



... cnes ...

# SYNTHESE CNES DU SPACEOPS 2023

Under the patronage of His Highness Sheikh Mohammed Bin Rashid Al Maktoum, Vice President and Prime Minister of the UAE and Ruler of Dubai



17th International Conference on Space Operations | 6 - 10 March 2023 | Dubai, United Arab Emirates (UAE)



### SPACEOPS: «LE FORUM MONDIAL DE RÉFÉRENCE POUR LES OPÉRATIONS SPATIALES»

The International Committee on Technical Interchange for Space Mission Operations and Ground Data Systems (SpaceOps Organization, also known as the SpaceOps Committee) is a **spacecraft operations oriented international association** consisting of representatives from most of the space-faring nations.

SpaceOps was founded in 1990 to foster continuous technical interchange on all aspects of space mission operations and ground data systems, and to promote and maintain an international community of space operations experts.

**The forums for discussing state-of-the-art operations principles, methods and tools are the SpaceOps biennial symposia held at varying locations and hosted and organized by a selected space agency.**

The event has been held biennially since 1990 and attracts technologists, scientists, managers and experts from space agencies, academia, space-related industry and military organizations.

SpaceOps fosters managerial and technical interchange on all aspects of space mission operations, including robotics, human, earth orbiting, and deep space:

**See what's new**  
**Share your experience**  
**Exchange innovative ideas**  
**Learn from other missions**  
**Listen to renowned experts**  
**Meet and cooperate**



# Avant tout un grand RDV des opérations spatiales

## Le retour en mode présentiel depuis 5 ans !

- COVID Oblige, l'édition 2020 organisée par la SANSA (Afrique du Sud) reportée à 2021 et en mode full virtuel !
- Car auparavant c'était toujours en full présentiel
- Souvenez-vous Marseille, le CNES organisateur !!
- Cf. le retour d'expérience – Une journée entière !  
(cf. COMET OPS – 20 Juin 2018)



**SPACEOPS 2021  
VIRTUAL EDITION**

THE 16<sup>TH</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE ON SPACE OPERATIONS  
3-5 MAY 2021

## LES CONFÉRENCES BIENNALES

● 2018 – MARSEILLES ; France

+ ... Inspiring Humankind's Future...



● 2016 – DAEJEONG ; Korea

+ ... Expanding the Space Community



● 2014 – PASADENA ; Cal. ; USA

+ ... Explore Innovation



● 2012 – STOCKHOLM ; Sweden

+ ...for the Benefit of Our World



● 2010 – HUNTSVILLE, Alabama ; USA

+ Delivering on the Dream



● 2008 – HEIDELBERG ; Germany

+ Protecting the Earth, Exploring the Universe



● 2006 – ROMA ; Italy

+ Earth, Moon, Mars, and Beyond



● 2004 – MONTREAL , Quebec ; Canada

+ SpaceOps--A Global Enterprise



● 2002 – HOUSTON , Texas ; USA

+ Bringing Space Operations into the 21st Century



● 2000 – TOULOUSE ; France

+ Space Operations at the Start of the 3rd Millenium



## Et cette édition 2023 ... (1/2)

### Le 1<sup>er</sup> SpaceOps organisé par le MBRSC

- Avancé au mois de Mars (Météo Dubai)
- Une organisation grandiose
- Un lieu au centre du monde
- Le World Trade Center gigantesque
- Très médiatisé avec les réseaux sociaux
- Une aubaine pour le MBRSC dont le 2<sup>nd</sup> astronaute décollait vers ISS 3 jours avant !



