

# **GROUPE SPECIFIQUE**

## **QUELS MOYENS POUR LA SCIENCE DE DEMAIN : BILAN ET PERSPECTIVES**

Florence Ardellier-Desages (CEA), Thierry Bret-Dibat (Cnes, co-animateur), Patrick Castillan (Cnes), Laurence Chaoul (Cnes), Antoine Godard (Onera), Frédéric Huynh (CNRS), Thierry Labasque (CNRS), François Leblanc (CNRS, co-animateur), Pascale Moro (Cnes), Clémence Pierangelo (Cnes), Hervé Roquet (Meteo-France), Charles Yana (Cnes)

Les programmes scientifiques spatiaux se réalisent sur des temps longs aussi bien dans le domaine des sciences de la Terre que de l'Univers et de l'Exploration. Ils mettent en œuvre la réalisation d'instruments, de techniques physiques de la mesure et de traitements de données. Ces développements nécessitent de s'appuyer sur des moyens durables et adaptables dans le temps pour répondre aux enjeux, sans cesse renouvelés, de la recherche.

Un premier constat est de rappeler que la capacité française à faire émerger de nouvelles missions, à les défendre dans des cadres nationaux et internationaux et à développer une instrumentation scientifique unique, du prototype au modèle de vol, s'appuie sur le partenariat extrêmement fructueux entre les organismes nationaux de recherche (ONR), les universités et le Cnes, tout cela en travaillant bien sûr avec l'industrie. Les laboratoires de recherche apportent une excellence scientifique et technique, que complètent l'expertise et la capacité mondialement reconnues du Cnes à conduire des programmes spatiaux extrêmement ambitieux.

En Sciences de l'Univers et Exploration (SUE), la France se positionne essentiellement sur le développement d'instrumentation et de segment sol, de maîtrise de la performance mission et sur l'analyse de données. Dans un contexte de forte coopération internationale, ces activités sont généralement confiées à des consortia de laboratoires, et portent sur le développement de techniques non maîtrisées par l'industrie et/ou demandant une maturation technologique longue. Les agences responsables de la mission (Esa, Nasa, Jaxa...) prennent en charge, avec leur industrie, le satellite et le segment sol de contrôle. Le Cnes peut être maître d'ouvrage ou maître d'œuvre de la contribution française, et il apporte son soutien et son expertise aux laboratoires sur le développement et l'exploitation.

Dans le domaine de l'Etude et Observation de la Terre (EOT), dans un cadre de coopération qui est souvent bilatéral, le Cnes peut être maître d'œuvre du système (y compris la performance), maître d'ouvrage d'instrument, de la plateforme, et du segment sol de contrôle en s'appuyant sur l'industrie dans une plus forte logique de filière industrielle et commerciale, et être, avec les laboratoires, en charge du développement du segment sol de mission, et de son exploitation.

Dans les deux domaines, la capacité française à faire émerger de nouvelles missions nécessite, au sein des laboratoires et du Cnes, de s'investir en amont sur la maîtrise de la physique de la mesure, des traitements des données, et d'être proche des développements instrumentaux, dès les premières phases d'un projet. Il est également crucial de disposer de capacités de développement de prototypes, en amont, et pour effectuer des mesures de calibration et validation (Cal/Val).

Parler de moyens pour la science de demain nécessite donc de considérer tous les aspects d'un projet spatial, qui vont des ressources humaines (section 1), aux infrastructures de recherche, de tests ou de gestion et traitement des données (section 2) jusqu'aux ressources financières (section 3).

### **1. LES RESSOURCES HUMAINES**

#### **1.1. EVOLUTION DES MOYENS HUMAINS**

Les organismes acteurs dans la recherche spatiale sont nombreux (allant des Organismes Nationaux de Recherche comme le CNRS, le CEA ou l'Onera aux très nombreuses universités qui

contribuent activement aux programmes scientifiques spatiaux), et il était illusoire de s'adresser à chacun pour effectuer cet exercice de trajectoire des ressources humaines (RH). Il a été estimé que la représentativité des organismes (CNRS, CEA, Onera, Météo-France, Cnes) au sein du groupe de travail était suffisante pour analyser la situation globale et dégager des recommandations. Une distinction a été faite entre les RHs recherches et les RHs techniques.

### 1.1.1. LA SITUATION DES CHERCHEURS

Une partie de l'analyse des évolutions au CNRS qui suit s'appuie sur un exercice mené récemment par l'INSU pour le domaine Astronomie et astrophysique (AA). Nous avons fait l'hypothèse qu'une évolution similaire existe dans les autres instituts et domaines scientifiques concernés par l'observation de et depuis l'espace (en particulier à l'IN2P3 pour l'astrophysique). Les effectifs chercheurs permanents du CNRS/Insu sont restés quasi-stable (-3%) sur la période 2013-2022 (de 964 à 933). Pour le domaine AA, les effectifs chercheurs CNRS montrent également une stabilité autour de 300 postes. La démographie de la population de chercheurs CNRS indique cependant un déséquilibre vers les catégories d'âges plus élevés, avec une moyenne d'âge de 51 ans, et 40 % des effectifs ont plus de 55 ans.

Les effectifs chercheurs permanents CEA, environ 35 en astronomie et astrophysique, montrent une stabilité dans le domaine des expériences spatiales d'astrophysique avec une véritable dynamique d'accompagnement de doctorants et post-doctorants. La volonté de l'organisme est, au minimum, de maintenir ces effectifs constants dans les années à venir.

Pour Météo-France, les activités de recherche dédiées au spatial concernent essentiellement la préparation à l'exploitation des données satellitaires pour les besoins de la prévision météorologique (en particulier ceux de la Prévision Numérique du Temps), ainsi que leur valorisation scientifique. Les ressources humaines dédiées à ces activités de recherche sont de l'ordre de 30 permanents, moitié chercheurs, moitié ingénieurs de recherche. Il est prévu que ces effectifs permanents consacrés au spatial restent globalement stables pour les années à venir.

