

# CNES MAG

FR  
EN

ESPACE • INNOVATION • SOCIÉTÉ

# 92  
Mai 2022

**GALILEO**

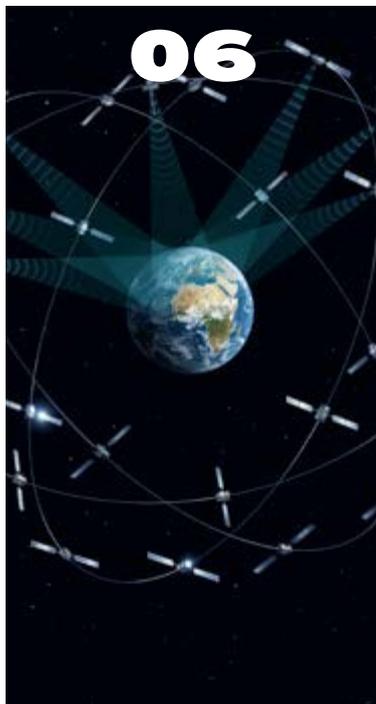
**UNE CONSTELLATION  
DE SERVICES**



**cnes**  
CENTRE NATIONAL  
D'ÉTUDES SPATIALES



## SOMMAIRE



### **05** ÉDITORIAL

**06**  
**L'ESSENTIEL**  
Précision, services, modalités de lancement... Tout savoir sur la constellation européenne Galileo !

**12**  
**#COMMUNAUTÉ**  
Les followers du CNES s'intéressent aux performances de Galileo

**13**  
**GRAND ORAL**  
Timo Pesonen, Directeur général pour l'Industrie de la défense et l'espace à la Commission européenne, revient sur les atouts de Galileo

**16**  
**EN IMAGES**  
Du ferroviaire à l'aviation, Galileo s'impose

**18**  
**EN CHIFFRES**  
Les données clés pour comprendre les enjeux de Galileo

**19**  
**LE CNES EN ACTIONS**  
Galileo, champion européen

**27**  
**MATIÈRE**  
Des horloges au top

**28**  
**INSTANTS T**  
Cospas-Sarsat, le SOS à la pointe

**30**  
**RENCONTRES**  
- Hélène Gautier, cheffe du service Système et projets de navigation au CNES  
- Jean Le Cam, navigateur  
- José Iriarte, fondateur et président de Stradot

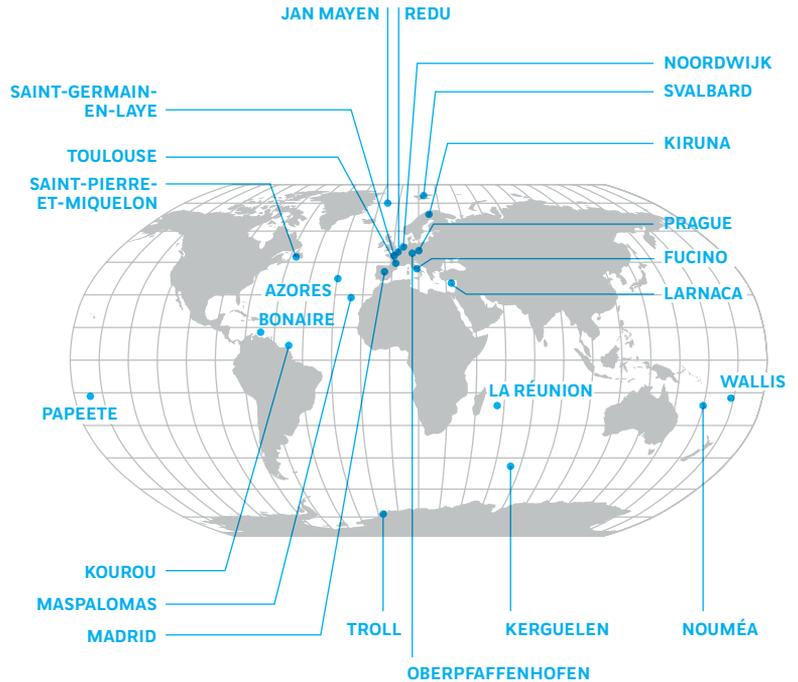


## SOMMAIRE



19

# LE RÉSEAU MONDIAL DES STATIONS ET SITES GALILEO



33

## ESPACE ÉTHIQUE

Surplomb de conscience,  
par Jacques Arnould

34

## EN VUE

Les événements  
à ne pas manquer

36

## TRANSFERT

Nav4You fait tomber les murs

## PARTENAIRES

Sont cités dans ce numéro : Agence européenne des systèmes mondiaux de navigation par satellite (EUSPA) p 7 / 14 / 21 ; Agence nationale des fréquences (ANFR) p 10 ; U-Space p10 ; Direction générale de l'armement (DGA) p 10 ; Institut national de l'information géographique et forestières (IGN) p 11 ; Agence spatiale européenne (ESA) p14 / 17 / 21 ; Thales Alenia Space p 11 / 23 / Airbus Defense and Space p 17 / 23 / 32.

En couverture : © Getty Images/Everste



WWW.CNES.FR

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

CNESfrance

@CNES

CNES



## CONTRIBUTEURS

**JEAN**  
MARÉCHAL



**Du cœur des systèmes aux services opérationnels,** de la conception au développement, d'Egnos ou de Galileo, Jean Maréchal connaît tout. Hier expert national détaché à la Commission européenne, aujourd'hui responsable du programme Navigation au CNES, c'est animé d'un souci de transmission qu'il nous a laissés feuilleter les pages sa grande connaissance du sujet.

**CHIARA**  
SCALEGGI



**Depuis près de dix ans, Chiara Scaleggi met toute son énergie** et son enthousiasme au service du programme international Cospas-Sarsat. Pour aller plus loin, elle porte au CNES le projet SAR-Galileo. De quoi, demain, sauver encore plus de vies. Elle a partagé avec nous toutes les promesses de ces nouveaux services !

**MARC**  
JEANNOT



**Ayant passé de nombreuses années dans la navigation spatiale,** Marc Jeannot maîtrise les constellations Egnos, Galileo, GNSS dont il a fait son domaine d'excellence. Segment bord, sol, récepteur, orbites... comment ça marche ? Cet ingénieur et ancien expert national détaché à la Commission européenne nous l'explique.

**JEAN-PIERRE**  
DIRIS



**À la tête de la sous-direction spatiale des projets de télécommunications et navigation au CNES,** Jean-Pierre Diris connaît tous les atouts de Galileo. Brouillage, leurrage... il en maîtrise aussi les failles. Dans ce numéro, il a décrypté pour nous les projets en cours pour garantir la sécurité des données.

**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** : Philippe Baptiste. **Directrice éditoriale** : Marie-Claude Salomé. **Rédactrice en chef** : Brigitte Alonzo-Thomas. **Secrétaire générale de la rédaction** : Céline Arnaud. **Rédaction** : Brigitte Alonzo-Thomas, Liliane Feuillerac, Dominique Fidel. **Photothèque (recherche iconographique)** : Marie-Claire Fontebasso, Oriane Arnould. **Responsable photo** : Thierry De Prada. **Crédits photo** : p.04 CNES/T. De Prada – CNES/F. Maligne ; p.05 CNES/C.Peus, 2021 ; p.06 CNES/P. Carril 2022 ; p.07 (haut) CNES/ESA/Arianespace/Optique Vidéo CSG/S Martin ; p.07 (à droite) EUSPA/T. Belvaux ; p.08 Getty Images ; p.09 GUIDE : Laboratoire d'Essais en géolocalisation ; p.11 CNES/C. Rouch ; p.13 et 15 Commission européenne, tous droits réservés ; p.16 Getty Images ; p.17 AIRBUS S.A.S. 2017 – photo by /S. RAMADIER ; p.18 Syrlinks ; p.19 CNES/E. Grimault ; p.20 CNES/ESA/Arianespace/Optique Vidéo CSG/JM Guillon, 2021 ; p.21 CNES/T. De Prada ; p.23 ESA ; p.24 et 25 (haut) Getty Images ; p.25 (bas) Paul-David Cottais/Marine Nationale/Défense ; p.26 Getty Images ; p.27 ESA ; p.34 (haut) Teria ; p.34 (bas à gauche) Getty Images ; p.33 J.Arnould ; p.36 NAV4YOU/J.Perul. **Illustrations** : François Foyard, Jean-Marc Pau, Robin Sarian (Idix). **Web master** : Sylvain Charrier, Mélanie Rameil. **Réseaux sociaux** : Mathilde de Vos. **Traduction** : Boyd Vincent. **Conception, conseil et réalisation** : Citizen Press – Camille Aulas, David Corvaisier, Fabienne Laurent, Alexandra Roy, Guillaume Tixier. **Impression** : Ménard. ISSN 1283-9817. **Ont participé à ce numéro** : Céline Begon, Typhanie Bouju, Paul Chambon, Thierry Chapuis, Philippe Collot, Sylvain Delattre, Jérôme Delporte, Emiline Deseez, Dinka Dinkova, Jean-Pierre Diris, François Dufour, Christelle Dulery, Laurent Jolivet, Thomas Junique, Arnale Kanj, Denis Laurichesse, Gabriel Liabeuf, Anne Le Cam, François Xavier Marmet, Celia Monamy, Jehan Perul, Alexandre Ramos, Cédric Rouch.



## É D I T O R I A L



**Imaginée aux États-Unis il y a plus de 60 ans avec le projet militaire Transit, la navigation par satellite est devenue une ressource mondiale indispensable.**

Ses services civils sont plébiscités par les citoyens et les professionnels qui peuvent ainsi connaître à tout instant leur position dans l'espace mais aussi dans le temps.

Il y a 20 ans, l'Europe décidait de sa souveraineté technique, économique et stratégique pour fournir ce service simple en apparence mais essentiel. Aujourd'hui, grâce à Galileo et Egnos, elle dispose de services d'une grande qualité tandis que se profilent les services de demain, en cours de développement.

Dans ce numéro CNESMAG rappelle les contributions de la France et du CNES aux deux systèmes européens. Pour n'en citer que quelques-unes : l'invention des signaux Galileo, l'exploitation opérationnelle du service de recherche et sauvetage, la surveillance mondiale des performances de navigation ou encore les développements industriels des infrastructures. Enfin, ce numéro nous fera découvrir des projets ambitieux qui repoussent les limites techniques et démontrent la faisabilité et les bénéfices de nouveaux concepts, tels les services reposant sur les constellations en orbite basse.

En matière de navigation par satellite, la France sait être performante, innovante et résolument européenne : bonne lecture !

**MARIE-CLAUDE SALOMÉ**

**DIRECTRICE DE LA COMMUNICATION DU CNES**



GALILEO

## UNE CONSTELLATION POUR L'INDÉPENDANCE

Le 15 décembre 2016, la Commission européenne signait la Déclaration d'engagement de services initiaux de Galileo. Les utilisateurs ont alors bénéficié d'une combinaison de ses signaux avec d'autres systèmes de navigation satellitaire.

