observé sur le marché des nanosatellites est inédit  
depuis les débuts de la conquête spatiale.

Grâce à eux, l'espace n'a jamais été  
aussi accessible.



## GRAND ORAL

### COMMENT SONT NÉS LES SATELLITES MINIATURISÉS ?

**Pacôme Révillon :** Les premiers smallsats ont été conçus dans les années 1990 dans des universités et grandes écoles, au Japon, aux États-Unis (MIT), en Angleterre (Surrey) et en France (Supaéro). Ils pesaient tout de même plusieurs centaines de kilos et n'avaient pas de véritables capacités opérationnelles. Placés en orbite basse, ils permettaient aux étudiants de mettre en pratique certaines fonctionnalités du spatial, du concept initial jusqu'à la collecte des données. Le lancement était parfois offert par les agences publiques partenaires. Ce n'est qu'à partir des années 2010 que les projets commerciaux autour des cubesats, entre 10 et 50 kg, se sont accélérés. Un petit satellite (jusqu'à 500 kg) coûte au minimum 1 million de dollars, mais le lancement peut alourdir la facture jusqu'à 10 millions. Actuellement, le lancement s'ajoute à une charge utile principale, mais de nouveaux lanceurs spécifiques sont en cours de développement.

### COMMENT ONT-ILS ÉVOLUÉ ?

**P. R. :** La grande évolution, c'est la mise en constellation : un petit satellite est répliqué des dizaines voire des centaines de fois. Les satellites en orbite géostationnaire sont trop éloignés de la Terre pour recueillir certaines données. Se succédant au-dessus d'une zone, les nanosatellites prennent des mesures de façon plus fréquente.

### « L'UN DES ENJEUX DE LA PROCHAINE DÉCENNIE EST LA GESTION DES DÉBRIS DANS L'ESPACE. »

Mis en réseau, ils communiquent entre eux. Tandis que les plus gros et les plus puissants satellites gèrent les communications, les petits sont spécialisés dans la collecte de données par des émetteurs au sol. Ils se concentrent sur des applications d'imagerie satellitaire et tout ce qui s'intègre dans l'internet des objets (IoT).

### QUELLES SONT LES APPLICATIONS NUMÉRIQUES DES NANOSATELLITES ?

**P. R. :** L'IoT l'est une des trois applications concernées par ces constellations. Les petits satellites améliorent le transfert d'informations émises par des senseurs au sol, par exemple dans le cadre des transports : les trains, les bateaux, les avions, et pourquoi pas bientôt la voiture connectée ? La deuxième application couvre l'observation de la Terre, grâce à une capacité d'observation devenue quasi permanente. Cette économie intelligente suit l'activité industrielle, renseigne sur les rendements agricoles, donne des indicateurs plus fréquents que les bulletins des instituts de statistiques. Elle intervient dans la gestion en temps réel des catastrophes naturelles et accompagne la « smart city », ou ville intelligente. La troisième

application couvre les communications à haut débit, la faible distance à la Terre réduisant le décalage entre l'envoi et la réception du signal, avec une meilleure continuité du service et à un coût moindre par rapport à un réseau terrestre.

### QUI SONT LES ACTEURS DE CE SECTEUR ?

**P. R. :** Les premières start-up du domaine spatial sont apparues aux États-Unis. Le nombre d'acteurs croît car la barrière technologique est perçue comme moins importante. Certains acteurs sont spécialisés dans la construction, d'autres fournissent des services. Dotées d'une nouvelle approche des processus d'ingénierie, ces start-up doivent démontrer la pertinence de leur modèle économique. Les « anciens » ne peuvent pas laisser de côté ce domaine, et une consolidation-concentration de l'industrie aura sûrement lieu sous forme de partenariats ou d'acquisitions. Les constellations s'appuient d'ailleurs sur des recherches en partie financées par la puissance publique, qui commence à s'approprier cette approche. Aux États-Unis, la NGA, l'organisme militaire chargé de l'observation de la Terre, commence à tester la capacité

### « PLUS LES NANOSATELLITES SONT MINIMALISTES EN TERMES DE TAILLE, PLUS ILS SONT FRAGILES. »



## GRAND ORAL



### PACÔME RÉVILLON

PRÉSIDENT DU DIRECTOIRE  
D'EUROCONSULT

« LES CONSTELLATIONS  
POURRAIENT  
REPRÉSENTER 70 %  
DE LA DEMANDE  
EN 2017-2026. »

des constellations. En Europe, le CNES et l'ESA s'intéressent aussi à des projets ambitieux. Il n'empêche que les systèmes traditionnels ne disparaîtront pas, car certaines missions nécessitent de grandes capacités de stabilisation et de précision.

#### COMMENT ÉVOLUE LE MARCHÉ ?

**P. R. :** Une étude menée par Euroconsult évalue le nombre de lancements à 900 depuis 2014-2015, et table sur 6 000 pour la décennie à venir, soit plusieurs centaines par an, pour un marché de 8,8 milliards de dollars (fabrication et lancement). Sur 133 satellites lancés en 2016, les smallsats représentaient 60 % du total. Le lanceur principal était Atlas V, avec 37 lancements, et

le premier opérateur, Planet, avec 36 satellites. Les constellations pourraient représenter 70 % de la demande en 2017-2026. L'un des enjeux de la prochaine décennie est la gestion des débris dans l'espace. Si les pertes de satellites pour cause de collision se multipliaient, les acteurs publics devraient poser des règles drastiques aux candidats au lancement, ce qui implique des accords internationaux complexes.

#### QUELLES SONT LES CONTRAINES DE LA MINIATURISATION ?

**P. R. :** Pour des raisons de coût, la miniaturisation impose de choisir entre des composants spécifiquement à usage spatial ou l'électronique grand public, ce qui augmente le risque de panne. À terme, de plus en plus de constellations intégreront plus de nanosatellites que nécessaire : 90 ou 100 au lieu de 80. Les satellites de grande taille embarquent des équipements redondants, l'un prenant le relais d'un autre en cas de panne. Mais ce que l'on gagne avec un réseau de petits satellites multiples, on peut le perdre en performance. Aujourd'hui, les constellations de petits satellites offrent une résolution d'image allant jusqu'à un mètre, alors que ceux de plus grande taille peuvent atteindre quelques dizaines de centimètres. Plus les nanosatellites sont minimalistes en termes de taille, plus ils sont fragiles. Une constellation commerciale essaie de cibler une durée de vie d'au moins trois ans.

#### COMMENT SE POSITIONNE LA FRANCE ?

**P. R. :** À côté des initiatives publiques, où le CNES s'implique par ses activités de R&D<sup>1</sup> des acteurs français s'inscrivent dans la tendance des cubesats. Il s'agit soit de nouveaux acteurs comme Nexeya, soit de grands groupes industriels, seuls ou qui nouent des partenariats : Airbus et OneWeb, ou Thales Alenia Space avec Spaceflight Industries. L'un des premiers opérateurs à investir est Eutelsat, qui a commandé un petit satellite dédié à l'IoT pour un test. L'espace devient ainsi plus accessible. L'utilisation des satellites, décuplée par l'amélioration des terminaux au sol, procurera davantage de données, analysées et exploitées grâce au développement de l'intelligence artificielle. Le rythme d'innovation a rarement été aussi soutenu depuis la conquête spatiale des années 1960.