L'Onera, dont environ 10 % de l'effectif est consacré au spatial, voit ses effectifs rester globalement stables (environ 150 ingénieurs-chercheurs).

Les universités, à travers leurs enseignants-chercheurs, sont également des acteurs incontournables des projets spatiaux. En quantifier l'importance, et surtout une éventuelle évolution de leur contribution, reste très complexe compte tenu du nombre important d'universités impliquées. Mais, on ne peut que constater le rôle grandissant de leurs personnels dans ces projets et la difficulté que ces mêmes personnels ont de concilier leurs activités d'enseignements avec celles très chronophages d'un projet spatial. Développer les mécanismes permettant aux enseignants-chercheurs de s'investir sur le long terme dans les projets spatiaux permettra de répondre aux besoins de ces personnels et renforcera l'implication et la visibilité des universités.

#### **Un indicateur macroscopique : l'Appel à Projets Recherche (APR) du Cnes**

Les actions menées annuellement dans le cadre de l'APR reflètent l'activité scientifique des chercheurs dans les phases de préparation, de développement ou d'exploitation de mission.

La figure ci-dessous recense l'évolution des effectifs (permanents, doctorants, post-doctorants, etc.) en nombre de personnes (actifs) et en équivalent temps plein (ETP) impliqués, ainsi qu'en nombre d'actions (APR), en distinguant les domaines EOT et SUE.

Aucune grande tendance ne se dégage de l'évolution des indicateurs APR. Les variations annuelles observées sont souvent dues au cycle des projets.

Une population de chercheurs vieillissante  
**Préserver le potentiel et le dynamisme français en anticipant les départs et renforcer l'implication des personnels universitaires**

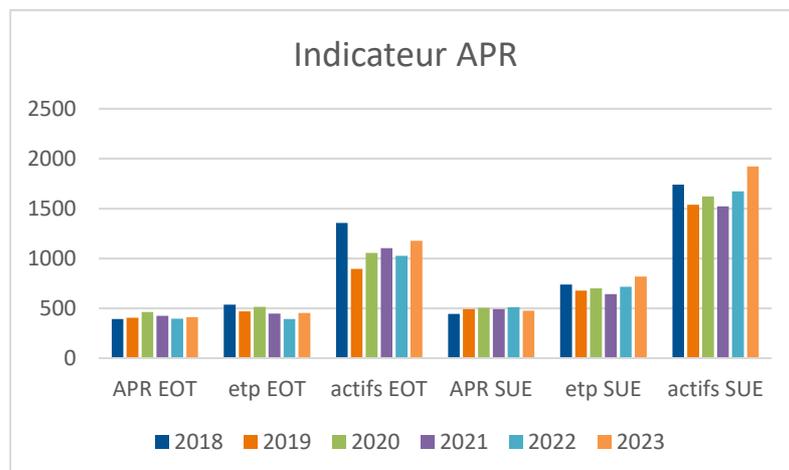


Fig. 1 Evolution du nombre d'etp et actifs, et actions depuis 2018 sur l'APR Cnes

Une autre manière de mesurer le dynamisme de la communauté scientifique française est à travers son implication sur les deux derniers appels d'offre émis par l'Esa : côté SU, l'appel M7 a vu la présélection de 3 missions, toutes s'appuyant sur une très forte contribution française, et côté EOT, l'appel Earth Explorer 12 avec une communauté française là aussi très fortement impliquée.

### 1.1.2. LA SITUATION DES PERSONNELS TECHNIQUES

#### *Pas de projet spatial sans un binôme ingénieur - chercheur*

En grande majorité, les personnels techniques intervenant sur les projets spatiaux sont présents au sein du CNRS, du Cea, du Cnes, des universités et de l'Onera.

Pour le CNRS, les outils RH permettent d'avoir une visibilité sur l'évolution des ressources. Afin de compléter la vision CNRS, une enquête spécifique a été également menée auprès des laboratoires de la section 17 (AA), avec un exercice en cours pour les autres thématiques (Océan Atmosphère, Surfaces et Interfaces Continentales, Terre Solide).

Les personnels techniques permanents des UMR du domaine AA, tous organismes confondus, représentent environ 715 personnes en 2024. Une baisse a été constatée à un rythme de 8/an depuis 2013, pour les effectifs CNRS.

En AA, le Personnel technique/Chercheur CNRS a décliné entre 2013 et 2022 de 2 à 1,8. Il indique donc une baisse du soutien technique dans les unités de recherche. Pour les autres domaines du CNRS-Insu, ce ratio est aux alentours de 1,2-1,5 suivant les laboratoires.

Cette même enquête indique une baisse régulière des effectifs de la Branche d'Activité Professionnelle (BAP) C (conception et test instrument, mécanique, optique et qualité), représentant, les métiers de la mécanique, de l'électronique, de l'optique et de la qualité. Ainsi, cette BAP a perdu 53 postes CNRS en 10 ans, sur un effectif de 300 en 2013, soit 17%. Pour la BAP E, associée aux métiers de l'informatique, du contrôle commande et du traitement de la donnée, les effectifs CNRS sont stables (aux alentours de 200 ETP), voire en légère augmentation depuis 2013 (notamment grâce à une revalorisation salariale). Ces deux BAP représentent 75% des effectifs Ingénieur et Technicien (IT) du domaine AA. Globalement, la baisse des effectifs IT (tous métiers confondus) du domaine AA est de 70 postes sur les 10 dernières années, soit 11,7%.