## Et cette édition 2023 ... (2/2)

### Probablement un SpaceOps de tous les records en termes de :

- **Participants : 1100 personnes : le record !!**
  - Dont 462 délégués / 146 « young pro » / 130 exposants / 57 médias... / 103 MBRSC /...
- **52 pays représentés**
- **Contenu technique à la hauteur des précédentes éditions**
  - 5 plénières / 308 présentations / 48 posters / 37 sessions
- **Et des espaces d'exhibition impressionnants**
- **Bref tout pour en faire un bel évènement ...**



## Et le CNES dans tout cela ...

### Une belle délégation CNES était présente

- Environ 35 participants multi-directions dont 2/3 de présentateurs
- Une représentation aux plénières :
  - « International Collaborations on Space Missions » : Philippe Baptiste
  - « Space Traffic Management – Needs and Solutions » : Pascal Faucher
  - « Planetary Defense » : PI Patrick Michel (CNRS)
- Un stand sympathique :



avec Swot en TR !



## Et que faut-il en retenir ?

---



**De nombreuses rencontres sur site dont la présence des nouveaux acteurs**

**Des réactions / échanges suite aux interventions CNES**

**Et environ 70 sujets d'étonnement relevés par les personnes CNES**

- **Pas assez de contenu pour faire une animation d'où cette synthèse**
- **Quelques mots sur les sujets d'étonnement**
- **Votre repère est l'ID du SpaceOps**
- **2 fichiers ZIP en ressources sont joints**
  - L'un concernant les papiers présentés par le CNES
  - L'autre contenant les sujets d'étonnements

# THEMES de ce SPACEOPS

---



Mission Design and Management

Operations Concepts

Flight Execution

Ground Systems Engineering

Data Management

Planning and Scheduling

Guidance Navigation and Control

Communication Architecture and Network

Human Spaceflights and Operations

Commercial Space Operations

Artificial Intelligence

Space Transportation operations

Safety and Sustainability of Space Operations

Human Factors Training and Knowledge Transfer

Cross Support, Interoperability, and Standards

## Thème constant : 35 présentations

## Pas de présentation CNES

## Etonnements :

- **304** : ADS – DOMINO-X : Approche orientée services intéressante – MBSE
- **567** : NASA/AMES – HelioSwarm = Mission très ambitieuse d'exploration (Lancement prévu en 2029). High-altitude lunar resonant Earth orbit. Swarm de satellites avec 8 nodes et 1 Hub qui fait relai de communications. Creuser architecture et concept opérationnel = Veille pour PoC Essaim
- **230** : Moscow IKI - Landing d'une mission Russe vers Vénus (2029). Les contraintes du problème ont été exposés (atm pas assez connu donc risqué de faire un aerobraking). Le choix final est de réaliser un flyby de Vénus pour se mettre sur une orbite de transfert en résonance 1:1 pour accéder à d'autres point de landing.
- **396** : AIKO : Reconfiguration système de constellations LEO sur la base d'algorithmes génétiques : Très prometteur car clairement tendance du futur : A creuser coté système (et DV/PGS)
- **323** : ASI & co : ArgoMoon and LICIACube : 2 cubesats en interface avec JPL – Très inspirant pour DROID – A creuser par les acteurs DROID
- **183** : JAXA : Innovation dans les RDV du HTV (basé vidéo) – A regarder notamment par les nostalgiques ATV !
- **507** : Univ. D + Start-up : Comment l'AIR s'invite dans le design mission dès les phases amont CIC – A regarder côté CIC

## Thème toujours au cœur du SpaceOps : 45 présentations

### 4 présentations CNES :

194	Development of an AI assistant for supervising the future Moon and Mars surface operations.	Oral	gregory.navarro@cnes.fr
330	InSight: the exploitation operations of the Martian Seismometer from the SISMOC Operations Center	Oral	christophe.ferrier@cnes.fr
417	Hera cubesats operations design around a binary asteroid for small bodies characterization and planetary defense	Oral	pamini.annat@cnes.fr
550	FSS and the challenges of operating a seismometer on the far side of the Moon	Oral	charles.yana@cnes.fr

