LE GOUVERNEMENT
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
Ministère de l'Économie

LUXEMBOURG
SPACE AGENCY

PLAN D'ACTION NATIONAL
2020 - 2024

SCIENCES ET TECHNOLOGIES SPATIALES

© Ministère de l'Économie, Luxembourg, 2020

Cette publication ne peut être reproduite, en tout ou en partie, sans l'autorisation préalable du Ministère de l'Économie.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION 5

ACCOMPLISSEMENTS DEPUIS 2016 7

PROGRAMMES DE L'ESA 10
Programmes d'infrastructure 10
Programme de soutien au développement technologique 12

PROGRAMME NATIONAL 13

LE DÉVELOPPEMENT DES COMPÉTENCES 15

VOLET JURIDIQUE 19

COOPÉRATIONS INTERNATIONALES 19

PROMOTION ET COMMUNICATION 21

DÉVELOPPEMENT DU SECTEUR DEPUIS 2016 25

ANALYSE D'IMPACT 30

PROPOSITIONS POUR LE FUTUR 34

ACTIVITÉS PROPOSÉES AU SEIN DE L'ESA 35
Science et Exploration 36
Sûreté et Sécurité 38
Applications 40
Activités habilitantes et de soutien 45

PROGRAMME NATIONAL LUXIMPULSE 46

ACTIVITÉS DANS LE DOMAINE DE L'ÉDUCATION 47

ACTIVITÉS DE PROMOTION ET DE COMMUNICATION 48

VISION DES INDUSTRIELS DU SECTEUR 49

RÉCAPITULATIF 50

GLOSSAIRE 52

ANNEXE 54

DESCRIPTION DES PROGRAMMES DE L'ESA 55

INTRODUCTION

Le Plan d'action national en matière de sciences et technologies spatiales trouve son origine en 2005 lorsque le Luxembourg est devenu État Membre de l'Agence spatiale européenne (ESA). Dès l'adhésion à l'ESA, une stratégie a été élaborée et sa première version officielle a été soumise au Gouvernement au travers d'un plan d'action en 2008.

Le plan d'action a été révisé en 2012 et en 2016, dans le cadre de la préparation des Conseils ministériels de l'ESA à Naples et à Lucerne. La nécessité de prendre de nouveaux engagements au sein de l'ESA pour assurer la continuité de la mise en œuvre de la politique de développement de ce secteur a motivé les nouvelles révisions du Plan d'action national.

Les objectifs stratégiques tels qu'énoncés à l'origine restent inchangés :

- contribuer à la diversification et à la pérennisation des activités économiques au Luxembourg par une démarche proactive,
- consolider et mettre en valeur les compétences existantes dans les services des médias et communications par satellite,
- contribuer à renforcer la position compétitive des entreprises et des organisations de recherche publique dans le secteur spatial, et enfin,
- développer les compétences dans le secteur et amplifier l'intégration des acteurs luxembourgeois dans les réseaux internationaux.

De plus, depuis 2016, dans le cadre de l'initiative SpaceResources.lu, une stratégie nationale a été élaborée et implémentée au sein du Ministère de l'Économie. Il est important de noter que ce Plan d'action national en matière de sciences et technologies spatiales ne couvre que les activités liées à l'initiative SpaceResources.lu qui sont mises en œuvre dans le cadre de l'ESA, que ce soit les programmes de l'ESA ou du programme national LuxIMPULSE. Toutes les autres activités seront menées dans le cadre des missions de l'Agence spatiale luxembourgeoise. L'Agence fait aujourd'hui partie intégrante du ministère de l'Économie, mais a vocation à évoluer vers une entité légale, tel que le mentionne le dernier programme gouvernemental.

Plusieurs événements importants se sont déroulés depuis la dernière version du plan d'action en 2016.

Tout d'abord, la création de l'Agence spatiale luxembourgeoise en septembre 2018. Ses missions sont en ligne avec la politique spatiale décrite précédemment, avec pour principal objectif de développer l'écosystème spatial luxembourgeois afin de contribuer à la diversification économique du pays.

Ensuite, le changement de la présidence ministérielle de l'ESA. À l'occasion du Conseil ministériel de Séville les 27 et 28 novembre 2019, une co-présidence franco-portugaise a été élue pour les 3 prochaines années.

Enfin, la préparation du prochain cadre financier pluriannuel de l'Union européenne a débouché sur un premier accord partiel pour la mise en œuvre d'un programme spatial de l'Union européenne. Les programmes GNSS et Copernicus restent les composantes phares du programme et ils seront complétés par deux nouvelles composantes : la surveillance de l'espace et les communications sécurisées (EU GovSatCom). Le budget total envisagé s'élève à quelques 16 milliards €. Le rôle de l'Union européenne dans le domaine spatial est croissant et une implication luxembourgeoise dans ces initiatives promet d'apporter de nouvelles opportunités aux entreprises luxembourgeoises à l'avenir.

ACCOMPLISSEMENTS DEPUIS 2016

Le dernier Conseil de l'ESA au niveau ministériel à l'occasion duquel le Luxembourg a effectué de nouvelles contributions financières aux programmes de l'ESA s'est déroulé en novembre 2016 à Lucerne. Au total, le Luxembourg a souscrit aux programmes obligatoires et facultatifs proposés à l'époque à hauteur de 123.5 M€. Le Luxembourg a également prévu 115 M€ pour le programme national LuxIMPULSE implémenté via l'ESA.

Les délibérations de Lucerne n'ont malheureusement pas conduit à un démarrage du programme AIM (Asteroid Impact Mission), les moyens financiers nécessaires faisant défaut. En conséquence, la contribution luxembourgeoise à ce programme prévue à hauteur de 15 M€ n'a pas pu être utilisée.

De manière générale, les moyens financiers investis dans les programmes de l'ESA ont permis de soutenir des projets de recherche et développement de nouvelles technologies, de nouveaux services ou applications, ou encore de développer des produits et composantes de futures infrastructures spatiales. Plusieurs exemples sont fournis dans la suite du document.

En ce qui concerne l'initiative SpaceResources.lu que le Ministre Étienne Schneider a annoncée le 3 février 2016, différentes actions ont été entreprises sur le plan politique et juridique et règlementaire, sur le plan de la recherche publique et de l'enseignement supérieur, ainsi que sur le plan économique et financier.

La stratégie de SpaceResources.lu s'articule autour des cinq piliers suivants

1
Garantir le soutien politique national et promouvoir la coopération internationale

2
Mettre en place un cadre juridique et règlementaire attractif

3
Promouvoir le développement à long terme en soutenant la recherche publique et l'éducation

4
Offrir un soutien dédié aux activités de recherche & développement privées

5
Se doter d'instruments de financement à long terme adaptés aux besoins des entreprises privées

RÉSULTATS **sur 4 années**

Les résultats les plus visibles de ces quatre dernières années sont :

- la mise en place d'un « Advisory Board on space resources »;
- la tenue de plusieurs conférences spécialisées au Luxembourg (p.ex. le « Space Mining Summit »);
- la signature d'une multitude d'accords avec d'autres pays;
- la signature d'accords avec des organisations mondialement reconnues comme l'ESA, la NASA, le DLR, ou encore la BEI;
- l'adoption de la loi sur l'exploration et l'utilisation des ressources de l'espace;
- la participation active au « The Hague International Space Resources Governance Working Group » ainsi qu'au Comité des Utilisations Pacifiques de l'Espace Extra-Atmosphérique aux Nations Unies;
- le lancement d'un « Interdisciplinary Space Master » à l'Université du Luxembourg, comprenant également des cours liés aux ressources spatiales;
- la signature d'accords avec une multitude d'entreprises prévoyant le développement d'activités économiques au Luxembourg;
- le démarrage de projets de recherche et de développements avec des entreprises et des laboratoires de recherche publics.

Pour rappel, l'objectif de cette initiative est de promouvoir l'exploration et les utulisations pacifiques et durables des ressources spatiales. L'initiative vise la mise en place d'un écosystème complet pour le développement d'activités économiques privées dans le domaine de l'utilisation des ressources spatiales.

En quelques années, le Grand-Duché de Luxembourg est ainsi devenu un acteur mondialement connu et reconnu pour son ambition liée à l'utilisation des ressources spatiales.

Depuis le lancement de l'Agence spatiale luxembourgeoise, la plupart des actions prévues dans le cadre de SpaceResources.lu ont été implémentées par l'Agence, étant donné que ces actions ne visent pas uniquement les ressources spatiales, mais le secteur spatial en général.

L'initiative SpaceResources.lu reste néanmoins une initiative phare de l'Agence et il est prévu d'implémenter des actions spécifiques au développement des ressources spatiales. Les projets de recherche et de développement avec des entreprises et des laboratoires de recherche publics continueront à être soutenus.

Afin de renforcer le positionnement du Luxembourg dans ce domaine, il est également prévu de lancer un « Centre d'Innovation Européen pour les Ressources Spatiales » en partenariat avec l'ESA.

Ce centre sera dédié aux activités suivantes :

- Recherche et développement en lien avec les ressources spatiales
- Mise à disposition d'installations d'essais dédiées
- Conseil aux entreprises et incubation
- Gestion des connaissances
- Gestion de la communauté et organisation d'évènements spécialisés

Le centre permettra donc également de poursuivre certaines activités prévues dans le cadre de l'initiative SpaceResources.lu, leur ajoutant une dimension géographique plus importante avec un élargissement au niveau européen et même mondial. Des partenaires supplémentaires pourront rejoindre le centre durant les prochaines années.

Il est important de noter qu'une partie seulement des activités mentionnées ci-avant ont été mises en œuvre au travers de l'ESA. À l'instar de ce qui a été fait dans le passé, ce Plan d'action national en matière de sciences et technologies spatiales ne couvre que les activités liées à l'initiative SpaceResources.lu qui sont mises en œuvre dans le cadre de l'ESA, que ce soit les programmes de l'ESA ou le programme national LuxIMPULSE.

Le chapitre suivant décrit quelques projets afin d'illustrer les différents types d'activités qui ont été menées ces dernières années et également confirmer l'impact et les nouvelles opportunités qu'une participation aux programmes de l'ESA ont pu apporter à l'ensemble de la communauté du secteur spatial luxembourgeois.