L'étude démographique des effectifs IT des unités du domaine AA (toutes tutelles confondues), indique une criticité liée à une pyramide des âges déséquilibrée. 36 % des effectifs IT (toutes BAP confondues) quitteront les UMR du domaine dans les 9 ans, soit 261 postes. Cette criticité s'exprime notamment pour la BAP C, au sein de laquelle 30 % des effectifs quitteront le CNRS sur cette même période (75 postes), et surtout pour les métiers des ingénieurs de recherche en développement d'expérimentation, en développement d'instruments, et les ingénieurs d'étude en techniques expérimentales. Environ 40 % de ces effectifs quitteront le CNRS dans les 10 ans. Pour la BAP E,

la criticité est moins prégnante, avec une pyramide des âges plus favorable. L'attractivité toutefois des organismes de recherche pour ces métiers, doit être améliorée auprès des étudiants en fin d'étude, au regard de la concurrence salariale des autres employeurs potentiels. La BAP E est ainsi identifiée comme une BAP prioritaire au CNRS (et à l'INSU), avec une marge de négociation salariale possible. Ces postes sont également éligibles à la mobilité au fil de l'eau sur l'année.

Pour le CEA, l'effectif dédié à la réalisation de projets spatiaux en astronomie et astrophysique compte environ 40 ETP de spécialistes de l'instrumentation spatiale qui permettent d'assurer la maîtrise d'œuvre d'un instrument embarqué. Ce nombre demeure stable grâce à une politique de maintien des effectifs qui assure le remplacement de chaque départ. De plus, en fonction des engagements pris sur les projets et des phases de développement, des ingénieurs non dédiés exclusivement au spatial sont amenés à contribuer aux projets spatiaux.

Au Cnes, le volume RH sur les projets en développement et en exploitation est stable au fil des ans (100 ETP en SUE, 200 ETP en EOT) (sans les phases 0, A, la R&T...). La programmation pluriannuelle permet d'identifier et de répondre aux besoins sur les projets engagés.

Néanmoins, les sollicitations sont en croissance avec beaucoup de tension RH entre les besoins des projets (en augmentation), la préparation du futur et le soutien à l'écosystème sur les différents thèmes traités par le Cnes, d'où un morcellement des RHs.

Le CNES est actuellement au pic de ses départs en retraite, et fait face à de plus en plus de départs dans l'industrie. Il rencontre également des difficultés de recrutement, en particulier pour les métiers liés à l'informatique.

A l'Onera, le potentiel RH dans les différents métiers de support à la recherche a réussi à être préservé ces quatre dernières années. Toutefois, comme les autres acteurs de la recherche, l'Onera souffre de la concurrence des autres secteurs pour les métiers techniques et informatiques actuellement en forte tension. Le maintien du potentiel se fait donc au prix de recrutements qui sont souvent longs et difficiles à mener à bien.

Dans tous ces organismes, au cours des 10 prochaines années, un important renouvellement des compétences critiques en ingénierie spatiale est à anticiper avec les départs à la retraite. L'attractivité pour les recrutements est également en baisse. Enfin, l'émergence de nouveaux métiers est un enjeu, en particulier dans le domaine de l'intelligence artificielle (IA), qui est appelée à se déployer dans de nombreuses activités.

### **Des indicateurs macroscopiques : la R&T et les projets**

Le nombre de propositions de R&T de la part des laboratoires n'a cessé de baisser ces 5 dernières années dans le domaine de la Science.

La R&T étant une variable d'ajustement au sein des laboratoires (et au Cnes, priorité au premier lancé), cette baisse traduit l'incapacité croissante des laboratoires à dégager du temps d'IT pour s'y consacrer. Poursuivre une telle décroissance ne peut qu'impacter rapidement la capacité de nos laboratoires à préparer le futur.

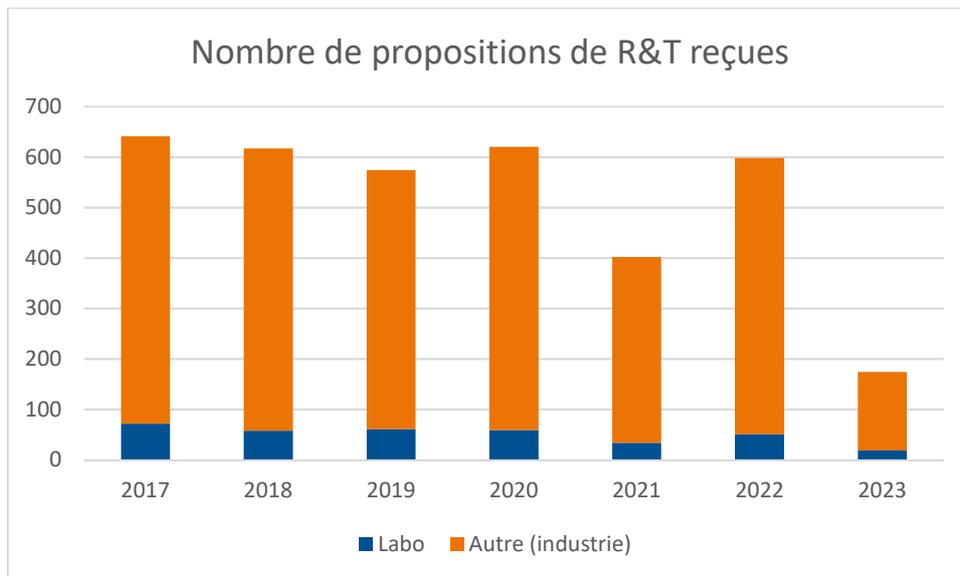


Fig. 2 Evolution du nombre d'actions proposées par les laboratoires (en bleu)

## Une décroissance significative des personnels techniques La recherche fondamentale française dans le spatial en difficulté pour (dans l'incapacité de) préparer le futur

### Des métiers critiques en tension

Les métiers de l'instrumentation (ingénierie système, intégration, mécanique, optique, assurance produit et assurance qualité, composants, etc.), au cœur de la conception de nouveaux systèmes et de leur réalisation, sont particulièrement en danger. A l'interface entre recherche et technique, le métier si fondamental d'« instrument scientist » souffre également d'un manque de reconnaissance pour les recrutements sur des postes de chercheurs CNRS, et en terme d'évolution de carrière.