1. Recherche et Développement

### Profil

**1999**

Diplômé de Supaéro

**2000**

Consultant chez Euroconsult

**2003**

Président du directoire  
d'Euroconsult (présent  
dans 60 pays)

**2006**

Lancement d'un service de conseil  
expert sur l'observation de la Terre

**2015**

Lancement d'un service  
de conseil expert en connectivité  
aéronautique



EN IMAGES



## DU COUCOU À L'ABEILLE

*La biodiversité se meurt. En France, un tiers des espèces d'oiseaux ont disparu en moins de quinze ans. CLS (Collecte Localisation Satellites), filiale du CNES, étudie le parcours des espèces menacées afin d'analyser le phénomène. Pour cette activité, la miniaturisation des balises est une aubaine ! Le coucou, par exemple, pèse en moyenne 110 g. En l'équipant d'une balise Argos de 5 g, CLS peut connaître ses trajets migratoires et ses sites d'hivernage. Pourtant, 5 g, c'est encore trop.*

*Avec des balises de 2 mg, CLS pourrait suivre les insectes pollinisateurs comme l'abeille, dont le sort est particulièrement alarmant. Illusoire, dites-vous ? Le plus petit smartphone pèse aujourd'hui 4 g. Alors, la balise de 2 mg, CLS y croit !*



EN IMAGES



## DÉMOCRATISATION

*Vendée Globe, Route du rhum... Les balises Argos n'équipent aujourd'hui que les skippers renommés et les champions de l'extrême. Plus pour longtemps ! Réservé jusqu'alors à l'élite sportive, Argos ambitionne de démocratiser son système de localisation et de demande de secours relié au système international Cospas-Sarsat. Comment ? Grâce à un modem miniaturisé intégré, les sportifs de tous niveaux seront bientôt connectés. Vos aventures pourront prochainement être suivies où que vous soyez sur le globe. Vous pourrez rester en contact avec vos proches, publier vos itinéraires sur les réseaux sociaux et même émettre des demandes d'assistance dans le monde entier. Rendez-vous en 2021 !*



## EN CHIFFRES

# EXPORT

Positionner des PME et ETI (entreprises de taille intermédiaire) françaises sur le marché international très concurrentiel des nanosatellites, c'est l'objectif du collectif Newspace Factory, formé par le pôle de compétitivité Aerospace Valley. Sous cette bannière : une vingtaine d'entreprises prometteuses qui avaient bénéficié du soutien du CNES pour leur R&D. En mars 2018, neuf d'entre elles étaient présentes au salon Satellite 2018, à Washington, pour montrer l'étendue de leur savoir-faire. Le 29 juin, à Toulouse, Newspace Factory organisait un workshop autour du potentiel des smallsats à destination des PME, ETI et laboratoires.

# 3%

**LONGTEMPS, LE SUIVI DES OISEAUX N'A REPOSÉ QUE SUR LA TECHNIQUE DU BAGUAGE.**

Si les balises Argos ont réécrit l'histoire des migrations animales, leur miniaturisation marque encore une autre étape. On estime la charge maximum que peut atteindre l'équipement d'un oiseau à 3 % de son poids. Pour chaque gramme gagné, ce sont près de 1 000 espèces d'oiseaux supplémentaires qui peuvent être suivies par satellites.

# COMETS



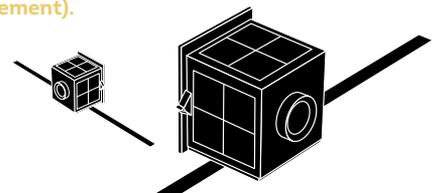
Créées en 1998 par le CNES, les communautés d'experts (Comets, anciennement centres de compétences techniques) sont aujourd'hui au nombre de 20 et fédèrent 3 000 experts (industriels, chercheurs, ingénieurs). Structurées par thématiques métiers, elles se sont penchées dès 2016 sur les enjeux liés aux nanosatellites et aux cubesats. Équipements, technologies, architecture ou concepts opératoires... les problématiques sont abordées au cours de différents séminaires. Les prochains

rendez-vous se pencheront sur la micropropulsion, l'architecture avionique et électrique des nanosatellites ainsi que les opérations de constellations de cubesats. Ces sujets éminemment transverses font ensuite l'objet d'une mise en commun avant d'alimenter la compétence du CNES.

 PLUS D'INFOS : COMET-CNES.FR

# 200 K€

Les cubesats séduisent par leur coût de production peu élevé. Pour les cubesats à charge utile simple produits par les centres spatiaux universitaires, ce coût est estimé à 200 K€ pour un cubesat 1U, 400 K€ pour un cubesat 2U et 1500 K€ pour un cubesat 3U, hors coût des encadrants et du lancement. En France, on manque encore de recul sur les cubesats industriels. Mais la société américaine Planet, qui a produit plus de 300 cubesats 3U d'observation de la Terre, indique un coût de 100 K\$ par cubesat (hors lancement).





LE CNES EN ACTIONS

# NANOSAT TREMPLIN SPATIAL

ENGAGÉ DE LONGUE DATE DANS L'AVENTURE DE LA  
MINIATURISATION, LE CNES A CRÉÉ UNE BRANCHE ÉTUDIANTE  
DE NANOSAT QUI IRRIGUE L'ÉCOSYSTÈME SPATIAL. DEPUIS  
2016, IL JETTE LES BASES D'UNE FILIÈRE INDUSTRIELLE ET  
COMMERCIALE. NOUVELLE OFFRE, NOUVEAU MARCHÉ,  
NOUVEAUX ACTEURS : LE CNES S'IMPLIQUE DANS LES GRANDS  
BOULEVERSEMENTS DE L'INFINIMENT PETIT.



## LE CNES EN ACTIONS



l'instar de la photographie, de l'informatique ou de la téléphonie, le spatial contracte de plus en plus ses formats. Au CNES, la démarche n'est pas récente. En 1986, le satellite

Spot 1 révolutionnait l'observation de la Terre, mais accusait près de 2 tonnes au lancement. vingt-cinq ans plus tard, Pléiades affichait des performances de résolution bien plus ambitieuses et pesait moins d'une tonne ! Aujourd'hui, les filières Myriade et Proteus oscillent entre 100 et 500 kg pour des missions de premier ordre.

Au Centre spatial de Toulouse, la miniaturisation n'est donc pas une aventure qui commence mais la vie qui continue. Tout juste est-elle exacerbée par la surchère des nanosatellites. La raison : les coûts de conception et de lancement incitent à réduire les gabarits. Avec un cycle de développement court (un à trois ans), les nanosatellites sont plus faciles à concevoir et à opérer que les gros. Ils offrent donc un bon retour sur investissement. D'autres arguments plaident en faveur de la miniaturisation. « À l'échelle de l'exploration planétaire, on n'imagine pas, dans un avenir proche, envoyer sur Mars des engins de plusieurs tonnes », explique Marie-Anne Clair, directrice des Systèmes orbitaux au CNES. En revanche, en l'état actuel de la technologie, on peut envisager un vaisseau-mère gravitant autour de Mars et larguant des nanosatellites autour de la planète rouge pour des études *in situ*.