Signature Centre d'Innovation Européen pour les Ressources Spatiales

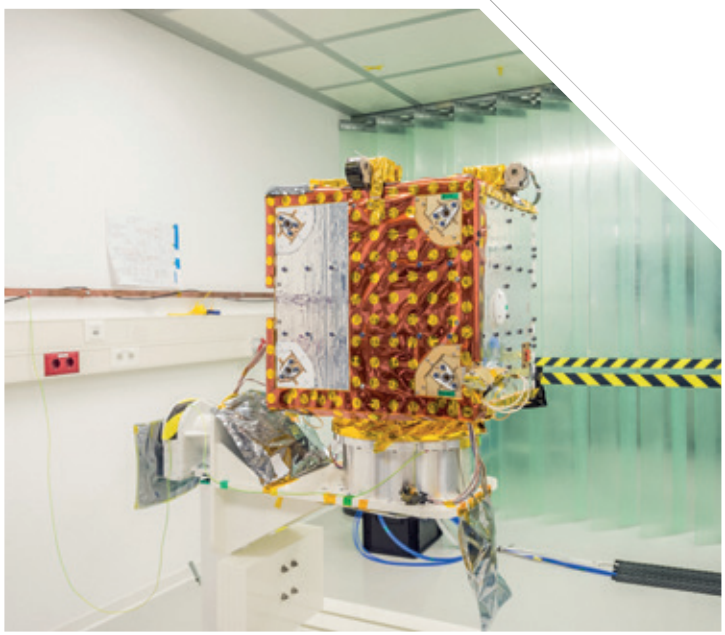
PROGRAMMES DE L'ESA

PROGRAMMES D'INFRASTRUCTURE

SAT-AIS (E-SAIL)

Dans ce programme phare du Luxembourg depuis 2012, LuxSpace – l'intégrateur de microsatellites luxembourgeois - et exactEarth – un fournisseur canadien de services AIS (Automated Identification System) – se sont associés pour développer un microsatellite (E-SAIL), ayant pour but d'identifier et de suivre les navires dans le monde entier. Le satellite offre des performances de détection bien plus élevées que ses prédécesseurs. Il est maintenant prêt à être livré et le lancement sur le lanceur Vega est prévu pour début 2020. Ce sera le plus gros satellite « Made in Luxembourg » dans l'espace.

Microsatellite de surveillance maritime, ESAIL - LuxSpace



Govsatcom Precursor a été un élément déterminant supplémentaire dans la stratégie de positionnement du Luxembourg sur les télécommunications gouvernementales. Ce projet impliquant SES mais également LuxGovSat a permis de développer un système innovant pour la mise en commun et le partage de systèmes et de services de communications par satellite sécurisées. Par ailleurs, SES offre aux utilisateurs institutionnels et commerciaux des possibilités de démonstrations de services sécurisés. À ce titre, SES réalisera des activités pré-opérationnelles des nouvelles fonctionnalités et des installations sécurisées. La fin du projet est prévue pour Juin 2020. Il permettra à SES et LuxGovSat d'offrir des capacités de communication sécurisées ainsi que des services dans le cadre du futur programme EU GOVSATCOM de l'Union européenne.

ScyLight (QUARTZ)

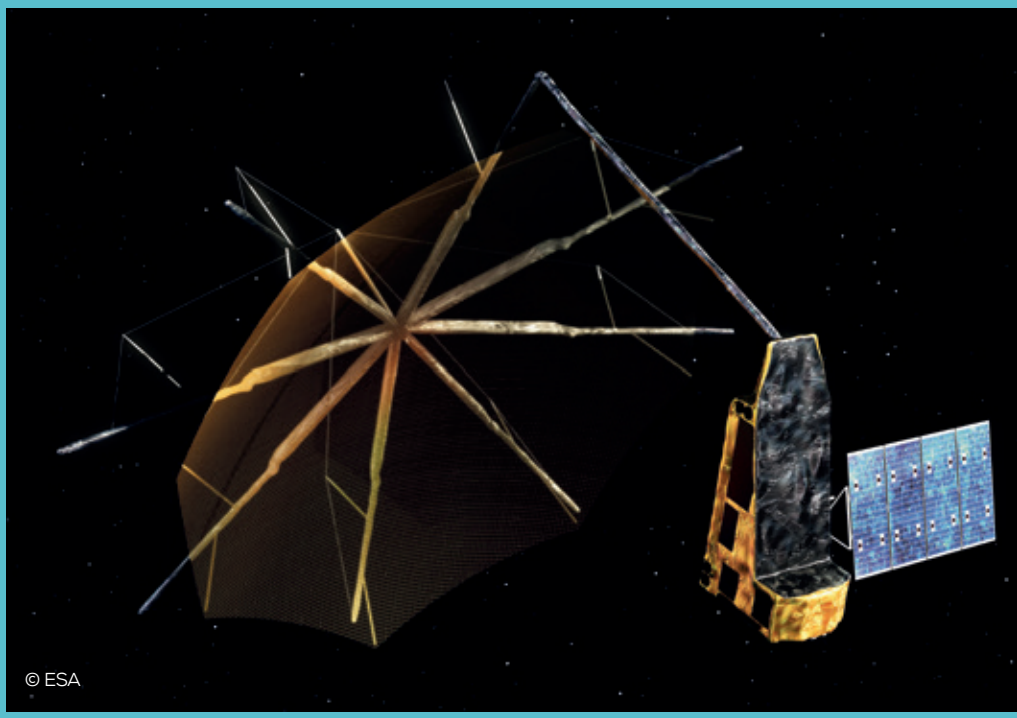
ScyLight (QUARTZ)

L'ESA et le consortium dirigé par SES sont en train d'élaborer un système qui permettra la production de clefs cryptographiques dans l'espace, ainsi que leur transmission sécurisée par transfert laser aux utilisateurs sur Terre. QUARTZ est l'exemple parfait d'une collaboration entre les travaux de recherche scientifique et les exigences du secteur privé, avec le soutien du programme ScyLight, pour mettre au point de futures applications. La revue préliminaire de conception a été finalisée. La fin du projet (incluant la démonstration) est prévue pour Juin 2021. Ce projet permettra à SES d'offrir des capacités de cryptographie dans le cadre du programme Quantum Communication Infrastructure (QCI) de l'Union européenne.

© ESA

EOEP - BIOMASS

Sélectionnée comme septième mission d'exploration de la Terre par l'ESA en mai 2013, la mission Biomass fournira des informations cruciales sur l'état de nos forêts et leur évolution. Les données serviront à approfondir nos connaissances sur le rôle que jouent les forêts dans le cycle du carbone. Un consortium européen ayant une grande expérience a été constitué, au sein duquel, la société luxembourgeoise HITEC Luxembourg est impliquée dans le développement et l'étalonnage des transpondeurs in-situ.


© ESA

Small Geostationary Satellite (SGEO)

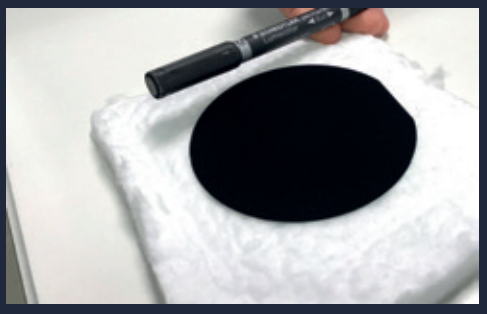
SGEO est le programme de l'ESA visant à développer la nouvelle génération de petites plates-formes pour les satellites de télécommunications en orbite géostationnaire. SGEO a été lancé avec succès en janvier 2017 et la société LuxSpace a été impliquée dans le consortium pour concevoir le sous-système embarqué de communication (TT&R) et pour développer le simulateur de mission. Fort de ces deux réalisations, LuxSpace a pu signer récemment deux contrats commerciaux liés à deux projets de satellites allemands.

© ESA

PROGRAMME DE SOUTIEN AU DÉVELOPPEMENT TECHNOLOGIQUE

Blackcoating

Le département matériaux du Luxembourg Institute of Science and Technology (LIST) travaille sur le développement d'un « blackcoat ». Il s'agit d'un revêtement qui a entre autres la propriété d'absorber totalement la lumière et ainsi d'éviter des réverbérations parasites. Une des applications principales sera les télescopes, afin d'en améliorer la netteté des images. Comparé aux technologies existantes, celle du LIST permet d'appliquer ce « coating » sur des surfaces aussi incurvées que des pas de vis. La technologie a été démontrée avec succès aux travers du programme GSTP de l'ESA. La prochaine étape sera l'industrialisation. L'un des partenaires et sans doute futur client est l'un des grands acteurs du spatial ; Thales Alenia Space.



PROGRAMME NATIONAL

Depuis 2009, le Luxembourg a conclu un accord avec l'ESA pour que cette dernière assure la gestion technique et contractuelle du programme LuxIMPULSE dont l'objectif est de développer des technologies, de réaliser des études de marché et d'analyser de nouveaux concepts. Cette étape est importante pour préparer dans un cadre national les acteurs luxembourgeois à la compétition internationale.

Le programme LuxIMPULSE a également été un instrument très utile pour mettre en place des coopérations avec les grands maîtres d'œuvre européens. En particulier, les projets réalisés avec Thales Alenia Space ont permis de positionner Euro-Composites, GRADEL et HITEC Luxembourg en tant que futurs fournisseurs.

Les paragraphes suivants décrivent quelques projets phares réalisés avec des entreprises luxembourgeoises.

Earthlab Luxembourg – Plateforme Max-ICS

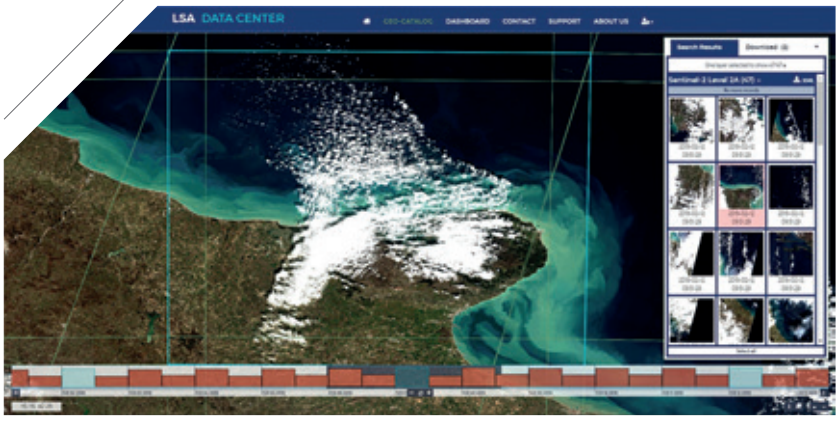
La société Earthlab Luxembourg visait initialement à établir un portefeuille de services, basés entre autres sur des données spatiales d'observation de la Terre, pour le marché des assurances (gestion des risques naturels et industriels). Grâce au support du programme national, non seulement cet objectif a été atteint, mais de nouvelles compétences (et donc de futurs services) ont été acquises notamment en matière de techniques d'intelligence artificielle.

Max-ICS
by EarthLab Luxembourg

LSA Data Center

Le centre de données (LSA Data Center) est un élément clé de la de l'agence spatiale luxembourgeoise, visant à faciliter l'accès aux données spatiales Copernicus. Développé dans le cadre du programme national par un consortium luxembourgeois sous la maîtrise d'œuvre de la société adwaïsEO, il offre un accès fiable et rapide à certains flux de données acquises par les satellites Sentinel du programme européen d'observation de la Terre. Le centre a récemment été mis en service et a suscité un vif intérêt de la part des acteurs tant institutionnels que commerciaux. Il va notamment permettre aux administrations luxembourgeoises de remplir leurs obligations vis-à-vis des réglementations européennes telle que la Politique Agricole Commune.