En novembre 2021, la Commission a engagé une « capacité opérationnelle renforcée » de Galileo, un document qui acte l'indépendance de l'Europe en matière de positionnement, de navigation et de synchronisation spatiale. Concrètement, il permet aux usagers d'opter en priorité pour les services Galileo. Deux satellites lancés en décembre 2021 renforcent aujourd'hui la robustesse du système qui en compte 28. Un lancement in extremis puisque deux mois plus tard, la Russie suspendait les activités Soyouz et rapatriait ses équipes en mission au Centre spatial guyanais (CSG).



## SOYOUZ/ARIANE

### RETOUR SUR UNE DÉCENNIE DE LANCEMENTS

**I**l aura fallu dix ans pour envoyer les 28 satellites de la constellation Galileo en orbite. Parmi ces 28 satellites, 24 sont dits « opérationnels » et 1 est en réserve en orbite pour éviter les ruptures de service en cas d'aléa. Au Centre spatial guyanais, Soyouz et Ariane 5 ont été utilisés en alternance pour tenir le calendrier de mise en service. Soyouz pouvait embarquer deux satellites ; Ariane 5, quatre. À partir de 2016, Ariane a fait preuve d'adaptabilité et de flexibilité avec une version A5 ES, spécifiquement dédiée au lancement simultané de quatre satellites Galileo. La mise à poste de tous les satellites a été assurée alternativement par le CNES à Toulouse et l'ESOC<sup>1</sup> à Darmstadt (Allemagne). L'actualité géopolitique mondiale a depuis pris le pas sur le calendrier programmatique : les prochains lancements prévus sur Soyouz en avril et octobre 2022 ont, de fait, été repoussés. La chaîne de fabrication des Ariane 5 étant désormais à l'arrêt, c'est sur une Ariane 6 qu'ils auront lieu à partir du premier semestre 2023.

1. European Space Operations Centre.



## PERFORMANCE

### UN SYSTÈME SOUS HAUTE SURVEILLANCE

**D**epuis le sol, comment vérifier qu'un grain de sable ne vient pas altérer tout ou partie du système Galileo, à 23 000 km d'altitude ? Sur la base de paramètres définis comme conformes aux performances attendues par chaque pays de l'Union européenne, la surveillance s'organise. Perte de disponibilité du service, dysfonctionnement d'horloges, diminution de la précision, défaut de protection de l'utilisateur... la moindre défaillance est scrutée. Pour garantir l'objectivité de cette mesure de performance, la mission de surveillance a été confiée au CNES dont l'expertise et l'indépendance sont largement reconnues : il assure depuis 2009 cette même mission pour le système Egnos, utilisé par l'aviation civile. Pour la mener à bien, il a passé un accord avec l'EUSPA<sup>1</sup>. Pour cette agence, il est le responsable de deux consortiums regroupant, l'un 9, l'autre 19 instituts publics représentant une dizaine de pays européens.

1. Agence de l'Union européenne pour le programme spatial.



**4**

C'est le nombre minimum de satellites qui doivent être en visibilité pour qu'un utilisateur de Galileo puisse déterminer sa position. Pour remplir ces conditions et assurer une couverture mondiale, les constellations doivent comporter au moins 24 satellites.



## L'ESSENTIEL

### PRÉCISION DU MÈTRE AU CENTIMÈTRE

**A**vec une précision de 1 mètre, Galileo offre déjà une performance de positionnement exceptionnelle. Il s'apprête à faire encore mieux avec la technologie dite « PPP » (Precise Point Positioning) qui lui permettra d'atteindre le centimètre pour certains usages. Brevetée et primée, cette méthode révélée par les travaux d'ingénieurs du CNES utilise des données brutes (horloges atomiques à bord, orbites, etc.) et y applique des corrections. Transmises au récepteur, ces dernières viennent amender les informations reçues pour renforcer leur qualité. La technologie PPP peut s'appliquer à toutes les constellations GNSS<sup>1</sup> mais les caractéristiques de Galileo l'optimisent grâce aux fréquences particulières, notamment son troisième signal civil appelé E6 qui accroît le nombre de



mesures et la rapidité avec laquelle les solutions convergent. Estimé à 10 minutes pour le GPS, ce temps de convergence est d'une dizaine de secondes – un quasi-temps réel – pour Galileo. Une fois la phase de développement achevée, la start-up Geoflex a été créée en 2015 pour valoriser le service PPP.

Elle commercialise notamment des solutions pour les secteurs professionnels : maritime, aéronautique, BTP (ponts, ouvrages d'art), aménagement du territoire, ferroviaire, etc.

1. Les constellations GNSS (global navigation satellite systems) sont les systèmes de navigation à couverture mondiale. Ils sont au nombre de quatre : Galileo, GPS, Beidou et Glonass.

### RÉCEPTEURS LES SATELLITES AUSSI EN PROFITENT

**I**nitialement conçus pour être utilisés au sol, les récepteurs de signaux GNSS sont aussi embarqués à bord des satellites, et ce depuis les années 1990 pour certaines missions. La nouveauté réside dans l'augmentation de la demande avec la forte montée en puissance des programmes de nanosatellites et des missions en orbite basse. Quelle que soit l'orbite d'un satellite (basse, moyenne, géostationnaire), la mission gagne à s'adjoindre ce type de récepteur : il restitue avec plus de précision l'orbite et la synchronisation

du temps à bord. En augmentant le nombre de satellites en visibilité, Galileo contribue à améliorer leur performance, il ouvre la voie à de nouvelles fonctions multiconstellations et multifréquences. Autre atout : pour les satellites militaires, Galileo offre aussi des conditions d'indépendance et de plus grande sécurité. Seule réserve : ces récepteurs embarqués sont « cousus main » ! Les contraintes techniques spatiales étant drastiques (radiations, consommation, orbites, forte dynamique, etc.), leur conception n'est pas comparable à celle d'un banal récepteur de smartphone.



# 1m

C'est la précision du positionnement actuellement apportée par Galileo. Cette précision est mesurée de façon indépendante et la performance est surveillée par le CNES, en particulier au niveau de sa station de référence de Toulouse.

## POSITIONNEMENT

### GUIDE, LE LABO CERTIFICATEUR



Le laboratoire Guide conduit des essais de géolocalisation en conditions réelles et vérifie le bon comportement des systèmes de positionnement ainsi que l'intégrité de leurs signaux. La demande de certification peut émaner de fabricants de récepteurs, soucieux de la qualité de leurs produits, mais aussi d'utilisateurs de robots agricoles haute précision, d'acteurs de l'industrie automobile, du ferroviaire, etc. Pour vérifier et déterminer la fiabilité et la justesse de ces moyens de positionnement, Guide les embarque dans un véhicule et les soumet à des environnements contraints (ville, tunnel, etc.).

Le scénario peut ensuite être rejoué plusieurs fois en laboratoire pour valider statistiquement les performances. En collectant les signaux GNSS, Guide caractérise aussi les améliorations apportées par des « systèmes d'augmentation ». Ces systèmes (Egnos, par exemple) délivrent en temps réel des corrections qui améliorent la précision du positionnement. Acquis au cours d'une fructueuse collaboration avec le CNES, cette expertise vaut à Guide d'être depuis 2021 l'un des deux seuls laboratoires en géolocalisation accrédités selon la norme européenne EN16803.

# 80 ms

23 222 km, c'est l'altitude de l'orbite sur laquelle sont placés les satellites Galileo. Le signal met entre 80 millisecondes et 0,1 seconde pour arriver jusqu'au récepteur. Du quasi-temps réel.

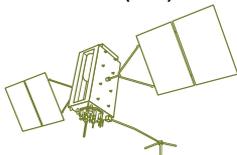
# 3 000 000 000

C'est, dans le monde, le nombre de smartphones qui, mi-avril 2022, étaient équipés d'un récepteur Galileo. Source : <https://www.usegalileo.eu/accuracy-matters/FR>

## LES QUATRE CONSTELLATIONS GNSS

### GLOBAL POSITIONING SYSTEM (GPS)

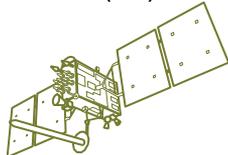
États-Unis (1995)



Nombre de satellites opérationnels : 31  
 Altitude d'orbite : 20 200 km  
 Précision du service : 1,7 m  
 Services : PNT (Positionnement Navigation Temps)  
 Origine du financement : militaire

### GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM (GLONASS)

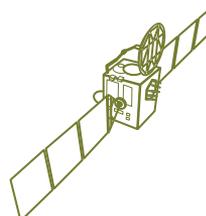
Russie (1995)



Nombre de satellites opérationnels : 22  
 Altitude d'orbite : 19 100 km  
 Précision du service : 6,6 m  
 Services : PNT  
 Origine du financement : militaire

### BEIDOU

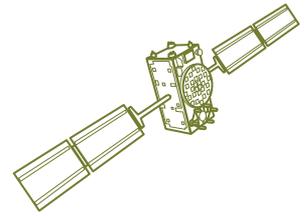
Chine (2020)



Nombre de satellites opérationnels : 24  
 Altitude d'orbite : 21 500 km  
 Précision du service : 1,7 m  
 Services : PNT + Haute précision  
 Origine du financement : militaire

### Galileo

Europe (2022)



Nombre de satellites opérationnels : 24  
 Altitude d'orbite : 23 222 km  
 Précision du service : 1,0 m  
 Services : PNT + Haute précision + Authentification + Détection mondiale des balises de détresse + Voie retour  
 Origine du financement : civil



## SÉCURITÉ

### BROUILLAGE : LIBÉREZ LES ONDES !

**E**n France, les brouilleurs de GPS sont interdits, leur possession et leur usage sont passibles de sanctions. Car ces petits boîtiers ne bloquent pas que votre GPS ! Ils peuvent faire dysfonctionner d'autres récepteurs GNSS, parfois à des centaines de mètres dans des industries, des avions, des voitures, des bateaux, des relais TV ou même perturber des services de secours. Du matériel obsolète ou défectueux peut aussi involontairement provoquer des brouillages. Quelle que soit la cause, l'Agence nationale des fréquences (ANFR) contrôle et envoie ses équipes sur le terrain dès qu'un aléa est signalé. Le passage en phase opérationnelle de Galileo est une occasion pour elle de rappeler l'importance des règles, y compris entre utilisateurs d'une même bande passante. Elle le fait pour la France<sup>1</sup>, mais un groupe de travail réfléchit à l'élaboration d'une base commune de mesures et de bonnes pratiques pour assurer la protection de ces fréquences à l'échelle européenne.

