

Les **com**munautés d'**experts**



comet

RAPPORT
D'ACTIVITÉS
2019



RAPPORT
D'ACTIVITÉS
2019

SOMMAIRE

Introduction	4
Les missions des comet	6
La production et sa valeur ajoutée.....	8
Les différentes comet	10
L'organisation et le pilotage	11
La coordination.....	14
Les gestionnaires	15
Les membres	16
Carte de France des adhérents	19
Les modalités de travail.....	20
Les sujets adressés	21
Quelques exemples de valeur ajoutée 2017-2019	22
Les perspectives de travaux 2020-2022	26
Annexe 1 : Les gestionnaires 2019	30
Annexe 2 : Liste des rencontres 2019	34
Annexe 3 : Production et Valeur Ajoutée 2019.....	36

INTRODUCTION

Depuis 20 ans, le CNES (Centre National d'Études Spatiales) fédère des réseaux d'experts sur les métiers utilisés dans le domaine spatial. Auparavant dénommés « CCT » pour Communauté de Compétences Techniques, ces réseaux sont devenus « **comet** » - **communautés d'experts** dès 2018.

Créées en 1998, avec 5 communautés, les **comet** ont atteint leur régime de croisière dès 2006 autour d'une vingtaine de métiers essentiels au secteur spatial. Certaines disparaissent ou fusionnent et d'autres apparaissent sur des expertises récentes comme la cybersécurité, ou l'Intelligence Artificielle (IA).

En 2019 : on demeure encore aujourd'hui autour du point d'équilibre de 20 comet.

Dans un premier temps, davantage orientées vers les acteurs du secteur aéronautique et spatial, elles se sont élargies depuis 2017 à l'ensemble des acteurs institutionnels, industriels et de recherche compétents, quels que soient leurs secteurs d'activités.

L'open source et l'open innovation ont tout décloisonné : entre le public et le privé, le professionnel et le citoyen bidouilleur, le national et l'international, l'expertise

fine et l'analyse système. La mise en synergie des compétences se révèle être un atout compétitif face à l'accroissement exponentiel des connaissances et aux mutations technologiques que cela génère.

Alors que certains médias rapportent que 80 % des métiers de 2030 n'existent pas encore, il est fondamental pour un expert de rester dans la course, non seulement dans son domaine mais aussi de manière pluridisciplinaire et interdisciplinaire.

Les **com**munautés d'**experts**



L'essor des systèmes experts, qui capitalisent les connaissances en combinant des approches cognitives et du Machine Learning (I.A. Hybride), devrait l'y aider.

Les réseaux du CNES ont su évoluer dans ce contexte en offrant un pilotage collaboratif interne et externe des communautés. Quelques 60 rencontres d'experts organisées chaque année sont proposées aux 5 000 membres d'un réseau essentiellement national et actif. Plus des 2/3 des membres participent aux événements. Le CNES y contribue massivement puisque la moitié de ses ingénieurs intervient comme animateurs, intervenants, contributeurs ou auditeurs dans les groupes de travail, bureaux, séminaires et visites organisés par les **comet**.

Enfin et depuis leur création, **comet** résonne avec **liberté d'initiative et convivialité**, comme « ferment du partage ».

Les principaux enjeux d'évolution 2020-2022 sont :

- ✓ La digitalisation d'une partie des rencontres pour favoriser les échanges avec les experts où qu'ils se trouvent.
- ✓ La mise en synergie des processus de partage des savoirs experts via les **comet** avec ceux de l'accompagnement RH des experts et ceux liés aux Knowledge Management de l'entreprise.
- ✓ La meilleure pénétration des nouvelles idées, méthodologies et techniques au sein de politiques techniques souvent verrouillées par des organisations et des processus complexes.
- ✓ La mise en place de nouvelles filières métiers stratégiques par une synergie accrue entre les RH et les réseaux métiers autour des road-maps métiers.

LES MISSIONS DES COMET

Les comet ont pour mission :

D'alimenter l'expertise et de contribuer à l'innovation par :

- ✓ Le partage des connaissances, savoir-faire et retour d'expériences.
- ✓ L'encouragement à l'interdisciplinarité inter-réseaux.
- ✓ L'émergence d'idées novatrices.

Et de favoriser les échanges et les coopérations entre le secteur spatial et d'autres secteurs d'activités.

Les modalités de travail entre experts sont diversifiées : groupes de réflexion, ateliers, colloques, visites, guides des bonnes pratiques, échanges d'expert...

Des échanges qui sont menés dans un esprit de :

Dynamique collective & convivialité

Favoriser l'ouverture du spatial aux autres secteurs d'activités

Contribuer à l'expertise et l'innovation

Favoriser la coopération

Produire et partager des connaissances

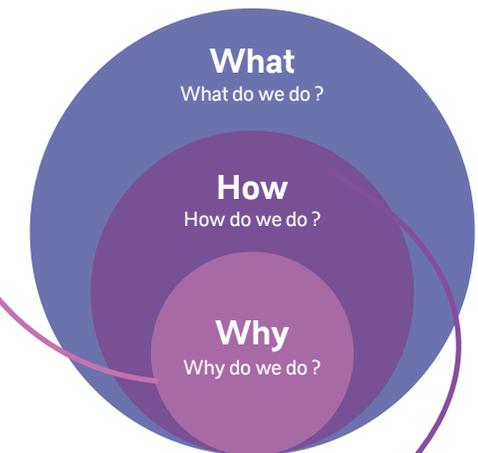
LES MISSIONS DES COMET

À la base de tous les objectifs des comet, une **AMBITION**, pour l'ensemble de ses participants :

Être les experts du Futur !
 ✓ Aujourd'hui : pour préparer l'avenir
 ✓ Demain : demeurer Experts

Plus spécifiquement pour les experts du CNES : afin de mettre l'Espace au service du citoyen (Applications), de sa connaissance (Sciences) et de sa protection (Défense), ainsi que celle de la planète (Environnement, Climat...).

THE GOLDEN CIRCLE



Pour répondre à cette ambition, le CNES anime ses réseaux d'experts...

...et les ouvre largement aux partenaires.

La coordination des comet est interne aux CNES. Pour autant, la co-animation de chaque comet est ouverte aux partenaires et au côté d'un animateur CNES.

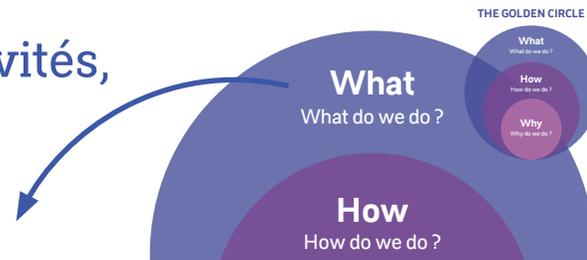
Les bureaux, qui décident des activités, sont constitués de membres représentatifs de l'ensemble de la communauté, soit à plus de 2/3 non CNES.

Les activités sont co-organisées, souvent avec un sponsoring des partenaires industriels.

Enfin le reporting de chaque événement est disponible pour les membres adhérents.

LA PRODUCTION ET SA VALEUR AJOUTÉE

Par le biais de leurs activités, les **comet** partagent et produisent :



DES CONNAISSANCES

- ✓ Formation des jeunes experts
- ✓ Partage des savoir-faire
- ✓ Retour d'expériences
- ✓ Nouvelles technologies

DE L'IDÉATION

- Maturation et proposition de :
- ✓ Sujet de R&T, thèse, stage, PoC, démonstrateurs

DES RECOMMANDATIONS

- ✓ Thématiques, métiers, outils... à investiguer ou à « laisser tomber »

DU NETWORKING

- ✓ Partenariats
- ✓ Cross fertilisation
- ✓ Synergie des réflexions et efforts

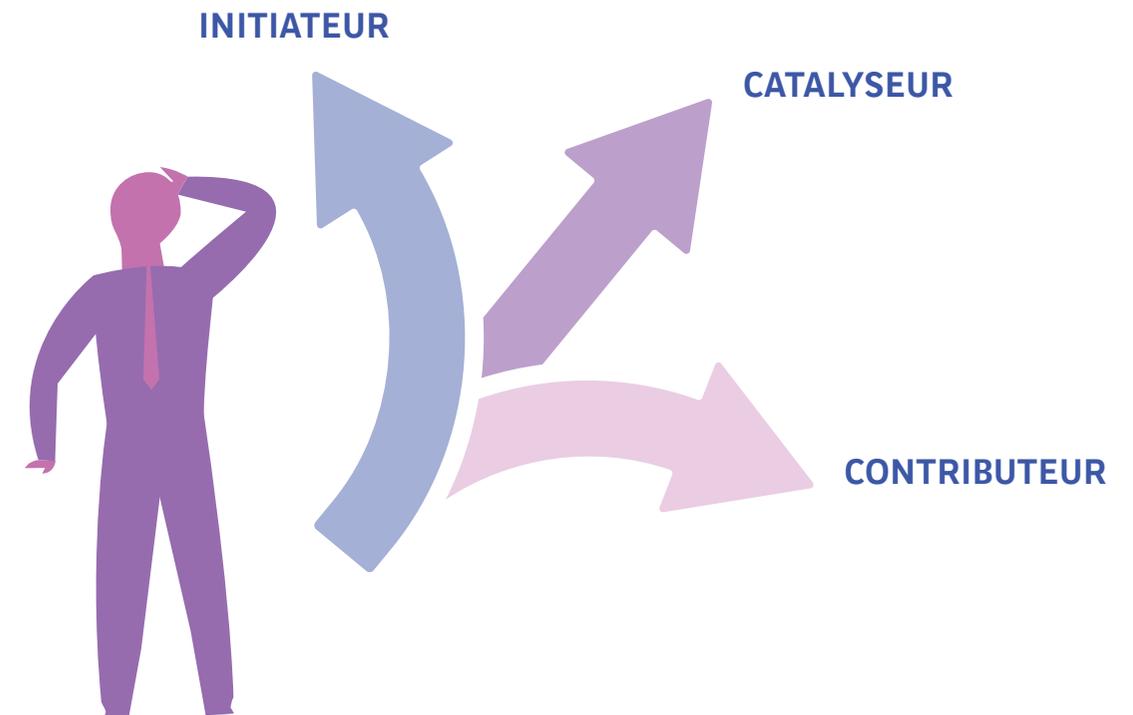
La valeur ajoutée des **comet**, si importante soit-elle, est difficilement quantifiable. L'acquisition de connaissance des experts est un des apports évidents. La valorisation autre des travaux est plus difficile à court terme : les résultats ne sont pas immédiats et résultent d'un ensemble d'actions de politique technique. À moyen terme sur 3 à 4 ans, il est possible de cibler des partenariats, des R&T et thèses, et des nouveaux métiers qui ont été initiés par des rencontres **comet**.