LSA
DATA CENTER



KLEOS Space

Kleos Space est une société active dans les services de géolocalisation qui développe une infrastructure spatiale pour les applications de géo-intelligence. Les développements actuels sont liés au projet de fabrication dans l'espace de matériaux composites équipés d'antennes. Kleos Space collabore avec EmTronix, une société luxembourgeoise spécialisée dans le développement de l'électronique, ainsi qu'avec l'Institut luxembourgeois de la Science et de la Technologie (LIST) sur ce sujet. Le projet est en cours de réalisation et les premiers résultats sont encourageants pour de futures activités institutionnelles et commerciales. Le lancement de leur premier satellite se fera dans le premier trimestre 2020.

KLEOS Space

© Kleos Space

LE DÉVELOPPEMENT DES COMPÉTENCES

L'un des piliers de la stratégie de développement du secteur spatial et en particulier de l'initiative SpaceResources.lu est le développement des compétences de la main d'œuvre actuelle et future. Ce développement nécessite également la promotion des carrières techniques et scientifiques auprès de la future génération d'étudiants, aussi bien au niveau primaire et secondaire, qu'au niveau universitaire et post-universitaire. L'éducation constitue un investissement nécessaire et indiscutable pour la compétitivité de l'industrie et le développement de la future main-d'œuvre dont le Luxembourg a besoin pour mettre en œuvre sa stratégie spatiale.

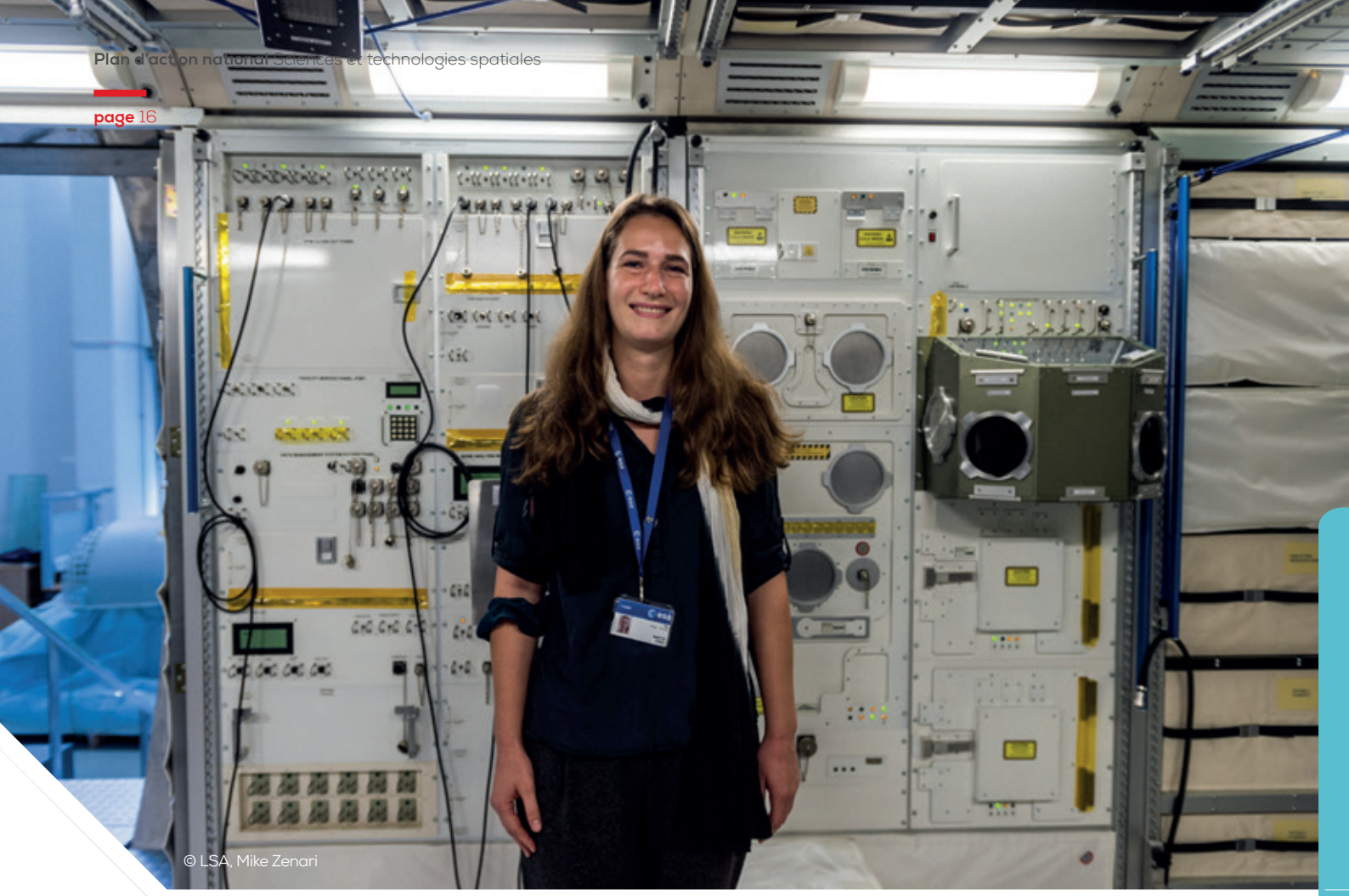
C'est pourquoi, le Luxembourg a annoncé en juin 2018 la création d'un **ESERO luxembourgeois (European Space Education Resources Office)**. Le Luxembourg Science Center assure le rôle de l'ESERO au Luxembourg et rejoint ainsi un réseau d'une vingtaine d'États membres de l'ESA déjà actifs en la matière.

L'initiative ESERO, projet éducatif phare de l'ESA à l'intention des écoles primaires et secondaires, vise l'enseignement scolaire formel dans les États membres. Il se sert du fort intérêt que suscite l'espace, ainsi que de la richesse de ce thème, pour donner un tour novateur à l'enseignement et à l'apprentissage des disciplines STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) dans le cadre des programmes scolaires.

Ce projet s'adresse aux enseignants des niveaux primaire et secondaire et développe ses activités autour de trois axes : les ressources pédagogiques, les projets scolaires et la formation d'enseignants. La promotion est basée sur la mise à disposition de contenus et d'activités qui s'inscrivent dans la démarche pédagogique des écoles et lycées. Le matériel pédagogique permet aux enseignants de rendre les cours STEM intéressants, interactifs et attrayants.

Depuis le lancement du projet, plus de 260 enseignants et 110 futurs enseignants de l'Université, ont pu bénéficier des cours basés sur des ressources pédagogiques en relation avec le domaine spatial. L'ESERO a aussi proposé de nombreuses ressources pédagogiques dont 16 ont été traduites en allemand et 15 en français. Ces ressources ont été présentées à la communauté des enseignants lors des formations.

En complément de l'initiative ESERO, la LSA soutient aussi la **Luxembourg Tech School (LTS)** qui est une initiative extrascolaire destinée aux étudiants âgés de 15 à 19 ans. Cette initiative lancée en 2016, est un projet collaboratif entre le SMC (Service des médias et des communications du Ministère d'État), le SCRIPT (Service de Coordination de la Recherche et de l'Innovation pédagogiques et technologiques), le centre de gestion informatique du SCRIPT (CGI) et la LSA. Les projets de la LTS sont proposés au Lycée Michel-Rodange, à Athénée de Luxembourg, au Lycée Aline Mayrisch, au Lycée des Arts et Métiers, à l'École européenne, au Lycée des Garçons à Esch, au Lycée Josy Barthel à Mamer et au Lycée Edward Steichen à Clervaux. L'initiative a pour objectif d'aider les élèves à perfectionner leurs idées et leurs compétences grâce à un apprentissage pratique qui est basé sur des projets dans les domaines des nouvelles technologies, du Big Data, de l'intelligence artificielle et de l'espace.



Marthe Faber, LuxYGT

Un module dédié de 12 semaines sur les ressources spatiales a été élaboré. Il comprend des thèmes allant des bases de l'exploration spatiale à la robotique, en passant par la planification de mission et la conception des engins spatiaux et de petit robot lunaire. Les élèves suivent une série de séances pratiques pour apprendre les bases de certaines technologies, afin d'appliquer plus tard ces connaissances sur un projet.

Au niveau universitaire, la LSA a signé en septembre 2018 un accord avec l'Université du Luxembourg afin de mettre en place un programme de master spécialisé, le **« Interdisciplinary Space Master » (ISM)**. Ce master a pour but de former des talents au Luxembourg et par ce biais de soutenir le développement du secteur spatial. Ce master scientifique enseigne les compétences techniques de base et celles actuellement requises par les entreprises spatiales luxembourgeoises, ainsi que des compétences économiques et entrepreneuriales.

L'ISM a été lancé lors de la rentrée scolaire 2019/2020 et la première classe compte 12 étudiants venant de 10 pays différents. Un cycle complet dure deux années et se termine par un travail de fin d'études rédigé dans le cadre d'un stage en entreprise.

Le soutien financier apporté par la LSA, permettra à l'université d'engager plusieurs professeurs dans de nouveaux domaines et d'installer des laboratoires spécialisés. Dans les années à venir, la LSA va continuer à soutenir l'université pour développer de nouvelles compétences afin de pouvoir offrir un programme reconnu au niveau international.

Pour les jeunes diplômés à la recherche d'une première expérience professionnelle dans le domaine spatial, nous avons mis en place le programme, **LuxYGT (Luxembourg Young Graduate Trainees)** qui offre la possibilité aux jeunes diplômés de travailler pendant 2 années à l'ESA et qui est ainsi un catalyseur de premier choix pour former les futures recrues des entreprises du secteur. Le programme permet à ces jeunes d'acquérir une expérience en matière de développement et d'exploitation de missions spatiales en assumant un rôle de responsabilité dans la mise en œuvre d'un projet concret, tout en bénéficiant de l'assistance technique d'un tuteur, membre du personnel de l'ESA. Il constitue

une expérience unique, qui permet à un jeune diplômé d'acquérir de l'expérience pour une future carrière professionnelle. Chaque année, un appel à candidatures est lancé auquel postule en moyenne une douzaine de candidats. A l'issue du processus de sélection 4 à 5 candidats vont se voir octroyer un poste à l'ESA.

8

Nous avons aujourd'hui 8 jeunes diplômés luxembourgeois au sein de l'ESA.

A côté de l'initiative LuxYGT, le Luxembourg participe également à la *Summer School Alpbach*. Cette école d'été est organisée chaque année depuis 1975 par l'agence spatiale autrichienne (FFG) et cofinancée par l'ESA et ses États membres. Elle bénéficie d'une longue tradition et d'une excellente réputation dans l'enseignement des sciences et des technologies du domaine spatial. Chaque année, 60 étudiants et diplômés en ingénierie ou en science, venant des États membres et coopérants de l'ESA, ont la possibilité d'y participer. Pendant dix jours, les participants assistent à des conférences sur divers aspects des sciences et des technologies spatiales et en même temps, travaillent intensément sur la définition et la conception d'une mission spatiale, le tout sous la supervision d'experts scientifiques et techniques.