1. Une brochure grand public est disponible sur <https://www.anfr.fr/contrôle-des-frequences/brouillages/>

## NAVWAR

### INNOVER POUR LUTTER CONTRE LES INTERFÉRENCES

**L**e concept de NavWar<sup>1</sup> n'est pas né du conflit entre la Russie et l'Ukraine mais cette actualité met en évidence la nécessité de protéger les moyens spatiaux de navigation. En effet, dès le début de la guerre, l'AFP a rapporté que « les perturbations de signaux GPS utilisés par la navigation aérienne se sont intensifiées ». Brouillages, leurres, ces armes affectent les applications civiles comme militaires. NzSS, démonstrateur en orbite basse développé par le CNES en lien avec le ministère des Armées, sera lancé en 2022. Poids plume (6 kg) dans un format de poche (30 cm x 10 cm), ce nanosatellite conçu avec la start-up U-Space est un démonstrateur technologique de détection et localisation d'émetteurs interférents dans la bande GNSS. Le Plan de relance a aussi permis d'aborder la question sous l'angle dual avec deux projets soutenus et pilotés en liens étroits par le CNES et la DGA<sup>2</sup>. Le premier, Diego, testera de nouvelles technologies pour renforcer la surveillance des interférences au sein des bandes fréquences GNSS. Le second, Sicut, est un démonstrateur en orbite basse, porté par un consortium de PME et d'industriels français<sup>3</sup>. Son objectif est d'augmenter les signaux du service gouvernemental Galileo PRS<sup>4</sup> pour renforcer leur robustesse.

1. Guerre des systèmes de navigation.  
2. Direction générale de l'armement.  
3. Hemeria, Thales Alenia Space et Syrlinks.  
4. Public Regulated Service.

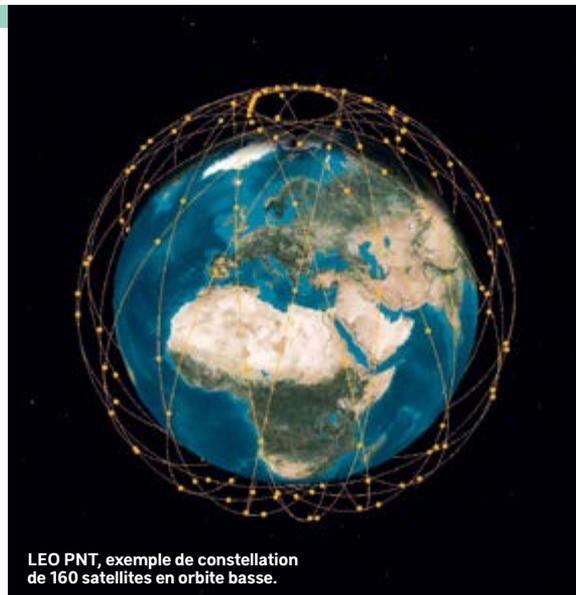




## LEO

### NOUVELLES ORBITES POUR NOUVEAUX SERVICES

**B**ienvenue en orbite basse ! En favorisant la conception des nanosatellites, la miniaturisation a rendu ces orbites dites « LEO<sup>1</sup> » particulièrement attractives. Avec OneWeb, O3B, Starlink et, demain, le système européen de télécommunications spatiales sécurisées ESSCS<sup>2</sup>, les constellations qui gravitent en LEO vont se multiplier. Prisées à l'origine pour les télécommunications, ces orbites entre 400 km (altitude de la Station spatiale internationale) et 2 000 km s'ouvrent désormais à de nouveaux services. Leurs atouts ? Elles favorisent les services de Positionnement Navigation Temps (PNT) et la synchronisation d'équipements. En orbite basse, les signaux sont plus proches de la Terre et donc plus puissants et plus robustes face au brouillage. Ces constellations font aujourd'hui l'objet de nombreuses études, notamment chez Thales Alenia Space, et pourraient offrir des services de renforcement des signaux GNSS qui évoluent en orbite moyenne (à 20 000 km d'altitude). Elles pourraient aussi apporter un début de réponse à des problématiques comme la localisation en



LEO PNT, exemple de constellation de 160 satellites en orbite basse.

intérieur ou dans des environnements contraints. Équipées d'antennes spécifiques, elles pourraient enfin surveiller les signaux GNSS depuis l'espace.

1. Low Earth Orbit (orbite basse terrestre).
2. EU Secure Space-based Connectivity System.

## REGINA

### UN RÉSEAU MONDIAL AU SERVICE DE LA SCIENCE

**E**n 2012, le CNES et l'IGN<sup>1</sup> ont créé Regina<sup>2</sup>, un réseau de 38 stations intégrant antennes, récepteurs et équipements associés. Dispatchées dans le monde entier, elles captent les signaux de l'ensemble des constellations GNSS, y compris ceux de systèmes régionaux comme QZSS (Japon) et IRNSS (Inde) et ceux des SBAS<sup>3</sup> comme Egnos pour l'aviation civile. Regina collecte ainsi

de nombreuses données qu'elle transmet au centre de mission du CNES, à Toulouse. Ce dernier les transfère ensuite, brutes ou traitées, à l'IGS<sup>4</sup>, véritable banque de données pour la création de services et produits de sciences de la Terre. En 2016, Regina a été modernisée pour capter les nouveaux signaux, notamment ceux de Galileo. Sa capacité multiconstellation et sa couverture mondiale en font

la clé de voûte des activités de navigation au CNES. Elles lui permettent aujourd'hui d'alimenter de nouveaux utilisateurs institutionnels comme l'EUSPA, mais aussi des scientifiques ou des sociétés de services dans le domaine du positionnement précis.

1. L'Institut national de l'information géographique et forestière.
2. Réseau GNSS pour l'IGS et la navigation.
3. Satellite-Based Augmentation System.
4. International GNSS Service.



## # 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 ! :)

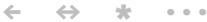


**@THIERRYBRETON**

Commissaire européen



Sauvetage en mer... et depuis l'espace! Heureux que nos satellites [#Galileo](#) aient contribué au sauvetage de [@KevinEscoffier](#) durant le [#VendeeGlobe](#). 3 satellites du système de navigation ont capté le signal de sa balise et fourni sa localisation précise. [@JeanLecam](#)



**@SEBMAYOUX**

Auteur sérieux de polars



Les territoires d' [#outremer](#) français sont cruciaux pour la souveraineté technologique de l'UE. Il y a la base spatiale de Kourou (Guyane), les bases scientifiques des TAAF... Et [#Galileo](#), le système de navigation européen, qui vient de s'implanter dans les îles [#Kerguelen](#)



**@SPACEARTH\_IN**

Notre mission : mettre le spatial franco-européen au service des citoyen(ne)s.



Trouver son chemin avant 1995 :   
Trouver son chemin aujourd'hui :   
Chaque jour, 2,3 milliards d'utilisateurs bénéficient des 28 satellites du système de navigation Galileo.  
Pour en apprendre plus sur Galileo, c'est par ici  :  
<http://spacearth-initiative.fr>



**@EUROPAWIRE**

Press release distribution & #newswire service for #Europe & the #EuropeanUnion.



Le 3<sup>e</sup> [#HackathonCASSINI](#) : Grâce à des données et signaux de grande ampleur issus des programmes [#Copernicus](#), [#Galileo](#) et [#EGNOS](#), les participants seront en mesure d'élaborer des solutions révolutionnaires pour assurer l'avenir du [#tourisme](#).





GRAND ORAL

# TIMO PESONEN

LA GUERRE EN UKRAINE SOULIGNE  
LA NÉCESSITÉ D'UNE SOUVERAINETÉ EUROPÉENNE  
dans le domaine spatial. Directeur général pour  
l'Industrie de la défense et l'espace à la Commission  
européenne, Timo Pesonen revient  
sur les atouts de Galileo.



## GRAND ORAL

### **Galileo est-il utile dans le contexte actuel d'invasion de l'Ukraine par Vladimir Poutine ? Que permet-il par exemple ?**

**Timo Pesonen :** Actuellement, il n'y a pas d'utilité spécifique de Galileo dans le contexte d'invasion de l'Ukraine. En revanche, ces événements dramatiques confirment l'utilité du futur PRS (Public Regulated Service) en cas de projection de forces européennes. Par exemple, les récepteurs Galileo sur PRS installés dans les avions et les systèmes d'armes offriront le niveau de robustesse requis pour résister aux tentatives de brouillage que l'on observe en ce moment dans certaines zones de l'Ukraine. Plus largement, l'invasion de l'Ukraine nous rappelle la nécessité de protéger nos actifs dans le secteur spatial pour assurer notre autonomie. La stratégie de défense dans le domaine spatial se nourrira des conclusions que nous tirerons des événements actuels.

### **Plus généralement, qu'apporte ce programme à l'économie européenne ? Est-il indispensable à la souveraineté de l'Europe ?**

**T. P. :** Galileo est un élément essentiel de la souveraineté. En offrant autonomie d'action et indépendance de décision, il permet le développement de pans entiers de l'économie tels que le transport

aérien, maritime et routier, la logistique, l'agriculture de précision, les travaux publics, la synchronisation des réseaux, etc. Il accompagne aussi la mise au point de technologies nouvelles comme les véhicules autonomes qui requièrent la connaissance de leur position à chaque instant. C'est enfin un système global, c'est-à-dire qui fournit l'information de position et de temps en tous points du globe. Sans Galileo, notre économie serait dépendante d'autres systèmes, opérés par des puissances étrangères. On voit bien aujourd'hui les conséquences de toute

**« Sans Galileo, notre économie serait dépendante d'autres systèmes, opérés par des puissances étrangères. »**

dépendance, par exemple dans le secteur de l'énergie. Par ailleurs, au-delà de la fourniture de services opérationnels de navigation, il ne faut pas oublier qu'un programme spatial comme Galileo requiert un important vivier de compétences. Grâce à lui, l'Union européenne se dote aussi durablement d'un savoir-faire sur le sol européen pour développer sa sécurité d'approvisionnement dans des domaines à haute valeur ajoutée : les puces électroniques, les horloges atomiques, les lanceurs, les antennes actives. C'est cela aussi, la souveraineté.

### **Quels en sont ses points forts ? Et ses axes de progrès ?**

**T. P. :** Galileo est développé pour un usage civil. Ce positionnement est important car il exige la mise en place d'une écoute structurée des demandes des utilisateurs finaux, orchestrée par l'Agence du programme spatial de l'Union européenne (EUSPA). Cependant, le statut « dual » de Galileo permet des usages militaires, comme récemment présentés dans le rapport « Étude de marché sur les applications GNSS gouvernementales ».