### UNE NOUVELLE ÉMULATION

La miniaturisation a aussi pour vertu de créer l'émulation, y compris en dehors du secteur spatial. « C'est actuellement un axe majeur de coopération », confirme Marie-Anne Clair. Car miniaturiser n'est pas réduire taille et masse aux dépens des fonctionnalités. C'est rechercher constamment le plus petit et le meilleur au cœur de chaque système ou sous-système, des instruments, des technologies innovantes ou disruptives. Propulsion, énergie ou encore senseurs (cf. L'essentiel p. 10-11), tous les secteurs sont concernés. Et en la matière, le CNES enregistre d'intéres-



Maquette du nanosatellite Eyesat présentée par une étudiante impliquée dans Janus.

santes avancées : la carte Ninano, testée sur Eyesat (cf. Matière p. 27) ou la microbalise Argos Neo, embarquée sur Angels<sup>1</sup> (cf. p. 22). Dans cette optique, le CNES actionne ses leviers notamment dans les R&T et au sein des communautés d'experts (Comets - cf. En chiffres p. 18). Chaque fois que cela est possible, il puise aussi des opportunités dans les transferts de technologies, substituant aux produits « durcis », estampillés spatial, des produits « sur étagère ». Dès 2012, avec le réseau Janus<sup>2</sup>, il a conçu ses premiers cubesats (cf. p. 24). Depuis 2016, le Centre a aussi jeté les bases d'une filière industrielle commerciale. Associé à 50/50 avec le groupe Nexeya, il est partie prenante du démonstrateur Angels qui volera en 2019.



## LE CNES EN ACTIONS

### MINIATURISER POUR STANDARDISER

Une chose est sûre : la filière industrielle attend beaucoup des nanosatellites. Et pour cause : si un industriel ne peut dupliquer à l'envi un satellite de 6 tonnes, il peut en revanche développer, en série, des centaines d'engins de 1 à 40 kg. Par ailleurs, ces « petits formats » ont un bel avenir sur le marché florissant des services. Seuls ou en constellations, associés ou non à de l'intelligence artificielle, précieux par leur aptitude à la revisite, ils peuvent remplir de nombreuses missions de surveillance : suivi climatique, contrôle des ressources en eau, déforestation...

Stimulante pour la recherche et l'industrie, la miniaturisation l'est aussi pour l'emploi. Le secteur des lanceurs, par exemple, est en pleine réflexion et fourmille de nouveaux

### VIDÉO



Angels,  
la révolution  
nanosat !

concepts. En réponse aux nouveaux besoins, la miniaturisation crée également de nouveaux métiers parfois insolites (cf. les brokers p. 8). En 2019, au CNES, la trajectoire d'Angels sera donc suivie avec attention. « On n'effacera pas les lois de la physique et les nanosatellites ne feront pas tout, tempère Marie-Anne Clair Les missions d'imagerie optique auront toujours besoin d'une instrumentation complexe. Les Pléiades, Sentinelle ou CSO pour la Défense restent d'actualité, mais incontestablement, la miniaturisation offre au spatial un nouveau tremplin pour ressourcer l'ensemble de l'écosystème ».

1. Argos Neo on a Generic Economical and Light Satellite
2. Jeunes en Apprentissage pour la réalisation de Nanosatellites au sein des Universités et des écoles de l'enseignement Supérieur.



Destinée aux applications des nanosatellites, cette antenne radiofréquence Cygnus a été développée dans le cadre d'une action de R&T du CNES.

### INSTRUMENTATION OPTIQUE

## LA MINIATURISATION EN ROUTE

**Les nanosatellites ne sont pas la réponse à tout.** En instrumentation optique, par exemple, ils ne peuvent pas s'adapter aux gabarits des optiques nécessaires à la collection de signaux. Ils n'offrent pas l'accès à une résolution spatiale intéressante. Toutefois les solutions résident dans la bonne compréhension du juste besoin, en qualité d'image et physique de la mesure. Dans ce sens, les travaux menés sur l'optique active (capacité de réglage du télescope en orbite) ont constitué un véritable saut technologique vers la miniaturisation en permettant de revoir le dimensionnement des grands télescopes. De même que le réseau de diffraction innovant de l'instrument Microcarb, destiné à cartographier les gaz à effet de serre, permet de concentrer les différentes bandes spectrales sur un seul détecteur, divisant de moitié sa masse et son volume.



## LE CNES EN ACTIONS



Une partie de l'équipe technique Angels à l'œuvre dans les locaux de Nexeya, entreprise française spécialisée dans l'électronique et maître d'œuvre du projet.

# ANGELS TÊTE DE SÉRIE INDUSTRIELLE

*En 2019, le cubesat Angels sera lancé avec une double fonction. Démonstrateur, il va tester la fiabilité de technologies miniaturisées en vol. Produit dans le cadre d'une coopération public-privé, il sera également le premier nanosatellite industriel français.*



nir recherche et industrie pour mener ensemble un projet opérationnel : c'est le défi que relèvent ensemble le CNES et la société Nexeya avec Angels, un cubesat 12U de 20 kg. Face au décollage du marché, la France devait s'engager dans l'aventure des nanosatellites commerciaux. Le CNES a donc lancé, en 2016, un appel d'offres pour le projet Angels. C'est Nexeya, une entreprise française spécialisée dans la conception et le développement d'équipements électroniques, qui a été désignée comme maître d'œuvre.

### UNE ÉQUIPE ET UN SITE DÉDIÉS

Pour réussir, les deux partenaires ont choisi un mode opératoire original. Nexeya et son consortium font équipe avec sept sous-traitants (Erems, Steel, DHV, CS-SI, Spacebel, Saft et Mecano-ID) et une douzaine de fournisseurs principaux. Le CNES apporte, quant



## LE CNES EN ACTIONS

à lui, un soutien financier et des moyens humains. Au total, l'équipe Angels regroupe 22 personnes, issues de Nexeya, du CNES et des entreprises sous-traitantes. Pour renforcer l'efficacité de ce co-investissement, un « plateau-projet » a été mis en place dans les locaux de l'entreprise. « Ce lieu est la pierre angulaire du développement d'Angels », précise Thibéry Cussac, chef de projet au CNES. Un site unique, ce sont des circuits directs donc courts, des décisions collégiales et spontanées et un véritable partage de culture. Le résultat est édifiant : la revue de définition préliminaire, par exemple, s'est tenue à peine sept mois après le lancement des études. Angels sera fabriqué en 33 mois. Un record dans le spatial.