Même s'ils restent relativement stables en nombre, les métiers de l'informatique ne sont pas mieux lotis car ils doivent faire face à des enjeux en forte croissance nécessitant de nouvelles compétences.

Certaines activités sont plus adaptées à la sous-traitance, comme l'Assurance Produit et l'Assurance Qualité en régime routine ou la mécanique en régime cadré.

### Des métiers nouveaux

Le domaine d'activité le plus innovant est celui lié aux métiers de l'informatique avec l'intégration de l'IA et les problématiques du big data (le besoin de gérer, traiter et stocker des quantités de données considérables et souvent complexes avec le développement de l'algorithmie frugale). Les technologies quantiques (capteurs et calcul) sont également de plus en plus présentes dans nos domaines d'activité, ainsi que la stratégie financière par rapport aux moyens Cloud (FinOPS), et les métiers de l'écoconception.

### Maintenir et renforcer le personnel d'IT et de chercheurs dans les laboratoires :

- Faire des priorités de recrutement sur les métiers de l'instrumentation et les enjeux nouveaux sur l'algorithmie scientifique (également valoriser le métier et les carrières des 'instrument scientist') ;
- Rendre les salaires proposés plus attractifs pour ces filières ;

## 1.2. EXTENSION DES RESSOURCES HUMAINES

Devant la décroissance des RHs techniques dans les laboratoires et le besoin d'aller chercher des compétences complémentaires sur des enjeux nouveaux, comment s'appuyer davantage sur l'écosystème des établissements publics et de l'industrie ?

### 1.2.1. RELATIONS INTER-ORGANISMES DE RECHERCHE

#### **L'exemple des programmes de la MITI**

Les appels à projets MITI (Mission pour les initiatives transverses et interdisciplinaires) du CNRS permettent d'initier des projets inter-instituts et organismes de recherche. En 2022, l'appel « Nouvelles méthodes pour le traitement et l'analyse des données spatiales » a été soutenu par le Cnes et le CNRS à travers une petite dizaine de projets en Observation de la Terre et Sciences de l'Univers. Ces activités ont permis de créer des connexions entre divers instituts du CNRS sur des sujets allant du spatial aux mathématiques, et entre le CEA, le Cnes et d'autres organismes ou universités. Les montants alloués, la liberté d'orientation laissée aux chercheurs, et la relative simplicité du dossier à présenter, rendent ce dispositif extrêmement attractif. La collaboration est établie de façon durable pour la plupart de ces projets, certains ayant eu accès à des financements substantiels de type ANR à la suite de cette initiative.

Ce dispositif d'amorçage est souvent à l'origine de projets de doctorats (80 Primes du CNRS).

#### **Attirer des expertises au sein des établissements publics :**

- Inciter les laboratoires et le CNES à définir des sujets inter-instituts/inter-organismes qui pourraient être à l'origine d'appels à projets de la MITI (autour de la filière instrumentale, du traitement de la donnée, de jumeaux numériques, etc.).
- Encourager les actions inter-instituts/inter-organismes à travers les AOs CNES (APR, R&T, bourses doctorales et post-doctorales).

#### ***La coordination inter-organismes***

On peut également souligner la vertu des Programmes et Equipements Prioritaires de Recherche (PEPR) pour fédérer de l'activité interdisciplinaire et inter-organismes, mais regretter une faible coordination inter-organisme qui, si elle avait été plus efficiente, aurait permis d'intégrer dès leur conception les questions du spatial dans les PEPR.

De la même manière, les universités françaises sont désormais des acteurs importants dans le domaine du spatial, non seulement au niveau de la formation mais aussi au niveau de la recherche et ont vocation à être impliquées dans tous les dialogues entre les différents acteurs du spatial français.

Les Agences de Programme, dont celle sur le spatial, doivent permettre une coordination inter-organismes plus efficace et pourraient permettre d'attirer vers le spatial des compétences complémentaires, par exemple avec un apport de l'Inria sur le numérique, et c'est également l'opportunité de valoriser la recherche spatiale au sein des autres agences de programme.

### 1.2.2. LA RELATION À L'INDUSTRIE

L'industrie spatiale, maîtres d'œuvre et équipementiers, est fortement développée en France et reconnue internationalement pour son excellence technique. Elle joue un rôle majeur dans le développement des systèmes spatiaux scientifiques en EOT, et également en SUE, où la maîtrise d'œuvre par les laboratoires et le Cnes des instruments et segments sol s'appuie largement sur des équipementiers.

#### **La délégation de tâches en support à la maîtrise d'œuvre**

Une grande partie des projets spatiaux fonctionne avec un rapport CDD/permanents de plus en plus important introduisant une fragilité certaine sur le long terme.

Afin de bénéficier d'un soutien plus pérenne dans la durée que les CDD, et de davantage capitaliser les compétences, le CNRS a entrepris il y a quelques années de mettre en place des accord-cadre dans différents domaines identifiés comme sous-traitables (une centaine de postes identifiés). Cet effort est resté en suspens. Il est jugé nécessaire de le poursuivre. Un recours aux CDI de projet serait également une alternative à l'emploi de CDDs.

**Relancer les accords cadre de délégation de tâches auprès des services marchés du CNRS et permettre des embauches longues à travers des CDI de mission/projet/métier.**

### **Vers plus de coopération et de transfert vers l'industrie**

Dans le cadre du Cospace, un groupe de travail « recherche et transfert » formé de représentants des organismes nationaux de recherche (CNRS, Onera et CEA), du Cnes et d'acteurs industriels (Gifas Alliance NewSpace), est chargé de proposer des stratégies pour améliorer les collaborations industrie-recherche publique. Ce dialogue se met en place et permet d'échanger sur les capacités et besoins réciproques, par exemple sur les infrastructures de recherche susceptibles de permettre à l'industrie de tester et valider leurs technologies spatiales ou sur les possibles collaborations dans le domaine de l'observation de la Terre.