Pour donner l'opportunité aux jeunes ingénieurs et chercheurs du Luxembourg, de pouvoir participer activement à la *Summer School* la LSA a établi une coopération avec le Fonds national de la Recherche, ciblant les doctorants et les post-doctorants. Comme les étudiants en Master sont également éligibles pour la *Summer School*, une coopération a également été établie avec le GLAE, pour assurer le financement et la participation des étudiants en Master d'ingénieur. Chaque année deux étudiants luxembourgeois ont l'occasion de suivre cette école d'été.

La LSA a aussi organisé et coordonné en coopération avec le ministère de l'Éducation, une compétition interdisciplinaire appelée « Living and Working in Space ». Cette compétition avait pour but de motiver les jeunes de toutes les tranches d'âge à exprimer leur créativité et ainsi les intéresser aux matières STEM. La compétition a été lancée par des séances de formation et des ateliers pratiques organisés pour une quarantaine d'enseignants pour leur permettre de réaliser le projet avec leur classe. Durant cinq mois l'espace était le sujet de plus de 400 élèves. Les élèves ont déployé toute leur créativité pour fabriquer des fusées, des petits robots lunaires, construire une base martienne, une station spatiale, etc. A l'occasion de l'Asteroid Day, les élèves ont été invités à présenter leurs créations au jury et aux astronautes présents lors de cette journée.

Diverses autres manifestations, telles que les Makerfests, la semaine de la science (Science Week), le Cyber Security challenge, ont été soutenues pour la sensibilisation des élèves aux métiers de l'espace.

VOLET JURIDIQUE

Le Luxembourg fait partie des signataires du Traité sur les principes régissant les activités des États en matière d'exploration et d'utilisation de l'espace extra-atmosphérique, y compris la Lune et les autres corps célestes ainsi que de la Convention sur la responsabilité internationale pour les dommages causés par des objets spatiaux. Un régime de concessions est prévu pour l'autorisation des activités spatiales.

En 2017, une loi sur l'utilisation des ressources de l'espace a été adoptée, instituant un régime d'agrément et de surveillance au Luxembourg. Cette loi vise à encadrer l'utilisation des ressources extraites dans l'espace et constitue le premier cadre légal de ce genre en Europe.

Afin de renforcer le régime d'autorisation et de supervision prescrit par les traités internationaux dont le Luxembourg fait partie, un projet de loi générale sur les activités spatiales a été déposé en 2018 à la Chambre des Députés. Ce projet de loi prévoit notamment la mise en place d'un registre national des objets spatiaux. Parallèlement, un projet de loi visant à approuver l'adhésion du Luxembourg à la Convention sur l'immatriculation des objets lancés dans l'espace extra-atmosphérique a été déposé.

COOPÉRATIONS INTERNATIONALES

Le Luxembourg réaffirme son engagement et la nécessité d'une coopération internationale plus approfondie dans le domaine spatial, et plus particulièrement de l'exploration et de l'utilisation des ressources spatiales. A cet effet, différents types d'accords bilatéraux ont été signés depuis 2016 :

- Des protocoles d'entente avec le Japon (2017), le Portugal (2017), les Émirats Arabes Unis (2017), la Chine (2018), la Pologne (2018), la République Tchèque (2018), et les Etats-Unis d'Amérique (2019).
- Une déclaration conjointe avec la Belgique en 2019.

Les objectifs de ces accords sont en général d'exprimer l'intention d'une collaboration comprenant, l'échange d'informations et d'expertise, la coopération scientifique et technologique ainsi que des échanges sur les aspects juridiques liés à l'utilisation des ressources spatiales. Ces accords représentent une première étape dans les discussions entre le Luxembourg et les États partageant la même vision. Tous les projets communs feront l'objet d'un accord d'implémentation spécifique à chaque activité.

Dans le cadre des accords bilatéraux, la LSA a organisé plusieurs ateliers et réunions avec les représentants des pays partenaires pour présenter leurs politiques et secteurs respectifs. La LSA invite également les représentants des pays partenaires aux événements organisés au Luxembourg, p.ex. la conférence NewSpace Europe, la « Space Resources Week » ou encore le Space Forum.

La LSA a également assuré une implication active dans différents événements et conférences à l'étranger, comme p.ex. l'ISEF-2 (International Space Exploration Form) à Tokyo, ou encore l'IAC (International Astronautical Congress) à Adélaïde en 2017, Brême en 2018 et Washington en 2019. Ces événements donnent l'occasion de renforcer les liens internationaux et de nouer de nouveaux contacts.

En ce qui concerne les aspects relatifs à la gouvernance et aux relations internationales, le Luxembourg s'est impliqué activement dans les forums et enceintes internationales afin de

faire progresser la gouvernance liée à l'exploration et l'utilisation des ressources spatiales.

Au niveau des Nations Unies, le sujet des ressources spatiales est traité au sein du Comité des Utilisations Pacifiques de l'Espace Extra-Atmosphérique (COPUOS) à Vienne, avec un point spécifique à l'ordre du jour de son sous-comité juridique. Les travaux progressent et de plus en plus de pays s'intéressent au sujet afin d'établir un futur cadre international. Pendant la session du sous-comité juridique en avril 2019, le Luxembourg a eu l'occasion d'informer les délégués en présentant l'initiative SpaceResources.lu et les vastes opportunités liées à l'exploration et à l'utilisation des ressources spatiales.

Le Luxembourg participe aussi activement aux travaux du COPUOS sur l'Agenda 2030 pour l'espace, les discussions sur les lignes directrices sur la viabilité à longterme des activités spatiales et à divers forums de haut niveau.

Le Luxembourg s'est également investi dans les travaux du « The Hague International Space Resources Governance Working Group », dès sa création en 2016. Ce groupe vise à élaborer des éléments de texte pouvant servir de base à un futur cadre international pour l'exploration et l'utilisation pacifique des ressources spatiales. Le Luxembourg a soutenu financièrement la deuxième phase du groupe de travail en collaboration avec l'Université du Luxembourg. Cette phase s'est terminée en novembre 2019 avec comme résultat une liste de 20 éléments « building blocks ».

Le Luxembourg participe également à des projets communs avec l'Union européenne. En 2019, dans le cadre de l'initiative « La science rencontre les Parlements / La science rencontre les régions », la Commission européenne, l'Université du Luxembourg, la LSA et le LIST ont co-organisé une conférence intitulée « Des solutions spatiales pour un développement durable sur Terre » à la Chambre des députés du Luxembourg. L'objectif de la conférence était de sensibiliser sur l'utilisation des données des programmes spatiaux européens Copernicus et Galileo pour soutenir les politiques environnementales.

Depuis octobre 2019, la LSA est devenue membre de l'International Astronautical Federation, une organisation qui regroupe les principaux acteurs académiques, institutionnels et industriels du secteur spatial. Elle regroupe plus de 200 membres de plus de 50 pays différents. Chaque année, l'IAF organise l'International Astronautical Congress (IAC), l'un des plus importants congrès internationaux dans le domaine. La dernière édition qui s'est déroulée à Washington a attiré près de 6000 participants.

COMMUNICATION

Au cours des trois dernières années, les activités de communication se sont intensifiées et concentrées sur les objectifs stratégiques suivants :

- Positionner le Luxembourg en tant que pôle européen du développement de l'industrie spatiale ;
- Valoriser l'écosystème spatial et l'ensemble de la chaîne de valeur du secteur spatial au Luxembourg ;
- Promouvoir au niveau international l'initiative SpaceResources.lu ;
- Présenter la politique spatiale nationale, les valeurs de l'Agence spatiale luxembourgeoise et du Luxembourg en tant que pays ;
- Informer sur les opportunités et les besoins de l'industrie pour développer le vivier de talents du Grand-Duché, en particulier les capacités d'ingénierie, de recherche et d'affaires, tout en aidant les étudiants de tous niveaux, de l'école primaire aux jeunes diplômés et professionnels ;
- Favoriser la création de partenariats et une approche internationale en coopérant avec d'autres agences tels que l'ESA sur la communication relative à l'industrie spatiale au Luxembourg comme en Europe.

La dimension commerciale de l'industrie spatiale et le sujet des ressources spatiales s'imposent progressivement au niveau international, ce qui se traduit par une couverture constante dans les principaux médias. Le Luxembourg est considéré par beaucoup comme un pionnier et une référence.

Des représentants du Ministère de l'Économie et de l'Agence spatiale luxembourgeoise ont été invités à participer à un large éventail de documentaires et programmes de radio/télévision internationaux.

Les relations avec la presse a généré une couverture dans les journaux internationaux, les chaînes de télévision et de radio, tels que le *Financial Times*, l'AFP, la BBC 4 (Today), le BBC World Service, le *Wall Street Journal*, Reuters, le *New York Times, Les Échos, De Tijd, L'Écho*, pour n'en citer que quelques-uns.

Parmi les rendez-vous médiatiques, on peut compter des conférences de presse nationales, des voyages avec la presse dans les sites de l'ESA et des entreprises du secteur spatial, et de nombreux points presse.

Lors des missions économiques à l'étranger, des rencontres avec la presse ont eu lieu avec des médias de premier plan de pays tels que les États-Unis, le Royaume-Uni, la France, la Belgique, l'Allemagne, la Chine, la Corée du Sud, le Japon, etc.

La marque de l'Agence spatiale luxembourgeoise a été présentée lors du lancement de l'agence en septembre 2018. La marque Space-Resources.lu continuera également à être exploitée et est désormais véhiculée par la LSA.