### Etonnements :

- **565** : NASA - POIC du centre Marshall de la NASA, «équivalent CADMOS. Projection pour Ops science du futur Gateway Lunaire intéressante : A creuser coté Ops Sciences
- **539** : KSAT – Montée en puissance (de 130 à 200 antennes à SVALBARD – 2 millions de passages / an - réussite de 99,7%). Inversement de la logique par rapport au COR : à KSAT, c'est le client qui s'adapte à ses contraintes. Nouveau portail et API – Très inspirant pour les évolutions du COR – Action TSA
- **192** – Naval Academy US : Science fiction ou réalité ? Transmission de puissance électrique sans fil : Nous y voilà ?
- **383** : ESOC-GSOC : OPEN-M nouvel outil pour les procédures qui sera la référence pour toutes les missions basées EGS-CC => A regarder absolument par nos équipes OP
- **291** : LoftOrbital – le fameux SatDevOps (présenté aussi à la COMET OPS)
- **621** : TPZ et ESOC : ESA Cyber Safety and Security Operational Centre (C-SOC) : A regarder de près par nos amis de DCS en lien avec notre SOC et la cyber dans nos missions
- **607** : ESOC – OPSSAT2 = VOLT – A regarder par la team SatL@b
- **443** : Univ. Berlin : Cubesat étudiant innovant basé bus bord sans fil ! Inspirant pour nos amis TVO & AVI
- **448** : ESOC : Un système de detection auto des avions pour couper les communications optiques => Inspirant pour FROG / TSA2

## Thème un peu moins fourni que d'habitude : 29 présentations

### 3 présentations CNES :

222	SMOS "Long ECM": a successful CNES-ESA joint operations prepping	Oral	benoit.leger@cnes.fr
238	Report on the recovery of the chemcam instrument onboard the curiosity rover after an high voltage anomaly	Oral	valerie.mousset@cnes.fr
541	Improving operational efficiency for the SuperCam instrument on board the Perseverance rover to support a shortened operation timeline.	Oral	magali.mann@cnes.fr

### Etonnements :

- **262** : ESOC : Appel d'astreinte : Système basé SMS au téléphone d'astreinte. En cas d'absence de réponse à ce SMS, le système est capable de contacter un second numéro.
- **578** : ESA B + Qinetiq + Spacebel : la story des démonstrateurs PROBA et la suite avec les P200 – Pour convaincre ceux qui seraient dubitatifs sur l'intérêt des démos en vol
- **457** : ESOC : Les 1ers REX de BepiColombo en phase de croisière depuis 4 ans en vol vers Mercure
- **341** : EUMETSAT : Le REX de la fin de vie de METOP-A – A regarder par nos équipes OT

## Thème .... : 38 présentations

### 3 présentations CNES :

165	How does the CNES Multi-mission network adapt to the needs of New Space?	Oral	jerome.lavernhe@cnes.fr
193	SAR/Galileo Return Link Service (RLS) Monitoring: An automated 24/7 global coverage system	Oral	mathilde.dufour@cnes.fr
271	Return Link Service Test Bed: a demonstrator platform for new future SAR Galileo Services	Oral	cristobal.cuevasgarcia@cnes.fr

### 1 poster CNES :

348	Padoc: A framework for Software and Operational Data deployment in an isolated Ground Center	Oral	francois-xavier.mouy@cnes.fr
-----	--	------	------------------------------

### Etonnements :

- **442** – LAAS – Méthode MBSE en design pour faire des arbres de comportement utilisables ensuite en exploitation – Très intéressant et à creuser par TSA en lien avec les experts MBSE
- **321** – ESOC/GMV - Transferts hauts débits basé sur une adaptation de protocoles CCSDS – A creuser coté AVI/CC
- **433** – Mission Control - Classification de différents types de terrains et d'obstacles. Très adapté à un environnement lunaire monoculaire avec un operateur dans la boucle: A creuser par DV. Choix GSE très surprenant !