Ce développement civil autorise une plus grande flexibilité d'ajustement de la mission et des services. On le voit bien, le programme Navstar américain (ndlr : le GPS américain), conçu par et pour les militaires, intègre plus difficilement les exigences de la société civile. De fait, la palette de services Galileo est très large par rapport aux autres fournisseurs : trois fréquences ouvertes (fréquences E1, E6 et E5), capacité d'authentification, service à haute précision, messages d'intégrité, voie retour dans le service de recherche et sauvetage, et bientôt service d'alerte, cryptage amélioré, etc. Pour ce qui est de la gouvernance, récemment renouvelée, elle assure un équilibre entre les trois pôles que sont la Commission européenne comme responsable du programme, l'EUSPA comme agence d'exploitation et l'ESA comme autorité de conception. Il n'est pas exclu cependant que pour d'autres composantes du programme spatial – celles prévoyant par exemple un apport du secteur commercial –, la Commission explore des mécanismes



## GRAND ORAL



### TIMO PESONEN

DIRECTEUR GÉNÉRAL POUR L'INDUSTRIE  
DE LA DÉFENSE ET L'ESPACE  
À LA COMMISSION EUROPÉENNE

« Galileo a anticipé plusieurs tendances dans le domaine de la navigation par satellite. »

plus idoines comme les partenariats public-privé.

### Quelles perspectives pouvez-vous dessiner pour l'avenir de Galileo ? En quoi ses évolutions répondront-elles à de nouveaux enjeux européens ?

**T. P. :** Galileo a anticipé plusieurs tendances dans le domaine de la navigation par satellite. Tout d'abord, il y a la demande croissante de robustesse des services, qui peut être obtenue par différents moyens comme la diversité des fréquences (Galileo en propose plusieurs à ses utilisateurs), les niveaux de puissance, les différents niveaux

d'authentification des signaux et des messages, le cryptage. Galileo offre déjà ces fonctions et la deuxième génération promet d'en fournir d'autres encore plus performantes. L'accès à des précisions de positionnement accrues est capital pour les applications exigeantes comme les véhicules autonomes ou l'agriculture de précision. Galileo est déjà en avance dans ce domaine, ne serait-ce qu'avec ses horloges atomiques ultra performantes ou bien le service de très haute précision (20 cm), prêt à entrer en phase opérationnelle dans un proche avenir. Les nouveaux standards de réseaux mobiles (5G, 6G), la miniaturisation des senseurs inertiels, la technologie quantique sont aussi des domaines émergents et nous travaillons à développer une utilisation combinée de Galileo avec ces systèmes. Les évolutions rapides ces dernières années dans le secteur aval exigent des systèmes une réactivité et une adaptation croissantes. La seconde génération de Galileo est conçue pour y répondre, en se dotant par exemple d'une capacité de reconfiguration de certaines fonctions à bord des satellites.

Enfin, l'avènement des grandes constellations en orbite basse est sans doute le domaine qui va révolutionner la navigation par satellite. La seconde génération de Galileo pourra être combinée avec ces systèmes.

### Dans ce contexte, quel est le rôle d'un établissement comme le CNES ?

**T. P. :** L'Union européenne a besoin de se reposer sur des agences

nationales expertes en matière de navigation par satellite. Le CNES, par sa présence dans les instances européennes de direction de programme, soutient la Commission européenne pour piloter la mise en œuvre et participe étroitement aux orientations de la R&D. Ce rôle de pivot est essentiel à la bonne conduite du programme. D'ailleurs, le CNES aide fréquemment la Commission européenne en y envoyant des experts nationaux détachés pour des collaborations de plusieurs années. Les initiatives propres lancées par le CNES, comme les plateformes de démonstration, soutiennent les phases de validation des services ou relayent efficacement la technologie européenne hors de l'Union. Enfin, n'oublions pas la compétence toute particulière du CNES dans le service de recherche et sauvetage (Search and Rescue), indispensable pour l'avènement de la composante « Meosar » de Galileo.

### PROFIL

#### 1997

Conseiller permanent aux affaires européennes du gouvernement finlandais.

#### 2015

Directeur général des Communications de la Commission européenne.

#### 2020

Directeur général pour l'Industrie de la défense et l'espace à la Commission européenne.



EN IMAGES



## DES FLUX FERROVIAIRES OPTIMISÉS

Porté par un consortium<sup>1</sup>, le projet Loc4Rail vise à remplacer les balises et compteurs d'essieux installés le long des voies de chemin de fer par un système de localisation embarqué à bord des trains. Financée par l'Agence de la transition écologique dans le cadre du Programme d'investissements d'avenir (PIA), cette solution hybride fusionnera capteurs inertiels, signaux GNSS augmentés et cartographie précise du réseau. De quoi préparer les prochaines normes ferroviaires ERTMS<sup>2</sup> qui assureront une interopérabilité sur l'ensemble de l'Europe. Les démonstrations se poursuivront jusqu'à la fin de l'année.

1. CNES, iXblue, SNCF, Geoflex.

2. European Railway Traffic Management System.



EN IMAGES



## DES ATERRISSAGES PLUS SÛRS

La « phase d'approche » des avions est délicate. La trajectoire de l'appareil, tributaire des conditions atmosphériques et des consignes de la tour de contrôle, peut varier jusqu'au dernier moment. Système de navigation dédié à l'aviation civile, Egnos accroît la précision et la fiabilité des signaux GNSS pour, in fine, renforcer la sécurité de l'atterrissage. Alimenté depuis 2010 par GPS, le système évolue : la version Egnos V3, qui sera mise en service en 2028, s'appuiera sur Galileo pour desservir tous les aéroports européens. Sélectionné par l'ESA, c'est Airbus Defence and Space qui développe cette future génération du système européen.



## EN CHIFFRES

# Ephé- méride



**Avantage notable de Galileo sur le GPS : la vitesse de rafraîchissement de ses éphémérides.**

**Une éphéméride définit en continu l'ensemble des paramètres des satellites (orbite, temps) et les transmet aux récepteurs.**

Leur rafraîchissement est opéré toutes les 24 heures pour le GPS contre toutes les 10 minutes pour Galileo ! La constellation bénéficie aussi de son interopérabilité avec les autres services de navigation et conforte ainsi une précision de l'ordre du mètre ou même du centimètre pour les professionnels.

# 11

**POUR « POSTER » les 28 satellites de la constellation Galileo** sur leur orbite, 11 lancements successifs ont été nécessaires. 24 d'entre eux sont dits opérationnels.

# SYNCHROCUBE



**Il a un petit format mais une grande ambition** : porté par un consortium<sup>1</sup> d'industriels français, le projet de nanosatellite Synchrocube a été lancé en 2022. Son objectif : devenir une solution complémentaire au réseau mondial GNSS. Il concentrera des technologies innovantes dont un récepteur hyperfréquence au format d'un paquet

de cigarettes. Le système fournira un service de synchronisation robuste lorsque les signaux du réseau GNSS ne sont pas utilisables (perturbations atmosphériques, fort masquage, intérieur des bâtiments, brouillage). Synchrocube anticipe un type de future constellation en orbite basse qui, une fois complète, pourra satisfaire les besoins de domaines comme l'énergie, les télécommunications, les transports intelligents, la finance, etc. Il a été l'un des premiers projets sélectionnés et financés par le Plan de relance pour le spatial et, à ce titre, suivi par le CNES. Le premier satellite devrait être mis en orbite en 2023.

1. U-Space, Syrlinks, Anywaves, Comat et Microtec.

# 99,7 %

**C'était, en décembre 2021, le pourcentage de la couverture mondiale où le service ouvert de Galileo était disponible.**

# 2 000

**MIS EN SERVICE EN 1979, LE SERVICE COSPAS-SARSAT SAUVE AUJOURD'HUI PLUS DE 2 000 VIES PAR AN.** Doté d'une couverture mondiale et d'une fonction de communication bidirectionnelle depuis 2020, via SAR-Galileo (cf. Instants T p. 28-29), il va permettre d'accroître le nombre de vies sauvées.



**Il n'y a aucune limite au nombre d'utilisateurs Galileo** : les signaux « ouverts » sont transmis par les satellites sans contrôle d'accès, et un nombre infini d'utilisateurs peut en profiter.



LE CNES EN ACTIONS



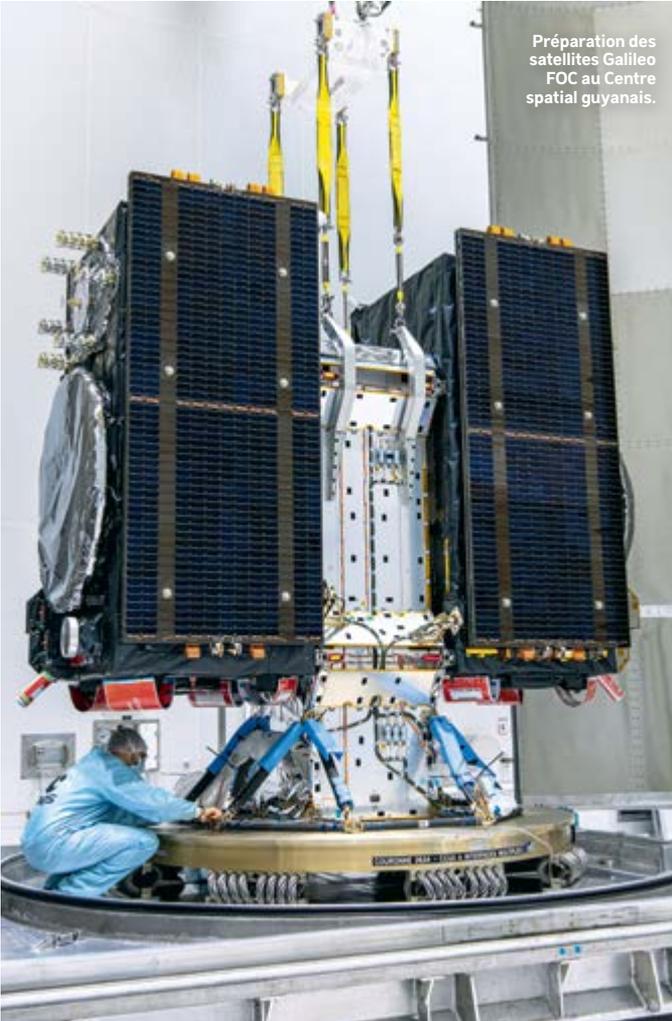
# CHAMPION EUROPÉEN

AVEC GALILEO, L'EUROPE A ENGAGÉ DÈS LES ANNÉES 2000 UN CHANTIER D'ENVERGURE POUR RETROUVER UNE SOUVERAINÉTÉ DANS LE DOMAINE DE LA NAVIGATION SPATIALE. AUJOURD'HUI OPÉRATIONNELLE, LA CONSTELLATION S'IMPOSE COMME LE SYSTÈME DE LOCALISATION LE PLUS PERFORMANT DU MARCHÉ. UN SUCCÈS QUI REPOSE LARGEMENT SUR L'EXPERTISE DU CNES.