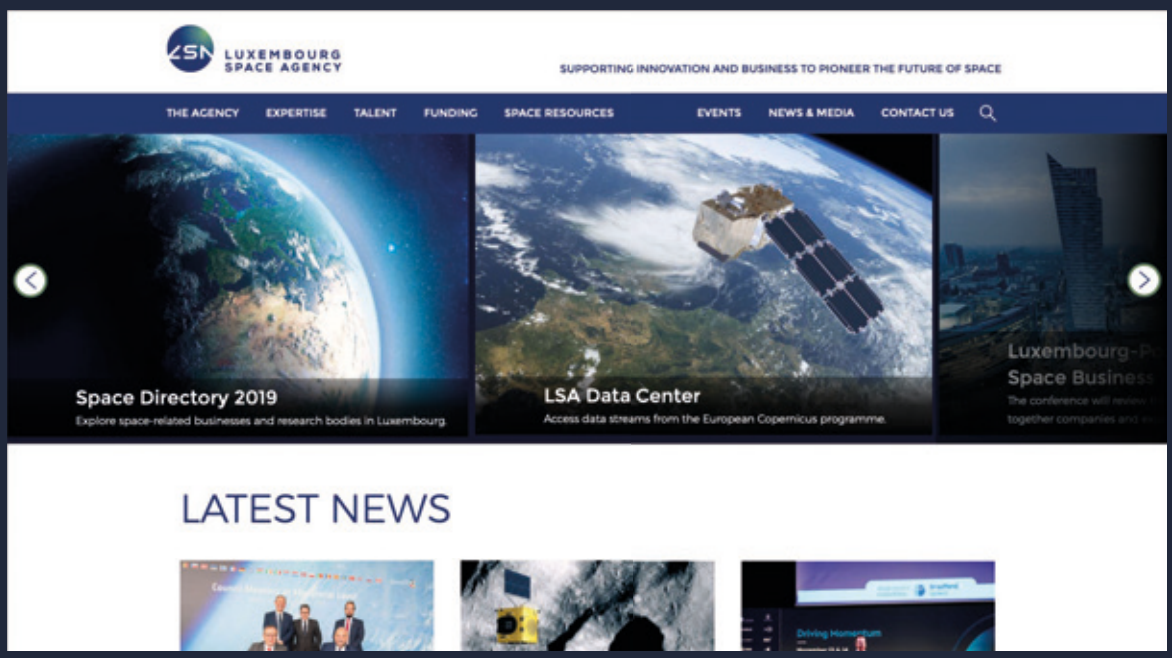
LUXEMBOURG SPACE AGENCY

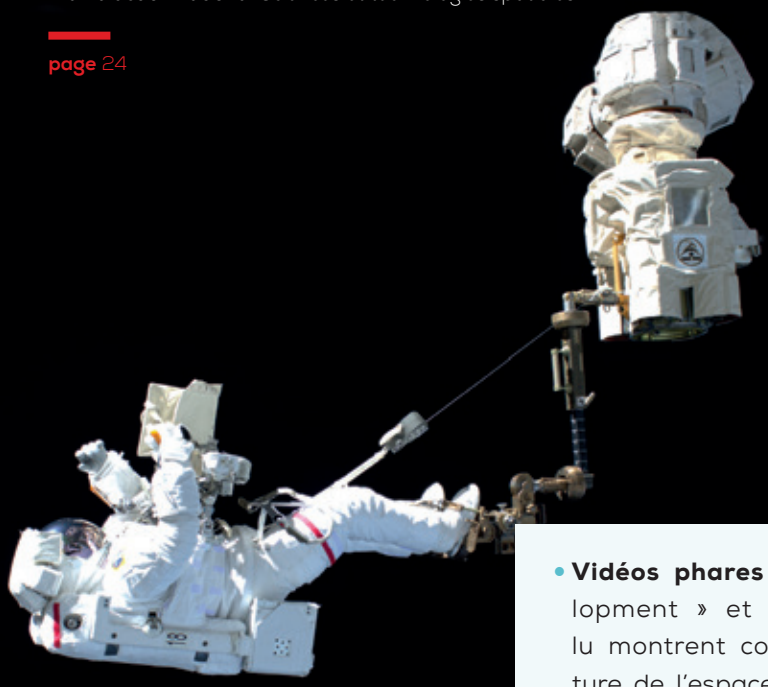
SPACE RESOURCES.LU
AN INITIATIVE BY THE LUXEMBOURG SPACE AGENCY

Chaque année, la LSA publie le 'Space Directory' qui fournit une description actualisée de l'industrie spatiale du Luxembourg. Il vise à mettre en valeur les capacités de l'industrie spatiale déjà établie au Luxembourg. Une version numérique est disponible sur le site de la LSA. La plupart des acteurs qui y sont présentés jouissent d'une renommée dépassant les frontières du Grand-Duché, leurs compétences étant reconnues par la communauté spatiale internationale.

Un an après le lancement de l'Agence spatiale luxembourgeoise, le site SpaceResources.lu et celui de la space-agency.lu ont été regroupés. Le nouveau site de l'agence constitue un point de référence exhaustif pour toute personne intéressée par le secteur spatial au Luxembourg.

Le site comprend un contenu numérique sur la mission de l'agence, des actualités, la politique spatiale et le cadre juridique luxembourgeois, le 'Space Directory', les programmes d'éducation et de formation ainsi que les instruments de financement. Le nouveau site présente également des interviews avec les principaux acteurs du secteur spatial luxembourgeois et un calendrier des événements.





La LSA produit aussi cinq catégories de vidéos mettant fortement l'accent sur la proposition de valeur du Luxembourg et ses atouts.

- **Vidéos phares** : « Luxembourg, the place for space development » et la vidéo de lancement de SpaceResources.lu montrent comment le Luxembourg soutient l'économie future de l'espace et présentent des entreprises du secteur spatial et laboratoires de recherche luxembourgeois qui conçoivent les outils et les services nous permettant d'appréhender notre avenir. Ces deux vidéos donnent un aperçu inspirant de l'initiative des ressources spatiales ainsi que du florissant secteur spatial luxembourgeois.
- **Entretien en tête-à-tête avec des dirigeants d'entreprises et des experts** : Ces vidéos sont publiées tous les mois et accompagnées d'articles sur le site de la LSA.
- **How-it-works / Comment ça marche** : Dans cette série, la LSA analyse dans les détails la technologie et la science mises en œuvre par les entreprises du secteur spatial au Luxembourg.
- **Vidéos de conférences** : Celles-ci présentent les principales annonces et discussions des conférences organisées par la LSA ou auxquelles elle participe.
- **Animations** : Une animation est en cours de production sur les applications et la chaîne de valeur des ressources spatiales.

L'agence privilégie la communication numérique par rapport aux documents imprimés et diffuse quotidiennement un large éventail d'informations par le biais de ses réseaux sociaux. L'agence spatiale est présente sur **Twitter, LinkedIn, Facebook, YouTube et Instagram**. Le nombre de suiveurs augmente de mois en mois.

Enfin, la LSA organise au Luxembourg un grand nombre de conférences et d'événements destinés à sensibiliser sur le secteur spatial luxembourgeois. Parmi les événements clés : NewSpace Europe, la semaine des ressources spatiales (Space Resources Week) et la journée des astéroïdes (Asteroid Day). Des représentants de l'agence spatiale ont également pris part à des manifestations de l'industrie spatiale aux États-Unis, aux Émirats Arabes Unis, en Pologne, en République Tchèque, en France, en Belgique, en Chine, au Japon, en Corée du Sud, en Allemagne, etc. Des visites d'astronautes ou de représentants internationaux, ont également mené à l'organisation du Space Talk qui a eu lieu récemment au Kinepolis.

DÉVELOPPEMENT DU SECTEUR DEPUIS 2016

Depuis la création de SES en 1985, la croissance du secteur spatial au Luxembourg s'est faite en s'appuyant sur les compétences en télécommunications et médias par satellites et infrastructure sol correspondante. Aujourd'hui encore, cette thématique reste prépondérante mais est néanmoins contrebalancée par l'arrivée de nouveaux acteurs positionnés dans des domaines très variés pouvant aller de l'observation de la Terre et plus particulièrement des services de géo-information, à l'exploitation et l'utilisation des ressources spatiales.

AISTECH LUXEMBOURG

Aistech Luxembourg créée en 2017 est une filiale de Aistech Space dont l'activité principale est le Big Data avec pour objectif de fournir un service aux décideurs dans les entreprises, les gouvernements et autres organisations à l´aide des données d´observation de la Terre.

ANISOPRINT

Anisoprint est une PME créée en 2018 au Luxembourg. Cette entreprise conçoit et fournit des équipements, logiciels et matériaux d'impression 3D permettant de produire des pièces optimisées à partir de matériaux composites présentant des caractéristiques physiques et mécaniques de haute performance pour différents secteurs de l'industrie.

BLUE HORIZON

Cofondée en 2017 au Luxembourg par le groupe OHB et la société LuxSpace, Blue Horizon est spécialisée dans la biotechnologie et dans les sciences de la vie. La société se focalise sur le développement de systèmes de support de la vie pour des applications spatiales et terrestres. Ces activités se traduisent principalement par le développement de bioréacteurs de petites et moyennes tailles.

DATABOURG

La start-up Databourg créée en 2017 est une spin-off du centre interdisciplinaire SnT de l'Université du Luxembourg. Databourg est une société du secteur aval qui fournit des données à valeur ajoutée. La compétence clé de la société consiste à localiser l'emplacement de terminaux au sol et à fournir des diagnostics réseaux aux opérateurs des satellites de télécommunications. L'entreprise a également développé des algorithmes permettant de corréler l'intensité des signaux des satellites de télécommunications avec les conditions météorologiques de zones distinctes.

DEEP SPACE INDUSTRIES EUROPE – BRADFORD GROUP

Acquise par Bradford Space en 2018, cette société a pour principal objectif de développer des sous-systèmes de petits satellites pour des missions d´exploration du « Deep Space » mais aussi en orbite (basse) terrestre. L´approche est résolument orientée New Space en visant la commercialisation de produits à bas coût pour répondre à un marché institutionnel mais surtout commercial.

GOMSPACE LUXEMBOURG

GomSpace Luxembourg a été créée en 2017 comme filiale du groupe GomSpace avec pour objectif de développer un centre d'opérations pour des constellations de nano-satellites. L'entité luxembourgeoise opère également les instruments à bord de ses nano-satellites et se charge des services de distribution des données aux utilisateurs et clients de GomSpace.

HYDROSAT

Hydrosat Europe est une filiale de la société Hydrosat Inc. aux États-Unis et fut créée au Luxembourg au cours de l'année 2018. L'entité luxembourgeoise fournit des données d'observation de la Terre à valeur ajoutée pour le domaine de l'agriculture et de l'humanitaire. Les données fournies permettent aux agriculteurs d'optimiser les cycles d'irrigation et de récoltes des cultures et d'identifier préalablement les impacts potentiels de la sécheresse dans certaines régions du monde.

ISPACE EUROPE

La création de la société ispace Europe résulte de l'initiative Space-Resources.lu lancée en 2016. La société luxembourgeoise est une filiale de l'entité japonaise, ispace Japan, qui est active dans le domaine de l'exploration lunaire. Au Luxembourg, la société développe entre autres un logiciel servant à planifier les missions lunaires ainsi que le système de navigation autonome du rover explorateur qui sera employé dans le cadre des missions de prospection sur la Lune. Les données collectées serviront à identifier les zones contenant de l'eau sous forme de glace sur la Lune et seront commercialisées par la suite.

KLEOS SPACE

Kleos Space S.A. est une société de géo-intelligence faisant usage de technologies d'observation de la Terre. À travers la détection de signaux provenant de vastes zones maritimes, les satellites de Kleos Space sont en mesure de géo-localiser des navires non-identifiés et indétectables par les moyens d'identification conventionnels. La société Kleos Space fut créée en 2017.

MAANA ELECTRIC

Maana Electric est une start-up qui développe des technologies permettant de fabriquer des panneaux solaires à l'aide de ressources in situ. Les produits développés par l'entreprise pourront être employés dans des régions reculées du globe terrestre ainsi que sur la Lune à des fins de production d'énergie solaire.

ispace Europe

MADE IN SPACE EUROPE

Made In Space Europe est une filiale de la société nord-américaine Made in Space US. L'objectif de la société consiste à développer et commercialiser un bras robotique pouvant être utilisé pour dans une multitude d'applications du domaine spatial, comme par exemple la maintenance de satellites en orbite ou encore l'utilisation robotisée des ressources spatiales. L'entité luxembourgeoise de Made in Space a été créée en 2018.

