



Direction de l'Innovation, des Applications et de la Science (DIA)

Equipe Valorisation et Technologies (VT)

Réf : DIA/VT-2019.0011223

Date : 03/07/2019

Edition : 1

Page : 1/27



APPEL A IDEES EXTERNE R&T SYSTEMES ORBITAUX 2020

	Nom et Sigle	Date et Visa
Auteur(s)	Dumon Patrick Lefebvre Luc Le Metayer Pierre Puig Olivier Tizien Pierre-Gilles Equipe « Valorisation et Technologies »	
Application Autorisée par	Jean-Marc CHARBONNIER Le Manager de l'équipe « Valorisation et Technologies »	03/07/2019



<p style="text-align: center;">CNES</p> <p>Direction de l'Innovation, des Applications et de la Science (DIA)</p> <p>Equipe Valorisation et Technologies (VT)</p>	<p>APPEL A IDEES EXTERNE R&T SYSTEMES ORBITAUX 2020</p>	<p>Réf : DIA/VT-2019.0011223</p> <p>Date : 03/07/2019</p> <p>Edition : 1</p> <p>Page : 2/27</p>
--	--	---

Sommaire

1.	CONTEXTE	3
2.	GENERALITES CONCERNANT LE PLAN PLURIANNUEL R&T SYSTEMES ORBITAUX	3
3.	AXES D'INNOVATION ET DE RUPTURE PRIVILEGIES	4
	3.1. DISPOSITIFS DE DEPLOIEMENT.....	5
	3.2. TECHNOLOGIES CAPACITANTES POUR LES LIAISONS OPTIQUES ET LA PHOTONIQUE DANS LES CHARGES UTILES.....	5
	3.3. TRAITEMENT ET AUTONOMIE BORD ACCESSIBLES GRACE AUX NOUVELLES GENERATIONS DE PROCESSEURS ET MEMOIRES.....	5
4.	ACTIVITES PLURIANNUELLES DE MATURATION TECHNOLOGIQUE	6
5.	ORIENTATIONS TECHNIQUES DE L'APPEL A IDEES R&T 2020. 6	6
	5.1. DEVELOPPEMENT DES USAGES DU SPATIAL (DU).....	6
	5.2. OBSERVATION DE LA TERRE (OT)	7
	5.3. LOCALISATION, NAVIGATION, TEMPS/FREQUENCE (LN)	9
	5.4. MICROTECHNOLOGIES ET ENVIRONNEMENT (MT)	10
	5.5. PLATES-FORMES (PF).....	11
	5.6. SCIENCES DE L'UNIVERS (SU).....	14
	5.7. SYSTEME BORD-SOL (BS)	16
	5.8. TECHNIQUES ET TECHNOLOGIES GENERIQUES (TG)	19
	5.9. TELECOMMUNICATIONS (TC).....	19
6.	ANNEXE 1.....	22
	6.1. ANNEXE 1.A : RUPTURE TECHNIQUE/INNOVATION.....	22
	6.2. ANNEXE 1.B : PROCEDURE DE SOUMISSION DES ACTIONS A CARACTERE CONFIDENTIEL.....	22
7.	ANNEXE 2.....	24
8.	ANNEXE 3 : ECHELLE TRL (TECHNOLOGY READINESS LEVEL – ISO 16290:2013).....	25
9.	ANNEXE 4 : CONTACTS TECHNIQUES CNES (MIS A JOUR LE 03/07/2019)	26

<p style="text-align: center;">CNES</p> <p>Direction de l'Innovation, des Applications et de la Science (DIA)</p> <p style="text-align: center;">Equipe Valorisation et Technologies (VT)</p>	<p>APPEL A IDEES EXTERNE R&T SYSTEMES ORBITAUX 2020</p>	<p>Réf : DIA/VT-2019.0011223</p> <p>Date : 03/07/2019</p> <p>Edition : 1</p> <p>Page : 3/27</p>
--	--	---

1. CONTEXTE

L'activité « Recherche et Technologie Systèmes Orbitaux » du CNES est principalement réalisée :

- Dans le cadre de l'Agence Spatiale Européenne (ESA) à travers la contribution financière du CNES à divers programmes obligatoires comme le Technology Research Programme ou optionnels (GSTP, EOEP, ARTES...),
- Dans le cadre multilatéral à travers les activités de R&T menées par le CNES avec des industriels (maîtres d'œuvres, grands groupes industriels, ETI, PME) et des organismes de recherche scientifiques et technologiques.

L'activité de Recherche et Technologie des Systèmes Orbitaux est également coordonnée avec les autres programmes de recherche nationaux (PIA, IRT, Régions) et européen (CE Horizon 2020).

Le volet multilatéral des activités de R&T est couvert par le Programme Pluriannuel de Recherche et Technologie (PPRT).

L'activité conduite à travers le PPRT vise essentiellement à couvrir les besoins de :

- Recherche prospective et particulièrement recherche des sauts technologiques possibles, y compris, en s'appropriant des techniques utilisées dans d'autres domaines que le secteur spatial,
- Préparation des projets futurs,
- Développement de la capacité d'expertise nationale.

2. GENERALITES CONCERNANT LE PLAN PLURIANNUEL R&T SYSTEMES ORBITAUX

La préparation du PPRT pour l'année 2020 démarre avec l'appel à idées, objet de ce document.

Vos propositions d'idées pour le PPRT 2020 devront nous être soumises sur le site <https://rt-theses.cnes.fr/> pour le **Lundi 9 septembre 2019 à 23H59**.

Dans les cas exceptionnels associés au caractère confidentiel des informations à communiquer au CNES, nous vous demandons de vous référer à *l'Annexe 1b* du présent document.

Les idées soumises feront l'objet d'un premier filtrage technique par le CNES pour la fin octobre 2019.

Les idées externes présélectionnées suite à ce premier filtrage seront ensuite évaluées par des Comités de Pilotage animés par l'équipe « Valorisation et Technologies ». Les idées retenues seront présentées lors de la **Journée de l'Innovation du Jeudi 23 janvier 2020 à Toulouse** et apparaîtront dans le recueil (Livre Bleu) diffusé à cette occasion¹.

Pour chaque idée retenue, le titulaire ou le type de titulaire pressenti sera indiqué dans ce Livre Bleu et des commissions internes d'approvisionnement statueront définitivement sur la procédure de choix des titulaires au plus tard au mois de mars 2020. Le CNES s'engage à traiter en gré à gré avec le proposant pour les idées reconnues par le CNES comme étant innovantes ou constituant une rupture technique ou applicative (*voir les conditions en Annexe 1a*).

Les informations à fournir dans une proposition d'idées sont indiquées en *Annexe 2*. Dans ces informations figure, en particulier, le niveau de maturité technique dénommé TRL (Technology Readiness Level) dont vous trouverez l'échelle en *Annexe 3*.

¹ A noter que les actions validées en rupture ne seront pas publiées de manière individuelle dans le Livre Bleu

<p style="text-align: center;">CNES</p> <p>Direction de l'Innovation, des Applications et de la Science (DIA)</p> <p style="text-align: center;">Equipe Valorisation et Technologies (VT)</p>	<p>APPEL A IDEES EXTERNE R&T SYSTEMES ORBITAUX 2020</p>	<p>Réf : DIA/VT-2019.0011223</p> <p>Date : 03/07/2019</p> <p>Edition : 1</p> <p>Page : 4/27</p>
--	--	---

N'hésitez pas à prendre contact avec les services techniques du CNES pour discuter du contenu technique de vos idées avant leur soumission sur le site. Vous trouverez en *Annexe 4* la liste des contacts techniques par métier.

Par ailleurs, le point de contact R&T à DIA/VT est joignable à l'adresse suivante : technologie@cnes.fr.

Il convient enfin de noter que désormais les appels à propositions de sujets de thèse à caractère scientifique et technique ont été regroupés. Cet appel à proposition unique sera ouvert début septembre jusqu'au 10 octobre 2019 inclus.

Les thèses qui nécessiteront des accompagnements techniques (approvisionnement, moyens d'essai...) devront inclure, dans le descriptif du travail de thèse, les éléments relatifs à ces activités et à leur financement.

Les propositions de R&T en accompagnement de thèse ne sont, par conséquent, **plus éligibles dans le cadre de l'appel à idées R&T**.

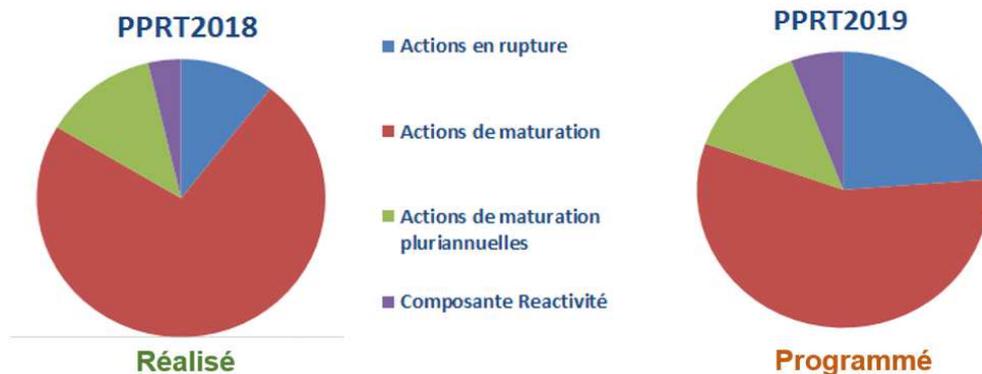
Les conditions de l'appel à proposition de sujets de thèses seront précisées ultérieurement sur le site.

3. AXES D'INNOVATION ET DE RUPTURE PRIVILEGIÉS

L'analyse de la programmation et de l'exécution des plans R&T des années passées conduit à proposer deux orientations pour la programmation du PPRT 2020 :

- la mise en avant de l'innovation y compris les actions en rupture avec des niveaux de TRL bas (2-3)
- le renforcement des activités à niveaux de TRL plus élevés (4-5) par une programmation plus focalisée et plus ambitieuse dans ses objectifs.

Répartition budgétaire de la programmation 2018 et 2019



Dans cette logique, la programmation envisagée pour le PPRT 2020 poursuit la logique mise en place en 2019 qui vise à favoriser **l'innovation et les ruptures** pour le développement de **nouveaux concepts et de briques technologiques** (TRL 2-3, généralement à risque et donc à budget limité) susceptibles d'ouvrir ultérieurement à des phases d'études plus ambitieuses de maquettage (TRL 4-5) ou de validation de mise en œuvre de niveau sous-système ou instrumental.

En cas d'intérêt confirmé de ces développements une phase de qualification (TRL \geq 6) via le plan Démonstrateur Transverse pourrait être envisagée.