Laboratoire de radio navigation installé  
au Centre spatial de Toulouse.



## LE CNES EN ACTIONS



Préparation des satellites Galileo FOC au Centre spatial guyanais.



oublées les cartes routières déployées sur les genoux pour trouver son chemin ! Et bientôt oublié aussi le GPS ! Si l'appellation reste dans les habitudes, en Europe, c'est bien le système Galileo qui joue les copilotes. Quand l'Union européenne a décidé officiellement la construction de Galileo, le 19 juillet 1999, elle a pensé la constellation comme un outil de souveraineté et d'autonomie stratégique vis-à-vis du GPS américain. Objectif : s'affranchir des aléas inhérents à cette dépendance comme le flex power (variation de la puissance des émissions), la discrimination territoriale des signaux ou encore le risque de brouillage volontaire.

La deuxième motivation était tout aussi légitime : conçu, à son origine (1973) par l'armée américaine, le GPS a été déployé (1990) à des fins militaires avec extension du service au civil. À l'opposé, l'Union européenne a opté pour un système à usage civil, porté par un financement civil et sous contrôle civil. Le tout en conservant un service réservé aux besoins gouvernementaux et militaires. Au sein de l'écosystème GNSS, Galileo fait donc figure d'exception : les constellations chinoise (Beidou, 2018) et russe (Glonass, 2011) sont elles aussi sous contrôle militaire.

### UNICITÉ EUROPÉENNE

Tous les systèmes de positionnement mondiaux partagent la même architecture. Une constellation de satellites, gravitant autour de la Terre en orbite moyenne entre 19 000 et 23 000 km, transmet des signaux radio réceptionnés au sol. « *Le principe de la constellation est d'en avoir toujours 4 en visibilité. Les 24 satellites de Galileo sont disposés sur trois*

## CLIN D'OEIL

**L'Europe a baptisé son système de navigation spatiale « Galileo » pour rendre hommage à Galilée (1564-1642). Astronome, Galilée a aussi eu un rôle important dans la navigation grâce à la conception d'un compas dit « de proportion », qui a amélioré les mesures et les calculs.**



## LE CNES EN ACTIONS

*plans orbitaux distincts. Dans la configuration optimale redondée, chacun de ces plans accueillera dix satellites»,* explique Jean Maréchal, responsable du programme Navigation au CNES.

En imprimant d'emblée sa sensibilité à l'intérêt public, la Commission européenne n'a pas fait un simple copier-coller du GPS. Elle a anticipé le développement d'applications civiles dont elle pressentait le besoin. Aujourd'hui accélérateur de la dynamique économique, Galileo offre des capacités d'évolution au service de l'industrie, de la mobilité, de l'agriculture, de la santé, des loisirs... et ouvre la porte aux innovations futures.

### À LA POINTE DE LA TECHNOLOGIE

Sur le plan technologique, Galileo profite pleinement des avancées de ces dernières décennies. À bord, les horloges atomiques maser (cf. Matière p. 27) atteignent une stabilité et une exactitude inégalées. Reconfigurables, les équipements peuvent être évolutifs et reprogrammés.

L'utilisation d'une des bandes de fréquence commune avec GPS assure une interopérabilité mondiale avec les signaux GNSS. Sophistiquée, l'infrastructure au sol garantit qualité et intégrité. Une des supériorités de Galileo est sa capacité à mettre à jour très rapidement les corrections des orbites et des horloges des satellites pour plus de précision au sol. Les démonstrations Giove A (2005) et Giove B (2008) ont confirmé la faisabilité technologique et les quatre satellites IOV lancés en 2011 et 2012 ont validé en orbite la performance du système; ils sont toujours en activité au sein de la constellation opérationnelle.

Le CNES a réinvesti dans Galileo l'expérience acquise sur Egnos<sup>1</sup>. Ce système, qui augmente la précision du positionnement pour l'aviation civile,



### **nanoseconde**

**Une imprécision d'un milliardième de seconde ou d'une nanoseconde représente une erreur de mesure au sol de 30 centimètres.**

constitue en somme un premier modèle européen de navigation par satellite. Dès les années 1990, le CNES fut un des premiers à se pencher sur ce concept qui préfigure les services offerts par Galileo. L'expertise acquise a rendu la France légitime pour imposer le recours à un signal spécifique pour les services gouvernementaux, ce qui a renforcé la robustesse des signaux à usage civil. Le CNES a également assumé avec l'ESA la mise à poste complexe des satellites jusqu'en 2018. Enfin, il est à l'origine de la création de Cospas-Sarsat, en 1982. Ce service, qui repose sur la liaison permanente entre un système de balises de détresse et des satellites chargés de relayer les signaux reçus vers les centres de secours, a déjà sauvé des milliers de vies. C'est en toute légitimité que la Commission européenne a confié au CNES l'accueil du centre de coordination et de supervision « SAR-Galileo Service Centre », créé pour renforcer la réactivité des opérations de sauvetage. (cf. Instants T p. 28-29). À l'heure où il prend son envol, Galileo, administrativement géré et opéré par l'EUSPA, répond déjà présent dans des milliards de smartphones !

1. European Geostationary Navigation Overlay Service.



L'équipe du service SAR-Galileo en opérations.

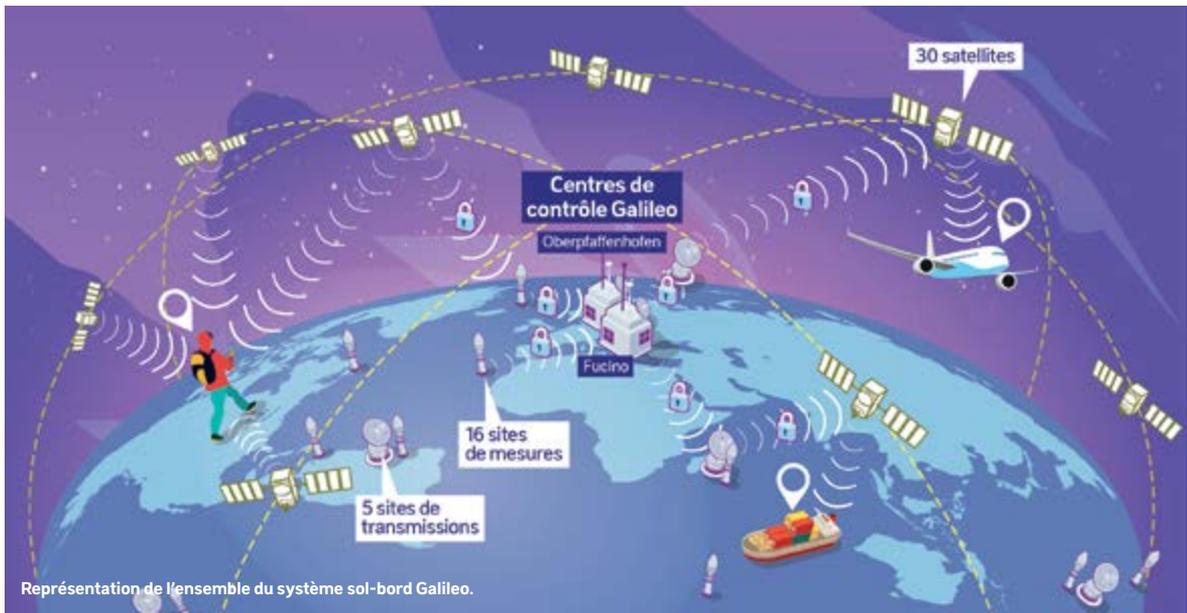


LE CNES EN ACTIONS

# Positionnement

## SE REPÉRER GRÂCE À LA TERRE

Galileo n'est pas uniquement une constellation de satellites. Son bon fonctionnement repose sur l'échange ininterrompu et synchrone entre l'espace et la Terre, entre le bord et le sol. Explications.



Représentation de l'ensemble du système sol-bord Galileo.

**S**i Galileo propose actuellement le système de navigation le plus précis, il le doit notamment à la symbiose entre deux éléments majeurs de son infrastructure : le « segment spatial » et le « segment sol ».

Le « segment spatial » est la partie émergée de l'iceberg, la plus connue : les lancements des satellites qui le composent sont spectaculaires et médiatisés ! Leurs charges utiles comportent quatre horloges atomiques (cf. Matière p. 27) ainsi que des équipements permettant par exemple de générer les signaux de navigation et de les



**C'est le nombre de bandes fréquences qu'utilise Galileo, dont la bande E6 autour de 1,28 GHz, partagée avec les radio-amateurs.**

relayer au sol. Dans le signal qu'il envoie, le satellite place une information capitale : l'heure à laquelle il a été émis. Grâce à leur minuscule antenne, nos téléphones captent et décodent ce signal. Ils enregistrent son heure d'émission et de réception. Ainsi ils connaissent le temps mis par le signal pour venir du satellite. Et déduisent, par un simple calcul, la distance qui les sépare de ce dernier.

### LE SEGMENT-SOL, PIERRE ANGULAIRE DU SYSTÈME

Pour mesurer cette distance, nos téléphones bénéficient de l'appui du « segment sol ». « C'est



## LE CNES EN ACTIONS

*le cœur battant de la constellation, c'est là que se concentre l'intelligence du système*», précise Marc Jeannot, ingénieur au CNES. Il est constitué de plusieurs infrastructures aux rôles complémentaires, qui établissent le relais entre les satellites et vous ! Sur son orbite, le satellite ne sait pas où il est. En revanche, il envoie son signal à des stations de référence (GSS<sup>1</sup>) qui le collectent en temps réel. Au nombre de 16, elles sont implantées en divers points de la planète<sup>2</sup>.

Ces mesures collectées sont envoyées en Italie et en Allemagne, vers les deux centres de contrôle Galileo, redondants, qui réalisent les calculs d'orbitographie, définissent la position des satellites et établissent leurs « éphémérides » (le recueil de l'ensemble des paramètres à bord : orbite, temps). Dernier élément enfin, ces éphémérides transitent par l'une des cinq stations de transmission ULS<sup>3</sup> dédiées à la remontée des informations vers la constellation. Cette architec-



**C'est la composition optimale de la constellation Galileo qui comprendra 24 satellites nominaux et 6 satellites redondants actifs. Elle devrait être atteinte en 2024.**

ture sophistiquée fournit, grâce aux allers-retours entre le sol et l'espace, un positionnement d'une extrême précision et assure la qualité de service pour l'utilisateur.

La deuxième génération Galileo se prépare. Elle profitera de technologies innovantes pour garantir une plus grande robustesse, une meilleure précision décimétrique, voire centimétrique (cf. Essentiel p. 8) et une moindre dépendance au sol en assurant un contrôle mutuel des satellites. Mis en service progressivement à partir de 2025, 12 satellites sont en préparation ; leur fabrication a été confiée aux industriels Thales Alenia Space et Airbus Defence and Space.