MOLECULAR PLASMA GROUP

Molecular Plasma Group (MPG) est une société luxembourgeoise fondée en 2016 qui a développé des solutions de revêtement à l'échelle moléculaire pouvant s'appliquer à une multitude de surfaces et matériaux en conditions ambiantes. Un traitement par cette technologie permet entre autres de caractériser la surface d'un matériau inerte et d'y apporter des améliorations telles que des caractéristiques anticorrosives, hydrophobes ou encore d'améliorer la capacité de liaison d'une surface dans l'optique d'un collage de matériaux différents.

IMPRESSION 3D DE PEAU ET OS HUMAIN, BLUE HORIZON, LUXEMBOURG

ODYSSEUS SPACE

Odysseus Space a été créée au Luxembourg au cours de l'année 2019 comme filiale de la société incorporée à Taiwan. Le siège a été relocalisé au Luxembourg. Ses ingénieurs développent des solutions de télécommunications optiques pour petits satellites. Cette technologie innovante offre une multitude d'avantages par rapport aux méthodes de communications par radio fréquences conventionnelles. L'instrument de télécommunication développé par Odysseus Space s'applique avant tout pour les communications satellitaires depuis le « Deep Space ».

OFFWORLD

Créée en 2016, Offworld est une filiale de Offworld Inc. qui est actuellement au stade de prototype de ses premiers robots miniers terrestres. L´entité luxembourgeoise a la volonté de développer un projet spatial visant à utiliser une flotte de robots pour l'exploitation minière, comprenant l´extraction et la fabrication de carburant, en tant que service sous supervision humaine minimale.

OQ TECHNOLOGY

La start-up créée en 2017 a pour objectif commercial de fournir le premier dispositif universel Plug & Play « Internet des objets » (IoT) au monde. OQ Technology propose de développer puis d´utiliser une infrastructure satellitaire à faible coût pour connecter des capteurs, des appareils et des unités de mesure dans des régions éloignées et peu connectées, où il n'y a ni réseau cellulaire ni Wifi.

RSS-HYDRO

RSS-Hydro est une start-up luxembourgeoise développant des méthodes de télédétection pouvant servir à l'identification de zones à risques d'inondation. Les cartes d'inondations élaborées par la société tiennent compte des topologies et des conditions météorologiques en temps quasi réel, ce qui offre de nombreux avantages par rapport aux cartes conventionnelles. Ces services représentent un atout majeur pour l'industrie des assurances. L'entreprise a été créée en 2017.

SKYFLOX

L'entreprise Skyflox est au Luxembourg depuis 2018. Cette société développe une technologie d'observation de la Terre pouvant être embarquée à bord d'avions de ligne afin de fournir des données d'observation à haute résolution et taux de revisite élevé.

SPARC INDUSTRIES

Sparc Industries est une start-up créée en 2017 fournissant des services de R&D dans toutes les applications institutionnelles et commerciales reposant sur la physique du plasma. Cela comprend le développement d´outils de simulation ainsi que le développement d'un nouveau propulseur à plasma. SPARC Industries vise les marchés spatial et terrestre pouvant avoir une demande dans les services de simulation de flux de gaz et plasma ainsi que dans les services de maintenance pour générateurs à neutrons.

SPIRE GLOBAL LUXEMBOURG

La société Spire Global Luxembourg créée en 2018 est une société d'analyse prédictive de données satellitaires pouvant répondre à des besoins et/ou des problèmes sur Terre dans le domaine aérien, météorologique et maritime. En particulier, Spire Luxembourg concentre ses efforts et ses activités sur le marché en pleine croissance du Big Data pour les applications maritimes ainsi que les prévisions météorologiques.

ANALYSE D'IMPACT

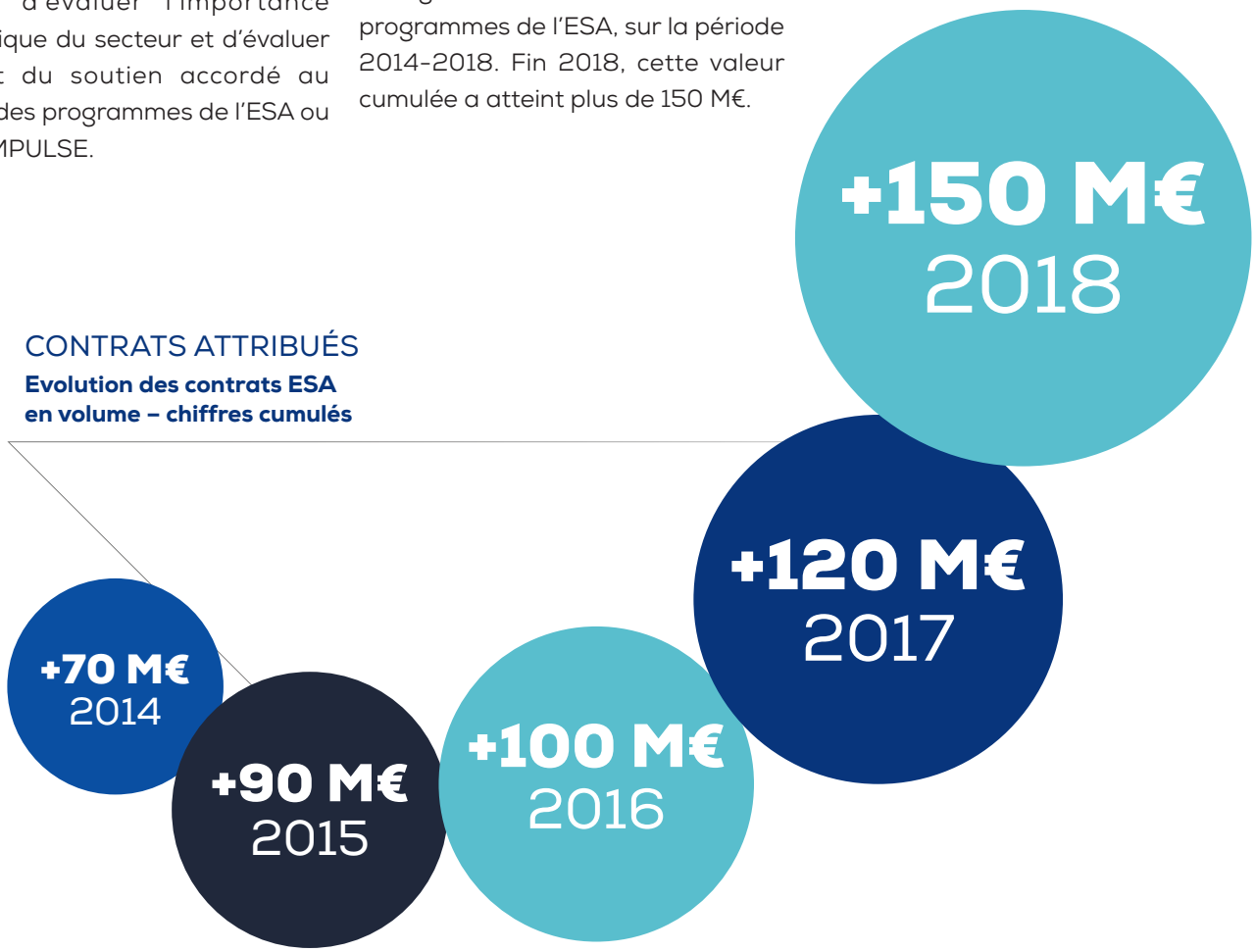
Il est important de savoir mesurer l'impact des différentes actions de soutien à l'industrie spatiale luxembourgeoise. La LSA opère déjà un monitoring de certains indicateurs comme le chiffre d'affaires, l'emploi ou encore la part du spatial dans l'économie. Le suivi de ces indicateurs permet d'évaluer l'importance économique du secteur et d'évaluer l'impact du soutien accordé au travers des programmes de l'ESA ou de LuxIMPULSE.

Dans le cadre de l'analyse d'impact, nous étudions également l'impact financier des programmes de l'ESA sur les entreprises luxembourgeoises.

Le graphique ci-dessous présente la valeur cumulée des contrats attribués aux entreprises luxembourgeoises dans le cadre des programmes de l'ESA, sur la période 2014-2018. Fin 2018, cette valeur cumulée a atteint plus de 150 M€.

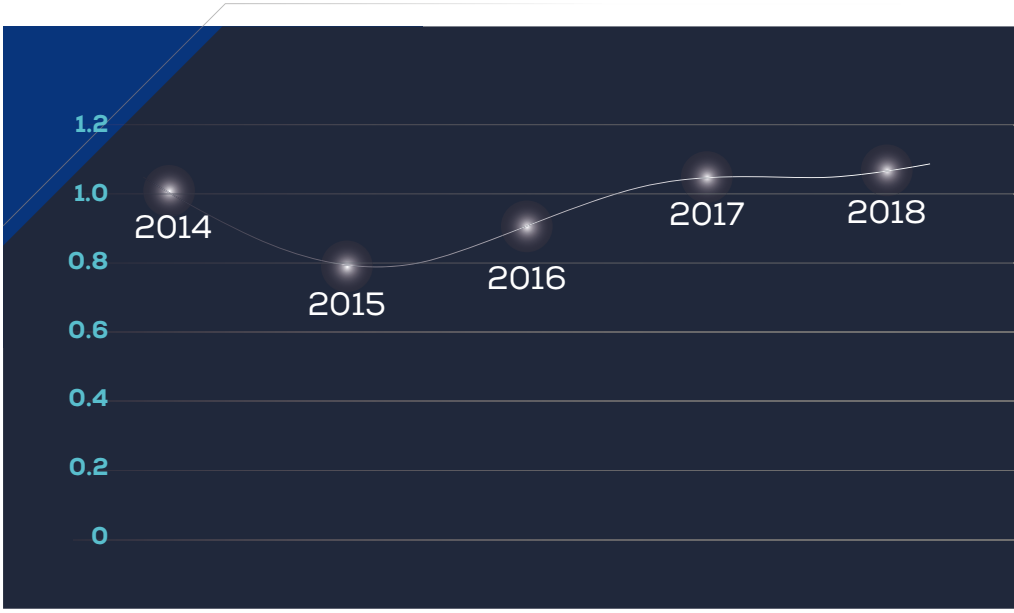
CONTRATS ATTRIBUÉS

Evolution des contrats ESA en volume – chiffres cumulés



COEFFICIENT DE RETOUR GÉOGRAPHIQUE

Evolution du coefficient de retour global du Luxembourg



Le retour géographique est également un indicateur intéressant qui permet de suivre l'utilisation des moyens financiers luxembourgeois dans les programmes de l'ESA. En effet, l'ESA recueille toutes les données relatives aux contrats attribués aux entreprises et laboratoires de recherche des États membres pour établir des statistiques.

L'ESA calcule ce coefficient sur une période de temps limitée et clôture ses statistiques de manière cyclique. La dernière période a débuté en 2000, alors que Luxembourg avait un accord de coopération sur les programmes de télécommunications, mais n'était pas encore membre à part entière. Les statistiques ont été clôturées au 31 décembre 2014.