### **Rendre plus efficiente la relation à l'industrie**

- Développer des outils communs (base de données, réseau de métiers, etc) à tous les laboratoires (et organismes) travaillant dans le spatial pour rationaliser l'accès à un ensemble d'industries spécialisées ;
- Mettre en place des forums de discussion ONR/Cnes/industrie, à travers des workshops thématiques (ex : Workshop Hydrologie 2024).

## **1.3. LA FORMATION**

Préparer le futur de la Science réclame bien évidemment de se préoccuper de la formation de ceux qui développeront et utiliseront les missions spatiales imaginées aujourd'hui.

### **Thèses et bourses postdoctorales**

De l'interview de plusieurs Ecoles Doctorales, il ressort principalement le constat que la durée moyenne d'une thèse dépasse en moyenne de 1 à 7 mois la durée de 36 mois prévue initialement. Ré-évaluer la durée officielle des contrats doctoraux semble donc aujourd'hui devenir impératif, et permettrait de s'aligner sur les standards internationaux. C'est d'autant plus vrai lorsque l'on considère l'évolution de la charge de travail d'un doctorant, notamment pour les thèses expérimentales.

Par ailleurs, un exercice grossier d'analyse statistique du devenir des étudiants a été effectué, sur la base Cnes et les données fournies par les écoles doctorales sur une dizaine d'années (les informations sont difficiles à collecter après quelques années). 60 % bénéficient d'un CDI dans la recherche académique ou privée, voire l'enseignement, et environ 25 % (les plus jeunes) sont en CDD, toujours dans la recherche. Cela témoigne d'un dispositif plutôt efficace pour la formation des chercheurs et ingénieurs de recherche.

**Soutenir les thèses expérimentales, notamment en environnant mieux celle-ci, en valorisant pour les encadrants ce type de thèses et par la mise en place de fonds de réserve pour une éventuelle prolongation.**

**Promouvoir auprès des Ministères le passage de thèse sur 4 ans (financement et au niveau du cycle universitaire).**

### **Compétences et Métiers d'Avenir**

Le dispositif Compétences et Métiers d'Avenir (CMA) de France 2030 a permis de proposer, et de voir sélectionné, un certain nombre de projets d'envergure pour développer des formations aux métiers du secteur spatial (industrie et recherche) afin de pallier le manque de main d'œuvre qualifiée. On peut citer l'Académie Spatiale d'Île-de-France, COMETES en région toulousaine, et BIOSPACE à Bordeaux. Ces dispositifs visent à augmenter de manière significative le vivier d'étudiants formés aux métiers du spatial pour nourrir les différentes filières. Les CMA sont un bon guichet pour fédérer les efforts et mettre en visibilité les formations et les débouchés auprès des étudiants. Il sera bon de faire un retour d'expérience sur ce dispositif, pour savoir s'il faut soutenir d'avantage ce genre d'initiative à l'avenir.

Par ailleurs, le groupe tient à souligner l'intérêt de l'apprentissage (scolaire et post-bac), l'importance du mentorat interne en accompagnement de nouveaux arrivants, l'utilité des centres spatiaux universitaires, des opérations de communication en direction de la jeunesse, de la formation dans les projets (ex : challenges algorithmiques) et l'importance d'avoir quelques développements en maîtrises d'œuvre internes côté Cnes.

## **2. LES INFRASTRUCTURES**

Le développement et l'exploitation des missions spatiales scientifiques nécessitent de disposer d'infrastructures d'essais, de traitement de la donnée ou aéroportés.

Depuis des années, un effort de structuration est réalisé pour rassembler les différents moyens en Infrastructures de Recherche labellisées, afin de rationaliser leurs capacités et leurs offres de service, et les rendre visibles et éligibles à des financements nationaux et européens.

### **Faire connaître les moyens d'essais, de traitement de la donnée ou aéroportés dans l'écosystème du spatial**

#### **2.1. LES MOYENS D'ESSAIS EXPÉRIMENTAUX**

La préparation et le développement de segments spatiaux nécessitent des moyens d'intégration, de tests, de caractérisation, d'étalonnage et de qualification aux environnements. Dans le domaine des Sciences de l'Univers, pour lequel les laboratoires interviennent en maîtrise d'œuvre d'instruments ou de sous-systèmes instrumentaux, la possession et l'opération en propre d'infrastructures d'essais, souvent spécifiques, sont indispensables.

Depuis 2019, le groupement d'intérêt scientifique Paradise (plateforme pour les activités de recherche appliquées et de développement en instrumentation sol et espace) rassemble les plateformes d'essais de plusieurs laboratoires nationaux. Les moyens rassemblent des salles blanches, pots vibrants, métrologie mécanique, cuves thermiques, étuves cryostats, plateforme de fabrication de composants optiques, moyens de tests de compatibilité électromagnétique, moyens d'irradiations X, UV, mur d'images, etc.

Infrastructure de recherche depuis 2022, Paradise a défini un mode de fonctionnement homogène entre les différentes plateformes, partage les bonnes pratiques et formations, rationalise les moyens nécessaires aux activités d'assemblage, d'intégration et tests des projets scientifiques et de R&T, coordonne les jouvences et les développements des capacités de tests au sein des plateformes. L'effort commun pour définir des modèles économiques des plateformes permet d'accéder à des crédits d'investissements nationaux et européens, et de proposer des prestations à l'industrie, ce

qui peut permettre d'alléger les coûts de fonctionnement (entre 50 et 100 prestations par an). Paradise constitue de fait un forum de discussions, également avec le Cnes, pour orienter les positionnements des laboratoires dans les phases amont des projets, et le cas échéant la prise en compte de nouveaux moyens d'essais.