LA PRODUCTION ET SA VALEUR AJOUTÉE

L'annexe 3 recense les productions des **comet** sur 2017-2019 en mettant en avant leur Valeur Ajoutée par grand thème.

Quelques exemples représentatifs sont également donnés un peu plus bas dans le document.

Les recommandations des animateurs des **comet**, en observateurs de leurs métiers et outils & processus associés, sont délivrées au management du CNES de manière annuelle via des comptes rendus d'activités et des **Comités Directeurs**.



LES DIFFÉRENTES COMET

Sur la période 2016 - 2019 : 4 nouvelles comet ont vu le jour couvrant les domaines de la cybersécurité (CYB), de la propulsion électrique (PAPE), de la rentrée atmosphérique (PAAE) et de l'ingénierie des coûts (COST).

AIT	Intégration de charge utile et véhicule spatial.
COST	Ingénierie des coûts.
CYB	Cybersécurité.
ECM	Électromagnétisme et Circuits Micro-ondes.
ECOS	Écosystèmes aval.
EdB	Énergie de Bord.
ENV	Environnement atmosphérique et spatial.
IRE	Informatique et Réseaux Embarqués.
LIKE	Pour toutes les thématiques orphelines.
MAT	Matériaux.
MCE	Microsystèmes et Composants Électroniques.
OOE	Optique et Optoélectronique.
OPS	Opérations et Exploitations des missions Spatiales.
ORB	Mécanique Orbitale.
PAAE	Rentrée Atmosphérique.
PAPE	Propulsion Électrique.
PDS	Positionnement et Datation par Satellites.
SCA	Systèmes de Commande et Automatique.
SIL	Architecture des systèmes Informatiques et génie Logiciel.
STR	Structure.
SYS	Ingénierie Système.
TSI	Traitement du Signal et des Images.

L'ORGANISATION ET LE PILOTAGE

Être ouvertes et innovatrices, tout en étant liées aux besoins de politique technique des acteurs, tels sont les enjeux des comet. L'organisation et le dispositif de pilotage sont pensés dans cet objectif.

Une organisation totalement collaborative des comet



Equipe d'animation
(Animateurs et webmasters)



"Bureau"
(CNES, industriels, chercheurs, institutionnels)



Communauté
(Membres actifs, abonnés, visiteurs)

Les animateurs des comet réunissent, dans un bureau, des experts représentatifs de leur thématique. Ils élaborent conjointement un programme d'activités à deux ans qu'ils peuvent soumettre à leur communauté par une assemblée générale. Les activités sont ouvertes en OPEN INNOVATION à un large public.



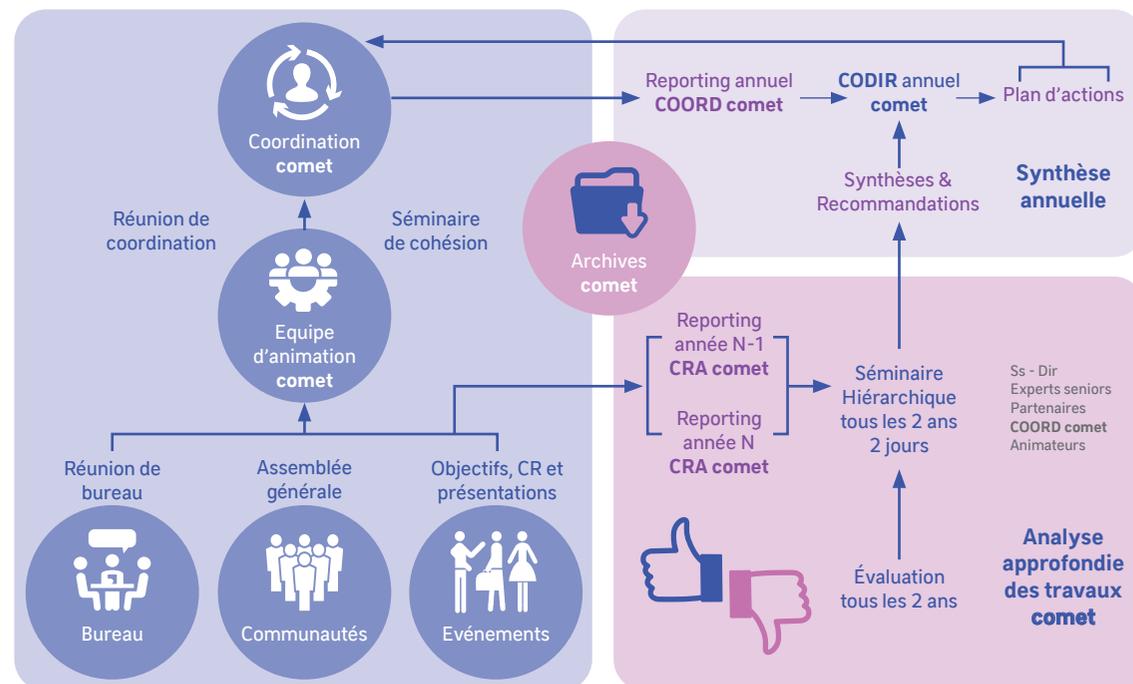
Une cellule de coordination fait le lien avec les autres acteurs de la politique technique (source de recommandations et de sujets à investiguer) et veille à la liberté d'initiative des membres des réseaux.

Depuis 2013, la coordination comet est assurée par Hélène Ben Aïm Drieux.

L'ORGANISATION ET LE PILOTAGE

Un reporting au service du plus grand nombre

L'acquisition des savoirs est accompagnée d'un processus de reporting au service du plus grand nombre.



Le reporting s'effectue à tous les niveaux : de la réunion de bureau à l'événement, jusqu'au **Compte Rendu d'Activités (CRA)** qui présente les résultats dans une synthèse à minima annuelle. L'ensemble est disponible dans une archive ouverte. Les résultats sont présentés annuellement en **CODIR CNES** et tous les deux ans à un séminaire hiérarchique réunissant les managers techniques du CNES et les directeurs techniques des principaux partenaires. Les membres du réseau disposent, quant à eux, des présentations des évènements de leurs communautés via le site **comet** <http://www.comet-cnes.fr>

L'ORGANISATION ET LE PILOTAGE

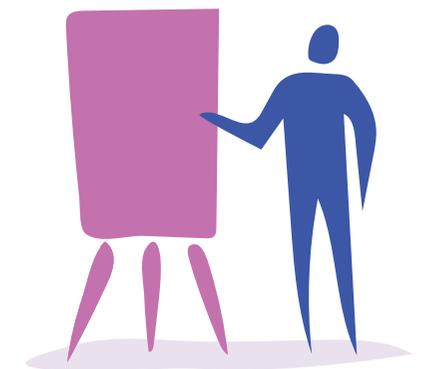


Depuis 2016 :

- L'archive **comet** comporte plus de 500 comptes-rendus d'évènements et de réunions de bureau ainsi que des rapports experts.
- Les travaux **comet** ont été rapportés à 4 comités directeurs et 2 séminaires hiérarchiques auprès de 70 hauts managers techniques du CNES et aux principaux directeurs techniques parmi nos partenaires.

Un support logistique performant

Le CNES a souscrit un contrat de sous-traitance auprès de Carte Blanche Organisation qui l'accompagne depuis plus de 7 ans dans la mise en œuvre opérationnelle des évènements liés aux **comet**. Ce prestataire gère dans un esprit low-cost les conventions de salles et une restauration de qualité pour faire des rencontres **comet** des moments chaleureux en convivialité et expert en contenu.



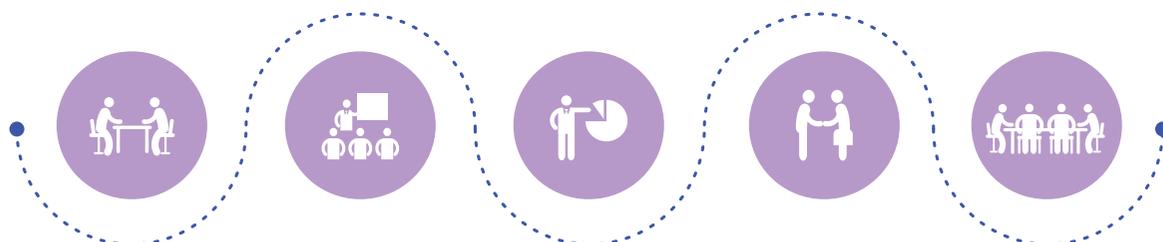
LA COORDINATION

La cellule de coordination comet est au cœur du dispositif. Elle doit :



- ✓ Veiller à la cohérence des activités proposées, à leur transversalité quand c'est possible et à bien les orienter sur leurs finalités au regard des enjeux de politiques métiers et techniques.
- ✓ Former et motiver les animateurs dans leur fonction de pilote de réseaux, assurer leur disponibilité et liberté d'initiative, les sensibiliser au reporting de haut niveau...
- ✓ Gérer le budget, les moyens logistiques, les outils, l'archivage et la communication.
- ✓ Ouvrir les comet aux partenaires et mesurer avec eux leur niveau d'implication.
- ✓ Faire la synthèse globale annuelle et proposer les axes d'amélioration.