À partir du 1er janvier 2015, un nouveau coefficient de retour géographique est calculé en se basant sur les contrats attribués à partir de cette date. Le coefficient croît de manière constante depuis 2015, ce qui est positif, et depuis 2017 il dépasse de nouveau le seuil de 1. Cette tendance à la hausse se confirme en 2019 : les premiers chiffres indiquent un coefficient de retour géographique de 1,04.

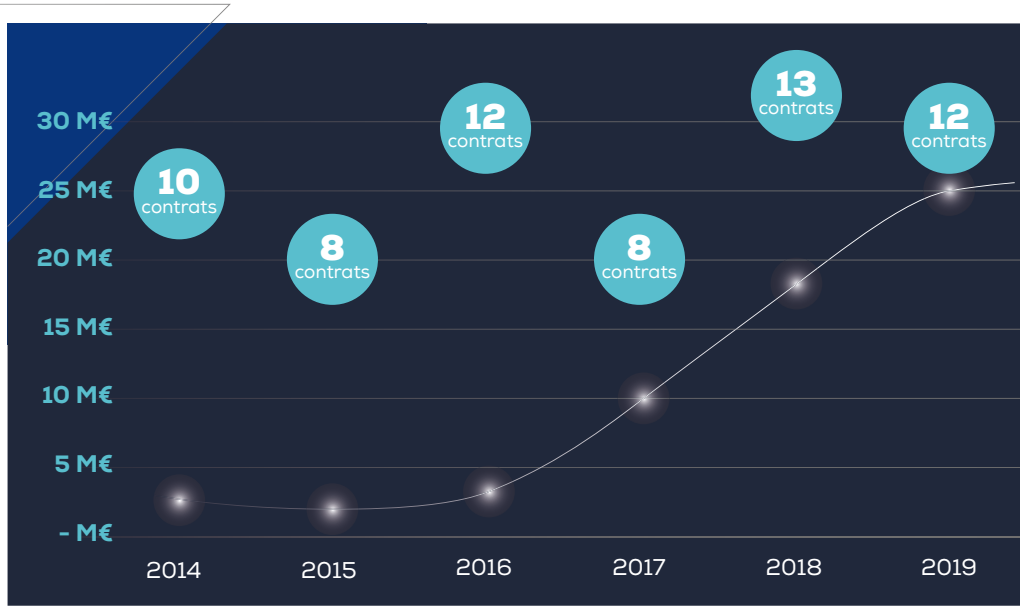
Outre les contrats attribués dans le cadre des programmes optionnels de l'ESA, les acteurs luxembourgeois bénéficient également du programme national LuxIMPULSE.

La figure suivante montre que le programme LuxIMPULSE a grandi de manière significative entre 2014 et 2018 : le montant total des contrats a atteint plus de 18 M€ sur l'année 2018, contre 3 M€ en 2014.

Considérant que le nombre de contrats signés est plutôt stable (8-13 projets par an), cela signifie que les montants des contrats sont eux en croissance et deviennent de plus en plus importants.

LuxIMPULSE

Evolution du nombre de projets et du montant des contrats alloués aux sociétés via le programme LuxIMPULSE



Pour pouvoir mieux mesurer l'impact socio-économique que ne le permettent les seules données financières présentées ci-dessus, des données sur les entreprises actives dans le secteur ont donc aussi été collectées afin de définir certains indicateurs-clés comme le nombre d'acteurs du secteur, d'emplois ainsi que la valeur ajoutée brute créée. Les données ainsi recueillies montrent que le nombre d'entreprises actives dans le secteur a doublé entre 2012 et 2018, en particulier grâce à l'arrivée de nombreuses nouvelles entreprises entre 2016 et 2017.

Le nombre d'emplois dans le secteur est passé de 639 à près de 840 pendant cette même période. À noter que ces chiffres n'incluent ni les emplois au sein du centre de recherche public du LIST ni ceux de l'Université. Cela représente une croissance en termes d'emploi de 31,6%.

Même si le principal employeur reste SES, l'emploi auprès des autres sociétés du secteur a quasiment doublé au cours de la période 2016 à 2018, pour atteindre plus de 270 emplois.

INDICATEURS RELATIFS AU SECTEUR DES TECHNOLOGIES DE L'ESPACE

Nombre d'entreprises

2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018*
16	18	18	19	22	30	32
0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%

Nombre de personnes occupées

2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018*
639	634	598	618	648	723	840
0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%

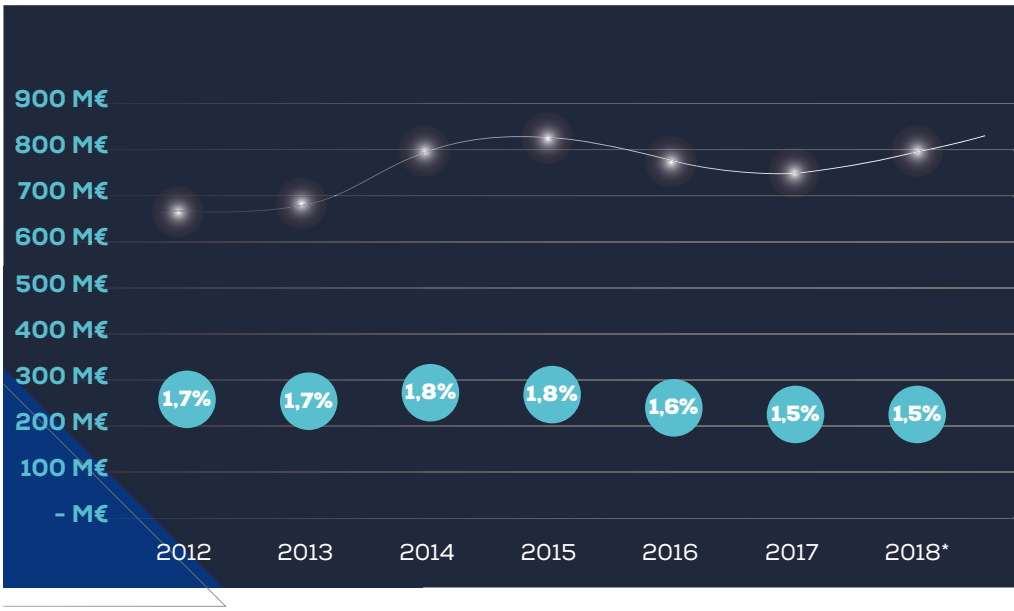
Valeur ajoutée au coût des facteurs

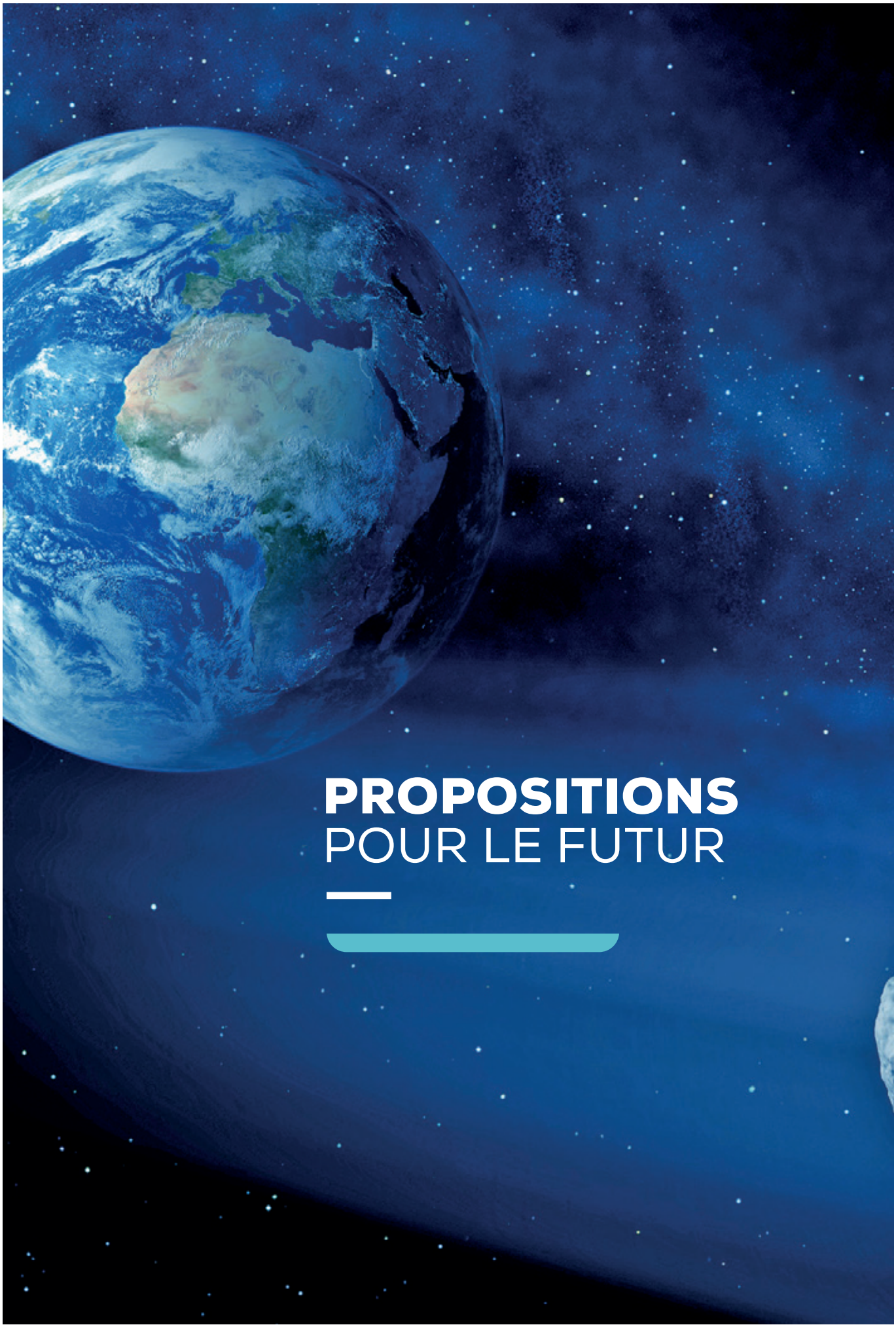
2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018*
670,8	694,8	803,3	823,3	777,7	753,8	800,8
1,7%	1,7%	1,8%	1,8%	1,6%	1,5%	1,5%

**données provisoires*

Source : Calculs Observatoire de la compétitivité et ESA sur base des données obtenues via un questionnaire soumis aux entreprises et des données déposées au Registre de commerce et des sociétés (RCS-LBR).

Le secteur spatial a généré plus de 800 millions d'euros de valeur ajoutée brute en 2018, soit près de 1,5% de la valeur ajoutée brute totale du pays. La valeur ajoutée brute créée a connu une hausse de 21,7% en termes absolus entre 2012 et 2018, cependant sa part dans l'économie (% du total de la valeur ajoutée brute) est en légère baisse notamment suite à la croissance du PIB (totalité de l'économie) qui augmente plus rapidement que la valeur ajoutée brute créée par le secteur spatial.