L'existence de ces moyens est indispensable pour la préparation et le développement des projets du domaine et il est fondamental de permettre leur maintien et leur évolution en fonction des nouveaux besoins. Ceci passe bien sûr par des capacités financières, identifiées à ce jour, mais aussi par des ressources humaines de haute qualification à formation longue, et nécessairement pérennes. La disponibilité de cette ressource humaine cœur de métier, en volume suffisant, est un des défis actuels des plateformes de Paradise, même si des efforts sont faits pour trouver des schémas qui intègrent des ressources humaines industrielles complémentaires.

Au-delà de ces moyens spécifiques aux ONRs, l'écosystème spatial français ne paraît pas manquer de capacités de tests de performances ou de qualification à l'environnement spatial, que ce soit dans l'industrie ou dans les organismes. Un effort de présentation et d'ouverture des plateformes de la recherche publique auprès des acteurs privés du spatial contribuerait à les faire évoluer au meilleur niveau tout en fournissant à ces acteurs l'accès à des moyens de test.

## **Soutenir le recrutement sur les métiers de RH développement et opération des plateformes**

### **2.2. LES PÔLES DE DONNÉES**

Les pôles de données et de services représentent un moyen de faciliter l'accès aux données en permettant notamment le référencement, l'analyse et la distribution de ces données tout en proposant des services d'accompagnement aux chercheurs. En Sciences de l'Univers, on peut citer l'Infrastructure de Recherche CDS (Centre de Données de Strasbourg) pour l'astronomie, MEDOC et CDPP pour le Soleil et les plasmas, et les pôles (à l'étude) Surfaces Planétaires et Petits Corps. En Observation de la Terre, l'infrastructure de recherche Data Terra coordonne les différents pôles thématiques.

Le développement et maintien de ces pôles, souvent plateformes multi-centres et multi-labos interconnectées, nécessitent une expertise scientifique au croisement des données et profils développeurs, une expertise de plus en plus difficile à attirer. Les besoins en capacités de stockage et d'usages y sont croissants notamment avec le volume des données des missions futures et l'arrivée de l'IA, qui vont nécessiter des reprises d'architecture pour le passage CPU / GPU, et dans un contexte de respect du critère environnemental.

Pour Data Terra, le mode de financement ne permet pas actuellement une visibilité pluriannuelle, ce qui réduit les capacités d'anticipation pour répondre aux objectifs de demain. La question de la valorisation économique des investissements de cette infrastructure doit être résolue afin de permettre à ces outils de la recherche publique de répondre à la fois aux enjeux sociétaux tout en préservant son modèle de développement, gage de son indépendance essentielle pour préserver la qualité des outils qu'elle propose et leur exemplarité.

## **Pour Data Terra, offrir une visibilité pluri-annuelle sur les moyens financiers, une dotation socle et des capacités de valorisation économique préservant son indépendance.**

Notons également l'importance de renforcer le rôle des Services Nationaux d'Observation comme acteurs principaux pour la calibration/valorisation des données, en leur permettant de bénéficier des financements du spatial. Les pôles de données et les infrastructures de recherche ont aussi un rôle

pour créer plus de synergie thématique pour mieux insérer le spatial dans les moyens d'observation disponibles.

## **2.3. IN'AIR : BALLONS ET AVIONS**

IN'AIR est l'Infrastructure Nationale des Aéronefs Instrumentés pour la Recherche, qui rassemble désormais les avions (Safire) et les ballons (Cnes). C'est une infrastructure nouvelle. Les principaux enjeux pour IN'AIR concernent la consolidation de sa gouvernance et de son ambition (moyens financiers et humains en adéquation), une homogénéisation de l'accès à ses moyens et aux données indépendamment des vecteurs concernés (avions, ballons), le renouvellement du jet (projet Anvole), qui permet de voler très haut, avec une grande autonomie de vol et une capacité importante d'emport d'équipements, l'extension de l'offre aux gros drones et le renouvellement à venir de l'Avion de Transport Régional (ATR). Compte tenu des difficultés rencontrées pour le renouvellement du jet, celle de l'ATR est à anticiper.



**IN'AIR : un outil stratégique pour l'EOT  
Faire un retour d'expérience du projet ANVOLE pour anticiper le futur renouvellement de  
l'ATR**

## **3. RESSOURCES FINANCIÈRES**

Globalement, le spatial voit ses budgets en croissance en Europe, en France, et dans le monde. Le Cnes et l'Esa fournissent les sources de financements principales pour les programmes scientifiques en préparation (accompagnement scientifique, R&D), développement et exploitation. Ces sources peuvent être complétées par des activités à l'UE (Horizon Europe), nationales (France2030, PEPR, Equipex), régionales, et bien sûr au sein des organismes de recherche. L'exploitation des données de missions spatiales reste un parent pauvre, notamment depuis la baisse drastique du soutien de l'Europe à ces activités.

### **3.1. BUDGET CNES**

Côté SUE, et malgré une forte alerte fin 2022, les budgets Cnes ont été globalement stables sur la période et ont permis d'engager les priorités scientifiques issues de 2019 prêtes à l'être sur le plan programmatique, ainsi que d'assurer les exploitations.

Côté EOT, des abondements budgétaires ont permis de travailler à l'engagement de nouveaux projets bilatéraux (AOS, C3IEL).

Pour les deux domaines, les prévisions budgétaires devraient permettre des ouvertures pour les sujets identifiés.