1. Galileo Sensor Stations.

2. Kourou, Papeete, St Pierre et Miquelon, Jan Mayen, Svalbard, Kiruna, Redu, Bonaire, Fucino, La Réunion, les Açores, Wallis, Nouméa, Kerguelen, Troll, plus une en cours de définition.

3. Galileo UpLink Stations.



## Meolut

### SUPER STATION

**Pour capter les signaux de détresse retransmis par les satellites Galileo SAR et localiser les balises Cospas-Sarsat**, les stations traditionnelles utilisent des antennes paraboliques, limitées en nombre de signaux reçus. Dans l'océan Indien, la nouvelle station Meolut Next, véritable concentré d'innovations technologiques, va désormais relayer tous les messages. Conçu par Thales Alenia Space, ce système intégré ultra compact occupe moins de 6 m<sup>2</sup>, là où une station conventionnelle représente la surface d'un terrain de football ! Cette nouvelle station peut suivre jusqu'à 12 satellites au lieu de 4 pour les installations traditionnelles. Elle accroît le nombre des balises qu'elle peut détecter jusqu'à une distance de 5 000 km. Elle élargit la zone de couverture, limite les opérations de maintenance et donc, les coûts d'entretien. Elle va assurer une surveillance stratégique dans les zones maritimes de l'océan Indien.



# Services

## LE MEILLEUR RESTE À VENIR

**Le système Galileo n'a pas encore terminé sa croissance. Initialement prévus et techniquement prêts, des services additionnels sont en cours de mise en route et vont progressivement renforcer la gamme des utilisateurs et des utilisations. Au total, cinq services seront fournis.**

**D**ans sa configuration actuelle, le système Galileo assure le service « ouvert ». Gratuit, universel, ce service alimente le marché dit « de masse ». Il correspond aux usages des particuliers : localisation, aide à la conduite, objets connectés... mais aussi aux services commerciaux, au transport, à l'industrie... Interopérable avec les autres systèmes de navigation, Galileo a démultiplié le nombre de signaux et amélioré leur disponibilité, notamment en zone urbaine. Si la performance de positionnement est assurée, par contre, l'intégrité des données ne l'est pas encore : l'Open Service ne peut pas garantir que les données reçues n'ont pas été émises frauduleusement par une source malveillante pour induire de fausses positions (leurrage).

### DES VERSIONS SPÉCIFIQUES EN DEVENIR

Pour contourner cette faille, Galileo proposera des services<sup>1</sup> à valeur ajoutée qui authentifieront les données des satellites. Dans le domaine maritime, par exemple, les bateaux de pêche d'un certain gabarit sont obligatoirement dotés de récepteurs qui communiquent leur



### Avec une masse

**de seulement 8 kg, les charges utiles de SAR-Galileo renforcent le sauvetage de vies humaines : elles retransmettent instantanément tout signal de détresse émis n'importe où sur Terre. Ces charges utiles ne consomment que 3 % de l'énergie embarquée.**

position ; c'est un moyen de contrôler la pêche en zone interdite. Hélas, des systèmes de leurrage générant des signaux semblables à ceux du GPS sont disponibles sur le marché et rendent inopérant ce contrôle. La fonction d'authentification du signal proposée par Galileo y remédiera. Techniquement prêt et en cours de validation finale, ce service sera opérationnel dès 2023. Un service<sup>2</sup> gratuit de « haute précision » à 20 cm destiné aux récepteurs professionnels sera aussi disponible à cette date. Enfin, réservé en France aux militaires, le Public Regulated Service (PRS) leur garantira la précision du positionnement, la qualité du signal et la fiabilité de sa transmission grâce à des signaux cryptés. Même si l'accès aux autres services de navigation serait dégradé, Galileo répondra toujours présent.

### RENFORCER LA SÉCURITÉ

Plusieurs services de Galileo ont été conçus pour rendre plus pertinentes les interventions des équipes de secours. SAR-Galileo offre une couverture mondiale instantanée. Les communications bidirectionnelles ou « voie retour » vont accélérer la localisation des utilisateurs équipés de balises de détresse Cospas-Sarsat. Un service d'alerte aux populations en cas de sinistre sera aussi bientôt disponible (cf. Instants T p. 28-29). Enfin, Galileo va encore renforcer la performance d'Egnos qui, depuis dix ans, améliore celles du système américain GPS pour les besoins de l'aviation civile, notamment dans les phases d'approche d'aéroport avec guidage vertical. La prochaine génération d'Egnos, prévue pour 2028, va s'appuyer sur Galileo pour consolider la sécurité de ces phases d'approche dans le cadre du service Safety of Life (cf. En images p. 17). La phase de croissance ne s'arrêtera pas là. Bien qu'à maturité, Galileo va continuer à évoluer ; le système a été conçu pour ça. Certaines potentialités, comme le PRS, sont déjà programmées, d'autres comme la résistance renforcée au leurrage ou l'accès à la synchronisation, commencent à se profiler. Sur le plan technologique, les secondes générations de satellites utiliseront la propulsion électrique, disposeront de plus de puissance et de flexibilité et permettront une acquisition plus rapide du signal.

1. Open Service Navigation Message Authentication (OSNMA) et Signal Authentication Service (SAS).  
2. High Accuracy Service (HAS).



## LE CNES EN ACTIONS

### Vies Humaines

#### RENFORCER L'EFFICACITÉ DE LA CHAÎNE DE SECOURS

Au-delà de SAR-Galileo, la Commission européenne souhaite encourager de nouveaux concepts pour renforcer les opérations de sauvetage, notamment dans des zones isolées. Elle finance des projets de démonstrateurs pour accélérer leur mise en œuvre. Elle entend ainsi faire de l'Europe et de ses industries des pionniers de ce marché mondial. Financé dans le cadre du programme « H2020 », le projet Serenity, par exemple, travaille sur la définition du service de communication bidirectionnelle qui s'appuiera sur un prototype de balise de seconde génération pour faciliter les échanges entre le centre de secours et l'utilisateur en détresse. L'échange portera sur des informations clés : nature de la détresse, zone... Pour vérifier sur le terrain que tout fonctionne, ce service fera l'objet d'une démonstration en conditions réelles : mise en situation en mer, déclenchement du signal de détresse, intervention des services de secours... jusqu'à la couverture médiatique de l'événement ! Partie prenante du consortium Serenity, superviseur et opérateur du SAR-Galileo Service Center, le CNES va contribuer à la mise en œuvre de tels démonstrateurs.



Sauvetage de Kevin Escoffier lors du Vendée Globe (30/11-1/12/2020).



## Futur

### DES SERVICES POUR TOUS LES USAGERS

**Si l'aide à la navigation routière est l'application commerciale qui constitue, avec le smartphone, 99 % du marché des services Galileo, elle est loin d'être la seule. De nombreuses autres communautés d'utilisateurs s'intéressent aux services offerts par la constellation européenne.**



On connaît les applications de type GeoPortail ou Google Maps, mais le catalogue produits de Galileo va bien au-delà. Positionnement, précision du temps et synchronisation... nombreux sont les domaines qui vont tirer parti de la trilogie d'excellence de Galileo. Petit tour d'horizon.

#### AU SERVICE DE LA SCIENCE

Soucieuse de précision, la communauté scientifique est concernée au premier chef. La réflectométrie, l'analyse des signaux réfléchis sur la surface de la Terre, renseigne en effet sur ses caractéristiques. La radio-occultation consiste, elle, à mesurer avec précision les couches de l'atmosphère pour des modèles météorologiques plus performants. Dédiée à l'étude de la forme de la Terre, au calcul de



## LE CNES EN ACTIONS



ses dimensions, de sa rotation et à la mesure de son champ de gravité, la géodésie bénéficie également de données plus précises. La géomorphologie – qui étudie le relief –, la climatologie, l'océanographie, la cartographie, la sismologie... autant de disciplines qui tirent profit des bonnes performances de Galileo. Même la physique fondamentale est de la partie : le décalage vers le rouge gravitationnel (redshift), un des éléments clefs de la théorie de la relativité générale d'Einstein, a pu être évalué avec une précision 5 fois meilleure grâce à l'utilisation de deux satellites Galileo. La précédente évaluation datait de 1976 !

### EN SOUTIEN DE L'ÉCONOMIE

Sur le plan économique, le monde de demain devrait voir se multiplier des applications concrètes encore à l'état d'ébauche. Rendre les véhicules autonomes ne pourra se faire qu'avec une exacti-

tude extrême du positionnement. Pour un service sécurisé, on estime à 20 cm, voire 10 cm, la précision du positionnement nécessaire entre un véhicule et son environnement. Des instituts de R&D planchent actuellement sur ces solutions pour la mobilité durable. En intégrant, à bord du satellite, le système de précision centimétrique PPP, il est possible de guider au centimètre près un bulldozer sur un chantier, de sécuriser l'approche des ports pour l'activité maritime et celle des aéroports pour la navigation aérienne. Les autres usages envisagés concernent la gestion de flottes de trains, le suivi de flux de marchandises, la régulation du trafic et le guidage et l'identification de véhicules. Les futurs tachygraphes numériques européens, enregistreurs à bord des camions, utiliseront Galileo et sa fonction d'authentification.

### UN CATALOGUE OUVERT

Véritable « maître du temps », Galileo est aussi une horloge. La datation du signal au milliardième de seconde près est une aubaine pour synchroniser l'heure des différents réseaux de télécommunications ou des transactions bancaires, une formidable garantie de service pour le trading, la finance, l'assurance ou la banque. Les objets connectés auront besoin, demain, de savoir en permanence où ils se trouvent et de dater leur localisation. Via l'Internet des objets, une connexion intelligente pourra collecter l'information de capteurs installés dans un objet, une machine-outil ou un robot dans une entreprise. Interopérable, le réseau Galileo pourra aussi, via une hybridation renforcée avec d'autres solutions, faciliter la localisation « indoor » à l'intérieur des bâtiments, ou des « canyons urbains ».

Des systèmes de positionnement en orbite basse sont aussi à l'étude. Ils pourraient apporter des services complémentaires quand les signaux du système GNSS ne sont pas exploitables. Ils offriraient le double avantage d'être à la fois moins coûteux et moins longs à déployer.

La constellation Galileo offre une pléiade de services qui vont à leur tour engendrer une multitude d'applications. Leur nombre n'aura pour limite que l'imagination des utilisateurs.