### DÉMONSTRATEUR ET PRÉCURSEUR

Initié en 1978 par le CNES, le système Argos reste un des fleurons de la collecte de données et de la localisation. C'est sa version allégée, Argos Neo, qui sera embarquée sur Angels. Une des premières missions attendues est particulièrement opérationnelle : Argos Neo prendra le relais de certains satellites (Metop, JPSS et Saral) en fin de vie pour assurer la couverture des balises Argos. Développée par Thales Alenia Space et Syrlinks, Argos Neo doit s'adapter aux contraintes de taille et de masse d'un cubesat. Le CNES a donc cherché le meilleur compromis. D'une part, il a réinvesti les résultats de ses R&T les plus innovantes. D'autre part, il a, chaque fois que possible, intégré des composants ou équipements commerciaux standards pour réduire les coûts, objectif vital en vue d'une industrialisation.

Tous ces efforts serviront à relever le « véritable » challenge d'Angels : devenir « tête de série » industrielle. Au-delà de la dimension technologique, Angels inaugure une nouvelle approche de la gouvernance des grands projets spatiaux. Mais surtout, avec le soutien du centre national, il met le pied à l'étrier d'acteurs industriels français du secteur des petites plateformes cubesats. À terme, Nexeya entend livrer plus de cinquante satellites par an.



Angels.

2,5 kg

### La charge utile

d'Argos Neo a été drastiquement allégée : pour un même niveau de fonctionnalités, Argos Neo est environ 10 fois plus léger et 3 fois moins gourmand en énergie qu'Argos.

22 x 22  
x 35

### En cm,

les mensurations d'Angels ! La plateforme générique dérivée de ce prototype doit couvrir une gamme de satellites allant du format cubesat 6U à 27U (10 à 45 kg) d'une durée de vie de 2 à 3 ans.



## LE CNES EN ACTIONS

# PÉDAGOGIE

## PETIT CUBESAT DEVIENDRA GRAND !

*Lancé par le CNES en 2012, l'initiative Janus a permis à de nombreux étudiants de s'initier au spatial en participant à la conception de cubesats. Aujourd'hui, les cubesats fabriqués dans le cadre de Janus ont même permis l'émergence de plusieurs start-up.*

**L'**aventure étudiante cubesat a commencé sans bruit en 2006. Son moteur : encourager les scientifiques et ingénieurs en devenir à s'engager dans la recherche et l'ingénierie spatiales. Comment ? En fabriquant des nanosatellites ! Dans son rôle d'animateur de programmes, le CNES lançait l'initiative Expresso. Il mettait des experts à disposition pour manager un projet et finançait pour partie la réalisation d'un cubesat. Pionnière, l'Université de Montpellier s'est alors lancée dans la construction de Robusta1A, qui n'est pas allé au bout de sa mission. Rentré tout de même dans l'atmosphère, il a prouvé que sa réalisation constituait un programme pédagogique complet et cohérent mobilisant toutes les filières de formation universitaires. En 2009 et 2010, deux autres projets internationaux auront le même mode opératoire : Baumanets 2 entre l'Université Bauman de Moscou et l'Université de Montpellier, puis Pratham entre l'Institut de technologie de Bombay (IITB), en Inde, et l'Université Paris-Diderot.

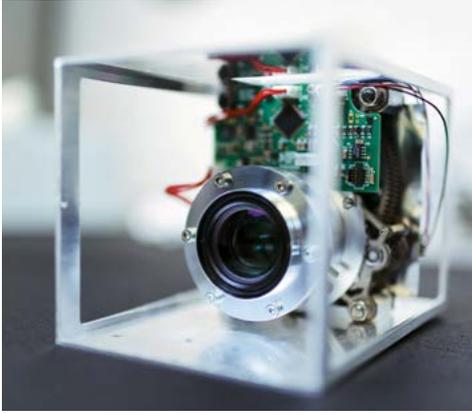
### « FAIRE DE LA SCIENCE »

En 2012, le CNES a renforcé et structuré ces initiatives à travers le projet Janus. L'objectif premier était de promouvoir auprès des étudiants les enseignements scientifiques en lien avec le spatial (mécanique, thermique, avio-

nique, contrôle d'attitude, systèmes d'énergie, propulsion, informatique bord et sol, etc.). Le second était de mettre en orbite des démonstrateurs intéressant la communauté scientifique et industrielle. « Plutôt que des travaux pratiques, le CNES a incité les universités et les écoles d'ingénieurs à créer de véritables centres spatiaux universitaires (CSU) (cf. carte p. 3), explique Alain Gaboriaud, chef de projet Janus au CNES. Les étudiants peuvent s'y retrouver avec les ingénieurs et les professeurs pour concevoir, intégrer et opérer des cubesats, ce qui sous-entend néanmoins de mettre en place moyens techniques et locaux. » Un centre de contrôle dans les locaux d'une université ? Une évidence, pour Alain Gaboriaud : « L'exercice devient complet et idéal pour appréhender la gestion d'un projet spatial exigeant avec un cahier des charges pointu. » Conçu en cinq ans tout au plus, le cubesat doit servir à « faire de la science ». Robusta 1A devait tester le comportement de composants électroniques



X-Cubesat de l'École polytechnique et Spacecube de l'École des mines dans la cuve thermique de la plateforme d'intégration et de tests de l'Université Versailles-Saint-Quentin-en-Yvelines.



Instrument optique Iris d'Eyesat.

dans l'espace. X-Cubesat (École polytechnique) et Spacecube (École des mines) étudient la thermosphère, Entrysat analysera la rentrée atmosphérique et Eyesat (cf. Instants T p. 28-29) captera la lumière zodiacale. Quant à Robusta 1B, il observera l'impact des radiations.

### UN MAILLON DE L'ÉCOSYSTÈME

En moins de six ans, Janus est devenu un acteur à part entière de l'écosystème spatial. Montpellier, premier CSU français, dispose aujourd'hui d'une plateforme technologique, développe sa propre technologie de cubesat 1U et 3U, et collabore avec le tissu industriel à travers sa fondation Van Allen. Pour les anciens étudiants, Janus s'est aussi révélé comme une expérience à valoriser. Quelques « ex-Janus » surfent notamment sur la vague des nanos pour s'installer sur le marché spatial. C'est le cas de la toute jeune start-up toulousaine U-Space, qui se positionne sur la fourniture de systèmes spatiaux complets à base de cubesats. Ces derniers boostent aussi les équipementiers déjà installés qui proposent des sous-systèmes comme Anywaves (cf. Transfert p. 36) ou des maîtres d'œuvre plateformes nanosatellites comme Nexeya.