**Thème plus maigre que d'habitude : 13 présentations**

**Pas de présentation CNES**

**Etonnements :**

- **434** : EUMETSAT : SMART outil de supervision mission – Inspirant pour nos centres de missions
- **587** : GMV : L'espace et la blockchain, ça prend forme ?
- **322** : TPZ & ESOC : Intégration continue des FCP via outil OPEN quoi semble être la référence pour les missions basée EGS-CC – A analyser par nos équipes ops
- **314** : RHEA : l'apport du MBSE en AIV – A regarder par nos experts MBSE et AIV

**Thème ... : 13 présentations**

**Pas de présentation CNES**

**Etonnements :**

- **517** : LoftOrbital : les principes de la planification multi-satellites hétérogène- Simple mais efficace
- **302** : KARI : la planification multi-agents au service des constellations – Novateur et prometteur
- **604** : JPL : Comment optimiser les ressources du Deep Space Network par des recherches Heuristiques intégrées dans un Framework... A creuser car cela semble prometteur
- **334** : ESA / CNES : Interopérabilité des plannings basés sur les standards CCSDS – l’avenir probablement car en lien avec les travaux du groupe MPS du CCSDS.

## Thème xxx : 23 présentations

### 5 présentations CNES :

161	Comparison of spacecraft vision-based navigation methods and proposal of a novel shadow-correction block	Oral	ramon.garciaalarcia@cnes.fr
162	ADAPTATION OF PRE-EXISTING ORBIT DETERMINATION LIBRARY FOR INTERPLANETARY MISSIONS	Oral	aurelia.bourgeaux@cnes.fr
219	STELLAR PROJECT: THE GALILEO EMERGENCY WARNING SERVICE (EWS) DEMONSTRATOR	Oral	sylvain.delattre@cnes.fr
231	Galileo RETURN LINK SERVICE Evolutions	Oral	chiara.scaleggi@cnes.fr
533	Validation approach for the CNES Autonomous Navigation solution accommodated on the ExoMars rover	Oral	michel.delpech@cnes.fr

### Etonnements :

- **317** : GSOC & GFR : REX sur 1<sup>ière</sup> LEOP GALILEO faite par le GSOC&GFR sans le CNES. Ils ont du refaire une analyse de mission car le lancement a eu lieu à J+4, ils ont du coup analysé finement la mise en dérive et très grossièrement l'arrêt de dérive. Voir les résultats détaillés dans le papier.
- **655** : TPZ pour ESOC : FDS ESOC : cœur en C++ avec des interfaces en python ou en C. Les IF en C sont utilisées opérationnellement (choix de ne pas utiliser du python car trop de risques que l'opérateur fasse des modifications de code en opération)

**Thème toujours aussi conséquent : 40 présentations**

**2 présentations CNES :**

168	SAR/GALILEO GROUND SEGMENT: AN EXAMPLE OF NETWORKING OF MEOLUTS TO IMPROVE LOCALIZATION PERFORMANCE	Oral	chiara.russano@cnes.fr
229	CNES Ground Station Networks for Science	Oral	laurent.jolivet@cnes.fr

**Etonnements :**

- **548** – ESA - Outil pour établir des bilans de liaison bord/sol, accessible via l'intranet ESA. Collaboration à creuser pour obtention d'une licence au CNES – Action TSA
- **671** : NASA – Développement d'une Ground Multi-Mission Low-Cost Optical Terminal (LCOT) – A creuser par TSA
- **537** – NASA – Adresse la problématique des communications TR avec la lune, y compris potentiellement depuis la face cachée. La NASA a l'air sur le papier de prévoir cela de manière pérenne.