Elle se compose d'un « manager collaboratif » et de supports logistiques externes.



LES GESTIONNAIRES ET LEURS IMPLICATIONS



Chaque comet est pilotée par un animateur CNES, parfois assisté d'un co-animateur et d'un webmaster qui peuvent être externes au CNES. Gestionnaires de la comet, ils assurent cette fonction à temps partiel (0,2 à 0,3 ETP). La liste des gestionnaires de comet en 2019 est présentée en Annexe 1.

Ils sont les responsables et points focaux de la comet pour :

- ✓ Constituer et animer leur bureau et définir avec eux le programme biannuel des travaux.
- ✓ Animer et gérer leur communauté composée de membres actifs et de participants occasionnels.
- ✓ Réaliser une veille sur le domaine d'expertise au niveau métier, outil et processus.
- ✓ Veiller à la mise en œuvre des activités, à leur bon déroulement et à leur reporting.
- ✓ Gérer la communication liée à leur communauté.
- ✓ Prendre en compte les recommandations issues des évaluations et des comités directeurs.

Être gestionnaire d'une comet est une fonction à forte visibilité constituant un tremplin professionnel impactant pour les experts qui s'y engagent. Libres d'initiative, ils acquièrent rapidement :

- ✓ Écoute, organisation et capacité de synthèse par le pilotage du bureau et du réseau.
- ✓ Forte expertise de leur domaine et vision inter et transdisciplinaire via les sujets transverses.
- ✓ Un réseau professionnel élargi et une reconnaissance par leurs pairs.
- ✓ Des capacités pédagogiques aussi bien à l'oral que sur les supports de présentation.

Le CNES valorise l'implication de ses Gestionnaires de comet, acteurs du rayonnement du CNES. Environ 1/3 évolue en interne comme expert senior ou manager métier.

Depuis 1998 : 161 salariés du CNES ont été gestionnaires de ces réseaux, 34 sont devenus managers & 20 sont devenus experts seniors.

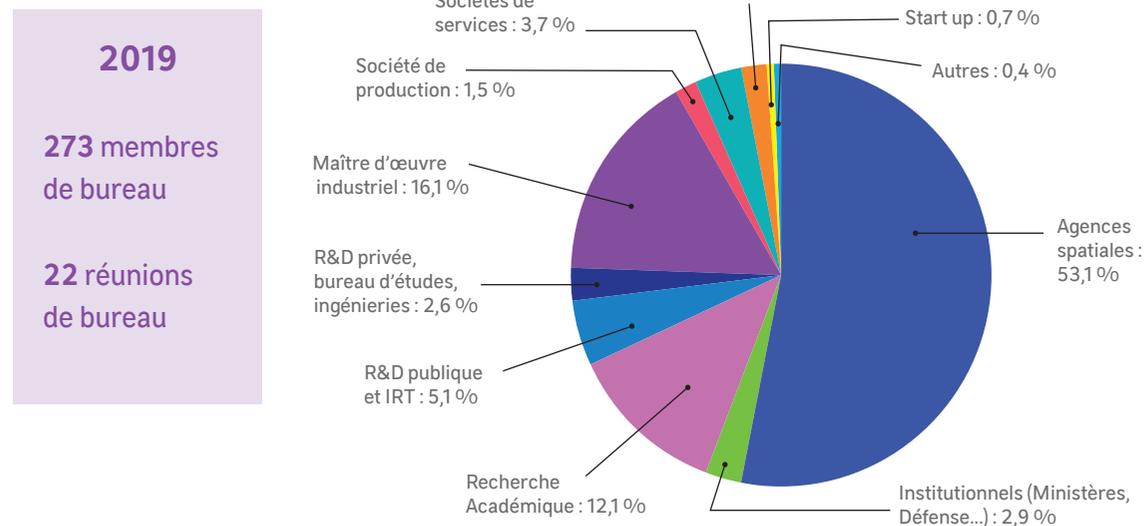
En 2020 : 11 nouveaux animateurs remplaceront 14 en partance.

LES MEMBRES DES COMET

Les membres des bureaux : rôles et compositions



Les gestionnaires d'une **comet** animent un bureau représentatif de la communauté CNES, industrielle, institutionnelle et de recherche du domaine métier couvert par la **comet**.



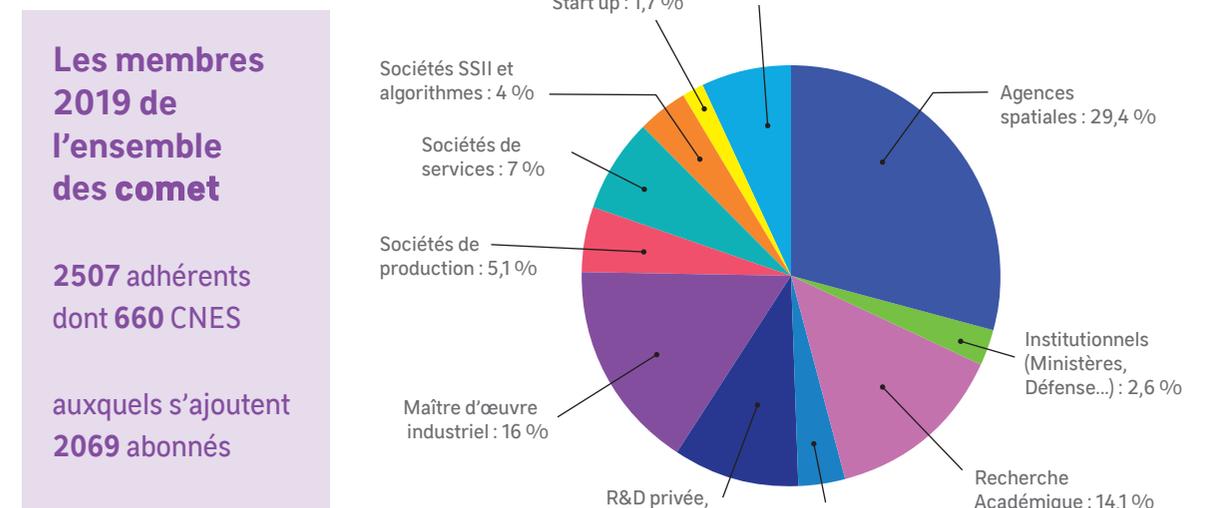
En se réunissant plusieurs fois par an, ils apportent la vision des besoins métiers et proposent les activités à conduire en conséquence. Ils participent à la mise en œuvre de ces activités dont une veille sur le métier.

LES MEMBRES DES COMET

Les membres experts des comet



Chaque communauté comporte dans son réseau des membres actifs, experts du domaine « **les adhérents** » et des participants plus occasionnels « **les abonnés** ».

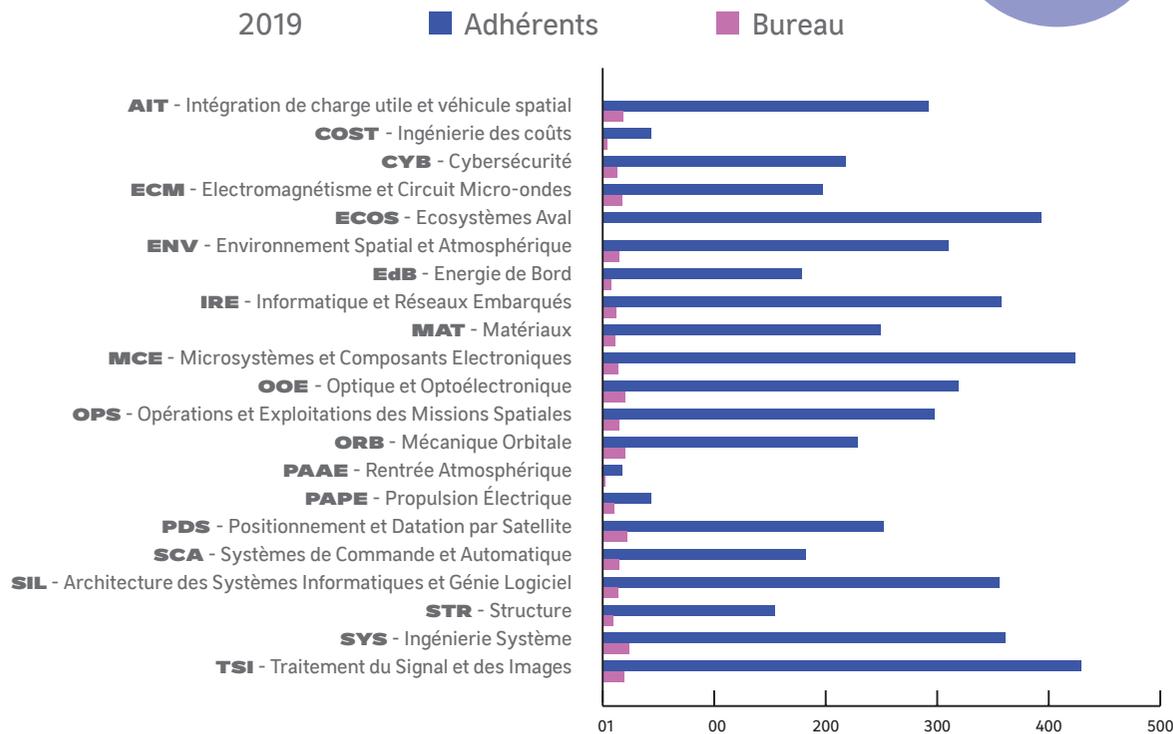


Les « **adhérents** » (statut réservé aux seuls experts), peuvent accéder à l'ensemble de la documentation technique et aux présentations des événements de leurs **comet**. Comme les « **abonnés** », ils sont informés par newsletter des événements à venir et pour lesquels ils peuvent s'inscrire via le site <http://www.comet-cnes.fr>

Le site étant public et la majorité des événements en libre accès, on observe également des « **visiteurs** » qui ont eu connaissance par un tiers d'un événement et viennent s'y inscrire sans être répertoriés dans les communautés.