2,7

### millions

**Le maser à hydrogène passif à bord des satellites Galileo assure une stabilité de l'ordre du milliardième de seconde sur 24 heures, soit un écart de plus ou moins une seconde tous les 2,7 millions d'années !**



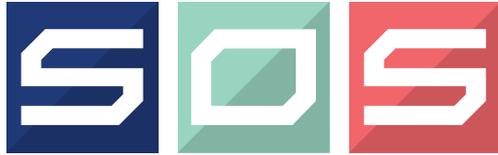
MATIÈRE

# Des horloges au top

**LES SYSTÈMES GNSS SE FONDENT SUR UNE MESURE DE TEMPS DE PROPAGATION.** Un positionnement de l'ordre du mètre s'obtient par la synchronisation du système à quelques milliardièmes de seconde. Galileo garantit cette qualité de mesure du temps grâce à deux types d'horloges : des masers à hydrogène passifs et des horloges rubidium. Chaque satellite embarque ainsi deux masers et deux horloges. Très performants, les masers sont lourds et gourmands en énergie. D'un format plus réduit, les horloges rubidium ont, elles, une performance moindre. Le couplage des deux technologies est un bon compromis, il évite l'encombrement à bord et assure une redondance pour pallier tout aléa. Activé prioritairement, un premier maser à hydrogène fournit les performances attendues, le second prend le relais en cas de panne. En situation de défaillance des deux masers à bord, les horloges rubidium sont activées. Cette redondance améliore la robustesse de Galileo pour éviter, bien sûr, une rupture de service préjudiciable aux utilisateurs.



INSTANTS T



# 1

## DÉCRIRE L'URGENCE

Où qu'il soit dans le monde, un utilisateur en difficulté peut déclencher sa balise de détresse et recevoir, grâce au RLS<sup>1</sup>, un avis automatique confirmant que son appel a bien été localisé. Le service TWC<sup>2</sup> a été conçu pour aller encore plus loin, il permettra un échange entre la balise de l'utilisateur en détresse et les forces de secours : quelle est l'origine du sinistre (feu, eau...)? S'est-il produit en mer, sur terre? Y a-t-il des blessés? Si oui, combien?... Les réponses de l'utilisateur orienteront alors les secours, facilitant du même coup l'organisation de leur intervention.

1. Return Link Service.
2. Two Way Communication.

# 2

## ACTIVER LA BALISE À DISTANCE

Le crash du vol AF 447 Rio-Paris (2009), et plus récemment celui du vol MH 370 de Malaysia Airlines (2014), ont marqué les esprits, pour le drame humain qu'ils représentent, mais aussi pour la complexité extrême des recherches qui ont été menées. Le service RBA<sup>3</sup> des balises SAR à bord des aéronefs va permettre aux autorités de déclencher la balise à distance en vol. Objectif : avoir rapidement accès à la position de l'appareil, à la zone du sinistre, etc. Disparitions en mer, explorateurs égarés... Quand l'utilisateur ne peut pas activer sa balise, c'est le service RBA qui prendra le relais.

3. Remote Beacon Activation.



## INSTANTS T

**EN ACTIVANT SA BALISE COSPAS-SARSAT, L'UTILISATEUR EN DÉTRESSE SAIT QU'IL VA ÊTRE DÉTECTÉ ET LOCALISÉ GRÂCE À LA FONCTION « VOIE RETOUR » (OU RETURN LINK SERVICE). EXCLUSIVITÉ DE GALILEO, ELLE OUVRE AUSSI LA VOIE À DE NOUVEAUX SERVICES GRATUITS À COUVERTURE MONDIALE ACTUELLEMENT EN COURS D'ÉLABORATION AU SEARCH AND RESCUE (SAR) GALILEO SERVICE CENTRE SOUS LA SUPERVISION DU CNES, POUR LE COMPTE DE L'EUSPA.**

# 3

## **ALERTER LES POPULATIONS**

Incendies, séismes, tsunamis... les catastrophes sont parfois imprévisibles. En utilisant la « voie retour SAR-Galileo », les autorités de la protection civile pourront envoyer un message d'alerte aux personnes situées dans la zone à risque via un récepteur Galileo (smartphone, terminal d'alerte, etc.).

Le message informera sur la nature de la catastrophe mais surtout donnera les instructions à suivre : rester à l'intérieur d'un bâtiment, fuir la zone, se rendre à un endroit précis, etc. Ce service EWS<sup>4</sup> est en cours de définition à l'échelle européenne, il pourrait être opérationnel en 2024.

4. Emergency Warning Service.

# 4

## **PARTAGER SA POSITION**

Le service DPS<sup>5</sup> la joue solidaire. Alerter les secours, c'est bien, mais les envoyer sur la zone peut être long et complexe, voire impossible. Ce service propose donc d'informer des utilisateurs présents à proximité du sinistre pour apporter plus rapidement un soutien parfois salutaire à la personne en danger. L'exemple de Kevin Escoffier sauvé par Jean Le Cam (cf. Rencontre p. 31), navigateur sur la même zone lors du Vendée Globe 2020, prouve que la solidarité de proximité peut elle aussi sauver des vies.

5. Distress Position Sharing.



RENCONTRES

# HÉLÈNE GAUTIER

Cheffe du service Système et projets de navigation au CNES

« Avec mon équipe, j'ai mis à poste 22 des 28 satellites Galileo. »



Inspirée par la carrière de pilote d'hélicoptère de son père, Hélène Gautier a très tôt voulu inscrire son avenir dans le ciel. **Après des études à Sup'Aero Toulouse achevées en 1990, elle met d'emblée le cap sur le CNES.** « *Une évidence* », explique-t-elle simplement. Elle intègre d'abord un service chargé de la mise et du maintien à poste des satellites de télécommunications géostationnaires. Ces opérations visent à s'assurer que les satellites atteignent bien leur orbite et ne s'en écartent pas trop. Elle y reste neuf ans, dans des fonctions techniques puis en tant que responsable. Fin 2002, Hélène Gautier se voit chargée des opérations de mécanique spatiale de l'ATV, le cargo ravitailleur euro-

peén de la Station spatiale internationale. « *En onze ans, j'ai participé aux lancements des ATV Jules Verne, Johannes Kepler et Eduardo Amaldi et j'ai vécu de nombreux moments passionnants aux côtés de nos collègues russes et américains.* » 2013, nouveau défi : la voici à la tête des opérations de mise à poste Galileo pour le compte du CNES qui partage alors cette mission avec le centre européen des opérations spatiales (ESOC).

De Doresa à Ellen, Hélène Gautier veille à la destinée de 22 des 28 satellites que compte actuellement la constellation européenne. « *Quand fin 2018, l'activité de mise à poste s'est arrêtée pour le CNES, je n'étais pas prête à dire adieu à Galileo.*

*J'ai alors pris la responsabilité de l'évaluation de la performance des systèmes GNSS – dont Galileo – et du système d'augmentation européen Egnos.* » Aujourd'hui, Hélène Gautier pilote le service Système et projets de navigation. Son périmètre intègre désormais des activités d'appui à la conception de systèmes de navigation et la contribution à des projets comme Loc4Rail avec la SNCF. « *Même si l'adrénaline des lancements de Galileo me manque un peu, je m'épanouis dans cette nouvelle fonction qui me permet de découvrir constamment de nouvelles facettes de l'utilité du GNSS... Après trente ans de carrière, c'est une chance d'avoir encore tant de choses à apprendre !* »



RENCONTRES

# JEAN LE CAM

Navigateur

« Sans Cospas-Sarsat, Kevin Escoffier serait sans doute mort. »



« Ça s'est bien terminé, c'est tout ce qui compte. » Quand il se remémore ce 1<sup>er</sup> décembre 2020, Jean Le Cam n'a pas de trémolo dans la voix. Pas son genre. Pourtant, l'opération de sauvetage de Kevin Escoffier a de quoi faire frémir. 14 h 48, 23<sup>e</sup> jour de course de l'édition 2020 du Vendée Globe : le skipper déclenche sa balise de détresse Cospas-Sarsat, le programme international de sauvetage dont fait partie Galileo. L'Imoca PRB de Kevin Escoffier vient littéralement de se plier en deux au beau milieu des quarantièmes rugissants, lui laissant tout juste le temps d'embarquer dans son radeau de survie. Trois minutes plus tard, le signal de la

balise est localisé par CLS, à Toulouse. Trois bateaux sont alors alertés. « J'étais le plus près ; je me suis dérouteré et en arrivant aux abords, vers 17 h, je reçois son signal AIS (système d'identification automatique). Très vite je vois le radeau, avec Kevin à l'intérieur. Je m'éloigne alors pour préparer la manœuvre de récupération. Quand je reviens, plus personne et plus de signal. »

Jean Le Cam comprendra par la suite que Kevin Escoffier avait dérivé après avoir éteint son AIS pour économiser sa batterie. Repérer à vue un si petit esquif dans une houle de 5 m alors que le soir tombe relèverait du miracle... Pendant de longues heures, Jean Le Cam craint le

pire. « Mais dans la nuit, l'organisation a localisé un nouveau signal. **Finalement, j'ai fini par récupérer Kevin 11 h après son naufrage. Sans Cospas-Sarsat, il serait sans doute mort, comme je serais d'ailleurs peut-être mort moi-même au large du cap Horn en 2009 si un autre bateau PRB ne m'avait pas retrouvé grâce à ma balise, résume le navigateur. On a aujourd'hui du mal à imaginer une course au large sans satellite : on en a besoin pour nos communications, pour établir le classement, pour régler notre vitesse, pour la météo, pour la prévision des courants de surface... Ce sont nos indispensables compagnons de bord. »**



RENCONTRES

# JOSÉ IRIARTE

Fondateur et président de Stradot

« Avec nos robots enjambeurs, nous réinventons les parkings. »



Pour José Iriarte, les satellites sont de vieux amis. Il a commencé à les fréquenter en tant qu'ingénieur chez Invap, une entreprise impliquée dans la construction des satellites argentins. **Quand il arrive en France en 2013, c'est d'ailleurs pour créer une entreprise spécialisée dans les solutions de guidance, navigation et contrôle des satellites.** Et deux ans plus tard, le voici chez Airbus OneWeb... Son intérêt pour les satellites se serait-il ensuite éteint pour qu'il soit aujourd'hui à la tête de Stradot, une startup toulousaine qui développe des robots voituriers pour parkings ? « *Pas du tout, les satellites sont bel et bien au cœur de notre projet !* », confirme l'entrepreneur avec enthousiasme. En effet, les dépla-

cements et les positionnements des robots Stradot sont guidés par un système GNSS RTK qui corrige les signaux émis par les satellites – parmi lesquels figurent depuis peu ceux de la constellation Galileo – pour atteindre la précision centimétrique. **Résultat : des robots capables d'optimiser les surfaces de stationnement.**

**À la manière des chariots-cavaliers qui manipulent les conteneurs sur les ports, ils enjambent les véhicules garés, les soulèvent et les déplacent pour les ranger les uns derrière les autres.** Un concept bien plus intéressant que les solutions existantes qui nécessitent soit de nombreux robots, soit de larges surfaces de manœuvre... Et l'espace, c'est

précisément ce que la jeune entreprise veut faire gagner. « *Aujourd'hui, on estime qu'une seule place de stationnement requiert environ 25 m<sup>2</sup> de surface disponible, soit plus de deux fois l'emprise au sol d'une voiture de taille moyenne, précise José Iriarte. Cette équation n'est plus tenable si l'on considère à la fois les coûts financiers engendrés, les enjeux environnementaux de lutte contre l'artificialisation des sols et la multiplication annoncée des parcs relais aux abords des métropoles...* » **Pour l'heure, les robots enjambeurs sont en cours de qualification dans les ateliers de la jeune entreprise.** Les premiers exemplaires devraient entrer en service chez un premier client d'ici à la fin de l'année.