## LANCEURS MICROLANCEMENT : LES GRANDES MANŒUVRES

*L'émergence des petits satellites impose au marché des lanceurs une mutation rapide. Pour répondre à la demande, plusieurs systèmes sont à l'étude, avec des coûts et des niveaux de services très variables.*



ous êtes plutôt bus, taxi ou co-voiturage ? Chaque solution a ses avantages. C'est un peu la même chose pour le lancement des nanosatellites. Après avoir fait décoller l'industrie et les services, ils vont faire décoller le marché du lancement. Les petits satellites représentent un marché de plus en plus significatif pour les lanceurs, mais, pour l'instant, la question du mode de lancement n'est pas tranchée. Les besoins, eux, sont clairs : ces lancements nécessitent plus de réactivité, plus de disponibilité et le besoin d'un service « Premium » avec un accompagnement adapté au profil du client. L'ajustement de l'écosystème lanceur à ce nouveau marché exigeant est rapide, multiforme et mondial. Aujourd'hui, concrètement, la mutation se traduit surtout par l'emport de satellites passagers sur les lanceurs historiques. Plusieurs solutions rendent le service opérationnel : le microlancement à partir de microlanceurs, l'intermédiation via des services sous-traités.

### DES FORMULES, DES COÛTS, DES SERVICES

Les Américains ont lancé la course au microlancement avec RocketLab et de l'intermédiation avec Spaceflight ; les Indiens et les Russes ont récemment démontré leurs capacités en déployant un nombre spectaculaire de petits satellites en un seul vol via PSLV et Soyouz. La Chine et l'Europe sont sur les rangs. Un nouveau service de « taxis » apparaît au travers de multiples développements de microlanceurs commerciaux, dont RocketLab est le meilleur exemple. Flexibles, ces formules

– SUITE P. 26



## LE CNES EN ACTIONS



Ariane 6.

« taxi » sont aussi très onéreuses. C'est le prix de l'exclusivité! Leurs atouts sont réels : le temps d'attente est court et les départs et arrivées collent à la demande. Leurs perspectives aussi, puisqu'on compte dans le monde une centaine de projets de ce type pour un investissement qui dépasse le milliard d'euros! Les formules « covoiturage » (*rideshare*) ou passager clandestin (*piggy back*) utilisent, elles, les « bus », lanceurs traditionnels (Soyouz, Atlas, Falcon 9, etc.) grâce à des adaptateurs. Elles ont encore besoin d'évoluer, mais offrent l'avantage d'un bas coût... et quelques inconvénients, en particulier des calendriers figés, le partage du trajet et un manque de précision d'orbite. Mais le retour sur expérience prouve que le voyage en *piggy back* est une bonne formule. Les lanceurs institutionnels embarquent régulièrement ce type de passagers.

### L'EUROPE SUR LES STARTING-BLOCKS

Pour sa part, l'Europe explore plusieurs pistes. Avec le support du CNES et de l'industrie, l'ESA encadre la mise en place d'un service de lancement dédié aux petits satellites. Il proposera des créneaux de vol réguliers sur Ariane 6 à partir de 2021 et sur Vega dès 2019. L'ESA et la Commission européenne accompagnent certains développements technologiques utiles au microlancement. Elles souhaitent mettre en place un écosystème fertile pour ces nouveaux acteurs. Le CNES, lui, ne financera pas de développement de microlanceur. En revanche, il encourage toute initiative privée française de microlancement qui pourrait répondre aux besoins des petits satellites, ou qui pourrait bénéficier de transferts technologiques et créer des emplois. Restent les incertitudes économiques. Si le marché du nano est en pleine expansion, la visibilité sur son avenir est, malgré tout, encore aléatoire.

103

### C'est le record

du nombre des nanosatellites largués en un seul lancement. Le challenge a été relevé par l'Isro (agence spatiale indienne). Issus de pays étrangers, ces nanosatellites atteignaient au total un poids combiné de 664 kg.



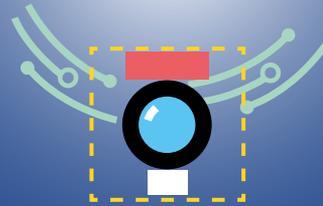
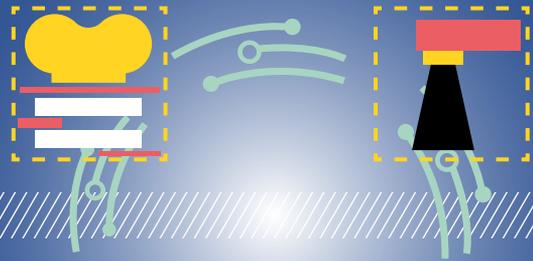
MATIÈRE

# CARTE MAITRESSE

**ISSUE DE LA R&T DU CNES, LA CARTE NINANO EST LE CERVEAU D'EYESAT**, nanosatellite de Janus. Elle permet de résoudre simultanément deux enjeux majeurs. Le premier est d'ordre économique : en optant pour des composants sur étagère à bas coût mais à haute puissance de calcul, le centre national a remplacé les composants « durcis » spécifiques au spatial, plus onéreux. Les risques de défaillances associés ont été analysés et sauront être canalisés. Le second relève de la technologie : Ninano concentre les fonctions usuelles de gestion de la plateforme mais aussi de multiples autres fonctions comme la gestion de la mission et les traitements scientifiques. Elle limite donc de fait le nombre des équipements nécessaires. Fabriquée par Steel, Ninano fera son premier vol sur Eyesat, mais elle inspire déjà d'autres projets industriels.



## INSTANTS T



### RÉCAP' QUI FAIT QUOI ?

Réaliser un triple cubesat en moins de cinq ans, c'est de l'organisation ! En stage au Centre spatial de Toulouse ou dans des laboratoires partenaires (Irap et Latmos), des étudiants de CSU et d'écoles d'ingénieurs ont défini les contours de la mission, encadrée par un chef de projet et des experts mis à disposition par le CNES ainsi que par l'ISAE/Supaéro et l'Enac pour les activités d'ingénierie. À partir des travaux de R&T du CNES et du programme Janus, les industriels ont conçu des briques technologiques, qui ont depuis évolué vers des produits sur étagère. Pour la suite, l'ISAE/Supaéro gèrera le satellite en orbite et l'Enac, la charge utile.

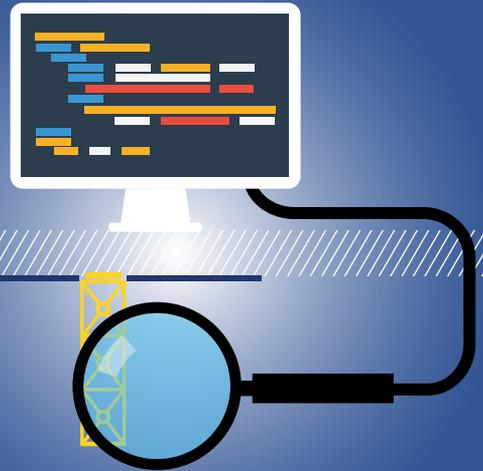
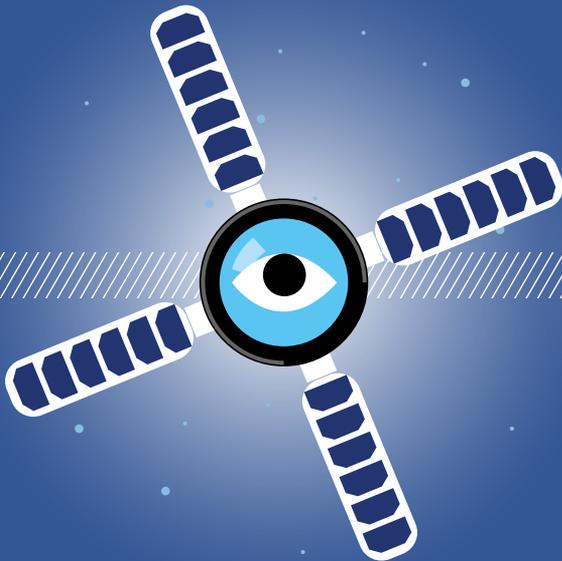
### DÉMONSTRATEUR PRÉPARER LES NOUVELLES GÉNÉRATIONS