**Thème ... : 19 présentations**

**Pas de présentation CNES**

**Etonnements :**

- **267** – DLR - Un outil Pycon2 et approche intéressante pour améliorer la reconfigurabilité de nos moyens sols dans les salles opérationnelles. Côté EVH (CADMOS & +) et OP, ces outils pourraient être à regarder de plus près.
- **342** – DLR – Luna le Spaceship D – Belle synthèse à comparer à l'initiative du Spaceship FR
- **136** – DLR – Et voici le Human Exploration Control Center (HECC) dans la continuité du COL-CC pour les opérations du Lunar Gateway .... C'est (quasi) acté a priori...

**Thème toujours aussi maigre : 9 présentations**

**Pas de présentation CNES**

**Etonnements :**

- Pas vraiment d'étonnement mais plutôt beaucoup de mise en avant par les acteurs commerciaux eux-mêmes (EAC, ISS ...)

# Artificial Intelligence (1/2)



Thème qui devient phare – Full audience ! 34 présentations

2 présentations CNES :

306	SESAM: An Experiment for AI-Based On-Board Satellite Monitoring	Oral	mathias.zaroubian@cnes.fr
431	Improving AI Monitoring of Early Life Satellites Using Transfer Learning	Oral	audric.baron@cnes.fr

Etonnements :

**Préambule :** *Ils sont nombreux mais il convient de noter que beaucoup de sujets en sont au stade d'études. Le passage à l'usage opérationnel avec mise en avant de l'apport réel et avéré en opérations, reste encore souvent à franchir.*

- **475** – AIKO – Présentation remarquable sur l'utilisation de l'AI (apprentissage par renforcement) pour le guidage faibles poussées à bord – Très prometteur – A creuser coté orbito / SCAO
- **350** – ADS-D – Détection d'anomalie à bord – Très intéressant et en plein dans le contexte en cours avec SESAM, ADDICT etc. – Echanges entre experts IA à prévoir entre CNES - ADS (F+D) – DLR – TAS
- **237** – AIKO - Outil bord Orbital\_oliver pour replanification mission autonome en cas de pb dans son exécution en prenant en compte l'état de santé de la PF à base d'algos ML. Un modèle de raisonnement par IA symbolique (probablement un Système Expert) raffine l'information jusqu'aux causes de l'anomalie. Architecture agnostique / différents processeurs - Lien Youtube de démo : <https://youtu.be/OrAe7nAY-Bo> - Article à regarder en détail tant coté planification bord que coté LV
- **349** – Thèse ESOC - Démarche intéressante d'appropriation de Chat GPT en mode privé pour de la reconnaissance vocale pour un usage de déplanification automatique. Sujet très prometteur à creuser avec les experts IA
- **277** – ESOC - Plateforme de développement pour l'IA (Ainabler), basé sur Kubernetes / Jupyterlab. Environnement de développement, suivi des modèles, déploiements avec API REST, agnostique / CCC + compatible could ...Utilisé pour les prototypes OCAI et ESTIM de l'ESA. Fait via GSTP et disponible pour tous les membres ESA. A creuser via ISA/CID
- *Suite planche suivante ...*

## Etonnements (suite) :

- **307** – ESOC – ESTIM = Outil de centralisation des logs stations (cf. PASTIS/ARGUS) et détection de signaux faibles puis identification d'une cause racine (problème station, réseau, sat...) => A creuser coté TSA avec ESOC
- **274** – TAS-I – Diagnostic bord / FDIR – Approche réseau de neurones à creuser – volet compatibilité CPU intéressant – A creuser par cellule IA bord OP
- **320** – ESA – Détection optique de débris pour SSA - Approche IA pour réduction de faux positif – A regarder par COO
- **444** – DLR – Suite d'ATHMoS pour détection d'anomalie – A creuser via collaboration entre experts IA
- **305** - ESOC - OCAI: the Operations CompAnlon to support decision making of flight control teams – A creuser et collaboration à avoir
- **270** – ESOC/EUM/GMV - Sujet très à la mode sur la planification complexe de constellations et l'apport de l'IA en tant que solveur de solution est indéniable. Orienté CCSDS MO et on y parle même de colonies de fourmies - A priori PlanetLab également dans cette affaire
- **303** – ESOC – Approche intéressante suivie pour esquisse d'une RoadMap globale IA pour les opérations – A creuser en bilatérale CNES-ESOC
- **622** – ESOC – Digital Twin pour Exomars - Selon ESOC le DT serait un modèle issu du ML => Volet définition à itérer avec collègues d'AVI/VS
- **278** – TERMA – Encore un concept de DT basé IA en lien avec EGS-CC – A creuser par AVI/VS
- **464** – DLR – PF de données ViDA en lien avec ATHMoS – Evidemment à creuser / notre initiative DAISY
- **336** – AIKO – Détection d'anomalie et rechercher de root cause – Trade-off des algos – A creuser par experts IA