LES MEMBRES DES COMET

Synthèse 2019 des adhérents par comet



Les communautés sont riches en participation aussi bien au niveau de leur bureau que de leurs adhérents. Cette participation est doublée si on y ajoute les abonnés.

Les 3 comet très récentes [COST, PAPE et PAAE] ont un bureau et des communautés en cours de construction.

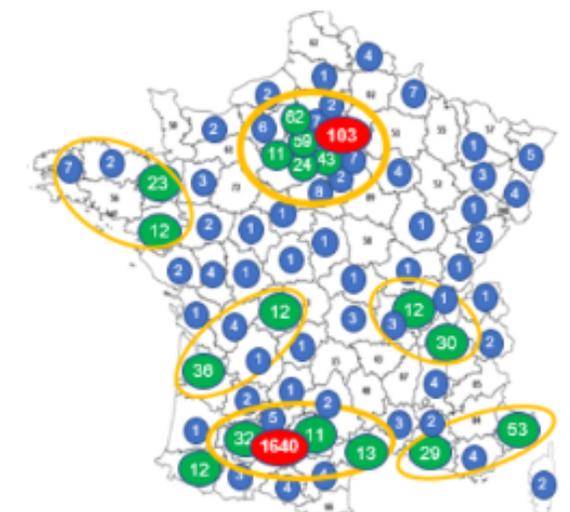
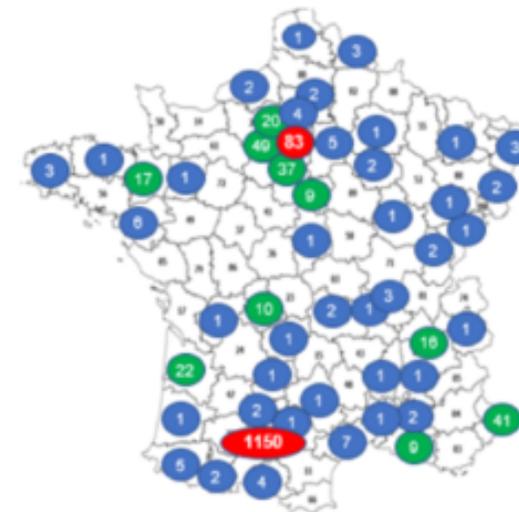
En 2019 : **2507 adhérents** **273 membres de bureau** **2069 abonnés**

CARTE DE FRANCE DES ADHÉRENTS DES ADHÉRENTS



Carte 2018
1722 adhérents comet

Carte 2020
2511 adhérents comet



LES MODALITÉS DE TRAVAIL

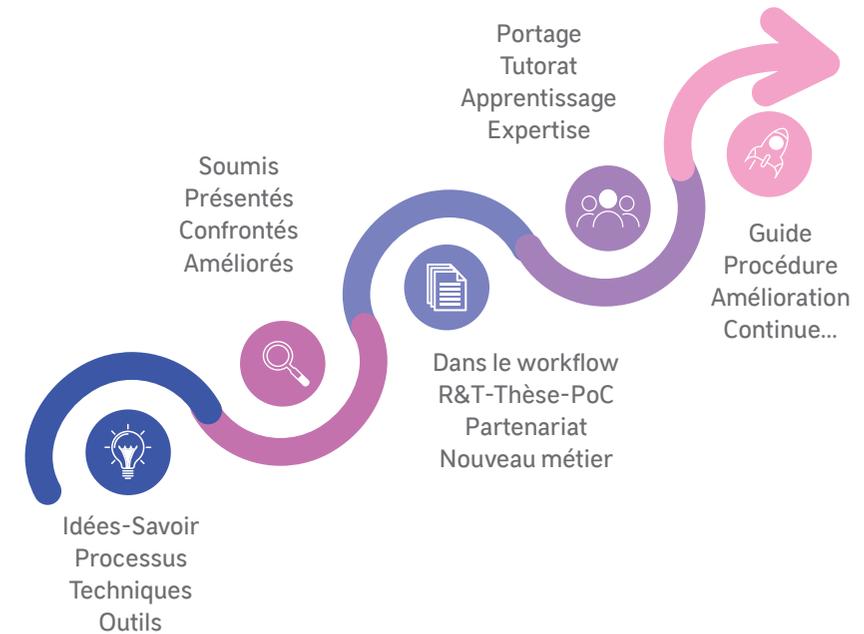
Les modalités de travail entre experts sont diversifiées : Groupes de réflexion, ateliers, colloques, visites, guide des bonnes pratiques, échanges d'experts...

<p>En 2019, 68 rencontres ont été organisées réunissant environ 3500 participants</p>	<p>4 Assemblées Générales</p>	<p>4 Ateliers de réflexion</p>	<p>44 Séminaires métiers</p>
<p>2 Sessions comet invitées lors de workshops internationaux</p>	<p>4 Tutorats</p>	<p>5 Accompagnements et sponsorings d'événements</p>	<p>5 Visites de partenaires</p>

LES SUJETS ADRESSÉS

Les sujets proposés par les comet sont ceux qui enrichissent le savoir fondamental, les savoir-faire et les pratiques, les méthodologies, les techniques et les nouveaux outils.

Ideation - Production - Partage - Diffusion & Archivage



Les comet sont au cœur de l'innovation métier et du Knowledge Management.

Ces rencontres 2019, détaillées en Annexe 2, ont été la source de nombreux enseignements et ont ouvert des perspectives de R&T, thèses, partenariats et autres axes de politiques métiers et techniques. Celles qui se sont concrétisées sont détaillées en Annexe 3 dans la liste des Productions et Valeur ajoutée des comet sur 2017-2019.

EXEMPLES DE VALEUR AJOUTÉE 2017-2019

Quels que soient les domaines, les retombées auxquelles contribuent les **comet** sont nombreuses et les exemples ci-dessous ne sont qu'un échantillon représentatif de leurs valeurs ajoutées.

Nouvelles compétences

La technologie SDR (Software Defined Radio) et la fabrication additive deviennent des axes de compétence métier du CNES suite à l'intérêt identifié via des rencontres **comet [PDS, TSI, MAT, STR, AIT]**.

Synergies

La **comet MAT** et le groupe Matériaux de l'Aerospace Valley mettent en synergie leur road map pour être complémentaires [2019].

Les animateurs de la **comet OOE** et ceux du réseaux ROP du CNRS participent aux deux bureaux pour traiter ensemble de sujets communs.

Idées de R&T, thèses, stages

Quelles méthodes et outils d'identification pour le contrôle d'attitude ? (**comet SCA** - Thèses 2017).

Quelles améliorations de la détection d'anomalies dans la télémétrie satellite par le Machine Learning (**comet SIL, ORB, OPS** - R&T 2019).

Rayonnement

La **comet PDS** a créé en 2014 le colloque international ITSNT (International Technical Symposium on Navigation and Timing) et pilote son organisation annuelle avec l'ENAC.

Partenariats

Mise en place de 5 groupes de travail sur la Cybersécurité entre la **comet CYB** et Renault.

Tutorats

Tutorat sur les Produits d'InterModulation Passifs (PIMP) **comet ECM** [2019].

EXEMPLES DE VALEUR AJOUTÉE 2017-2019

Open innovation

Depuis 2016, les **comet** s'ouvrent largement aux secteurs non spatiaux, notamment pour les domaines métiers transverses comme l'IA (Intelligence Artificielle), la cybersécurité et l'analyse des coûts, métiers dont la composante spatiale n'est pas le facteur déterminant.

Nouveaux usages

Les processeurs ARM font leur entrée dans les systèmes spatiaux grâce aux **comet SIL** et **MCE**, et la **comet MCE** investit les assemblages et brasures sans plomb dans l'électronique à usage spatial.

Retour d'expériences

Échanges sur la contamination en salle propre avec la **comet AIT**.

Comment opère t'on les opérations dans un cadre international sur l'instrument spatial SEIS par la **comet OPS**.

Benchmarking

Police scientifique, biologistes et ingénieurs du spatial partagent leurs techniques de caractérisation à l'échelle micro et nanoscopique avec la **comet MCE**.

Recommandations

Partageons entre partenaires nos bases de données matériaux, notamment sur la fabrication additive.