En tant que démonstrateur, Eyesat évaluera la performance maximale que peut atteindre un triple cubesat. Ce sera le premier vol d'un nanotélescope (voir ci-contre), du processeur de la carte NInano (cf. Matière p. 27) ainsi que de nouvelles cartes radiofréquence. Il testera aussi, pour les panneaux solaires, des charnières composites capables de garder en mémoire leur configuration initiale... et de la retrouver ! Réinvesties dans Angels, ces nouvelles technologies permettront de positionner des industriels français sur le marché mondial des cubesats.



## INSTANTS T

L'ŒIL ACÉRÉ D'EYESAT VA SCRUTER LA LUMIÈRE SOLAIRE DIFFUSÉE PAR LES POUSSIÈRES INTERPLANÉTAIRES. EN PLUS DE TESTER EN VOL DES TECHNOLOGIES RÉUTILISABLES, CE PROJET PILOTE DE TRIPLE CUBESAT AIDERA À AFFINER LES MÉTHODES DE MANAGEMENT EN VUE DU DÉVELOPPEMENT DES CUBESATS DE JANUS.



### INSTRUMENT UN TÉLESCOPE XXS

*Eyesat fournira une image globale et en couleur de la Voie lactée. Il embarque donc un télescope à son échelle ! Si l'optique n'a pas été réalisée spécifiquement pour lui – c'est un « produit sur étagère » – elle a dû être adaptée pour respecter ses dimensions. Les étudiants se sont chargés de concevoir et d'assembler les roues à filtre et filtres polarisants. La caméra couleur CMOS, elle, est un produit R&T élaboré par le CNES et la Société 3D+.*

*Testé à l'Observatoire du pic du Midi, le nanotélescope a déjà réalisé des images nocturnes du fond du ciel.*

### INTÉGRATION FAIRE COMME LES GRANDS

*Comment vérifie-t-on les fonctionnalités d'un cubesat ? Par des essais multiples, comme pour les grands satellites. Senseur stellaire, panneaux solaires, optique... rien n'est laissé au hasard. Les essais d'environnement mécanique seront réalisés à l'ISAE/Supaéro. Eyesat séjournera ensuite à l'observatoire de Versailles-Saint-Quentin-en-Yvelines (OVSQ) pour les essais en vide thermique. Le calculateur de vol sera quant à lui validé sur le banc de test hybride Basile (simulateur numérique de satellite). Enfin l'environnement orbital et les équipements seront simulés pour qu'Eyesat se croie sur son orbite.*



RENCONTRES

# MATHILDA COUTURE

Étudiante sur le programme Janus.

« Nous avançons vite et bien, tous ensemble. »



Pour Mathilda Couture, développer un nanosatellite constitue d'abord une réflexion particulièrement stimulante : « Il faut trouver des solutions pour faire rentrer tous les éléments de base et les outils dans un minimum de place. En ce moment par exemple, nous cherchons comment adapter nos minivis aux normes ! »

**En troisième et dernière année à l'Institut catholique des arts et métiers (Icam) de Toulouse, Mathilda réalise, depuis février 2018, un stage de six mois au CNES.** Déjà séduite par « le côté production et mécanique » de l'Icam, l'ingénieure en devenir a jeté son dévolu sur le programme Janus avec « un stage concret pour le côté AIT (assemblage, intégration et

tests) ». **Forte d'une participation à la coupe de France de robotique, Mathilda a donc rejoint le projet étudiant Eyesat, un nanosatellite de 10 x 10 x 33 cm.** « Eyesat est un télescope novateur conçu pour étudier les poussières que l'on ne voit pas forcément à l'œil nu et réaliser une vue à 360° de la Voie lactée, explique la jeune Toulousaine. L'enjeu consiste à tester rapidement et à moindre coût des solutions que l'on pourra ensuite adapter à des constellations ou à de plus gros satellites. »

**Ce triple cubsat étant développé sur cinq ans, plus de 170 étudiants se sont déjà relayés sur le projet pour assurer son lancement début 2019.** « Logiciels de vol, charge utile,

puissance... Répartis dans plusieurs services, nous sommes une dizaine à nous partager des responsabilités différentes, pilotés chacun par un tuteur CNES spécifique. Ce système est motivant et valorisant car nous avançons vite et bien, tous ensemble », décrit Mathilda, qui, elle, est bien sûr responsable AIT.

Si elle projette de se consacrer à un master en management l'an prochain, elle n'envisage pas pour autant de quitter le concret de la mécanique, notamment miniaturisée, « un secteur porteur et innovant ». Car selon Mathilda, il n'y a pas de limites à la miniaturisation : « C'est juste que les moyens n'ont pas encore été développés ! »



RENCONTRES

# ABDOULAYE SECK

Coordinateur du Conseil local de pêche artisanale de Dakar (CLPA).

« Je veux pouvoir annoncer une année sans accident de pêche au Sénégal. »



Poussant leurs pirogues toujours plus loin des côtes, les pêcheurs traditionnels sénégalais bravent quotidiennement le danger. Pêcheur comme son père, Abdoulaye Seck a pourtant abandonné son bateau en 2008. « Ce n'est pas moi qui amène le poisson à ma famille, mais c'est moi qui l'achète ! » s'exclame le président des pêcheurs, président des mareyeurs et coordinateur du Conseil local de pêche artisanale de Dakar. « Au Sénégal, chaque village côtier a son bureau et son représentant des pêches. On se retrouve régulièrement autour d'une table, avec l'administration, pour régler tous les problèmes », décrit-il.

À Dakar, la récolte halieutique varie

selon les saisons et la météo. « **Avec le réchauffement climatique, les pêcheurs doivent aller de plus en plus loin pour atteindre la ceinture de pêche.** Des espèces comme le thon albacore, l'espadon ou le marlin se trouvent maintenant à 35 km au large, parfois plus. Et s'ils n'y vont pas, ils ne pourront pas nourrir leur famille », explique le coordinateur. Or, en cas de besoin, leurs téléphones portables n'ont qu'une portée de 13 km.