<p style="text-align: center;">CNES</p> <p>Direction de l'Innovation, des Applications et de la Science (DIA)</p> <p style="text-align: center;">Equipe Valorisation et Technologies (VT)</p>	<p>APPEL A IDEES EXTERNE R&T SYSTEMES ORBITAUX 2020</p>	<p>Réf : DIA/VT-2019.0011223</p> <p>Date : 03/07/2019</p> <p>Edition : 1</p> <p>Page : 5/27</p>
--	--	---

Pour l'année 2020, **trois thèmes transverses** aux différents objectifs techniques sont privilégiés comme porteurs de **propositions innovantes et / ou en rupture (TRL 2-3)** (voir annexe 1A) et décrits dans les paragraphes suivants.

3.1. DISPOSITIFS DE DEPLOIEMENT

Dans la recherche de miniaturisation qui s'accroît dans le spatial, notamment impulsé par la numérisation et l'accroissement de la performance des composants électroniques, certaines techniques ne bénéficient pas de la même dynamique issue des applications terrestres.

En particulier, les systèmes mécaniques et notamment les dispositifs de déploiement que ce soit pour les sous-systèmes GS, antennes ou pour l'éloignement de capteurs scientifiques, nécessitent des efforts de miniaturisation tout en garantissant un niveau de fiabilité élevé, compte tenu de la difficulté de les redonder.

Dans ce contexte, le développement de technologies de déploiement innovantes devrait permettre l'émergence d'une boîte à outils de systèmes de déploiement pour les futurs projets et missions.

3.2. TECHNOLOGIES CAPACITANTES POUR LES LIAISONS OPTIQUES ET LA PHOTONIQUE DANS LES CHARGES UTILES

Pour les besoins de télécommunication notamment, le coût du Mbit et le besoin d'augmentation des capacités des systèmes déployés restent des enjeux majeurs. Pour accompagner ces enjeux le PPRT 2020 souhaite mettre en avant et favoriser la montée en maturité des liaisons optiques en espace libre et de la photonique.

L'intégration de la photonique au cœur des charges utiles devrait permettre de proposer une alternative efficace à certaines fonctions assurées par les technologies radiofréquences actuelles. L'objectif principal est de répondre à l'accroissement sensible de la complexité des satellites haut débit (type VHTS). Parmi les technologies clés, on peut notamment citer la conversion optique de fréquence, les amplificateurs optiques, le routage, le traitement par voie optique, ...

Les liaisons en espace libre sur porteuses optiques (autour de 1550 nm) doivent permettre d'augmenter considérablement les débits des données à transmettre dont la demande est croissante. Pour mettre en place des communications optiques à haute efficacité spectrale et très haut débit, il convient d'innover sur les architectures et technologies associées, notamment sur les techniques de modulations évoluées de transmission optiques, les codes correcteurs d'erreurs, les techniques d'optique adaptative etc...

L'utilisation des composants développés pour les applications terrestres sera à privilégier afin de bénéficier des avancées technologiques tout en réduisant les coûts.

3.3. TRAITEMENT ET AUTONOMIE BORD ACCESSIBLES GRACE AUX NOUVELLES GENERATIONS DE PROCESSEURS ET MEMOIRES

La convergence, entre l'augmentation de la puissance de calcul et des capacités mémoire d'une part et la maturité des traitements avancés d'autre part, présente une opportunité formidable pour accéder à des nouveaux concepts de missions, charges utiles, plateformes...

L'autonomie décisionnelle couplée à l'analyse intensive de données à bord est une problématique de premier plan pour les futurs systèmes. Les objectifs recherchés étant par exemple la détection, la désignation, l'extraction de l'information « utile », la réactivité ou plus pratiquement la réduction du volume de données échangées. L'optimisation et l'automatisation des étalonnages, l'apprentissage et la validation des chaînes de mesure en vol peuvent être également des axes de réflexion de cette thématique.

Du côté système, la ligne de partage bord-sol des traitements est amenée à évoluer et doit faire l'objet de réflexions approfondies pour accéder à de nouveaux concepts. Ainsi, la programmation mission et

<p style="text-align: center;">CNES</p> <p>Direction de l'Innovation, des Applications et de la Science (DIA)</p> <p>Equipe Valorisation et Technologies (VT)</p>	<p>APPEL A IDEES EXTERNE R&T SYSTEMES ORBITAUX 2020</p>	<p>Réf : DIA/VT-2019.0011223</p> <p>Date : 03/07/2019</p> <p>Edition : 1</p> <p>Page : 6/27</p>
--	--	---

le système de contrôle d'attitude et d'orbite sont également des sujets de recherche avec notamment, comme arrière-plan, les systèmes complexes multi-corps (essaim, Servicing, constellation etc...). Dans ce contexte, la gestion des systèmes multi-satellites (géométrie, commande contrôle, charge utile et traitements répartis, synchronisation...) nécessitera des développements technologiques comme par exemple la mise en réseau des satellites. Plusieurs points techniques seront à appréhender : l'infrastructure réseau (ISL), le middleware, la qualité de service et la fiabilité, la reconfiguration, la résilience, une généralisation du réseau inter et intra satellite(s) etc...

Au niveau plateforme, les surveillances bord avancées sont également à étudier, avec par exemple, la détection de signaux faibles, l'apprentissage, la reconfiguration des ressources, la maîtrise des indisponibilités de calculateur COTS... En outre, l'augmentation de la puissance de calcul permet de poursuivre la marche en avant de la centralisation des avioniques ainsi que leur modularité et par conséquent, la gestion des ressources logicielles et matérielles reste un axe d'étude à poursuivre.

4. ACTIVITES PLURIANNUELLES DE MATURATION TECHNOLOGIQUE

Dans la **gamme de TRL 4-5**, la programmation pourra prendre en compte des **propositions plus ambitieuses en termes d'objectifs**, dans la mesure où un phasage technique adapté permettra par un processus de validation d'étapes, d'accompagner la progression de l'activité sur plusieurs années.

Dans le cadre des PPRT 2018 et 2019, un volume d'actions de maturation pluriannuelles a été sélectionné (voir figure au chapitre 3) ; nous envisageons pour le PPRT 2020 une augmentation de cette part des activités R&T au détriment des actions de maturation annuelles.

5. ORIENTATIONS TECHNIQUES DE L'APPEL A IDEES R&T 2020

Les orientations techniques générales du nouveau PPRT pour les différents « objectifs techniques » sont décrites dans les paragraphes suivants.

Cet appel à idées couvre le Développement des Usages du spatial, les Télécommunications, la Localisation/Navigation et le Temps/Fréquence, l'Etude et l'Observation de la Terre, les Sciences de l'Univers, les Plates-Formes, les Micro-Technologies et l'Environnement, le Système Bord/Sol et les Techniques Génériques.

5.1. DEVELOPPEMENT DES USAGES DU SPATIAL (DU)

Au-delà de la mise en œuvre de nouvelles missions, un renforcement de l'usage des infrastructures spatiales est souhaité par un soutien accru aux activités tournées vers l'aval. En effet, le potentiel applicatif offert par les solutions spatiales est encore largement sous-utilisé par une grande partie des secteurs de l'économie.

Pour accompagner cette orientation, l'objectif R&T DU est structuré autour de trois axes techniques qui adressent en partant de l'aval :

La maturation des applications

Le potentiel applicatif offert par les solutions spatiales existantes au service des secteurs de l'économie constitue un axe de développement important qu'il convient d'encourager. Les applications envisagées visant à terme la mise en place de services opérationnels doivent s'appuyer sur les infrastructures disponibles dans les domaines de la Localisation/Navigation, de l'Observation de la Terre ou des Télécommunications. Dans la perspective de cas d'usage clairement définis, la R&T peut favoriser la levée de verrous technologiques ou algorithmiques spécifiques afin de conforter la maturité du service applicatif visé.

<p style="text-align: center;">CNES</p> <p>Direction de l'Innovation, des Applications et de la Science (DIA)</p> <p>Equipe Valorisation et Technologies (VT)</p>	<p>APPEL A IDEES EXTERNE R&T SYSTEMES ORBITAUX 2020</p>	<p>Réf : DIA/VT-2019.0011223</p> <p>Date : 03/07/2019</p> <p>Edition : 1</p> <p>Page : 7/27</p>
--	--	---

On notera que les activités qui concourent à l'amélioration des performances globales du système afin d'offrir in fine une meilleure qualité de service (précision de géolocalisation, résolution spatiale...) seront traitées dans les Objectifs spécifiques au domaine concerné.

Les Technologies de l'Information et de la Communication pour la valorisation de la donnée spatiale

Dans le domaine de la valorisation des données spatiales exploitant les Techniques de l'Information et de la Communication (TIC), l'intérêt porte plus particulièrement sur :

- La souplesse d'intégration de nouveaux algorithmiques dans les chaines de traitement existantes (DEVOPS),
- L'étude de techniques permettant le suivi du déroulement des tâches d'un système de production de données. Par exemple, dans le domaine de l'observation de la Terre, le but est de pouvoir prédire quand un chantier (MNT...) relatif à une zone ou une couverture globale va s'achever et de maîtriser les performances de production dans la durée,
- L'interopérabilité des plateformes de données et de services qui constitue un enjeu important pour la disponibilité de produits élaborés répondant aux besoins utilisateurs, ceci dans un contexte DIAS, pôles de données et de services, PEPS, CODE-DE, TEP, MEP, REP... Le but est d'assurer leur capacité à s'interfacer, à être interopérables pour réaliser des traitements partagés à partir de collections de données réparties sur ces différentes plateformes. Ces travaux doivent compléter les travaux réalisés dans un cadre ESA sur le « network of EO resources » et la « common architecture » et permettre l'adoption des standards issus de ces travaux dans nos nouvelles architectures,
- Les techniques de l'Intelligence Artificielle, d'apprentissage et d'analyse des données, en particulier pour de l'identification automatique d'objet, de la détection de changement ainsi que pour automatiser la production de modèles 3D de haute qualité,
- Les technologies de classification des données.

L'extraction d'information des images

Concernant les développements des moyens d'extraction de l'information des images, les domaines d'intérêts portent sur la problématique des images multi-sources (optique, radar, altimétrie, drones...). En effet, la disponibilité des nouveaux satellites, notamment dans le cadre de Copernicus, engendre une masse de données considérables nécessitant la mise en œuvre de nouvelles méthodes génériques de traitement automatique adaptées au fort volume de données en considérant les aspects multi-sources et multi-temporels. L'objectif est d'étendre l'exploitation de la donnée spatiale pour mieux répondre aux enjeux des politiques publiques (gestion des crises par exemple), aux attentes du secteur économique ou aux usages plus scientifiques dans le cadre des pôles thématiques de données et de services.

Il convient également de poursuivre les travaux sur l'élaboration des produits 3D afin d'améliorer le produit final en vue de disposer de cartographies haute intégrité.