Recommandations

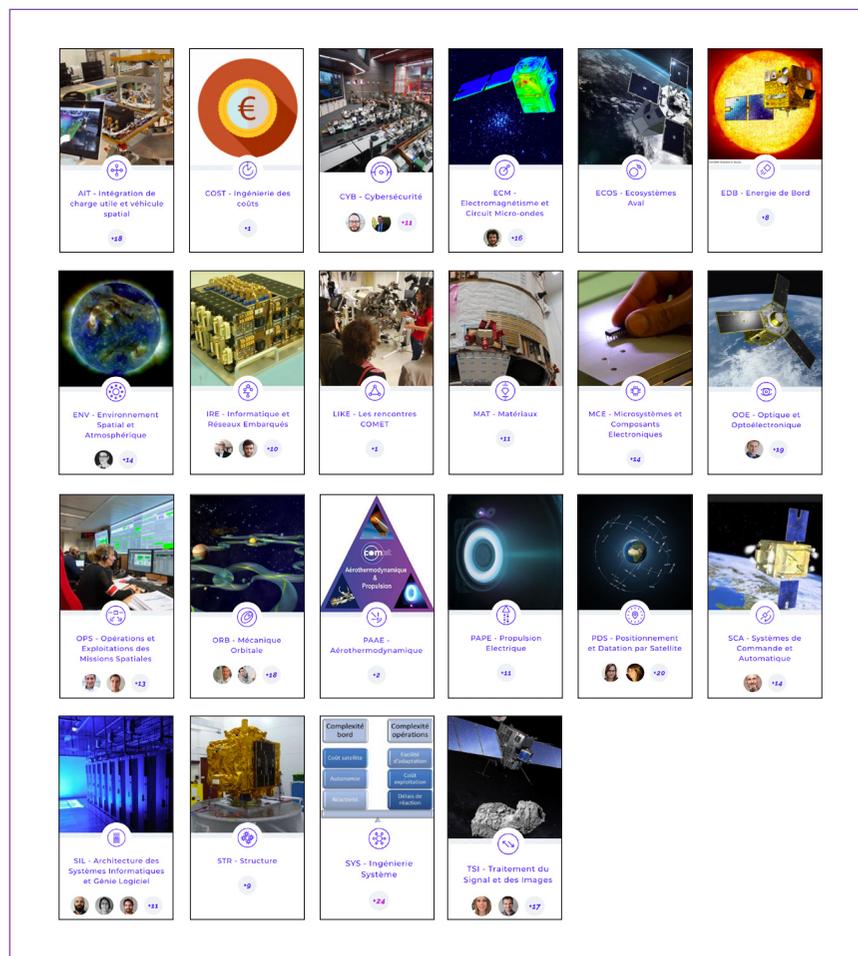
Renforçons les interactions entre le monde du GNSS et celui de l'automobile.

Le CNES capitalise cette richesse en facilitant le transfert des idées issues des **comet** dans ses autres processus de politique technique. Le pilotage des **comet** est abrité par la Direction de l'Innovation, des Applications et de la science, garante de sa liberté d'initiative et de sa transversalité. Enfin les ressources humaines s'appuient en partie sur les **comet** comme source de formation entre experts.

COMMUNICATION COMET

Les **comet** sont une vitrine de l'excellence de l'expertise spatiale du CNES, au service du plus grand nombre. Depuis 2018, un site rénové <https://www.comet-cnes.fr> permet :

- ✓ **D'expliquer le rôle de ces réseaux d'experts et de les rejoindre** (les différentes communautés d'experts)



COMMUNICATION COMET

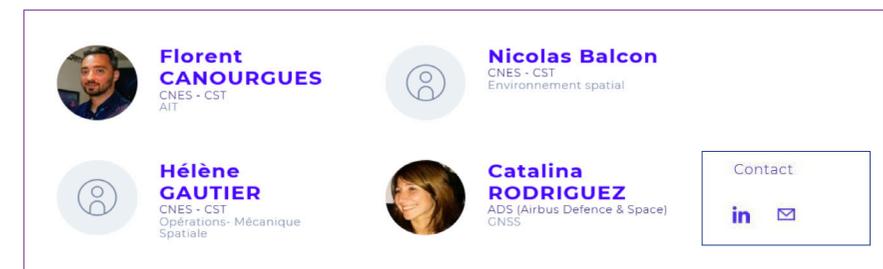
- ✓ **De promouvoir les événements et de s'y inscrire**



- ✓ **De partager la connaissance avec les adhérents**



- ✓ **De favoriser le contact entre les membres**



Ce nouveau site est plébiscité par l'ensemble des acteurs qui le consulte.

LES PERSPECTIVES DE TRAVAUX 2020-2022

Ces perspectives sont des indications qui n'ont pas de caractère contraignant.

AIT

Intégration de charge utile et véhicule spatial

- « Bon du 1^{er} coup & Facteur Humain », avec la **comet OPS**.
- Fabrication Additive polymères : construction d'une base de données partagée, avec la **comet MAT**.
- Solutions sans fil pour l'AIT des systèmes spatiaux notamment pour les fonctions géolocalisation et transmission de données.
- Outils 3D dans le spatial : Bilan des avancées depuis ces 3 dernières années, avec les **comet OPS, ORB, STR, SIL**.

EdB

Énergie de Bord

- Électronique de puissance et thermique.
- Propulsion électrique : les sujets d'innovation, les pièges à éviter, les concepts à démystifier, avec les **comet PAPE** et **ENV**.
- Le sans-fil en intégration : risques et enjeux, avec la **comet AIT** et **ECM**.
- Technologies « Low costs » et les besoins des constellations New Space (Oneweb...).
- Architecture numérique.

CYB

Cybersécurité

- Enjeux et contraintes de la cybersécurité sur les opérations de lancement, avec la **comet OPS**.
- Space's Industrial Control Systems Security 4th Edition.

ECM

Électromagnétisme et Circuits Micro-ondes

- Nouveaux matériaux micro-ondes pour le spatial.
- Problématique de CEM rayonnée sur petites plateformes.
- État de l'art des fonctions numériques pour antennes et hyperfréquences.
- Développements récents sur les antennes de télémétrie et sur les télécommandes et télémétries des charges utiles.
- Nouvelles techniques et méthodologies de mesure antenne.
- Techniques et applications des méthodes de retournement temporel.
- Nouvelles fonctionnalités RF proposées par la fabrication additive.
- Interaction électromagnétique entre les propulseurs électriques et les antennes bord.

LES PERSPECTIVES DE TRAVAUX 2020-2022

MAT

Matériaux

- Radiations sur les matériaux, avec TRAD.
- Détection et analyse de la contamination en salle propre, avec la **comet AIT**.
- Groupe de travail sur le contrôle non destructif et sur la fabrication additive.

MCE

Microsystèmes et Composants Électroniques

- Réactiver la revue « Actu Composant ».
- Les technologies 3D & les nouvelles technologies numériques.
- Les composants non hermétiques et assemblage sans plomb.

OOE

Optique et Optoélectronique

- Radiation photonic and optoelectronic.
- Workshop Infra Red.
- Tenue au flux LASER sur optique et traitement, avec le réseau CNRS ROP.
- Photonique intégrée (PIC).
- Méta colloque : retour sur les colloques internationaux concernant les détecteurs et l'optique.

IRE

Informatique et Réseaux Embarqués

- Le traitement d'image bord (Darwin CU).
- Les avioniques des constellations.
- Les bus fond de panier, liaison point à point.
- Bus déterministes et bus haut débit.
- « Quantum Key Distribution » et sécurité des liaisons bord-sol.
- Architecture numérique (PCDU modulaire). Commande numérique des convertisseurs de puissance avec la **comet EDB**.
- ASIC analogique et mixte (coté de SI/CD).
- Intelligence artificielle embarquée.

ENV

Environnement Spatial & atmosphérique

- Modélisation du frottement atmosphérique, (densité et activité solaire) avec la **comet ORB**.
- État des lieux : indices solaire et géomagnétique.
- Avancées météorologie de l'Espace en France (projets, communautés OFRAME...).

COST

Ingénierie des coûts

- Design to Cost.

LES PERSPECTIVES DE TRAVAUX 2020-2022

OPS

Opérations et Exploitations des Missions

- Nouveaux systèmes de localisation, avec la **comet ORB**.
- Sécurité des plateformes d'intégration continue pour les développements de logiciel, avec les **comet SIL et CYB**.
- Participation et restitution du Workshop Space OPS 2021.
- Innovation dans les stations sol.
- EGS-CC versus LP ISIS, avec les **comet ORB, SYS, SIL, AIT**.
- Les apports de l'IA en opérations.
- Quel rôle pour l'opérateur du futur, l'opérateur augmenté.
- REX sur les opérations des Nanosat, avec la **comet SCA**.

ORB

Mécanique Orbitale

- Méga-constellations.
- Estimation erreurs d'orbite et propagation.
- Contrôle d'orbite autonome.

PAPE

Propulsion Électrique

- Contribution au Workshop international « Space Micro Propulsion & Cubesats » 2020 ou 2021.
- Harmonisation des moyens d'essais et représentativité bord-sol.

PDS

Positionnement et Datation par Satellite

- ITSNT 2020/21/22 : co-organisation de l'International Technical Symposium on Navigation and Timing.

SCA

Système de Commande Automatique

- REX Nanosat (Eyesat, Angels).
- REX Nacelles pointées, Système GNC.
- IA et Système de commande automatique.

STR

Structure

- Matériaux Composites, avec la **comet MAT**.
- Thèses en mécanismes & matériaux, avec la **comet MAT**.
- Confort Charge Utile - nouveaux lanceurs.
- Conception robuste.