Déjà engagé dans la gestion durable des pêches, **CLS propose au Sénégal d'équiper ses bateaux artisanaux de balises de localisation et de collecte de données Nemo.** Cette balise hybride GSM de petite taille

fonctionne grâce aux satellites Argos. Autonome sur plusieurs mois, cette balise solaire reliera les pêcheurs à la côte, leur délivrera des alertes météo et leur permettra d'envoyer un signal de détresse, et ce où qu'ils soient. **Nemo permettra également d'évaluer l'impact de leurs pêches sur les ressources naturelles.** Une solution porteuse d'espoir pour Abdoulaye Seck : « Mon plus grand souhait est de rassurer les pêcheurs. Si on pouvait être sûr de contacter le bateau en moins de 15 minutes, cette balise permettrait aux secours d'intervenir rapidement et augmenterait les ressources des pêcheurs, qui pourraient aller plus loin en toute quiétude. »



RENCONTRES

# LAURENT JAVANAUD

Responsable de ligne Smallsat chez Nexeya.

« Les nanosatellites ouvrent un champ des possibles incroyable ! »



Dans les locaux toulousains de la société, un îlot open space accueille l'équipe intégrée Angels. Aux murs, entre deux posters d'illustres satellites, trônent des plans A3 de leur projet commun : Angels, 22 x 22 x 35 cm. Fin 2019, ses 20 kg « tout mouillé » remplaceront les 40 kg de l'instrument Argos du satellite Saral/Altika, en fin de vie. « **Plus fiable qu'un cubesat universitaire et moins cher qu'un satellite habituel, tout l'enjeu d'Angels repose sur la miniaturisation** : celle de la plateforme satellite, développée par Nexeya, et celle de la charge-utile Argos Neo, confiée à Thales Alenia Space. Le tout sous la maîtrise d'ouvrage du CNES », résume Laurent

Javanaud, responsable de la ligne Smallsat chez Nexeya. Directement inspiré du Newspace, Angels est issu d'une rupture à la fois technologique et organisationnelle. « **Grâce à la remarquable expertise technique du CNES, nous développons le satellite, le segment sol et le logiciel de vol en parallèle.** Le centre national a également su mettre en place une gouvernance intégrée redoutablement efficace », salue le responsable.

Pour tenir le défi du calendrier, l'équipe a commencé par définir un référentiel permettant un développement rapide (2,5 ans !) et au meilleur coût. Ainsi, la revue critique de définition aura lieu en octobre 2018

pour un assemblage du satellite en avril 2019. La qualification du système complet sera réalisée selon la philosophie américaine test as you fly, grâce au centre de contrôle. Pour Laurent Javanaud, qui aime « les projets d'envergure, pluridisciplinaires et innovants », Angels est à la hauteur de ses ambitions : « Produit en partenariat avec des entreprises locales, il se veut l'initiateur de l'émergence d'une nouvelle filière française. **Plus qu'un démonstrateur, il sera opérationnel durant au moins deux ans** pour prouver que les nanosatellites sont suffisamment fiables pour des applications commerciales mais aussi sécuritaires. »

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



## ESPACE ÉTHIQUE



JACQUES ARNOULD

# MURMURATION

*Saurons-nous apprendre à utiliser les systèmes complexes  
que les progrès technologiques en matière de miniaturisation  
nous permettent désormais d'imaginer et d'installer en orbite ?  
Et si les nuées d'oiseaux nous livraient alors leur secret ?*

**L**a voix de Neil Armstrong parvient au centre de contrôle des missions de la NASA : « Houston, ici la base de la Tranquillité. Eagle a aluni. » Nous sommes le 20 juillet 1969. Quelques heures plus tard, l'astronaute accomplira l'un des pas les plus célèbres de l'histoire de l'humanité. L'exploit d'Armstrong n'est pas celui d'un seul homme ; pour parvenir les premiers à amener un équipage sur la Lune et à l'en ramener sain et sauf sur Terre, les États-Unis ont levé une véritable armée d'ingénieurs et de scientifiques. Pourtant, en choisissant de baptiser Eagle le module lunaire de la mission Apollo 11, ils n'ont pas seulement honoré l'un des symboles de leur pays ; ils ont aussi (mais peut-être inconsciemment) inscrit cet exploit dans la symbolique habituelle des grandes découvertes : comme l'aigle solitaire, Armstrong et Aldrin étaient seuls pour affronter et conquérir la « magnifique désolation » lunaire...

### DE LA CONSTELLATION À LA MURMURATION

Un demi-siècle plus tard, les « aigles » ont replié leurs ailes et attendent de pouvoir poser le pied sur Mars. L'heure est plutôt au déploiement de systèmes spatiaux autour de la Terre et au service des Terriens en profitant des innovations technologiques, en

particulier la miniaturisation. Grâce à elles, le vol solitaire a laissé place au vol en patrouille. En constellation, disent les ingénieurs. En murmuration, proposent les ornithologues qui ne craignent pas l'anglicisme. Le secret de ces nuées de plusieurs milliers d'oiseaux n'a pas encore été entièrement percé : comment ces individus communiquent-ils entre eux pour s'avertir d'un danger ou d'une source de nourriture ? Comment évitent-ils la collision ? Qui influence leur trajectoire ? Nous avons encore beaucoup à apprendre de ces chorégraphies dont l'homogénéité et l'harmonie ne servent qu'à les rendre plus utiles, plus efficaces, plus bénéfiques pour le groupe et pour chaque individu. Les murmurations spatiales qui peuplent déjà ou peupleront demain les orbites circumterrestres sont aussi fascinantes que celles des oiseaux. Elles nous émerveillent mais nous effraient aussi parfois : et si elles déclenchaient des drames dignes d'un scénario d'Hitchcock ou d'Orwell ? Ce risque existe. Il nous revient donc de garder la maîtrise des progrès technologiques que nous accomplissons, de leur donner nous-mêmes un sens. Notre destin pas plus que notre devoir ne sont inscrits dans le cours des astres ou dans le vol des oiseaux ; à nous de les écrire dans le ciel comme sur Terre.



EN VUE



## CANSAT DES SATELLITES EN CANETTE

Essentiellement dédié aux campagnes nationales de lancement de fusées expérimentales, le C'Space est le rendez-vous des étudiants avec l'espace. Organisé par le CNES et Planète Sciences, il accueille chaque année depuis 2009 une compétition originale : Cansat France (contraction de « canette » et « satellite »). Le concept ? Intégrer les éléments essentiels d'un satellite dans un volume compris entre 33 cl et 1 litre. Chaque année, largués depuis un ballon captif, une dizaine de ces engins sont soumis à rude épreuve. Cet été, les Cansats devront effectuer un déploiement réussi de leur structure soit lors de leur descente soit lors de leur atterrissage. En épreuve optionnelle, ils pourront éjecter, durant leur vol, une figurine de spationaute munie d'un parachute. Pour cette nouvelle édition, huit équipes se feront face, dont une venue tout droit du Pérou.