La détection de changements, que ce soit à partir de traitements sol ou à bord, constitue aussi un axe de recherche à privilégier.

5.2. OBSERVATION DE LA TERRE (OT)

Le domaine « Etude et Observation de la Terre » a pour objectif de favoriser et de développer les compétences instrumentales et technologiques françaises en préparation des futurs programmes d'Observation de la Terre qui, à l'horizon 2025-2030, se dérouleront dans divers cadres et principalement :

- Au sein de l'ESA (Earth Explorer, Earth Watch) et de l'UE (Copernicus, PESC),

<p style="text-align: center;">CNES</p> <p>Direction de l'Innovation, des Applications et de la Science (DIA)</p> <p>Equipe Valorisation et Technologies (VT)</p>	<p>APPEL A IDEES EXTERNE R&T SYSTEMES ORBITAUX 2020</p>	<p>Réf : DIA/VT-2019.0011223</p> <p>Date : 03/07/2019</p> <p>Edition : 1</p> <p>Page : 8/27</p>
--	--	---

- Dans le cadre du Programme Multilatéral du CNES. Ce programme couvre des missions et des participations menées en coopération avec les autres agences nationales.

Aujourd'hui, la communauté spatiale française participe au développement des systèmes orbitaux dans le cadre d'applications diverses telles que : la recherche scientifique dans le domaine des sciences de la Terre, depuis l'intérieur de celle-ci jusqu'à ses enveloppes fluides, le suivi de l'environnement (changement global et impact de l'activité humaine à l'échelle régionale), la surveillance météorologique opérationnelle, les applications civiles, le secteur des risques majeurs, la Défense...

Les orientations techniques de ce plan R&T 2020 restent en ligne avec la vision programmatique issue du dernier séminaire de prospective scientifique (La Rochelle 2014) et les recommandations du Comité des Programmes Scientifiques (CPS). Parmi les priorités identifiées, on peut mentionner, sans exhaustivité, pour le moyen et le long terme (études missions à conduire) :

- La mesure de la structure de la végétation et de la forme de la Terre par des techniques Lidar,
- La mesure des courants de surface océanique,
- La qualité de l'air à très haute répétitivité,
- Les mesures hyperspectrales,
- La mesure de la salinité des océans et de l'humidité des sols,
- La mesure du profil de vapeur d'eau dans les différentes couches de l'atmosphère,
- L'étude de la dynamique atmosphérique et des précipitations.

Certaines de ces priorités scientifiques nécessitent des développements nouveaux en termes de technologies spatiales, et sont donc plus particulièrement à même de susciter de nouvelles propositions d'actions de R&T.

Au-delà de la diversité des techniques instrumentales à maîtriser pour disposer d'une vision intégrée du « Système Terre » et de l'interaction de ses différents milieux, il apparaît un besoin générique particulièrement vif d'accroître les capacités de :

1. Répétitivité des observations,
2. Combinaison et d'assimilation de données multi-sources et volumineuses,
3. Continuité des mesures au travers de missions successives.

Le déroulement du programme européen Copernicus et les perspectives futures qui y sont associées, sont particulièrement structurantes dans la prise de conscience de l'importance des trois enjeux cités ci-dessus.

Dans ce contexte et plus particulièrement pour les services opérationnels, il est essentiel de proposer des infrastructures spatiales offrant des performances améliorées aussi bien en termes de capacités opérationnelles que de richesse de mesures tout en minimisant les coûts de possession. Ce dernier point est particulièrement crucial pour les concepts missions susceptibles d'améliorer fortement la revisite à partir de constellation et pour le maintien de la compétitivité de l'industrie nationale sur les marchés à l'export.

Relativement aux différentes techniques d'Observation de la Terre, on peut mentionner pour cette année 2020, les points suivants :

- Les enjeux associés à la mesure de la vapeur d'eau, des puits et sources du CO₂ ainsi que d'autres espèces de gaz à effet de serre ou de gaz polluants conduisent également le CNES à soutenir les activités visant à établir une stratégie instrumentale répondant à ces besoins que ce soit en optique passive et en optique active. Sur le dernier point, les travaux relatifs à la physique de la mesure et au traitement du signal seront privilégiés sans exclure les briques technologiques présentant un caractère générique aux diverses applications.
- Vis-à-vis des techniques d'altimétrie, les orientations à privilégier cette année portent sur le besoin de disposer d'outils de traitement multi-capteurs et multi-temporel aussi bien pour les applications en océanographie qu'en hydrologie et glaciologie. L'intérêt de mixer les données issues des altimètres nadir avec celles des altimètres à fauchée est une voie susceptible de

<p style="text-align: center;">CNES</p> <p>Direction de l'Innovation, des Applications et de la Science (DIA)</p> <p>Equipe Valorisation et Technologies (VT)</p>	<p>APPEL A IDEES EXTERNE R&T SYSTEMES ORBITAUX 2020</p>	<p>Réf : DIA/VT-2019.0011223</p> <p>Date : 03/07/2019</p> <p>Edition : 1</p> <p>Page : 9/27</p>
--	--	---

fournir des produits plus riches. Il convient également d'évaluer les potentialités de l'altimétrie à fauchée en hydrologie, glaciologie et pour le côtier.

- L'amélioration de la mesure des états de mer et des courants de surface est un axe de recherche à promouvoir.
- Les performances radiométriques toujours plus exigeantes des systèmes d'imagerie optique, nécessitent un effort de compréhension des phénomènes qui interviennent dans la physique de la mesure. Cette année, l'effort est maintenu pour les missions en hyperspectrale et dans le domaine de l'infrarouge thermique.

5.3. LOCALISATION, NAVIGATION, TEMPS/FREQUENCE (LN)

Le domaine « Localisation, Navigation, Temps-Fréquence » doit permettre de préparer les infrastructures orbitales de nouvelle génération pour les systèmes de navigation, localisation et collecte de données, en améliorant les performances des technologies, de mesure et des systèmes jusqu'à 2030/2040, et de préparer, pour le court terme, les technologies et traitements permettant la bonne utilisation du secteur aval des systèmes de génération actuelle.

Pour atteindre ces objectifs l'appel à idées R&T 2020 est focalisé sur les trois thématiques décrites ci-après.

1- Temps Fréquence des systèmes de nouvelle génération :

La thématique Temps-Fréquence des systèmes de nouvelle génération doit anticiper les besoins de ces systèmes à l'horizon 2030-2040 et contribuer ainsi à l'indépendance de l'Europe dans ce domaine. Ces besoins prennent en compte d'une part un objectif d'amélioration des performances d'un ordre de grandeur par rapport aux dispositifs actuels et d'autre part, les contraintes de miniaturisation, de fiabilité des équipements et de réduction de la masse, de la consommation et du volume.

Les propositions 2020 devront donc cibler en priorité :

- Les horloges atomiques (et/ou leurs sous-systèmes) : compactes et performantes pour les systèmes de navigation par satellite, et en particulier pour les évolutions de Galileo.
- Les oscillateurs : amélioration des oscillateurs à quartz, développement de technologies de rupture (notamment par voie optique).
- Les échelles de temps (datation) et les techniques avancées de transfert de temps/fréquence incluant en particulier la calibration en temps des chaînes de réception.

2- Améliorer les performances des services reposant sur les systèmes actuels et futurs :

Cette thématique se situe dans un contexte d'utilisation des systèmes actuels à des fins civiles et de défense. Dans ce cadre, elle a vocation à favoriser ces utilisations en proposant des technologies et traitements de signaux pertinents pour le segment utilisateurs. Cette amélioration des performances devra être justifiée par une analyse des besoins utilisateurs à court ou moyen terme.

Concernant les segments utilisateurs des systèmes de localisation/navigation (y compris balises Argos et système/balises SAR) l'appel à idée 2020 tend à répondre aux défis futurs des véhicules autonomes (drones, transport, agriculture, ...) et de miniaturisation. Pour cela il faut améliorer la précision, la robustesse et l'intégrité des mesures de positionnement. Ceci conduit à lutter contre les dégradations liées à l'environnement et augmenter les performances des systèmes d'authentification. Cela impose de considérer la fusion des mesures provenant de divers systèmes ou alors de réaliser un positionnement collaboratif entre divers récepteurs. Le traitement de la phase des porteuses ainsi que le traitement large bande des signaux GPS/Galileo devrait également contribuer à l'amélioration de l'intégrité et de la précision du positionnement. Tout ceci doit contribuer à la levée des verrous technologiques pour les applications critiques et sécurité (architecture récepteur, antenne, traitement du signal robuste, sécurisation intégrée ou déportée, etc.).

Un autre segment d'application concerne l'utilisation à des fins scientifiques (connaissance de l'environnement terrestre entre autre) des signaux GNSS qui nécessite une précision maximum des mesures et la mise en œuvre de méthodes de réception (matériel et traitements) plus poussées.

<p style="text-align: center;">CNES</p> <p>Direction de l'Innovation, des Applications et de la Science (DIA)</p> <p style="text-align: center;">Equipe Valorisation et Technologies (VT)</p>	<p>APPEL A IDEES EXTERNE R&T SYSTEMES ORBITAUX 2020</p>	<p>Réf : DIA/VT-2019.0011223</p> <p>Date : 03/07/2019</p> <p>Edition : 1</p> <p>Page : 10/27</p>
--	--	--

3- Préparer les évolutions pour les infrastructures spatiales des systèmes de navigation, localisation et collecte de données :

L'évolution du système GPS, le déploiement de Galileo, un fonctionnement en mode multi-constellations (Galileo, GPS, BEIDOU, GLONASS) ainsi que l'utilisation des services SBAS (e.g. EGNOS, WAAS) va conduire à une amélioration des performances avec la nécessité de fournir des indicateurs d'intégrité pour les applications critiques.

Parallèlement aux deux programmes EGNOS et Galileo, menés sous la responsabilité de la Commission Européenne et de l'Agence Spatiale Européenne, le programme H2020 de l'UE vient en complément pour préparer au niveau amont les évolutions EGNOS et Galileo. Par ailleurs des études préliminaires sur Galileo2 (G2G) sont en cours. Cette préparation de GNSS évolution doit s'appuyer sur des activités de recherche et technologie ainsi que sur l'analyse des futurs concepts système.

L'appel à idées 2020 donne la priorité à la préparation de l'évolution des technologies et des systèmes spatiaux de navigation, en particulier celles envisagées pour Galileo G2G, localisation et collecte de données (Argos, recherche et sauvetage, et GNSS), en améliorant leurs fonctionnalités, leurs performances ou leur robustesse de façon significative (intégrité horloge, intégrité récepteur, mesure...).