**Maintenir la capacité du PMT Cnes à permettre les engagements des priorités du SPS24 –  
Présentation régulière en CPS du PMT et des marges de manœuvre.**

### **3.2. BUDGET ESA**

Côté SPC (programme scientifique obligatoire), le budget (voté à l'unanimité des Etats Membres) qui a été confirmé à la CMIN22, est constant, simplement corrigé de l'inflation. Le programme est tendu budgétairement, notamment par rapport aux missions L (**Lisa**, **Athena**) concomitantes, et ne permet de concrétiser la prochaine mission de taille moyenne M7 qu'à l'horizon 2037. Des

ouvertures existent cependant pour des collaborations sur les futures missions flagships de la Nasa et autres coopérations.

**Œuvrer pour une augmentation du budget Science, anticiper l'impact des divers aléas (notamment sur les deux missions L), et partager avec la communauté sur les priorités à défendre.**

Côté programme optionnel PB-HME (vols habités, microgravité et exploration), le budget souscrit à la CMIN22 est en augmentation de 50 % par rapport à la période précédente, notamment pour permettre la poursuite des activités sur Exomars et Mars Sample Return, ainsi que les activités en vol habité. Cependant, le budget souscrit pour la partie scientifique dans le cadre SciSpace est en retrait important par rapport au besoin identifié par la communauté scientifique.

Côté programme optionnel PB-EO (observation de la Terre), le budget souscrit par la France est en forte augmentation, ce qui permet en particulier de satisfaire de fortes priorités de la communauté française sur le programme Future EO (Earth Observation) et sur la mission AEOLUS 2.

**Promouvoir les activités SciSpace (expériences dans l'ISS) parmi les Etats Membres**

### **3.3. LES AUTRES GUICHETS**

A l'Europe, la proportion de financement réservée à la recherche scientifique spatiale n'a cessé de reculer au fil des ans, entre FP7 (20% et 140 M€), H2020 (11% et 107 M€) et maintenant Horizon Europe (1% et 15 M€ hors programme Copernicus). L'UE concentre de plus en plus ses moyens en soutien à la compétitivité industrielle, privilégiant de fait des activités à plutôt haute maturité technologique. Les activités spatiales scientifiques auraient cependant besoin, comme par le passé, d'investissements lourds de démonstrateurs technologiques ou de soutien dans le domaine de l'analyse de données et de l'exploitation.

Le programme France2030, très orienté service et nouveaux entrants, n'a pas été une opportunité de fédérer le monde de la recherche avec celui des applications (2% des financements vers des acteurs recherche au lieu des 10 % pré-identifiés), France2030 se focalisant sur les développements à partir de technologies de haut TRL, et sur la valorisation économique rapide, deux critères difficilement compatibles avec les missions des organismes de recherche publique.

Heureusement, les appels à idées ANR et les PEPR représentent toujours des vecteurs de soutien essentiels pour la communauté scientifique, en permettant des investissements dans des programmes ambitieux et pluridisciplinaires. Un cadre à privilégier.

Malgré tout, force est de constater que ces différents budgets sont de plus en plus morcelés, et manquent de pérennité et de stabilité sur le long terme (la recherche fondamentale travaillant sur des échelles de temps longues).

**Influencer l'UE sur la définition de ses programmes cadres au profit de la recherche spatiale.**

**Promouvoir à l'ANR des budgets dédiés à l'exploitation scientifique.**

## **4. EN GUISE DE SYNTHÈSE**

***La science spatiale est en danger.***

Les RH techniques sont en décroissance régulière depuis plusieurs années dans les laboratoires, avec une pyramide des âges vieillissante et une problématique nouvelle de manque d'attractivité. La tension sur les RH Cnes est également palpable.

Dans ce contexte, des criticités sont notamment identifiées en instrumentation et en traitement de la donnée, par rapport à des ambitions en croissance, ainsi que sur la Cal/Val. De fortes inquiétudes sont notables vis-à-vis de la préparation du futur, et dans le développement de projets pour le domaine SUE.

Il faut inverser cette tendance avec une nécessité impérieuse de former, recruter et stabiliser ces métiers critiques, pour au minimum rester au niveau d'excellence scientifique et technique reconnu à l'international, et qui permettra à la communauté de préserver son rôle de premier plan dans les futures missions.

Plus que jamais, il convient de s'appuyer sur les forces actuelles, l'excellence scientifique bien sûr, l'expérience dans les filières instrumentales, les infrastructures de recherche, l'industrie française et le trio ONR-Universités -Cnes.

### **La coordination ONR- Universités-Cnes au cœur de la science spatiale**

La coordination ONR- Universités-Cnes est fondamentale et mérite de plus en plus d'attention, pour la mise en œuvre des priorités scientifiques, dans l'échange sur les compétences des uns et des autres, dans la préparation du futur (R&T, phase 0), et sur les projets. La concertation en amont est particulièrement cruciale dans les montages de projet SUE, dans un contexte RH plus difficile pour les laboratoires qui affaiblit leur capacité à assumer un rôle de maîtrise d'œuvre d'une contribution substantielle. Cette concertation dans le montage de projets s'exerce notamment via les Comité Inter-Organismes de projets, qui rassemble les Directeurs de laboratoires concernés et leurs Tutelles : elle permet de consolider l'activité, l'organisation avec les RHs disponibles, les ressources financières nécessaires et d'identifier les actions à mener.

La prise en charge par le Cnes de maîtrise d'œuvre devra être étudiée au cas par cas, dans un montage laboratoires/Cnes/industrie, et en adaptant le périmètre de contribution accessible.