JACQUES ARNOULD

## SURPLOMB DE CONSCIENCE

**Il y a belle lurette que les habitants de la Terre pratiquent la « marche à l'étoile ».  
Mais la navigation par satellite leur donne des responsabilités imprévues.**

**N**ous le savons : nous ne sommes pas les seuls à utiliser la voûte étoilée pour nous déplacer à la surface du globe terrestre ou dans les airs. Pour autant, nous sommes bel et bien les premiers à avoir installé dans le ciel des instruments susceptibles de faciliter nos déplacements, de les rendre plus efficaces et plus sûrs. Je me souviens avec quel enthousiasme mes collègues du CNES ont commencé à vanter l'intérêt de ces systèmes au début des années 2000, confortés par le succès du dispositif américain, une réussite désormais partagée. À cette époque, déjà, des voix s'étaient exprimées pour remarquer que ces nouveaux outils, ces nouvelles capacités allaient aussi exiger de réfléchir à de nouvelles responsabilités. Le maire auquel nous expliquions que la future constellation européenne rendrait plus fluide la circulation dans sa ville, connue pour son dense transit routier, nous rétorquait que son souci était plutôt de limiter les nuisances d'un flux de véhicules déjà trop important. Le dirigeant d'une société de transport routier, intéressé par la possibilité de suivre en temps réel les véhicules de sa flotte, nous faisait remarquer qu'il voyait aussi apparaître une responsabilité nouvelle à l'égard

de ses chauffeurs : finie l'époque où il ignorait ce qu'ils faisaient entre le départ et l'arrivée d'une livraison.

### UNE RESPONSABILITÉ CROISSANTE

Les années ont passé, les systèmes en question ont été installés et leurs applications se sont multipliées dans des proportions souvent imprévisibles : nos sociétés sont désormais traversées par des « voies de navigation » de plus en plus nombreuses et diversifiées. Et les deux remarques précédentes n'en sont devenues que plus pertinentes : elles illustrent et soulignent la nécessité d'interroger ces systèmes spatiaux et l'usage que nous en faisons en matière de finalité et de responsabilité. Prenons-nous soin d'accompagner l'accélération et l'intensification de la navigation, de la circulation des personnes, des biens, des informations d'une conscience précise de nos objectifs... ou bien sommes-nous simplement éblouis, obnubilés par le spectacle des flux ? Prenons-nous conscience que le village global desservi par ces routes, ces voies de navigation est marqué par une responsabilité individuelle et collective croissante ? Nous ne pourrions plus dire que nous ne savions pas.



EN VUE

UTILISTEURS

## UN RÉCEPTEUR SPATIAL DANS TOUTES LES POCHEES

Si vous avez un smartphone, vous avez un récepteur spatial ! Sans le savoir, vous êtes très certainement branché sur Galileo. La très grande majorité des smartphones est, en effet, équipée d'une puce qui reçoit les signaux de positionnement les plus précis, et donc ceux de la constellation Galileo.

C'est en 2016 que les premiers modèles de smartphones équipés pour recevoir ce signal ont été commercialisés.

Depuis, plus de 2 milliards de smartphones compatibles avec Galileo sont en circulation dans le monde.

Selon le suivi effectué par l'agence de l'Union européenne pour le programme spatial, près de 900 références vendues en Europe sont compatibles avec Galileo.



TERIA

### LA RÉFÉRENCE EN GÉOLOCALISATION CENTIMÉTRIQUE

Initié en 2005 par l'Ordre des géomètres-experts, Teria est à la fois une société et un outil de géolocalisation de précision centimétrique en temps réel pour la production des données topographiques et foncières. Cette solution de référence, qui intègre depuis 2016 les données Galileo, est désormais proposée à d'autres secteurs d'activité en demande : cartographie, agriculture, robotique, Internet des objets, systèmes d'information géographique, etc. La société, qui dispose de son propre département R&D, est propriétaire de toute son infrastructure (stations de réception, serveurs, logiciels de traitement, diffusion et vente de données corrigées) et assure formations et support technique. L'entreprise française participe avec le CNES à de nombreux programmes de recherche européens sur l'intégrité des données ou la structuration des réseaux d'appui de demain. Aujourd'hui internationale, Teria est la seule structure française de gestion de réseau GNSS certifiée « Qualité et Environnement ISO 9001-ISO 14001 ».

GALILEO

### Le saviez-vous ?

Thijs, Natalia, Adam, Anastasia, Doresa, Milena, Alba, Antoniana, Andriana, Tara, Samuel, Anna, Ellen... Tous les satellites de la constellation Galileo ont un prénom, celui d'un enfant âgé de 9 à 11 ans qui, dans chaque État membre de l'Europe, a participé au concours de dessin organisé en 2011 par la Commission européenne à l'occasion du lancement des deux premiers satellites. Pour la France c'est Oriana qui a donné son prénom.



EN VUE



## AGENDA

**17 MAI 2022**

Journée de l'innovation  
Centre de congés Pierre Baudis,  
Toulouse

**6-20 JUIN 2022**

Formation des Ambassadeurs  
du spatial

En ligne

Inscriptions sur <https://www.connectbycnes.fr/formation>

**28-29 JUIN 2022**

Symposium ITSNT

En ligne

Inscriptions sur <http://www.itsnt.fr>

## CONCOURS

# POSTULEZ ET VALORISEZ VOS PROJETS !

**Avec Galileo, le catalogue des applications spatiales accueille de nouveaux projets.** Le vôtre peut-être. S'il est innovant et s'il utilise les signaux de la constellation, les Galileo Masters peuvent être un bon accélérateur (cf. Transfert p. 36). Ce concours à l'échelle européenne a la forme d'un appel à idées ouvert à tous : personnes physiques ou morales, consortiums, PME, start-up, universités, grands groupes ou encore organismes de recherche. L'éventail des thématiques est tout aussi large : environnement, agriculture, mobilité, santé, loisirs, gestion des catastrophes, cybersécurité... Le formulaire de présentation du projet et la procédure d'inscription sont disponibles en ligne. Les porteurs de projets retenus sont invités à défendre leur dossier lors d'un pitch day afin de concourir au premier prix doté d'une récompense de 10 000 euros. Les Galileo Masters « *offrent surtout aux lauréats une visibilité, un label, une reconnaissance d'intérêt* », précise Thierry Chapis, expert CNES et référent pour la France. Les récompenses peuvent aussi prendre la forme d'un accompagnement personnalisé dans le cadre du programme Connect by CNES.

**Le calendrier :** soumission des demandes d'avril à juillet, annonce des résultats en octobre-novembre.

 PLUS D'INFOS :  
[HTTPS://GALILEO-MASTERS.EU/](https://galileo-masters.eu/)

## ITSNT

### SYMPOSIUM 2022

Reporté en 2020, le symposium technique international sur les systèmes de positionnement par satellites (ITSNT<sup>1</sup>) s'est tenu sous forme virtuelle en 2021, coorganisé par le CNES et l'École nationale de l'aviation civile (Enac). Ce même format a été choisi pour l'édition de juin 2022 qui promet de nouveaux échanges enrichissants entre experts scientifiques, industriels, institutionnels et étudiants autour de points précis comme le positionnement en environnement contraint, les systèmes de navigation et leur performance, la navigation aérienne ou encore la navigation terrestre. Dans la continuité des éditions précédentes, l'édition 2022 conviera des intervenants de l'Union européenne, d'Amérique du Nord et d'Asie.

1. International Technical Symposium on Navigation and Timing.



TRANSFERT

# NAV4YOU FAIT TOMBER LES MURS

**Dans notre monde hyperconnecté, il suffit d'avoir un smartphone en poche pour connaître sa position. Mais comment faire en « indoor », dans un environnement clos où les signaux de positionnement par satellite passent mal ? Nav4You a trouvé une solution innovante que Galileo optimise.**



Une start-up, Nav4You est né dans le laboratoire de géopositionnement Geoloc que dirige Valérie Renaudin, au sein de l'Université Gustave-Eiffel, à Marne-la-Vallée. En 2017, Johan Perul y mène des travaux de recherche sur la localisation autonome, le transport multimodal...

« Pour le positionnement en intérieur, il manquait une solution de référence », explique-t-il. Dans un environnement fermé, les signaux GNSS sont souvent dégradés, d'où l'idée de concentrer les technologies dans un boîtier portable « tout-en-un » de 200 g. Ce petit périphérique multicapteur léger associe les avantages de l'inertiel (mobile), du magnétique et du réseau GNSS, en utilisant l'intelligence artificielle pour optimiser les algorithmes.

## QUAND LA TECHNO REJOINT L'HUMAIN

Présenté au Challenge Malin<sup>1</sup> organisé par la DGA<sup>2</sup> et l'ANFR<sup>3</sup>, le concept a remporté la première place. En 2021, la création de Nav4You en a facilité le développement et l'exploitation commerciale. La start-up a pu s'appuyer sur les brevets Geoloc. Le système est en développement pour une utilisation par les sapeurs-pompiers. « Chaque année, faute d'avoir localisé des agents en exercice, les soldats du feu déplorent des victimes dans leurs rangs. » Fixé sur la chaussure des pompiers, le boîtier Nav4You permet de les repérer. « La précision et la robustesse du signal sont précieuses dans tous les milieux clos », remarque Johan Perul.

Depuis sa création, la jeune start-up cumule les signes de reconnaissance. Remarquée lors du Space Tour (cf. CNESmagn<sup>o</sup> 91) organisé par la DGE<sup>4</sup> et piloté par le CNES, elle a reçu un coup de pouce du Plan de relance et a été lauréate 2021 du challenge Galileo Masters. En 2022, elle a obtenu un soutien à la compétitivité du programme Navisp de l'ESA. Sa plus belle récompense reste les marchés qui s'offrent à elle. À l'étude, une collaboration avec le ministère de la Défense pourrait déboucher sur l'équipement de fantassins.

1. Maîtrise de la localisation INdor.  
2. Direction générale de l'armement.  
3. Agence nationale des fréquences.  
4. Direction générale des entreprises.



40%

**Grâce**  
à ses algorithmes  
et à l'intelligence artificielle,  
Nav4You permet d'accéder  
aux données GNSS  
à l'intérieur des bâtiments  
dans 40 % des cas.