Et, parmi les priorités pour 2020 :

- L'identification et l'évaluation de nouveaux services fournis par l'infrastructure (complétée ou non d'une infrastructure Télécom sécurisée).
- La recherche de concepts innovants en localisation et navigation (concepts complémentaires et alternatifs à ceux basés uniquement sur les radiofréquences).

5.4. MICROTECHNOLOGIES ET ENVIRONNEMENT (MT)

Sous l'appellation « Microtechnologies et Environnement » sont rassemblées les études de R&T concernant les domaines des Nanotechnologies et Microsystèmes, de l'Environnement spatial, des Technologies électroniques avancées et de leur expertise.

Les objectifs fixés à ces actions sont d'optimiser les marges de dimensionnement des satellites par une meilleure connaissance de l'environnement spatial et de maîtriser l'offre de composants, de technologies avancées et de microsystèmes issus de filières commerciales haute fiabilité ou émergentes.

Les activités du PPRT 2020 seront en continuité avec celles initiées dans les plans précédents.

Les efforts dans le domaine des composants seront maintenus sur l'adaptation des technologies aux besoins spatiaux, la spatialisation de certaines technologies clés et l'évaluation ou la vérification de la fiabilité de composants issus de filières commerciales, entre autres :

- Technologie Deep Sub Micron (évaluation de la fiabilité de la technologie et adaptation de l'assemblage aux contraintes spatiales).
- Composants opto-électroniques (liens haut débit, composants pour lasers de puissance...).
- Technologie GaN (utilisation dans le domaine RF et conversion de puissance).

Dans le domaine de la connaissance de l'environnement, l'émergence de nouvelles constellations nous amènera à poursuivre les activités engagées depuis plusieurs dizaines d'années pour diminuer les marges de dimensionnement et ainsi participer à la réduction du coût des systèmes, en particulier pour les radiations ainsi que pour mieux connaître l'environnement débris afin de mieux estimer les risques et les anticiper.

Enfin, les activités prospectives sur les micro/nanotechnologies continueront à être menées, en particulier afin de mieux appréhender l'apport de ces technologies à la miniaturisation des capteurs, à la faisabilité de nouveaux instruments ou encore à l'élaboration de matériaux aux propriétés remarquables et d'intérêt pour nos applications.

<p style="text-align: center;">CNES</p> <p>Direction de l'Innovation, des Applications et de la Science (DIA)</p> <p>Equipe Valorisation et Technologies (VT)</p>	<p>APPEL A IDEES EXTERNE R&T SYSTEMES ORBITAUX 2020</p>	<p>Réf : DIA/VT-2019.0011223</p> <p>Date : 03/07/2019</p> <p>Edition : 1</p> <p>Page : 11/27</p>
--	--	--

5.5. PLATES-FORMES (PF)

Généralités

Les activités R&T de l'objectif Plates-Formes ont pour but de faire évoluer les plates-formes satellites afin de répondre aux besoins de performances et de compétitivité, aux évolutions des lanceurs et de préparer les missions futures. Elles adressent aussi les aérostats pour des besoins de performances.

Elles visent à faire émerger les techniques et les technologies nécessaires pour atteindre cet objectif et à développer les compétences métiers nationales. Elles se placent en amont ou en accompagnement des autres programmes de recherche nationaux ou de l'ESA et de l'Union Européenne.

Pour les technologies critiques elles recherchent également une indépendance européenne, tout en favorisant des solutions compétitives.

De manière générale, il faut noter le contexte de forte compétitivité, plus particulièrement à l'export, non seulement pour les satellites géostationnaires de télécommunications mais aussi pour les satellites d'observation de la Terre. Les exigences de coûts de possession et de délais de réalisation deviennent de plus en plus prioritaires.

En parallèle de la propulsion chimique, on assiste au déploiement de la propulsion électrique que ce soit sur les grosses plates-formes ou les petites, permettant soit un gain de masse soit un accroissement de charge utile.

On assiste également à l'arrivée de nouveaux SoC (System on Chip) très performants qui permettent d'accroître de manière inédite les capacités de traitements à bord et permettent l'intégration poussée de fonctions, révolutionnant ainsi l'architecture avionique. Le contrôle numérique tend également à s'étendre pour optimiser les chaînes fonctionnelles bord.

Que ce soit pour les processeurs, les cellules photovoltaïques, les batteries, ... le spatial tend à s'approprier de plus en plus les technologies issues du domaine terrestre.

La miniaturisation des équipements qui a favorisé le développement des plates-formes nanosat (< 50kg) fait émerger la gamme smallsat (~ 100-150kg) et profite à toutes les plates-formes.

Les techniques de fabrication additive pour leur part continuent d'investir la conception et le design des satellites permettant par exemple l'optimisation structurelle ou l'intégration de fonctions.

Les activités liées à la LOS (Loi relative aux Opérations Spatiales), qui entrera pleinement en vigueur en 2021, restent soutenues et impactent également le design des satellites.

Il faut noter enfin l'émergence d'un nouveau type de véhicule qui a pour objectif d'offrir des services aux satellites dans l'espace, impliquant le développement de nouvelles technologies, concernant à la fois le véhicule de service et les satellites.

L'Objectif se décline en quatre Axes :

- **PF1** : Plates-Formes Géostationnaires,
- **PF2** : Plates-Formes LEO/MEO,
- **PF4** : Ballons,
- **PF5** : Techniques et Technologies Clés Transverses.

<p style="text-align: center;">CNES</p> <p>Direction de l'Innovation, des Applications et de la Science (DIA)</p> <p>Equipe Valorisation et Technologies (VT)</p>	<p>APPEL A IDEES EXTERNE R&T SYSTEMES ORBITAUX 2020</p>	<p>Réf : DIA/VT-2019.0011223</p> <p>Date : 03/07/2019</p> <p>Edition : 1</p> <p>Page : 12/27</p>
--	--	--

Plates-Formes Géostationnaires

L'Axe Plates-Formes Géostationnaires vise à faire évoluer les plates-formes actuelles de satellites géostationnaires de télécommunications (sous-systèmes et équipements) pour répondre aux besoins de performances et de compétitivité dans un secteur fortement concurrentiel, et à étudier de nouveaux concepts adaptés aux marchés futurs.

Il existe une demande d'augmentation de la puissance pour la charge utile et la propulsion électrique, passant par la résolution des problématiques de génération et de dissipation d'énergie, ou de contrôle SCAO. De l'autre côté de l'échelle, apparaît un intérêt pour des plates-formes plus petites dites smallGEO.

Les activités liées à la LOS (Loi relative aux Opérations Spatiales) adressent notamment l'exigence de réalisation des opérations de retrait de service, de passivation fluïdique et de passivation électrique, afin de limiter les risques de génération de débris.

Plates-Formes LEO/MEO

L'Axe Plates-Formes LEO/MEO concerne les plates-formes de satellites en orbite basse ou moyenne (sous-systèmes et équipements) d'observation de la Terre, de télécommunications ou scientifiques, et couvre les champs d'intérêt actuels des constellations et des nanosats/smallsats.

Les projets de grandes constellations de télécommunications ou d'observation qui voient le jour ou sont en développement modifient sensiblement l'approche technico-économique traditionnelle en s'orientant résolument vers l'utilisation de COTS, la production de masse et la réduction importante des coûts et délais de production.

Le marché des nanosats et smallsats est, selon les observations et prévisions, en pleine expansion, favorisé par la miniaturisation des équipements et tiré par les constellations, avec de nouveaux et nombreux acteurs mondiaux. Les capacités de déploiement de structures, que ce soit pour la P/F ou la CU, permettront d'accroître significativement leurs performances. En parallèle, l'offre de lancement semble se constituer.

Pour ce qui concerne précisément les nanosats le CNES favorise le développement d'une filière nationale de plates-formes et d'équipements associés.

A noter l'intérêt grandissant pour le concept d'essaim de satellites où les performances et l'intelligence sont distribuées.

Les activités liées à la LOS (Loi relative aux Opérations Spatiales), comme pour les plates-formes GEO, adressent notamment l'exigence de réalisation des opérations de retrait de service, de passivation fluïdique et de passivation électrique, afin de limiter les risques de génération de débris. La LOS exige en plus pour les plates-formes LEO une durée maximale de rentrée et un risque limité vis-à-vis de la population nécessitant soit un design favorisant la désintégration, soit une rentrée contrôlée. En parallèle, les études portant sur l'amélioration des modèles de désintégration lors de la rentrée doivent se poursuivre.

Ballons

La France est un des rares pays au monde à disposer de moyens opérationnels (véhicules porteurs, infrastructures sol et capacités opérationnelles) pour des missions sous ballons au profit des communautés scientifiques nationales et internationales.

<p style="text-align: center;">CNES</p> <p>Direction de l'Innovation, des Applications et de la Science (DIA)</p> <p>Equipe Valorisation et Technologies (VT)</p>	<p>APPEL A IDEES EXTERNE R&T SYSTEMES ORBITAUX 2020</p>	<p>Réf : DIA/VT-2019.0011223</p> <p>Date : 03/07/2019</p> <p>Edition : 1</p> <p>Page : 13/27</p>
--	--	--

L'Axe Ballons vise à développer et optimiser la gamme des ballons en termes de durée de vol, de capacité d'emport et de fiabilité. Ces objectifs nécessitent l'amélioration des modèles de comportement mécanique des aérostats dans les différentes phases de vol et le développement d'équipements et d'une instrumentation spécifiques basés sur des concepts nouveaux.

L'Axe comporte également un volet qui a pour but de limiter l'impact environnemental des activités Ballons.

Techniques et technologies clés transverses

L'Axe Techniques et Technologies Clés Transverses regroupe les activités s'appliquant à l'ensemble des plates-formes et visant à faire émerger de nouvelles techniques et technologies, potentiellement en rupture ou techno-push, au profit des plates-formes actuelles ou pour les besoins futurs.

Points spécifiques visés dans l'appel à idées PPRT 2020

Dans ce contexte, le plan R&T 2020 pour l'Objectif Plates-Formes met l'accent sur les points ci-dessous.

Nota : les sujets portant sur le SCAO d'un point de vue algorithmes sont traités dans l'objectif Système Bord/Sol.