SIL

Architecture des Systèmes Informatiques et génie Logiciel

- Block Chain & le Spatial.
- Le Cloud et le système d'information.
- Deep Learning for Earth and Space Science.
- Journée outils graphiques 3D.
- Calculateurs quantiques et calcul scientifique.
- Avenir du stockage (SAN, NAS, flash, VSAN, hyper convergé, stockage objet...).
- Le langage Julia pour l'IA, l'analyse de données et le HPC.
- RTEMS, exécution plateforme pour les payloads, multicore.
- SAVOIR – OSRA/Études R&T Logiciel Vol avec la **comet IRE**.
- Présentation Small Data.
- Gouvernance et cycle de vie des données d'entreprise.
- Développement logiciel : nouveaux langages de programmation.
- Développement logiciel : outils et environnement de développement, forge logicielle.
- ArianeWorks et méthodes/organisation agile.

SYS

Ingénierie Systèmes

- L'ingénierie des exigences : REX des agences et de l'industrie, état de lieux sur les outils actuels (DOORS...) et futurs (DOORS NG, JAMA...).
- Contribution des SHS à l'IS : l'intelligence émotionnelle au service de l'innovation et la conception.
- « Les nouvelles technologies au service de l'IS », avec l'AFIS.
- La place de l'ingénierie système et l'organisation associée dans les entreprises.

TSI

Traitement du Signal et des Images

- Traitements embarqués très haute performance.
- La Mission LISA.
- « Séries temporelles » ou « signaux faibles » ou « reconnaissance d'objets », avec le GdR ISIS.
- Utilisation du Deep Learning pour du traitement d'image.
- Workshop Propagation, avec l'ESA.

ANNEXE 1

LES GESTIONNAIRES 2019

Liste des gestionnaires comet 2019



COMET	GESTIONNAIRES 2019		MEMBRES DE BUREAU	ADHÉRENTS
	Nom et prénom	Société		
AIT - Intégration de charge utile et véhicule spatial	CANOURGUES Florent	CNES Toulouse	18	292
	CLEMENT Florence			
	LAMY Guillemette			
COST - Ingénierie des coûts	WERLING Eric	CNES Toulouse	à constituer	43
	VAN PELT Michel	ESA - ESTEC		
	OSWALD Jean	CNES Paris		
CYB - Cybersécurité	AIRAUD Julien	CNES Toulouse	13	218
	DEMANGEOT Thierry			
	BAZERQUE Jean			
ECM - Électro-magnétisme et Circuit Micro-ondes	LAQUERBE Vincent	CNES Toulouse	17	197
	CONTRERES Romain			
	LAPIERRE Luc			
ECOS - Écosystèmes aval	BENECH Jean-Claude	CNES Toulouse	à constituer	393
	PRIGENT Guillaume			
ENV - Environnement spatial et atmosphérique	BONIFACE Claude	CNES Toulouse	15	310
	STANDAROVSKI Denis			
	BALCON Nicolas			
EdB - Énergie de Bord	GLOAGUEN Emilie	CNES Toulouse	8	178
	GRANENA David			
IRE - Informatique et Réseaux Embarqués	JOLLY Antoine	CNES Toulouse	12	357
	THIEBLIN Laurent			
MAT - Matériaux	RIOLAND Guillaume	CNES Toulouse	11	249
	PIERRÉ Thierry	TAS		
MCE - Microsystèmes et Composants Électroniques	BASCOUL Guillaume	CNES Toulouse	14	423
OOE - Optique et Optoélectronique	VIRMONTOIS Cédric	CNES - CST	20	320
	VIRMONTOIS Cédric			
	ALIAS Myriam			

ANNEXE 1

LES GESTIONNAIRES 2019

COMET	GESTIONNAIRES 2019		MEMBRES DE BUREAU	ADHÉRENTS
	Nom et prénom	Société		
OPS - Opérations et Exploitations des Missions Spatiales	GALET Gérard	CNES - CST	15	297
	LAMBERT Pierre-Baptiste			
ORB - Mécanique Orbitale	LAURENT-VARIN Julien	CNES Toulouse	20	228
	BOUTONNET Arnaud	ESA - ESOC		
	DELAVALT Stéphanie	CNES Toulouse		
PAAE - Rentrée atmosphérique	ANNALORO Julien	CNES CST	à constituer	17
PAPE - Propulsion Électrique	ROSSI Alberto	CNES Toulouse	10	43
	MAZOUFFRE Stéphane	CNRS		
PDS - Positionnement et Datation par Satellite	AUBAULT Marion	CNES Toulouse	22	252
	CASENOVE Pierre			
	RODRIGUEZ Catalina	ADS		
SCA - Systèmes de Commande et Automatique	GENIN Florence	CNES Toulouse	15	182
	PEAUCELLE Dimitri	CNRS-IRAP		
	DELAVALT Stéphanie	CNES Toulouse		
SIL - Architecture des systèmes Informatiques et génie Logiciel	LY Dominica	CNES Toulouse	14	355
	EYNARD-BONTEMPS Guillaume			
	ETCHEVERRY Sébastien			
STR - Structure	HOT Aurélien	CNES Toulouse	9	154
	HEIM Marina			
	FAURE Christine			
SYS - Ingénierie Système	CORCORAL Nathalie	CNES Toulouse	24	361
	BUDOWSKI Alain			
TSI - Traitement du Signal et des Images	CAZALENS Sonia	CNES Toulouse	19	429
	TANGUY Yannick			