## TOULOUSE SPACE SHOW

### Les nanosats à l'honneur!

Pour la première fois lors du Toulouse Space Show, les acteurs internationaux du Newspace étaient rassemblés autour de Nanospace, un événement axé sur la logique économique des projets et services des nanosatellites. Toute la journée du 27 juin 2018 leur a été consacrée. Au programme de la matinée, les services de lancements de Rocket Lab, Arianespace, ECM Space, EXSpace et Spaceflight ont été analysés. L'après-midi a été consacrée aux initiatives de levées de fonds avec une première table ronde sur les Venture Capitalists en présence de Seraphim, Edgemore, GSV et CosmiCapital. Une seconde table ronde a ensuite présenté des retours d'expérience de start-up à partir d'exemples concrets comme Planet, Spire, Astrocast, OpenCosmos, ThrustMe et LeoLabs. Un rendez-vous à reprogrammer.

**#À Lire** – Selon l'essayiste Elisabeth Dufourcq, *Homo sapiens est encore loin d'avoir perdu la partie face aux robots. Elle le prouve dans L'Esprit d'invention. Le jeu et les pouvoirs*, paru chez Odile Jacob, dans lequel elle retrace, d'âge en âge, les grandes découvertes dues au génie humain.

## ARGONIMAUX

# LE REQUIN PÉLERIN, NOUVEL APPELÉ



À la demande de l'Apécs<sup>1</sup>, le requin-pélerin, hôte encore mystérieux de nos côtes, va rejoindre le cercle plutôt fermé des espèces suivies par le programme pédagogique ArgoNimaux, au profit de l'écologie

marine. Le CNES mettra par la suite les données de ce suivi à disposition des enseignants, de même – et c'est l'autre nouveauté – que le profil de plongée d'espèces déjà suivies comme le manchot ou l'éléphant de mer. ArgoNimaux compte, lui aussi, sur la miniaturisation des balises Argos.

Au-delà de nouvelles espèces pouvant être suivies, des balises miniatures ouvriraient la voie à des études non plus individuelles, mais à l'échelle d'un groupe. Combinées à des cartes comme celle de la température de la mer, ces données pourraient fournir de précieuses informations pour préserver la biodiversité.

1. Association pour l'étude et la conservation des séliens

## 2 G

Les grands animaux comme les ours blancs ont été les premières espèces à être équipées de balises Argos dans les années 1980. De plus en plus d'espèces sont aujourd'hui suivies grâce à la miniaturisation : la plus petite balise Argos solaire pèse à peine 2 g.



EN VUE



## PRAGMATIC UN NANOSAT EN KIT

Dans les années à venir, le secteur spatial fera face à un important besoin d'ingénieurs. Le kit pédagogique de nanosatellite 1U est justement un outil idéal pour la formation de « masse ». Ce nouveau support, développé en partenariat avec l'Université de Montpellier, sera déployé dès septembre 2018. Cette initiative s'inscrit dans le cadre plus large de Pragmatic, un programme qui fait la part belle aux avant-projets spatiaux innovants et futuristes comme les drones martiens ou les rovers. Mais Pragmatic est surtout un outil destiné à la formation d'étudiants du

supérieur. En suivant des séquences successives, les étudiants sont initiés à l'architecture système et de programmation de satellites. L'approche par modules réalisée en partenariat avec l'École normale supérieure de Rennes permet de se familiariser avec la partie calculateur, l'énergie, le contrôle d'attitude, la communication bord/sol, le test ou encore la liaison avec une charge utile. De quoi préparer une future prise de poste! Les bénéficiaires de cette formation pourront alors appréhender des projets plus ambitieux, plus rigoureux, destinés cette fois à être mis à poste.



### AGENDA

16-20 JUILLET 2018

C'Space

Site du 1<sup>er</sup> RHP au camp de Ger, Tarbes

### ENSEIGNEMENT

#### Perseus le pédagogue

Initiative de la direction des Lanceurs, le projet Perseus<sup>1</sup> est destiné aux jeunes. Lancé en juin 2005, il s'appuie sur la conception d'un ensemble de démonstrateurs pour réaliser un système de lancement de nanosatellites. Calé sur le rythme scolaire pour faciliter l'intégration des étudiants, le projet est ponctué par des temps forts : des journées de présentation des projets étudiants, comme celle du 16 juin 2018 à l'Université d'Évry-Val d'Essonne; des revues pour vérifier la bonne progression du projet; un séminaire dont la 14<sup>e</sup> édition se déroulera les 31 janvier et 1<sup>er</sup> février 2019; et des campagnes de tir (en Suède par exemple) avec un lancement prévu en avril 2019 pour la fusée supersonique Sera 4 et en avril 2020 pour son évolution en LOX/Méthane, du nom d'Astres, afin de répondre au challenge de démonstrateur de premier étage réutilisable.

<sup>1</sup> Projet étudiant de recherche spatiale européen universitaire et scientifique.



TRANSFERT

# MINI-ANTENNES GRANDE GAMME

*Les antennes satellites imposantes sont de l'histoire ancienne. Issue d'un essaimage CNES, Anywaves propose une gamme d'antennes qui débute dans l'infiniment petit. La jeune start-up toulousaine est désormais pionnière européenne sur ce marché.*



nywaves a soufflé sa première bougie en avril 2018. Nicolas Capet, son fondateur, n'est pourtant pas novice en matière d'antennes. Ingénieur et docteur ès antennes et électromagnétisme au Centre spatial de Toulouse pendant sept ans,

il a plusieurs brevets à son actif. C'est d'ailleurs l'une de ses technologies novatrices qui lui a servi de tremplin pour la création de sa start-up.

## UN POSITIONNEMENT FRUCTUEUX

Nicolas Capet possède en outre une bonne connaissance de l'écosystème et du marché spatiaux. Ce qui aide : « Anywaves se focalise sur le segment cubesat. Même si ce marché a pour l'instant une force de frappe limitée, il est en plein essor. Il était donc vital de se positionner rapidement », explique-t-il. Antennes patchs, antennes plates, qu'importe : « Ce qu'il faut, c'est qu'elles soient haute performance, ultra-compactes et légères ». En la matière, l'antenne embarquée sur Eysat, qui a fait l'objet d'un développement interne au CNES, est une référence. L'autre atout d'Anywaves, c'est la fabrication additive (imprimante 3D), qui permet de raccourcir drastiquement les délais de production. Résultat : Anywaves est actuellement le seul équipementier antennes pour les nanosatellites en Europe. Déjà bien implantée, la start-up prépare l'avenir. Nicolas Capet observe notamment avec intérêt les projets de constellations. De même que les nouveaux entrants du spatial, car le potentiel futur est mondial. Et même s'il est encore un peu tôt, Anywaves ne perd pas de vue le potentiel des drones et de leur petit format. Nicolas Capet envisage donc l'avenir avec confiance : au démarrage, sa start-up comptait trois personnes; elle a déjà créé deux nouveaux emplois. En juillet 2017, Anywaves a intégré l'ESA Bic Sud France, l'incubateur du pôle de compétitivité Aerospace Valley. Un bon tremplin.

FR



OU



**Anywaves** propose une gamme d'antennes quasi personnalisées : leur taille peut varier depuis le très petit (dimension inférieure à 10 x 10 cm et quelques centimètres d'épaisseur) jusqu'à des formats de 25 x 25 cm.