- ❖ Conception visant à réduire la durée de cycle de développement/réalisation des satellites (équipements, sous-systèmes, logiciels, AIT) en adoptant notamment des principes de généricité, de standardisation et de flexibilité. Pour l'AIT en optimisant le processus de tests et en simplifiant l'instrumentation des essais.
- ❖ Recherche d'une synergie entre les techniques de production des P/F LEO/MEO et GEO.
- ❖ Recherche de solutions technologiques en rupture amenant à la réduction des coûts, de la masse, de la consommation électrique et du volume.
- ❖ Utilisation des nouveaux composants et processeurs COTS, permettant une intégration poussée des avioniques.
- ❖ Conception des plates-formes faisant appel à la fabrication additive, permettant l'optimisation structurelle ou la co-intégration de fonctions (mécanique et thermique par ex.).
- ❖ Dans le même esprit de simplification et d'allègement de la P/F, optimisation de l'architecture et de la performance de la chaîne SCAO, mise en œuvre du concept de modularité des équipements, standardisation et réduction du harnais et du RTU, etc.
- ❖ Recherche de nouvelles solutions technologiques permettant l'accroissement des performances des sous-systèmes et équipements ou leur fiabilité (énergie massique des batteries, performance des cellules solaires, capacités des mémoires, etc.).
- ❖ Introduction du contrôle numérique pour optimiser les chaînes fonctionnelles bord.
- ❖ Recherche de solutions pour répondre à la demande de plus forte puissance pour les satellites GEO : génération de puissance, contrôle thermique, structures GS souples, impact sur le SCAO, etc.
- ❖ Recherche de solutions de déploiement de structures notamment pour les petites P/F.
- ❖ Recherche de solutions innovantes, pouvant être transverses, pour lever les verrous technologiques liés aux activités de servicing, concernant à la fois le véhicule de service et les satellites.

<p style="text-align: center;">CNES</p> <p>Direction de l'Innovation, des Applications et de la Science (DIA)</p> <p>Equipe Valorisation et Technologies (VT)</p>	<p>APPEL A IDEES EXTERNE R&T SYSTEMES ORBITAUX 2020</p>	<p>Réf : DIA/VT-2019.0011223</p> <p>Date : 03/07/2019</p> <p>Edition : 1</p> <p>Page : 14/27</p>
--	--	--

- ❖ Dans le cadre de la LOS, recherche de solutions fiabilisant les opérations de retrait de service et amélioration des méthodes de calcul de fiabilité.
- ❖ Recherche de solutions d'observabilité des plates-formes, de l'AIT au retrait de service, à des fins de diagnostic et de prévention.
- ❖ Concernant les ballons, le plan met l'accent sur l'amélioration des modèles de comportement mécanique des enveloppes dans les différentes phases de vol et le développement d'équipements et d'une instrumentation spécifiques associés.
- ❖ Il pointe également l'évolution de la gamme des ballons ouverts pour des nacelles charge utile légères et des vols de plus longue durée (système sauvegarde de destruction de l'enveloppe et technique de lâcher).

5.6. SCIENCES DE L'UNIVERS (SU)

Le domaine « Sciences de l'Univers, Sciences en Micropesanteur et Exploration » a pour objectif de favoriser et développer les compétences instrumentales et technologiques françaises en préparation des futurs programmes scientifiques qui, à l'horizon 2025-2030, se dérouleront dans divers cadres :

- Au sein de l'ESA (Cosmic Vision, AURORA, ELIPS),
- Dans le cadre du Programme Multilatéral du CNES. Ce programme couvre des missions et des participations menées en coopération avec d'autres agences nationales (USA, Allemagne, Italie, Russie, Chine, Japon, etc.).

L'effort spatial français pour les Sciences de l'Univers, les Sciences en Micropesanteur et l'Exploration, est un des plus importants au niveau européen. En plus de sa contribution en tant qu'état membre au financement des projets de l'ESA, la France participe au développement des charges utiles et des segments sol scientifiques de ces missions. Cette forte participation française confirme la valeur scientifique et technique des propositions de notre communauté scientifique dans ce domaine et concrétise l'effort du CNES à soutenir, notamment au travers de la R&T, l'innovation dans le domaine de l'instrumentation scientifique.

Au-delà du programme de l'ESA, dans le cadre du Programme Multilatéral du CNES, il convient également de préparer les futures missions ou les propositions sur des missions d'opportunité ayant des objectifs scientifiques prioritaires pas forcément couverts par le programme de l'ESA.

Les orientations techniques du plan R&T 2020 restent en ligne avec une vision programmatique et des orientations techniques en cohérence avec les conclusions émises lors du séminaire de prospective scientifique du CNES (La Rochelle-2014) et les recommandations du CPS (Comité des Programmes Scientifiques).

La participation au programme scientifique obligatoire de l'ESA, « Cosmic Vision », reste la priorité nationale dans le domaine des sciences de l'Univers, complétée par le programme d'exploration robotique de l'ESA et d'éventuelles contributions à des missions d'opportunité.

Dans les thèmes d'intérêts, on peut citer de façon non exhaustive :

- La formation des planètes et émergence de la vie : les questions prioritaires concernent, d'une part, l'origine du système solaire, notamment à partir de l'étude de la matière primitive, pour comprendre comment se forment les systèmes planétaires en général et le système solaire en particulier, et d'autre part, l'émergence de la vie : il s'agit de détecter si une vie ou des conditions d'habitabilité existent ou ont pu exister sur des planètes telluriques et certains satellites, de déterminer les facteurs qui ont conduit à l'émergence de la vie ainsi que les conditions qui pourraient la faire apparaître ailleurs dans l'Univers, et de définir les moyens nécessaires pour en détecter des manifestations,

<p style="text-align: center;">CNES</p> <p>Direction de l'Innovation, des Applications et de la Science (DIA)</p> <p>Equipe Valorisation et Technologies (VT)</p>	<p>APPEL A IDEES EXTERNE R&T SYSTEMES ORBITAUX 2020</p>	<p>Réf : DIA/VT-2019.0011223</p> <p>Date : 03/07/2019</p> <p>Edition : 1</p> <p>Page : 15/27</p>
--	--	--

- Le fonctionnement global du système solaire : il s'agit de comprendre la diversité des planètes de notre système solaire, leurs interactions avec le Soleil, leur fonctionnement et celui du Soleil, les processus physiques en œuvre, avec une attention particulière aux planètes géantes,
- L'étude des lois physiques qui gouvernent l'Univers, avec des questions concernant pour une large part les lois de la gravitation : la relativité générale est-elle la bonne description de la gravitation, y compris aux grandes échelles ou en régime de champ fort ? Comment réconcilier mécanique quantique et relativité générale ? Comment mettre en évidence un champ nouveau qui se superposerait à la gravitation dans une théorie d'unification de toutes les interactions fondamentales ? Quelle est la nature de la matière noire et de l'énergie noire ?
- La cosmologie, notamment l'étude de la physique des premiers instants de l'Univers, la mise à l'épreuve des scénarios d'inflation en particulier via l'analyse de la polarisation du rayonnement fossile,
- Les sciences de la matière, avec la compréhension de phénomènes physiques en micropesanteur comme le comportement des fluides critiques, la solidification, l'évaporation des gouttes posées sur un substrat, la combustion, les mousses, émulsions et milieux granulaires,
- Les sciences de la vie dans l'espace, la biologie et physiologie spatiales avec des questions comme les contraintes évolutives liées à la gravité et les adaptations, les aspects opérationnels pour les vols habités de longue durée et l'exploration, les contremesures, l'évaluation des risques radiobiologiques et psychologiques.

En partenariat étroit avec le CNES, la communauté scientifique spatiale française est impliquée dans le développement des instruments embarqués pour un large champ de recherches couvrant :

- La physique fondamentale,
- L'astrophysique,
- L'exploration des planètes et des petits corps du système solaire,
- L'étude du Soleil, de l'héliosphère et des magnétosphères,
- Les sciences en micropesanteur (sciences de la matière et sciences de la vie),
- L'exobiologie, les exoplanètes.

Pour cela, une priorité sera accordée au développement des technologies nécessaires à mettre en œuvre pour des missions spatiales, suivant deux directions complémentaires :

- L'étude de concepts instrumentaux innovants se démarquant de l'existant et les briques technologiques associées,
- L'adaptation des instruments au fonctionnement en ambiance hostile (ceintures de radiations terrestres, proximité du Soleil et des planètes géantes, etc.).

En complément à ces études générales, certains domaines thématiques réclament cette année des actions spécifiques à leur domaine :

- Système solaire : instrumentation miniaturisée et d'analyse in situ, en particulier en évaluant l'apport des techniques de spectro-polarimétrie visible et proche infrarouge,
- Astronomie : caractérisation des phénomènes de polarisation induite par l'instrumentation et concept de mesure pour l'étude des distorsions spectrales du fond diffus cosmologique,
- Solaire Héliosphère Magnétosphères : miniaturisation des capteurs pour emport sur petites plateformes, comme par exemple les spectromètres de masse pour particules chargées ou neutres,
- Physique fondamentale : interféromètre atomique et techniques de mesure de précision ultime, notamment les liens optiques,
- Exobiologie : détection et analyse in situ de molécules organiques, protection planétaire,
- Sciences en micropesanteur : miniaturisation et modularité des expériences embarquées.

<p style="text-align: center;">CNES</p> <p>Direction de l'Innovation, des Applications et de la Science (DIA)</p> <p>Equipe Valorisation et Technologies (VT)</p>	<p>APPEL A IDEES EXTERNE R&T SYSTEMES ORBITAUX 2020</p>	<p>Réf : DIA/VT-2019.0011223</p> <p>Date : 03/07/2019</p> <p>Edition : 1</p> <p>Page : 16/27</p>
--	--	--

5.7. SYSTEME BORD-SOL (BS)

Généralités

Les activités R&T de l'Objectif Système Bord/Sol ont pour but de faire évoluer les fonctions du système bord/sol afin de répondre aux nouveaux besoins et de préparer les missions futures et de répondre exigences de compétitivité.

Elles visent à faire émerger les techniques et les technologies nécessaires et à développer les compétences métiers nationales.

Pour les technologies critiques elles recherchent également une indépendance européenne, tout en favorisant des solutions compétitives.

L'objectif se décline en trois Axes :

- **BS3** : Communications bord/sol, Segments sol de contrôle et Opérations,
- **BS4** : Ingénierie système, Simulation système et Logiciel de vol,
- **BS5** : Navigation, Guidage, Pilotage.

Communications bord :sol, segments sol de contrôle et opérations

L'Axe Communications bord/sol, Segments sol de contrôle et Opérations a pour objet le développement de nouvelles technologies et de nouveaux concepts applicables aux communications bord/sol (interface bord/sol, équipements bord), aux segments sol et aux opérations.

Les évolutions portent sur un accroissement des performances et la réduction des coûts des équipements bord de communication. L'arrivée de SoC (System on Chip) très performants par exemple, permet une intégration plus poussée des fonctions de communication bord/sol et un accroissement inédit des capacités de traitements à bord. Les techniques SDR (Software Defined Radio) transforment aussi notablement le développement des équipements de communication.

Les évolutions portent également sur l'interopérabilité entre systèmes en accord avec les préconisations et travaux au sein des organismes de normalisation (ECSS, CCSDS), l'amélioration des services et de la QoS (Quality of Service).