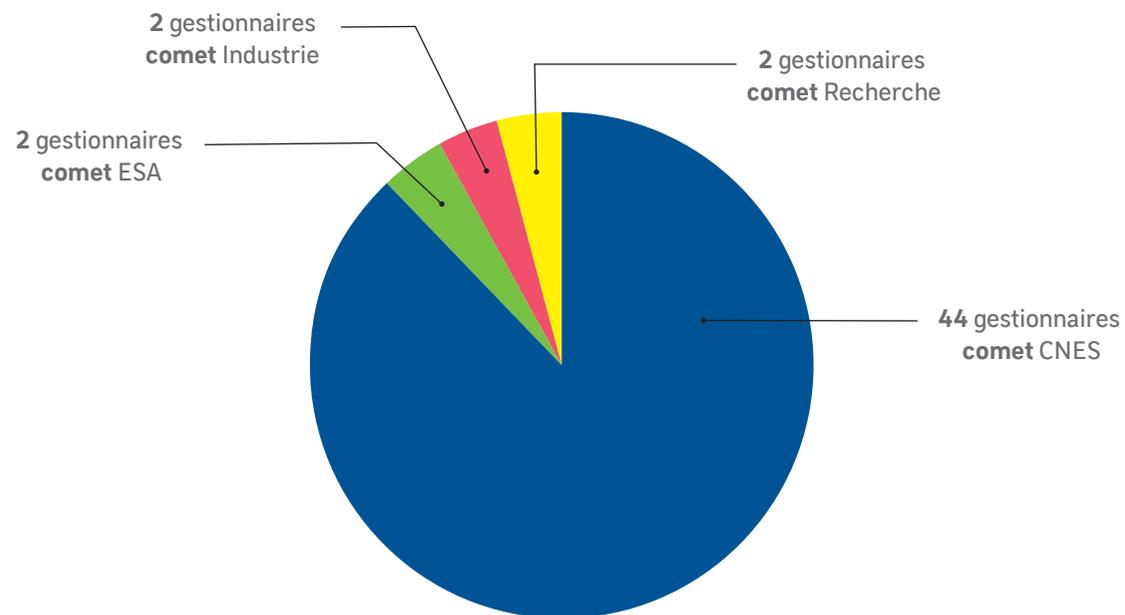
ANNEXE 1

LES GESTIONNAIRES 2019



Faits marquants 2019

En 2019, 50 Gestionnaires

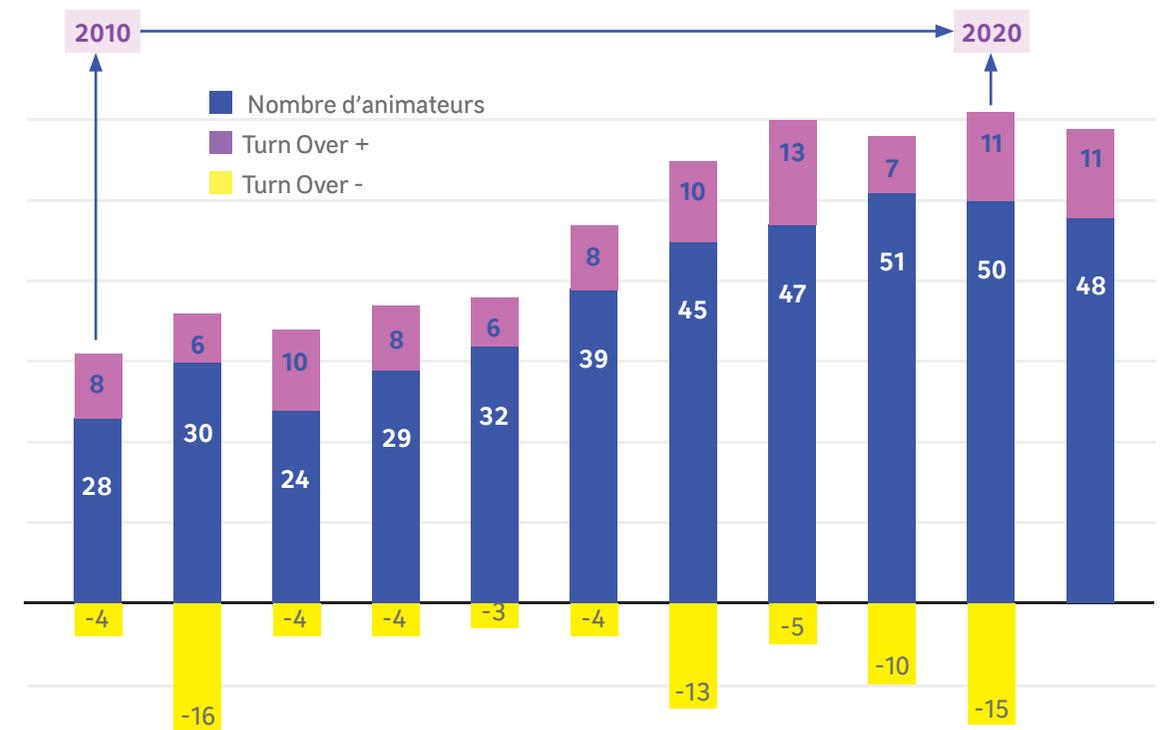


Ouverture depuis 2017 à des co-animateurs externes au CNES

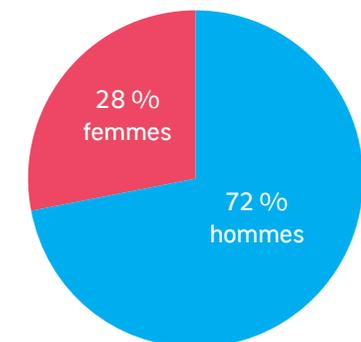
ANNEXE 1

LES GESTIONNAIRES 2019

Un fort taux de TURN OVER
3-4 ans d'implication moyenne d'un animateur



Représentativité conforme au taux de femmes ingénieures au CNES



ANNEXE 2

LES RENCONTRES COMET 2019

Date	Sujet	Lieu de l'événement
08/01/19	Échanges Inter-Animateurs comet sur les sujets de l'Intelligence Artificielle.	31 - Toulouse
24/01/19	La maîtrise de la contamination dans le domaine spatial.	31 - Toulouse
24/01/19	Composants FPGA et SoC (circuit intégré) du futur.	31 - Toulouse
29/01/19	Maîtrise des coûts industriels.	75 - Paris
19/02/19	Tutorat sur les Produits d'Inter-Modulation Passifs (PIMP).	31 - Toulouse
28/02/19	Activités commerciales via l'ISS - Cynthia Bouthot Tocco.	31 - Toulouse
07/03/19	Les générateurs solaires pour le spatial : états des lieux et perspectives en France.	31 - Toulouse
12/03/19	Commande robuste et optimisation convexe.	31 - Toulouse
21/03/19	Innovation dans le domaine du logiciel de vol : état des lieux et perspectives.	31 - Toulouse
21/03/19	Ionospheric effects on Satellite Positioning and Navigation Conference.	31 - Toulouse
26/03/19	Communications quantiques et applications spatiales.	75 - Paris
02/04/19	Fabrication additive de matériaux polymères : un incontournable pour le futur du monde aérospatial ?	33 - Bordeaux
04/04/19	Low-Cost Launcher Services and their Impact.	31 - Toulouse + webconference
08/04/19	Autorité des données - ADO 2019 - Pourquoi et comment ?	31 - Toulouse
09/04/19	DEVOPS : Mythe ou Réalité ?	31 - Toulouse
11/04/19	Le Cloud et le stockage de données.	31 - Toulouse
18/04/19	Journée de rencontre des microscopistes d'Occitanie.	31 - Toulouse
18/04/19	La prise en compte de l'humain et la conduite du changement face aux nouvelles technologies.	31 - Toulouse
25/04/19	Avioniques très intégrées pour applications spatiales.	31 - Toulouse
16/05/19	Avancées sur les assemblages et brasures sans plomb.	31 - Toulouse
03/06/19	Recent Advances in the Three Body Problem.	31 - Toulouse + Allemagne
06/06/19	HPC-Big Data : au cœur des algorithmes massivement distribués.	31 - Toulouse
11/06/19	Formation sur la génération et le multiplexage des signaux de navigation.	31 - Toulouse

ANNEXE 2

LES RENCONTRES COMET 2019

Date	Sujet	Lieu de l'événement
13/06/19	State of play of plasma plume effects in the context of electric propulsion.	31 - Toulouse
19/06/19	Codes correcteurs d'erreurs pour les communications spatiales.	31 - Toulouse
24/06/19	User-In-The-Loop in machine learning.	31 - Toulouse
25/06/19	Atelier : Altimétrie & Glaciologie.	31 - Toulouse
27/06/19	Deep Learning for Earth and Space Science.	31 - Toulouse
04/07/19	Formation sur la charge utile de navigation.	31 - Toulouse
19/09/19	La cybersécurité dans les opérations de systèmes spatiaux.	31 - Toulouse + webconférence
23/09/19	Coexisting with Radio Frequency interference.	31 - Toulouse
03/10/19	Design for demise.	31 - Toulouse
11/10/19	Mission INSIGHT : Retour d'expérience sur les opérations de l'instrument SEIS.	31 - Toulouse
14/10/19	Mission to asteroids and small bodies.	31 - Toulouse + ESOC + ESTEC
24/10/19	Comment valoriser par l'Open Source ?	31 - Toulouse
14/11/19	Moyens d'expérimentation radar en support aux missions d'observation de la Terre.	31 - Toulouse
26/11/19	Space and Scientific CMOS image sensors.	31 - Toulouse
26/11/19	L'IA en AIT pour quels usages - Comment la mettre en œuvre?	31 - Toulouse
02/12/19	Space's Industrial Control Systems Security 3 rd Edition.	31 - Toulouse
03/12/19	Systèmes actifs et problématiques associées : du circuit à l'antenne.	75 - Paris
03/12/19	Retours du groupe 3 de l'UIT-R et activités de R&D en propagation.	31 - Toulouse

Si vous êtes experts et adhérents d'une **comet**, vous pouvez retrouver la majorité des présentations de ces événements sur le site **comet** :

<https://www.comet-cnes.fr/tous-les-evenements-passes>

ANNEXE 3 PRODUCTION & VALEUR AJOUTÉE 2017-2019

Les listes ci-dessous ne sont pas exhaustives

Idéation : maturation/proposition de stages, R&T, thèses, Poc, études métiers

Sujets	Comet	Années	
PoC	Étude de faisabilité avec le Centre Spatial Universitaire de Montpellier pour élaborer un Nanosat dédié à l'étude des phénomènes de contamination en orbite.	AIT, MAT	2019
Thèses	Mise en place en 2017 d'une thèse* sur « les méthodes et outils d'identification du contrôle d'attitude » suite à un séminaire comet sur « l'identification du contrôle d'attitude » en 2015. <i>* [CNES/région Lorraine, laboratoire CRAN Nancy]</i>	SCA	2017
Thèses	Thèses Mise en place en 2020 d'une thèse* sur « Adaptive control robust to time-varying parameters for satellite attitude control » suite au séminaire de la comet SCA sur « Hybrid Dynamical Systems Control and Applications » en 2017. <i>* [CNES/région Midi-Pyrénées, laboratoire LAAS]</i>	SCA	2019
R&T	Suite aux animations de la comet sur 2018 et 2019, 3 R&T ont été initiées avec l'ONERA : 1- Séparation des espèces : round-robin tests, 2- Étude de la représentativité du bake-out simulé dans les outils de modélisation, 3- Influence du dégazage des matériaux sur la pressurisation des cavités des satellites en vol.	MAT	2019
R&T	Mise en place d'une R&T CNES sur « l'amélioration de la détection d'anomalies dans la télémétrie satellite par le Machine Learning », avec retour utilisateur.	SIL, ORB	2019
R&T	Mise en place d'une R&T* sur le « Confort dynamique des satellites sur Ariane » suite à l'animation « Confort Charges Utiles » du 15/06/16. <i>* [CNES - ArianeGroup - Airbus Defence & Space - Thales Alenia Space]</i>	STR	2017
R&T	Mise en place d'une R&T sur les « Composites thermoplastique fibres longues pour petits réflecteurs » suite à l'animation « Matériaux thermoplastiques pour le spatial » du 28/04/17.	STR	2019
R&T et Stage	Mise en place de 2 R&T et un stage sur le MBSE suite à l'animation sur le sujet en 2018.	SYS	2018

Fertilisation croisée

Sujets	Comet	Années
Rapprochement des deux comet ECM et Propulsion sur le sujet des interactions avec les plasmas.	ECM, PAPE	2019
Partage sur « les techniques de caractérisation à l'échelle micro et nanoscopique » avec des acteurs de secteur d'activités très différents (Police scientifique, biologie, spatial...).	MCE	2019
Séance de créativité entre les membres du bureau de la comet PDS (acteurs venant de l'industrie, d'institutions, d'universités, de labos, de grands groupes, de PME...) afin de repenser le périmètre, l'organisation et les travaux de la comet PDS .	PDS	2018

ANNEXE 3 PRODUCTION & VALEUR AJOUTÉE 2017-2019

Établissement de partenariat

Sujets	Comet	Années
Mise en place de groupe de travail avec l'ESA et l'AFIS sur l'applicabilité du MBSE aux systèmes satellite.	SYS	2018
Collaboration autour du Machine Learning entre les équipes des opérations spatiales du CNES et celles d'EUMETSAT - Co-organisation de workshops à vocation annuelle dont le dernier à Darmstadt fin 2019.	OPS, SIL	2019