**La recherche spatiale française est extrêmement bien reconnue internationalement, faisons-en sorte que cela perdure.**

## Synthèse des recommandations

Catégorie	N°	
Ressources Humaines	RH1	Une population de chercheurs vieillissante Préserver le potentiel et le dynamisme français en anticipant les départs et renforcer l'implication des personnels universitaires
	RH2	Maintenir et renforcer le personnel d'IT et de chercheurs dans les laboratoires : - Faire des priorités de recrutement sur les métiers de l'instrumentation et les enjeux nouveaux sur l'algorithmie scientifique (également valoriser le métier et les carrières des 'instrument scientist') ; - Rendre les salaires proposés plus attractifs pour ces filières.
	RH3	Attirer des expertises au sein des établissements publics : - Inciter les laboratoires et le CNES à définir des sujets inter-instituts/inter-organismes qui pourraient être à l'origine d'appels à projets de la MITI (autour de la filière instrumentale, du traitement de la donnée, de jumeaux numériques, etc.) ; - Encourager les actions inter-instituts/inter-organismes à travers les AOs CNES (APR, R&T, bourses doctorales et post-doctorales).
	RH4	Relancer les accords cadre de délégation de tâches auprès des services marchés du CNRS et permettre des embauches longues à travers des CDI de mission/projet/métier.
	RH5	Rendre plus efficiente la relation à l'industrie : - Développer des outils communs (base de données, réseau de métiers, etc) à tous les laboratoires (et organismes) travaillant dans le spatial pour rationaliser l'accès à un ensemble d'industries spécialisées ; - Mettre en place des forums de discussion ONR/Cnes/industrie, à travers des workshops thématiques (ex : Workshop Hydrologie 2024).
	RH6	Soutenir les thèses expérimentales, notamment en environnant mieux celle-ci, en valorisant pour les encadrants ce type de thèses et par la mise en place de fonds de réserve pour une éventuelle prolongation ; Promouvoir auprès des Ministères le passage de thèse sur 4 ans (financement et au niveau du cycle universitaire).
Infrastructures	IR1	Faire connaître les moyens d'essais, de traitement de la donnée ou aéroportés dans l'écosystème du spatial
	IR2	Soutenir le recrutement sur les métiers de RH développement et opération des plateformes
	IR3	Pour Data Terra, offrir une visibilité pluri-annuelle sur les moyens financiers, une dotation socle et des capacités de valorisation économique préservant son indépendance.
	IR4	IN'AIR : un outil stratégique pour l'EOT : Faire un retour d'expérience du projet ANVOLE pour anticiper le futur renouvellement de l'ATR
Ressources Financières	RF1	Maintenir la capacité du PMT Cnes à permettre les engagements des priorités du SPS24 : Présentation régulière en CPS du PMT et des marges de manoeuvre
	RF2	Œuvrer pour une augmentation du budget Science, anticiper l'impact des divers aléas (notamment sur les deux missions L), et partager avec la communauté sur les priorités à défendre.
	RF3	Promouvoir les activités SciSpacE (expériences dans l'ISS) parmi les Etats Membres.
	RF4	Influencer l'UE sur la définition de ses programmes cadres au profit de la recherche spatiale. Promouvoir à l'ANR des budgets dédiés à l'exploitation scientifique..

## Liste des Acronymes

AA	Astronomie et Astrophysique
ANR	Agence Nationale de la Recherche
ANVOLE	projet d'acquisition d'un jet
AEOLUS-2	ESA wind mission
AOS	Atmosphere Observing System
APR	Appel à Projets Recherche
ATR	Avion de Transport Régional
BAP	Branche d'Activité Professionnelle
BIOSPACE	
Cal/Val	Calibration et Valorisation
CDD	Contrat à Durée Déterminée
CDI	Contrat à Durée Indéterminée
CDPP	Centre de Données de Physique des Plasmas
CPU	Unité Centrale de Traitement
CDS	Centre de Données de Strasbourg
CEA	Centre d'Etudes Atomiques
C3IEL	Cluster for Cloud evolution, Climate and Lightning
CMA	Compétences et Métiers d'Avenir
CMIN22	Council Meeting at Ministerial Level 2022
CNES	Centre National d'Etudes Spatiales
CNRS	Central National de Recherche Scientifique
CPS	Comité des Programmes Scientifiques
COMETES	
EOT	Etude et Observation de la Terre
ETP	Equivalent Temps Plein
ESA	European Space Agency
FP7	Programme-cadre pour 2007-2013 de l'Union européenne, pour la recherche et le développement
GIFAS	Groupement des industries Françaises Aéronautiques et Spatiales
GPU	Graphics Processing Unit
H2020	Programme de financement de la recherche et de l'innovation de l'Union européenne pour la période 2014-2020
IA	Intelligence Artificielle
IN AIR	Infrastructure Nationale des Aéronefs Instrumentés pour la Recherche,
IN2P3	Institut national de physique nucléaire et de physique des particules
INRIA	Institut national de recherche en sciences et technologies du numérique
INSU	Institut National des Sciences de l'Univers
IT	Ingénieur et Technicien
JAXA	Japan Aerospace Exploration Agency
MEDOC	Multi Experiment Data and Operation Center
MITI	Mission pour les initiatives transverses et interdisciplinaires
NASA	The National Aeronautics and Space Administration
ONERA	Office national d'études et de recherches aérospatiales
ONR	Organismes nationaux de recherche
OA	Océan Atmosphère
PARADISE	Plateforme pour les activités de recherche appliquées et de développement en instrumentation sol et espace
PB-EO	Programme Board for Earth Observation
PB-HME	Programme Board for Human Spaceflight, Microgravity and Exploration
PEPR	Programmes et Equipements Prioritaires de Recherche
PMT	Plan à Moyen Terme
RH	Ressources Humaines

R&D	Recherche et Développement
R&T	Recherche et Technologie
SciSpace	Science in the Space Environment
SIC	Surfaces et Interfaces Continentales
SPS	Séminaire de Prospective du Spatiale
SPC	ESA Science Programme Committee
SUE	Sciences de l'Univers et Exploration
TRL	Technology Readiness Level
TS	Terre Solide
UE	Union Européenne
UMR	Unité Mixte de Recherche