On recherche de nouvelles approches en termes d'opérations et de commande/contrôle, pour optimiser la conduite des opérations et réduire les coûts. On peut noter la percée des méthodes issues de l'IA, notamment pour améliorer la surveillance des systèmes bord et sol (diagnostic et prévention) facilitant ainsi les opérations.

Les projets de grandes constellations de télécommunications ou d'observation qui voient le jour ou sont en développement représentent un réel défi en termes d'optimisation des opérations et de l'exploitation de la ressource spatiale, en requérant une plus grande autonomie bord et une automatisation sol. Le concept d'essaim de satellites comporte ses propres atouts et problématiques.

L'approche nanosats quant à elle, pousse à développer des solutions adaptées en ce qui concerne le segment sol, les opérations et l'interface bord/sol associée.

Ingénierie système, simulation système et logiciel de vol

L'Axe Ingénierie système, Simulation système et Logiciel de vol a pour objet :

- L'étude de nouvelles techniques et architectures système,
- Le développement des méthodes pour modéliser, simuler et valider les systèmes,

<p style="text-align: center;">CNES</p> <p>Direction de l'Innovation, des Applications et de la Science (DIA)</p> <p>Equipe Valorisation et Technologies (VT)</p>	<p>APPEL A IDEES EXTERNE R&T SYSTEMES ORBITAUX 2020</p>	<p>Réf : DIA/VT-2019.0011223</p> <p>Date : 03/07/2019</p> <p>Edition : 1</p> <p>Page : 17/27</p>
--	--	--

- L'étude de nouvelles approches en matière de développement et de validation de logiciel de vol.

Les évolutions portent sur l'optimisation de la ressource satellitaire par un accroissement de l'intelligence système spécialement dans le cadre des constellations.

Elles portent également sur de nouvelles solutions d'ingénierie de développement et de validation des logiciels de vol permettant de réduire la durée du cycle de développement/validation. L'arrivée des SoC (System on Chip) très performants et multi-cœurs entraînent des modifications importantes de la conception des logiciels de vol et nécessitent la mise en place d'un écosystème de développement.

Un autre volet vise à prendre en compte les nouveaux systèmes d'exploitation ou protocoles bord. La standardisation est un aspect important également, permettant in fine des gains de coûts.

Dans le domaine de la simulation, les nouveaux processeurs beaucoup plus rapides d'un côté et les constellations de l'autre posent la problématique des capacités de simulation.

Dans le contexte de la transition numérique enfin, on assiste à une utilisation croissante de modèles, en support aux différentes phases du cycle de développement des satellites (approche Model-Based Systems Engineering), simplifiant les échanges d'informations.

Navigation, guidage, pilotage

L'Axe Navigation, Guidage, Pilotage regroupe les activités concernant :

- Le développement des méthodes et algorithmes pour des missions exigeant un fort degré d'autonomie en termes de navigation, guidage et pilotage, aussi bien pour des satellites (rendez-vous en orbite, opérations de proximité) que pour des rovers (navigation autonome),
- La modélisation et l'optimisation de trajectoires,
- Le développement de nouvelles architectures et algorithmes SCAO.

La propulsion électrique amène à repenser les algorithmes, que ce soit dans le cadre de l'autonomie, de l'optimisation des trajectoires ou de l'architecture SCAO.

Les projets de constellations de satellites en propulsion électrique poussent à un plus haut degré encore la problématique de la gestion des risques de collision. Compte-tenu du nombre croissant de satellites et des débris leur catalogage devient une réelle priorité.

La préparation de projets futurs de missions interplanétaires telles que MMX (Martian Moons eXploration) et l'émergence d'un nouveau type de véhicule qui a pour objectif d'offrir des services aux satellites dans l'espace, génèrent également de nouveaux besoins en termes d'algorithmes de Navigation, Guidage et Pilotage.

A noter enfin un investissement du champ NGP par les techniques d'IA.

Points spécifiques visés dans l'appel à idées PPRT 2020

Dans ce contexte, le plan R&T 2020 pour l'Objectif Système Bord/Sol met l'accent sur les points ci-dessous.

- ❖ Recherche de solutions technologiques en rupture amenant à l'augmentation des performances et à la réduction des coûts des équipements bord de communication, de la masse, de la

<p style="text-align: center;">CNES</p> <p>Direction de l'Innovation, des Applications et de la Science (DIA)</p> <p>Equipe Valorisation et Technologies (VT)</p>	<p>APPEL A IDEES EXTERNE R&T SYSTEMES ORBITAUX 2020</p>	<p>Réf : DIA/VT-2019.0011223</p> <p>Date : 03/07/2019</p> <p>Edition : 1</p> <p>Page : 18/27</p>
--	--	--

consommation électrique et du volume. Prise en compte des nouveaux composants COTS et des plates-formes SDR (Software Defined Radio).

- ❖ Recherche de nouvelles approches en matière de communication bord/sol, d'architectures et de technologies associées (communication par transfert de fichiers ; problématique de fermeture de la boucle de vidage des données missions ; authentification des liaisons bord/sol et acquittement du bon traitement de la données transférée).
- ❖ Application des nouvelles technologies liées à l'internet dans la conception des réseaux de stations sol.
- ❖ Interopérabilité des systèmes en accord avec les préconisations et travaux au sein des organismes de normalisation (ECSS, CCSDS).
- ❖ Recherche de nouvelles approches en termes d'opérations et de commande/contrôle, pour optimiser la conduite des opérations et réduire les coûts.
- ❖ Concernant les nanosats une approche adaptée doit être étudiée, en ce qui concerne le segment sol, les opérations et l'interface bord/sol associée. En particulier, une automatisation poussée et une maintenance simplifiée.
- ❖ Recherche de solutions d'observabilité des systèmes bord et sol, à des fins de diagnostic et de prévention (data mining, health monitoring...).
- ❖ Recherche de nouvelles techniques et architectures système pour optimiser la ressource satellitaire notamment par un accroissement de l'intelligence système (mise en réseau, mutualisation des ressources, etc.), en particulier pour les constellations ou essais. Recherche de solutions optimales de programmation de mission (autonomie décisionnelle bord, etc.).
- ❖ Prise en compte des nouvelles solutions d'ingénierie de développement et de validation des logiciels de vol permettant de réduire la durée du cycle de développement/validation. Prise en compte des standards de développement.
- ❖ Prise en compte des nouveaux processeurs COTS performants et multi-cœurs permettant de décupler les capacités de traitement bord. Stratégies de traitement des fautes de ces processeurs partiellement spatialisés.
- ❖ Définition et validation système basée sur des modèles numériques.
- ❖ Ouverture des moyens de simulation aux standards non spatiaux (ex : Functional Mock-up Interface) et à la co-simulation.
- ❖ Recherche de solutions innovantes, pouvant être transverses, pour lever les verrous technologiques liés aux activités de servicing, d'un point de vue GNC.

<p style="text-align: center;">CNES</p> <p>Direction de l'Innovation, des Applications et de la Science (DIA)</p> <p>Equipe Valorisation et Technologies (VT)</p>	<p>APPEL A IDEES EXTERNE R&T SYSTEMES ORBITAUX 2020</p>	<p>Réf : DIA/VT-2019.0011223</p> <p>Date : 03/07/2019</p> <p>Edition : 1</p> <p>Page : 19/27</p>
--	--	--

5.8. TECHNIQUES ET TECHNOLOGIES GENERIQUES (TG)

L'objectif « Techniques et Technologies génériques » regroupe toutes les actions qui concourent à atteindre des compétences métiers de développement, d'analyse et d'expertise ainsi que les actions transverses aux différents objectifs thématiques. Ces actions doivent permettre l'amélioration des performances des charges utiles, des plates-formes des véhicules spatiaux mais peuvent aussi concerner des points critiques du segment sol et des terminaux.

Les domaines techniques abordés sont les techniques radiofréquences, l'optique, les techniques véhicules, les matériaux, la contamination.

Les activités du PPRT 2020 seront en continuité avec celles initiées dans les différents métiers lors des plans précédents, les efforts seront poursuivis sur les technologies permettant de franchir certains verrous :

- Technologies de fabrications (Additive Layer Manufacturing, Additivation, Technologies d'assemblage optique, mécanique...).
- Nouveaux matériaux et procédés que ce soit pour offrir de nouvelles fonctionnalités, améliorer les propriétés, améliorer la durée de vie, réduire ou mesurer la contamination ou pour assurer une conformité aux nouvelles réglementations REACH, LOS... (thermoplastiques, nouveaux matériaux thermo-durcissables, revêtements thermiques, capteurs de contamination moléculaire ou particulaire...). Ce en particulier pour les équipements RF et Optiques intégrant notamment de la co-ingénierie et une approche multi-physique.
- Nouvelles architectures que ce soit dans le domaine mécanique/thermique (structures multifonctionnelles) ou dans le domaine électronique et/ou Radio Fréquence, en particulier grâce à l'utilisation de composants plus intégrés : GaN, SoC, ASIC mixtes, MEMS, ainsi que les FPGA européens très capacitifs (large et ultra) qui nécessiteront des actions d'accompagnement sur les méthodes et l'environnement de programmation VHDL, sur les nouvelles cartes électroniques supportant ces composants, sur le traitement des problèmes de connectique, de report et de dissipation associés.
- L'émergence de constellations nous permettra d'envisager des actions d'accompagnement dont les avancées pourront également bénéficier à nos programmes scientifiques ou institutionnels, que ce soit en termes de coût, de sûreté de fonctionnement ou de performance.
- Usine du futur (nouvelles méthodes AIT/AIV) et fabrication en orbite.
- Equipements électroniques bas coût (utilisation de COTs...).

5.9. TELECOMMUNICATIONS (TC)

Le domaine « Télécommunications » a pour objectif d'améliorer l'utilisation et le positionnement concurrentiel en Europe des Télécommunications spatiales. Il s'inscrit dans un contexte d'évolution des systèmes et charges utiles de télécommunications vers des architectures offrant de plus en plus de capacité et de flexibilité afin de répondre à des besoins en évolution constante. Le PPRT a donc pour objectif de développer des techniques, technologies et méthodologies innovantes de façon à accroître l'offre et la compétitivité des industriels sur les marchés actuels et futurs qu'ils soient commerciaux ou institutionnels tant au niveau du segment spatial (GEO ou constellation MEO/LEO) qu'au niveau des segments sol utilisateur et opérateur. De plus l'émergence d'une nouvelle génération de plateformes nécessitera de poursuivre les évolutions en cours sur les équipements de la charge utile. Les activités du PPRT 2020 se positionneront en complément des programmes CNES et activités ARTES. Cela se traduit par :

- La réduction de la masse, de l'encombrement, de la consommation et du coût des équipements de la charge utile.
- La revisite des spécifications des équipements pour répondre au juste besoin.
- L'introduction de technologies de fabrication innovantes.