Acquisition de connaissance : nouveaux processus, nouveaux métiers

Sujets	Comet	Années
La fabrication additive devient un axe de compétence métier du CNES et fait l'objet de nombreux benchmarking via les rencontres et visites comet - Des imprimantes 3D ont été provisionnées au CNES.	AIT, MAT, STR	depuis 2017
Le CNES imagine des organisations opérationnelles nouvelles pour les futures missions à base de Cubesats ou de démonstrateurs. C'est un concept d'opérations spatiales à bas coût.	OPS	2018
La comet Propulsion Électrique a initié la création d'un réseau PLASMA en 2016 et a fédéré le projet INNPULSE de 2016 à 2019, projet sélectionné et financé par le RTRA*. <i>* [Réseau Thématique de Recherche Avancée - Sciences et Technologies pour l'Aéronautique et l'Espace]</i>	PAPE	depuis 2016
Suite à l'intérêt identifié via des rencontres comet , la technologie SDR (Software Defined Radio) devient un axe de compétence métier du CNES qu'il adresse dans ses diverses activités (Phases 0, R&T, démonstrateurs et projets de développement).	PDS	2018

Rayonnement : organisation de colloques internationaux

Sujets	Comet	Années
La comet MCE a piloté le workshop « 30 th European Symposium on Reliability of Electron Devices, Failure Physics and Analysis » (ESREF 2019).	MCE	2019
La comet OOE co-organise depuis 2007 le colloque international « Space & Scientific CMOS Image Sensors » avec plus de 22 nationalités représentées (Europe, Asie, Amérique, Afrique). À partir de 2020, ce rendez-vous bisannuel se tiendra désormais alternativement à l'ESTEC et à Toulouse.	OOE	depuis 2007
La comet OPS a participé activement au Colloque SpaceOps 2018 à Marseille de sorte à pouvoir organiser une journée de restitution sur site de Toulouse au plus grand nombre.	OPS	2018
La comet PDS a créé le colloque internationale ITSNT (International Technical Symposium on Navigation and Timing) et pilote depuis son organisation annuelle avec l'ENAC.	PDS	depuis 2014
La comet ORB est co-organisatrice du symposium KePASSA : International Workshop on Key Topics in Orbit Propagation Applied to Space situational Awareness.	ORB	2017, 2019

ANNEXE 3 PRODUCTION & VALEUR AJOUTÉE 2017-2019

Partage de connaissance : nouveaux projets/technos/outils/usages/processus

Sujets		Comet	Années
Nouveaux usages	Comment les usages du Machine Learning s'appliquent aux domaines scientifiques transverses.	SIL	2019
Nouveaux usages	Les processeurs ARM font leur entrée dans le spatial (Ariane 6 en particulier).	IRE	2018
Nouvelle techno	Quel avenir pour les assemblages et brasures sans plomb dans l'électronique à usage spatial.	MCE	2019
Nouveau processus	Partage de connaissances autour des nouveaux concepts MBSE d'Ingénierie Système et applicabilité pour les systèmes satellites.	SYS	2018
Résultats d'études	Les comet MAT, STR, IRE, SIL, TSI, MCE ont organisé sur 2018-2019 des séminaires de partage de travaux de R&T, thèses et stages à leurs communautés.	MAT, STR, IRE, SIL, TSI, MCE	2018, 2019
Résultats d'études	Le CNES a partagé auprès de ses partenaires son étude sur « Comment valoriser dans des processus d'Open Source ».	SIL	2019

Partage de connaissance : tutorat, formation experte, état de l'art, savoir-faire...

Sujets		Comet	Années
État de l'art	Séminaire sur « L'évolution des recommandations de l'UIT-R en propagation ».	TSI	2019
État de l'art	Séminaires sur les « Statuts des programmes GALILEO, EGNOS et BEIDOU » et sur « Les activités GNSS au CNES ».	PDS	2018, 2019
État de l'art	Séminaire sur les mathématiques de la mécanique céleste « Recent Advances in the Three Body Problem » : solutions possibles des équations différentielles décrivant les mouvements de trois astres s'attirant les uns les autres sous l'effet de la gravitation.	ORB	2019
Tutorat	Exposé sur « Les Produits d'InterModulation Passifs (PIMP) » par Jacques Sombrin (TéSA).	ECM	2019
Tutorat	Exposés sur « La charge utile de navigation » et « La génération et le multiplexage des signaux de navigation ».	PDS	2019
Savoir-faire	Retour d'expérience sur la conduite d'opérations conjointes dans le cadre d'une collaboration internationale sur l'instrument spatial SEIS de la mission Insight.	OPS	2019
Savoir-faire	Retour d'expérience sur le Drag-free des missions spatiales Microscope et Lisa PathFinder.	SCA	2017
Savoir-faire	Partage sur le domaine de la contamination en salle propre avec l'EUCSAT et d'autres acteurs du domaine.	AIT, MAT	2019

ANNEXE 3 PRODUCTION & VALEUR AJOUTÉE 2017-2019

Synergie des réflexions et des efforts

Sujets		Comet	Années
Mise en commun des réflexions entre le CNES et l'ESA-ESTEC sur l'Ingénierie des Coûts par la co-animation de la comet COST .		COST	2019
Création d'un groupe de travail sur l'auto calibration d'antennes entre la comet ECM et le club des partenaires du GdR ondes.		ECM	2019
La comet MAT et le groupe Matériaux de l'Aerospace Valley mettent en synergie leur road map pour être complémentaire.		MAT	2019
Les animateurs des réseaux ROP du CNRS et la comet OOE participent aux deux bureaux pour traiter ensemble des sujets communs.		OOE	depuis 2017
Mise en commun des réflexions entre le CNES et l'ESA-ESOC sur l'orbitographie par la co-animation de la comet ORB .		ORB	depuis 2015
Le groupe de travail du CNES sur le DevOPs* s'associe à la comet SIL et co-organise des événements ouverts sur le sujet. <small>* pratique technique visant à l'unification du développement logiciel (dev) et de l'administration des infrastructures informatiques (ops), notamment pour l'administration système.</small>		OPS, SIL	2019, 2020
Coordination des activités autour de l'Intelligence Artificielle entre le groupe de coordination CNES et les comet .		SIL, OPS, TSI, IRE, AIT, CYB	2019
Mise en place de 5 groupes de travail sur la Cybersécurité entre la comet CYB et Renault.		CYB	2018
Organisation de la comet MAT en groupes de travail collaboratifs et multipartenaires sur : 1- ATOX (effet de l'hydrogène atomique), 2- Les Radiations, 3- Les contrôles non destructifs, 4- Les Revêtements et traitements de surface, 5- Impact de la Loi sur les Operations Spatiales (LOS).		MAT	depuis 2018
Mise en place de groupes de travail sur l'applicabilité du MBSE aux systèmes satellites avec l'ESA et l'AFIS.		SYS	2018, 2019

ANNEXE 3 PRODUCTION & VALEUR AJOUTÉE 2017-2019

Recommandations

Sujets		Comet	Années
Métiers	L'application des communications quantiques au spatial présente un fort potentiel (crypto, internet...). Poursuivre les études sur le sujet : un internet quantique ne pourra se faire sans les satellites.	IRE, CYB, TSI	2019
Métiers	Il s'agira de basculer au brasage sans plomb dans l'électronique spatiale dès maturation de ce processus, en ne négligeant pas la formation des opérateurs.	MCE, MAT	2019
Métiers	Approfondir les processus de « collage direct » entre deux matériaux pour des applications optiques spatiales.	OOE	2019
Métiers	Acquérir une meilleure connaissance de l'effet « Plasma Plume », qui est un préalable à la définition d'une nouvelle génération de satellites électriques.	PAPE	2019
Métiers	Poursuivre les collaborations sur la montée en puissance du Deep Learning appliqué à la science, adossée à la définition de bonnes sémantiques des données.	SIL	2018, 2019
Métiers	Intégrer le MBSE dans la ROAD MAP du CNES relative à l'ingénierie système.	SYS	2019
Outils	Poursuivre les investigations sur les nouvelles technologies de conteneurisation (Singularly, Openstack pour le processing, MOBY pour Docker, ROOK pour le stockage, Raspberry pi pour le bord).	SIL	2018
Sur l'organisation	Investiguer la mise en place de bancs expérimentaux communalisés pour la calibration/validation des moyens d'expérimentation radar en support aux missions spatiales.	ECM	2018
Sur l'organisation	Partager avec les partenaires les bases de données matériaux, notamment sur la Fabrication Additive.	MAT	2019
Thématiques	Renforcer les interactions entre le monde du GNSS et celui de l'automobile concernant les apports du GNSS pour le véhicule autonome : pas assez de lien entre ces deux communautés.	PDS	2018
Thématiques	Poursuivre les efforts sur la manipulation de grosses quantités de données scientifiques dans le Cloud ou sur infra type HPC (PANGEO - logiciel Python) en particulier pour les applications scientifiques.	SIL	2019
Thématiques	S'impliquer dans la définition des formats standards de données scientifiques compatibles des technologies du Cloud.	SIL	2019
Thématiques	Investiguer les applications du Machine Learning pour la détection et de la gestion des anomalies de sécurité informatique.	SIL, CYB	2018

ANNEXE 3 PRODUCTION & VALEUR AJOUTÉE 2017-2019

Recommandations (suite)

Sujets		Comet	Années
Thématiques	Adapter les organisations et processus de centres de missions spatiales en mode collaboratif entre les développeurs logiciels et les opérateurs (DevOps - démarche IDEO du CNES).	SIL, OPS	2019
Thématiques	Poursuivre en collaboration les efforts sur les chaînes de traitement d'images massivement distribuées (Big Data et Cloud ready) et les technologies associées (e.g. Spark, stockage objet).	SIL	2019
Thématiques	Poursuivre les études sur les codes correcteurs pour les communications spatiales, ainsi qu'une veille sur les codes utilisés pour le terrestre, notamment les codes pour l'optique et les codes couche hautes, afin d'améliorer les futurs systèmes.	TSI	2019



• • • • cnes • • • •



Rédacteur : Hélène Ben Aïm Drieux - CNES
Réalisation maquette : KP Pôle multimédia - CNES