## Thème ... : 12 présentations

### 2 présentations CNES :

173	Digital Transformation of a Spaceport: Kourou Space Center example	Oral	alain.bardoux@cnes.fr
612	THE CDO : A NEW OPERATION CENTER FOR THE GUYANA SPACE CENTER	Oral	jean-noel.hourcastagnou@cnes.fr

### Etonnements :

- **461** : Initiative EU pour justifier une base de lancement maritime pour petits lanceurs – Faut benchmark
- **210** : Concept opérationnel du Space Rider – Entièrement mené par les MOI Italiens !
- **111** : Un Spaceport à Dubaï !!

# Safety and Sustainability of Space Operations



**Thème croissant ce qui se comprend aisément ! 26 présentations**

**1 présentations CNES :**

181	Jamming Assessment and Identification (JASI) service ramp-up	Oral	matthieu.thierry@cnes.fr
-----	--	------	--------------------------

**Etonnements :**

- **572** : Analyse de la perte des 38 satellites Starlink mais vu du Space Weather pour promouvoir intérêt d'avoir des alertes !
- **606** : Dernier status de l'IOAG en matière de SSU – Rien de surprenant mais bonne synthèse
- **695** : Point de vue conjoint EUMETSAT – CNES sur effet SWE en radiations sur nos satellites – Bonne synthèse

**Thème constant : 16 présentations**

**Pas de présentation CNES**

**Etonnements :**

- **430** – LES – Optimisation des méthodes d'entraînement des équipes LEOP au GCC-D (Allemagne – résultat = LEOP SPACON formé dans moins de trois mois. Très intéressant comme approche.
- **439** – DLR - Télétravail / opérations du GCC et adaptations mises en place pour les formations et tests. Sujet intéressant pour les projets opérationnels et, en particulier, ceux en interface avec les opérations Galileo
- **600** – Terma / ESOC – La VR pour la maintenance des stations - Permet de faciliter les consignes entre un mainteneur à distance et un opérateur en station lors d'intervention – A creuser
- **289** – EUMETSAT – Harmonisation des moyens pour le GEO (bizarre que ce soit en HFT) – La nouvelle mission d'Arnaud ?
- **648** – EUMETSAT – L'ergonomie des CCC du futur ? Super inspirant

# Cross Support, Interoperability, and Standards

---



**Thème qui s'essouffle, les standards étant en place : 6 présentations**

**Pas de présentation CNES**

**Etonnements :**

- **327** – ESOC/DLR - Objectif de standardisation des "ressources" stations sur le même principe que le "Provider SLE"



## 2024 : « Workshop »

- Organisateur = CNES
- Cité de l'Espace **Toulouse**
- 24 au 26 Juin 2024
- 3 à 4 thèmes AD (dont Innovation – sélection d'ici fin été 2023)
- 3 jours : 2,5 jours de sessions + 1/2 journée de visite
- Ouverture à COMET OPS en cours de discussion



## SpaceOps 2025

- Organisateur = CSA
- Montréal – **AC** d'ici mai 2023



**ISRO** observateur pour rejoindre l'ExCom