<p style="text-align: center;">CNES</p> <p>Direction de l'Innovation, des Applications et de la Science (DIA)</p> <p>Equipe Valorisation et Technologies (VT)</p>	<p>APPEL A IDEES EXTERNE R&T SYSTEMES ORBITAUX 2020</p>	<p>Réf : DIA/VT-2019.0011223</p> <p>Date : 03/07/2019</p> <p>Edition : 1</p> <p>Page : 20/27</p>
--	--	--

- L'amélioration de la maturité des antennes à agilité de faisceaux et de leurs briques élémentaires.
- L'augmentation du niveau d'intégration des équipements.
- La réduction de la masse et simplification des harnais.
- L'adéquation mécanique, thermique et aussi au niveau des EMC de la charge utile avec différents types de plateforme.
- La réduction du coût du bit transmis, l'accroissement de la capacité des systèmes, l'amélioration de leur efficacité et la réduction du coût des équipements sol.
- La réduction des plannings de développement des satellites, accessible grâce à une genericité accrue des équipements et à la réduction des temps d'AIT/AIV.
- Les améliorations de méthodologie (outils d'ingénierie, d'optimisation, de pré-dimensionnement, ...).
- Une meilleure intégration du numérique et de la photonique au cœur des charges utiles.
- Le développement des transmissions en espace libre sur porteuses optiques (autour de 1550 nm)
- Une meilleure intégration des systèmes satellitaires dans les infrastructures mondiales de télécommunications, en s'adaptant aux évolutions d'architectures ou en en proposant de nouvelles et en soutenant l'effort de standardisation associé.
- Une amélioration des fonctionnalités et coûts des segments sol utilisateur et opérateur pour améliorer les services offerts par les télécommunications par satellite, sur les couches hautes ou physiques.

Outre les activités génériques, les propositions ciblant un cas d'usage ou un contexte particulier sont également éligibles dans la mesure où l'activité nécessite la levée de verrous technologiques.

On exploitera les synergies entre activités civiles et de défense.

L'utilisation de la bande Ka connaît une nette croissance et de nouveaux efforts sont à engager dans les bandes Q/V, W et optique pour accompagner le développement des services d'accès Internet et de diffusion haut débit.

L'émergence de besoins broadband donne une nouvelle dynamique au secteur dans un contexte où les activités de recherche sur la 5G, en parallèle du processus de standardisation au 3GPP, intéressent les principaux acteurs du spatial. L'accent sera mis sur les bandes FSS ouvertes au niveau réglementaire à des services mobiles (en S, C, Ku), et surtout en Ka en considérant des cas d'usage maritime, aéronautique, véhiculaires sur des systèmes dédiés mais aussi multi-mission fixe/mobile.

Enfin, les solutions satellitaires devront permettre aux utilisateurs d'accéder de la manière la plus transparente possible à la multiplicité des applications actuelles (téléchargement, streaming, VoIP, TVIP, blogs, social network, cloud computing, machine to machine (M2M), internet des objets (IOT) incluant le très bas débit..., via différents terminaux (PC, PDA, téléphone portable, tablette, véhiculaires...) et ceci de manière agnostique du type de connectivité mobile, fixe, diffusion satellite ou terrestre.

Pour atteindre ces objectifs l'appel à idées R&T 2020 est organisé sur les trois thématiques ayant chacune leurs propres priorités :

1- Les télécommunications pour les services fixes :

- L'optimisation système et l'allocation dynamique de la capacité.
- L'accélération de la miniaturisation, de la réduction de masse et de coût des équipements des charges utiles complexes, ainsi que l'optimisation de la réjection thermique.
- L'utilisation des techniques et technologies optiques, photoniques et numériques dans les missions pour améliorer la compétitivité et la flexibilité des satellites quelle que soit la bande envisagée.
- L'amélioration des composants des segments sol en termes de fonctionnalités / ergonomie, de performances et de coût.

<p style="text-align: center;">CNES</p> <p>Direction de l'Innovation, des Applications et de la Science (DIA)</p> <p>Equipe Valorisation et Technologies (VT)</p>	<p>APPEL A IDEES EXTERNE R&T SYSTEMES ORBITAUX 2020</p>	<p>Réf : DIA/VT-2019.0011223</p> <p>Date : 03/07/2019</p> <p>Edition : 1</p> <p>Page : 21/27</p>
--	--	--

2- Les télécommunications pour les services mobiles :

- Les nouveaux concepts d'architecture de charges utiles de Télécommunications pour les services mobiles.
- Les solutions pour le maintien de la liaison pour un terminal mobile dans un système.
- L'amélioration de l'interface air (nouvelles formes d'ondes et support à l'extension des standards comportant le satellite).
- Les architectures et équipements des segments sol mobile, y compris les antennes utilisateur en bande Ka.

3- Combinaison des infrastructures terrestres et satellitaire et convergence :

- Les convergences (plans de management, de contrôle et d'usager) des infrastructures de télécommunication pour faciliter l'intégration du segment sol satellite dans les réseaux terrestres de nouvelle génération (Carrier Ethernet, Virtualisation, centralisation et programmation des réseaux, « Cloudification/Softwarization », « Integrated Broadcast-Broadband », « Integrated Fixed-Mobile », ...). Ceci afin d'assurer une cohérence « de bout en bout » facilitant la stratégie de gestion unifiée souhaitée par l'opérateur et apporter plus de flexibilité dans le « provisionning » des services de communications.
- Adaptation et optimisation des protocoles de « transport », sécurisé et non sécurisé, pour en améliorer les performances bout en bout (latence, taux de perte, gigue, débit).
- L'intégration du terminal satellite dans les technologies envisagées pour la recherche d'une meilleure accessibilité aux services offerts aux utilisateurs. Faire du terminal un point d'accès simplifié, intégré, personnalisable et transparent pour l'utilisateur final.
- Les adaptations et optimisations des technologies des infrastructures du système satellite et des systèmes sol nécessaires à l'émergence de nouveaux usages, applications et services (Over the top, IPTV, CDN, ICN, ...).
- L'amélioration de la qualité d'expérience (QoE) pour les utilisateurs, et de la qualité de service (QoS) pour les réseaux.
- La convergence de l'internet des objets satellite/terrestre via les plateformes de services standardisées (OneM2M, FI-Ware, ...).
- La convergence avec l'internet quantique qui vise le « routage » d'état quantique et la transmission de propriétés quantiques pour offrir un socle réseau unifié satellite/terrestre permettant des services comme la distribution quantique de clés, le calcul quantique distribué, ...

<p style="text-align: center;">CNES</p> <p>Direction de l'Innovation, des Applications et de la Science (DIA)</p> <p>Equipe Valorisation et Technologies (VT)</p>	<p>APPEL A IDEES EXTERNE R&T SYSTEMES ORBITAUX 2020</p>	<p>Réf : DIA/VT-2019.0011223</p> <p>Date : 03/07/2019</p> <p>Edition : 1</p> <p>Page : 22/27</p>
--	--	--

6. ANNEXE 1

6.1. ANNEXE 1.A : RUPTURE TECHNIQUE/INNOVATION

Afin de préparer les futurs programmes spatiaux qu'ils soient dans le domaine du grand public, de Terre/Environnement/Climat, des sciences spatiales, le CNES souhaite mener un effort particulier sur des techniques en rupture par rapport à celles actuellement utilisées ou en cours de développement dans le spatial.

Cette rupture peut être :

- Soit une rupture technique, technologique ou système, propre au spatial (niveau de maturité technologique relativement faible, TRL « Technology Readiness Level » de 3 à 4 max atteint en fin d'activité),
- Soit une rupture applicative (**spin-in**), c'est-à-dire une technique utilisée dans d'autres domaines que le spatial et que l'on transposerait au spatial, pour un gain de performance, de fiabilité ou de réduction de coût.

Pour les propositions d'idées reconnues comme rupture par le CNES et qui respecteront les 2 conditions suivantes :

- Type d'activité n'ayant jamais fait l'objet de financements institutionnels dans le domaine spatial en Europe,
- Activité susceptible de conduire à des dépôts de brevet,

L'activité R&T sera confiée, si l'idée est retenue dans le Plan de R&T, à l'organisme proposant l'idée (contrats en négociation directe sans consultation préalable).

Les proposants pourront indiquer dans le titre de l'action entre parenthèses leur proposition de classement en rupture : « titre (RUPTURE) ».

La validation du caractère de rupture et du respect des critères sera faite par les entités techniques du CNES².

Le processus de sélection de ces actions sera identique à celui des autres actions de R&T et prendra donc en compte leur intérêt vis-à-vis des objectifs techniques que nous avons fixés pour les Systèmes Orbitaux.

La diffusion d'informations plus détaillées que celles présentées dans une fiche de proposition d'idées, si nécessaire, pourra se faire avec signature, par les responsables techniques CNES, d'un « Accord de confidentialité ».

6.2. ANNEXE 1.B : PROCEDURE DE SOUMISSION DES ACTIONS A CARACTERE CONFIDENTIEL

Le site de soumission est normalement sécurisé, mais pour des fiches comportant des informations nécessitant une protection particulière, la procédure est :

- Entrer sur le site une fiche avec **un titre** volontairement peu explicite (ceci permet le référencement de l'idée) **mais se terminant par « (CONFIDENTIEL) »**.
- Remplir tous les champs obligatoires (contexte, étapes, clés...) avec la mention « dossier transmis par courrier ou en message crypté », en inscrivant 0 k€ sur le montant de la première année.

² Le CNES ne décide pas unilatéralement de déclasser une idée proposée en rupture. En cas de désaccord du CNES vis-à-vis du caractère « rupture » mis en avant par le proposant, celui-ci est contacté afin de traiter le cas de figure et décider d'un commun accord de la suite à donner. Une confirmation écrite de la décision agréée vers le point de contact R&T de DIA/VT sera demandée au proposant.

CNES Direction de l'Innovation, des Applications et de la Science (DIA) Equipe Valorisation et Technologies (VT)	APPEL A IDEES EXTERNE R&T SYSTEMES ORBITAUX 2020	Réf : DIA/VT-2019.0011223 Date : 03/07/2019 Edition : 1 Page : 23/27
--	---	---

• Envoyer la fiche complète par courrier ou en **message crypté** (service Crypt and Share du CNES ou bien contacter le secrétariat DIA/VT du CNES : 05 61 27 39 00) à jean-marc.charbonnier@cnes.fr avec, pour les envois cryptés sur « crypt & share », copie à Bérangère LABROSA (berangere.labrosa@cnes.fr)

Adresse postale :

**CNES
DIA/VT
A l'attention Jean-Marc CHARBONNIER
BPI 223
18, Avenue Edouard Belin
31401 TOULOUSE CEDEX 9**

Il convient de noter que le site externe fermant le 9 septembre au soir, **les fiches devront être créées en conformité avec cette date limite** et les **documents complets devront parvenir au CNES à cette même date.**

En cas de doute sur l'utilisation de cette procédure, vous pouvez contacter Bérangère LABROSA (berangere.labrosa@cnes.fr) qui vous proposera une solution de transmission.

<p style="text-align: center;">CNES</p> <p>Direction de l'Innovation, des Applications et de la Science (DIA)</p> <p>Equipe Valorisation et Technologies (VT)</p>	<p>APPEL A IDEES EXTERNE R&T SYSTEMES ORBITAUX 2020</p>	<p>Réf : DIA/VT-2019.0011223</p> <p>Date : 03/07/2019</p> <p>Edition : 1</p> <p>Page : 24/27</p>
--	--	--

7. ANNEXE 2

Informations qui vous seront demandées lors de la soumission de votre proposition d'idées R&T 2020 sur le serveur.

TITRE DE LA PROPOSITION : Merci d'ajouter le cas échéant à la fin du titre **(Rupture)** ou **(Confidentiel)**

Votre proposition répond-elle aux conditions ci-dessous :

- **Type d'activité n'ayant jamais fait l'objet de financements institutionnels dans le domaine spatial en Europe : oui/non.**
- **Activité susceptible de conduire à des dépôts de brevet : oui/non.**

DESCRIPTIF DE L'ACTION :

L'objet de l'étude et les résultats attendus :

Le contexte (état de l'art, positionnement vis-à-vis R&T externe (ESA, UE, DGA, autres)) :

Les activités envisagées et les étapes clés :

Le titulaire proposé et les partenaires impliqués :

NIVEAU DE TRL (TECHNOLOGY READINESS LEVEL) SI IDENTIFIE ET APPLICABLE

TRL avant démarrage de l'action (1 à 9) :

TRL à la fin de l'action (1 à 9) :

PLAN DE PAIEMENT POUR LA REALISATION DE L'ACTION EN K€

Il convient de rappeler que les propositions d'actions de R&T doivent généralement faire l'objet d'une **proposition de co-financement** de la part du proposant.

Le plan de paiement ci-dessous, dont la somme représente la demande budgétaire pour mener les activités envisagées, correspond à la part de financement CNES demandée. Le proposant précisera également le montant du co-financement proposé.

Montant 2020 – part CNES - **(en K€)** :

Montant 2021 – part CNES - **(en K€)** :

Montant 2022 – part CNES - **(en K€)** :

Co-financement envisagé :

Il s'agit du taux de co-financement du cout total de l'activité, i.e. 50% veut dire que le cofinancement du titulaire représente 50% du coût complet, les 50% restant correspondant à la part de financement CNES.

Co-financement 2020 **(en %)** :

Co-financement 2021 **(en %)** :

Co-financement 2022 **(en %)** :

Si vous avez pris des contacts avec un correspondant technique du CNES, merci de préciser le nom du correspondant et sa structure :

<p style="text-align: center;">CNES</p> <p>Direction de l'Innovation, des Applications et de la Science (DIA)</p> <p>Equipe Valorisation et Technologies (VT)</p>	<p>APPEL A IDEES EXTERNE R&T SYSTEMES ORBITAUX 2020</p>	<p>Réf : DIA/VT-2019.0011223</p> <p>Date : 03/07/2019</p> <p>Edition : 1</p> <p>Page : 25/27</p>
--	--	--

8. ANNEXE 3 : ECHELLE TRL (TECHNOLOGY READINESS LEVEL – ISO 16290:2013)

TRL1 : Principes de base observés et identifiés ("principe de base")

TRL2 : Concept technologique et/ou application formulés ("application formulée")

TRL3 : Preuve du concept analytique et expérimentale de la fonction et/ou de la caractéristique critique ("preuve du concept")

TRL4 : Vérification fonctionnelle en environnement de laboratoire au niveau composant et/ou maquette ("validation fonctionnelle")

TRL5 : Vérification en environnement représentatif de la fonction critique au niveau composant et/ou maquette ("modèles à échelle réduite")

TRL6 : Démonstration en environnement représentatif des fonctions critiques de l'élément au niveau modèle ("validation de la conception")

TRL7 : Démonstration en environnement opérationnel de la performance de l'élément au niveau modèle ("qualification spatiale")

TRL8 : Système réel développé et accepté pour le vol ("qualifié vol")

TRL9 : Système réel "démontré en vol" par mission opérationnelle réussie ("démontré en vol")

NA : Non Applicable

CNES Direction de l'Innovation, des Applications et de la Science (DIA) Equipe Valorisation et Technologies (VT)	APPEL A IDEES EXTERNE R&T SYSTEMES ORBITAUX 2020	Réf : DIA/VT-2019.0011223 Date : 03/07/2019 Edition : 1 Page : 26/27
---	---	---

9. ANNEXE 4 : CONTACTS TECHNIQUES CNES (Mis à jour le 03/07/2019)

Direction des Systèmes Orbitaux (DSO)		
Sous-Direction Assurance Qualité		
Service Politique Composants et Qualification	DSO/AQ/CQ	François Vacher
Service Environnement et Composants nouveaux	DSO/AQ/EC	Julien Mekki
Service Laboratoires et Expertises	DSO/AQ/LE	Olivier Puig
Service Technologies Matériaux et Procédés	DSO/AQ/MP	Christian Durin
Service Sûreté de Fonctionnement, sauvegarde et sécurité	DSO/AQ/SF	Roland Lauheret
Sous-Direction Ballons		
Service Technique Nacelles Ballons	DSO/BL/NB	Frédéri Mirc
Service Technique Véhicules Porteurs	DSO/BL/VP	Erwan Quevarec
Sous-Direction Navigation Télécom		
Service Missions et Services de Navigation	DSO/NT/SN	Nadia Karouche
Service Systèmes de Télécommunications, performances et préparation du futur	DSO/NT/ST	Valérie Foix
Sous-Direction Radiofréquences		
Service Antennes	DSO/RF/AN	Anthony Bellion
Service Hyperfréquences Numérique et Optique	DSO/RF/HNO	Geoffroy Soubercaze-Pun
Service Instrumentation radiofréquences, radio logicielle, TMTC et Propagation	DSO/RF/ITP	Gabriel Liabeuf
Service Signaux Temps / fréquence et Radionavigation / Radiolocalisation	DSO/RF/STR	Thierry Robert
Sous-Direction Dynamique du Vol		
Service Mécanique Spatiale Système	DSO/DV/MS	Géraldine Constant-Filaire
Service Orbitographie	DSO/DV/OR	Pascal Perrachon
Service Architecture SCAO	DSO/DV/AS	Jean-Louis Dulot
Service Géodésie Spatiale	DSO/DV/GS	Sean Bruinsma
Service Ingénierie du vol pour les missions Futures	DSO/DV/IF	Nicolas Bataille
Service Ingénierie pour la Surveillance de l'espace et la LOS	DSO/DV/ISL	Juan Carlos Dolado Perez
Sous-Direction Systèmes Instrumentaux		
Service Analyse et Algorithmie	DSO/SI/2A	Céline Angelelis
Equipe CESBIO/CNES	DSO/SI/CB	Gérard Dedieu
Service Chaîne Détection	DSO/SI/CD	Alain Bardoux
Service Instruments	DSO/SI/IN	Thierry Bret-Dibat
Service Instrumentation radar et Performances	DSO/SI/IP	Alain Mallet
Equipe LEGOS/CNES	DSO/SI/LG	Benoît Meyssignac
Service Physique de la Mesure Optique	DSO/SI/MO	Aimé Meygret
Service Optique	DSO/SI/OP	Jacques Berthon
Service Qualité Image	DSO/SI/QI	Nicolas Theret
Service Sondage Atmosphérique	DSO/SI/SA	Clémence Pierangelo
Service Algorithmie, Traitements et produits Radar	DSO/SI/TR	Céline Tison

<p style="text-align: center;">CNES</p> <p>Direction de l'Innovation, des Applications et de la Science (DIA)</p> <p style="text-align: center;">Equipe Valorisation et Technologies (VT)</p>	<p>APPEL A IDEES EXTERNE R&T SYSTEMES ORBITAUX 2020</p>	<p>Réf : DIA/VT-2019.0011223</p> <p>Date : 03/07/2019</p> <p>Edition : 1</p> <p>Page : 27/27</p>
--	--	--

Direction des Systèmes Orbitaux (DSO)		
Sous-Direction Architecture, Validation et Intégration		
Service Architecture Mécanique et Thermique	DSO/AVI/MT	Kilian Pfaab
Service Ingénierie Intégration	DSO/AVI/2I	Annie Bourdette
Service Réalisation Intégration	DSO/AVI/RI	Florent Canourgues
Service Architecture Avionique et électrique	DSO/AVI/AV	François Bonnet
Service Commande Contrôle	DSO/AVI/CC	Nathalie Corcoral
Service Validation et moyens Système	DSO/AVI/VS	Patrick Landrodie
Sous-Direction Technique Bord		
Service Alimentation bord et Equipements Electriques	DSO/TB/EL	Christian Elisabelar
Service Electronique numérique et Traitements bord	DSO/TB/ET	Mathieu Albinet
Service Logiciels de Vol	DSO/TB/LV	Benoît Frezouls
Service Mécanismes et équipements SCAO	DSO/TB/MS	Christian Dupuy
Service Propulsion, Pyrotechnie et aérodynamique	DSO/TB/PR	Thomas Lienart
Service Structure et Mécanique	DSO/TB/SM	Pierre-Yves Tourneau
Service Thermique	DSO/TB/TH	Stéphanie Remaury
Direction du Numérique, de l'Exploitation et des Opérations (DNO)		
Sous-Direction Adjointe		
Service Assurance Qualité	DNO/DA/AQ	Sylvain Teodomante
Sous-Direction Observation de la Terre		
Service Développement segment sol Imagerie et Sondage	DNO/OT/IS	Simon Baillarin
Service Développement segment sol Altimétrie et Radar	DNO/OT/AR	Frédéric Menot
Sous-Direction Infrastructures Numériques, SI Scientifique et Applicatif		
Service Architecture Infrastructures et réseaux	DNO/ISA/AI	José-Louis Marcos
Service Valorisation Innovation et Produits	DNO/ISA/VIP	Eric Morand
Sous-Direction Opérations		
Correspondant R&T	DNO/OP	Hubert Fraysse
Service Développements des Segments Sol d'Opérations	DNO/OP/SSO	Christophe Hugonnet
Sous-Direction Sciences et Exploration		
Service Développement des Segments Sol Scientifiques	DNO/SC/3S	Véronique Valette
Services Exploitation des Données des missions Sciences de l'Univers	DNO/SC/ED	Emmanuel Thulliez
Projet CADMOS national	DNO/SC/CDN	Rémi Canton

♦♦♦♦ FIN DU DOCUMENT ♦♦♦♦