PROPOSITIONS POUR LE FUTUR

ACTIVITÉS PROPOSÉES AU SEIN DE L'ESA

Les propositions présentées dans ce chapitre sont le résultat de la compilation des résultats de plusieurs efforts. Tout d'abord, des échanges réguliers avec les services de l'ESA afin d'identifier des opportunités potentielles pour les acteurs du secteur spatial luxembourgeois.

Ensuite, afin de déterminer les niveaux d'investissement nécessaire, d'autres consultations ont été effectuées : (i) le « Groupement luxembourgeois de l'aéronautique et de l'espace » (GLAE) a fourni un « position paper » donnant une vision consolidée des membres du groupement, et (ii), des entretiens individuels avec les acteurs majeurs du secteur ont permis d'affiner ces informations.

Une description plus détaillée des programmes mentionnés dans la suite est disponible en Annexe.

La proposition de contribution aux programmes de l'ESA repose, d'une part, sur la nécessité d'assurer la continuité des programmes auxquels le Luxembourg participe déjà, et d'autre part, sur l'intérêt des acteurs luxembourgeois de participer à de nouveaux programmes afin de consolider les compétences existantes mais aussi et surtout d'en développer de nouvelles.

Les programmes de l'ESA sont regroupés sous quatre grands piliers thématiques :

Cette structure de regroupement est reprise ici. Les activités correspondant aux contributions obligatoires ne sont pas explicitées.

SCIENCE ET EXPLORATION

Programme d'exploration robotique et humaine

Le programme enveloppe d'exploration de l'ESA (E3P) adresse aussi bien l'exploration robotique que l'exploration humaine.

Il est prévu que le Luxembourg rejoigne ce programme afin de soutenir l'initiative SpaceResources.lu et d'associer l'ESA à cette dernière, notamment pour le volet du développement des activités sur la Lune.

Pour le volet des ressources spatiales, le programme E3P inclut les objectifs suivants :

- Renforcer le potentiel des ressources spatiales pour permettre l'exploration spatiale durable et identifier les principales ressources;
- Créer de nouvelles opportunités scientifiques et économiques pour l'industrie et les universités européennes;
- Générer des avancées technologiques et de l'innovation pour des activités durables dans l'espace mais aussi sur Terre ;
- Impliquer de nouveaux acteurs industriels;
- Établir le rôle de l'ESA en tant que membre d'une communauté plus large d'acteurs internationaux, publics et privés et créer de nouveaux partenariats internationaux et commerciaux.

De plus et afin de renforcer le positionnement du Luxembourg dans ce domaine, il est prévu de lancer un « Centre d'Innovation Européen pour les Ressources Spatiales » en partenariat avec l'ESA. Ce centre sera dédié aux activités suivantes :

- Recherche : comprend des activités de recherche et développement et l'avancement de technologies utilisées dans l'ensemble de la chaîne de valeur des ressources spatiales, dans le but de faire progresser l'utilisation des ressources in situ pour des missions d'exploration longue durée.
- Conseil aux entreprises et incubation : comprend aussi l'évaluation de la chaîne de valeur des ressources spatiales, la cartographie et l'identification des acteurs clés aux niveaux européen et mondial, la réalisation d'études économiques et de marché ainsi que l'organisation de nouveaux partenariats visant principalement l'industrie non spatiale.

- Gestion des connaissances : il s'agit notamment de suivre les progrès de la science, de la technologie, des instruments de financement et du cadre juridique, ainsi que de mettre en place un centre de gestion des connaissances et d'identification des lacunes et des nouveaux besoins en matière de connaissances.
- Gestion de la communauté et organisation d'événements spécialisés : inclut l'établissement d'une collaboration avec des instituts universitaires et de recherche européens pertinents, y compris la création de bourses de recherche et l'organisation de concours spécialisés. Ces activités peuvent être complétées par la mise en œuvre d'actions d'éducation et de sensibilisation, ou encore l'organisation d'événements en vue de la création de nouvelles entreprises.

© ESA

Le centre permettra donc également de poursuivre certaines activités prévues dans le cadre de l'initiative SpaceResources.lu, leur ajoutant une dimension plus importante avec un élargissement au niveau européen et même mondial. Les discussions avec l'ESA sont à un stade avancé.

Les contributions sur le volet lunaire du programme E3P ainsi que sur le Centre d'Innovation Européen pour les Ressources Spatiales permettront ainsi de supporter les projets de recherche et de développement des entreprises et des laboratoires de recherche publics luxembourgeois en les intégrant dans des projets à échelle européenne. Ce sera notamment le cas pour **Blue Horizon** dont l'objectif est de développer une biosphère pérenne pour l'humanité que ce soit sur Terre ou dans l'espace et donc avec des retombées économiques à moyen terme, mais également des retombées d'importance pour notre environnement. Ce sera également le cas pour **ispace Europe,** afin de supporter le développement de leur service d'emport et d'opérations de charges utiles sur la Lune et au-delà, ainsi que pour **Maana Electric** et leur projet de fabrication de panneaux solaires à partir du régolithe lunaire avec une application immédiate sur Terre à partir de sable.

16

La contribution à ce programme d'exploration robotique et humaine s'élève à un total de 16 M€.

Scan Hera de la lune « Didymoon »

SÛRETÉ ET SÉCURITÉ

Programme de sécurité spatiale

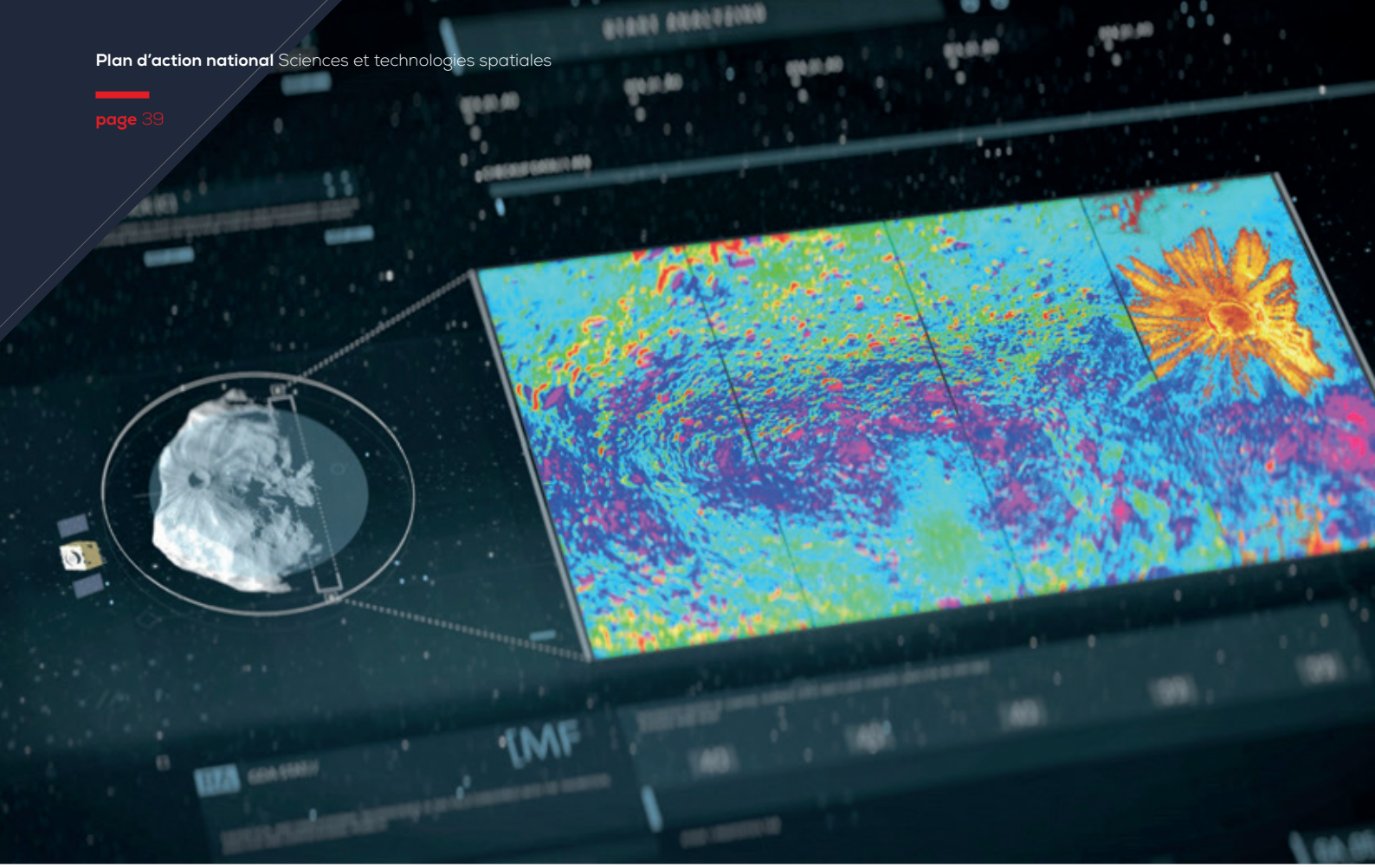
Le programme de sécurité spatiale a pour objectif de contribuer à la protection de notre planète, de l'humanité et des infrastructures spatiales et terrestres contre les risques dont l'origine se trouve dans l'espace. Il adresse les problématiques de météorologie spatiale, de défense planétaire ainsi que celles liées aux débris spatiaux et à la préservation de l'environnement spatial.

Il s'articule autour de cinq domaines d'activités : les activités de base nécessaires pour chacune des thématiques ci-dessus et quatre projets phares (une mission opérationnelle de météorologie de l'espace, une mission de défense planétaire, une mission de démonstration d'élimination de débris spatiaux et enfin, un système anticollision automatisé).

L'intérêt du Luxembourg pour ce programme est directement lié à son initiative d'exploration et d'utilisation des ressources spatiales. En effet, si les objectifs du programme sont différents de ceux de notre initiative, il existe des synergies à exploiter.

En effet, que ce soit pour la défense planétaire ou l'exploration et l'utilisation des ressources spatiales, il est nécessaire de dresser un catalogue des astéroïdes et autres corps célestes afin non seulement de les recenser mais également d'en caractériser la composition le plus précisément possible. La fiabilité quant à la composition est d'importance pour la défense planétaire car elle permet de mieux prédire la trajectoire des géo-croiseurs représentant un risque pour notre planète et elle est d'importance pour l'initiative « space resources » car elle permet de cibler au mieux les astéroïdes susceptibles de présenter un intérêt commercial.

Il y a donc un intérêt commun dans le développement de moyens d'observation de l'espace tels que les télescopes et le développement de missions d'exploration du « Deep Space ». Ce que permet la composante activités de base pour la défense planétaire d'une part et la mission de défense planétaire HERA d'autre part. Cette dernière remplace la mission AIM que le Luxembourg avait soutenue lors du Conseil des



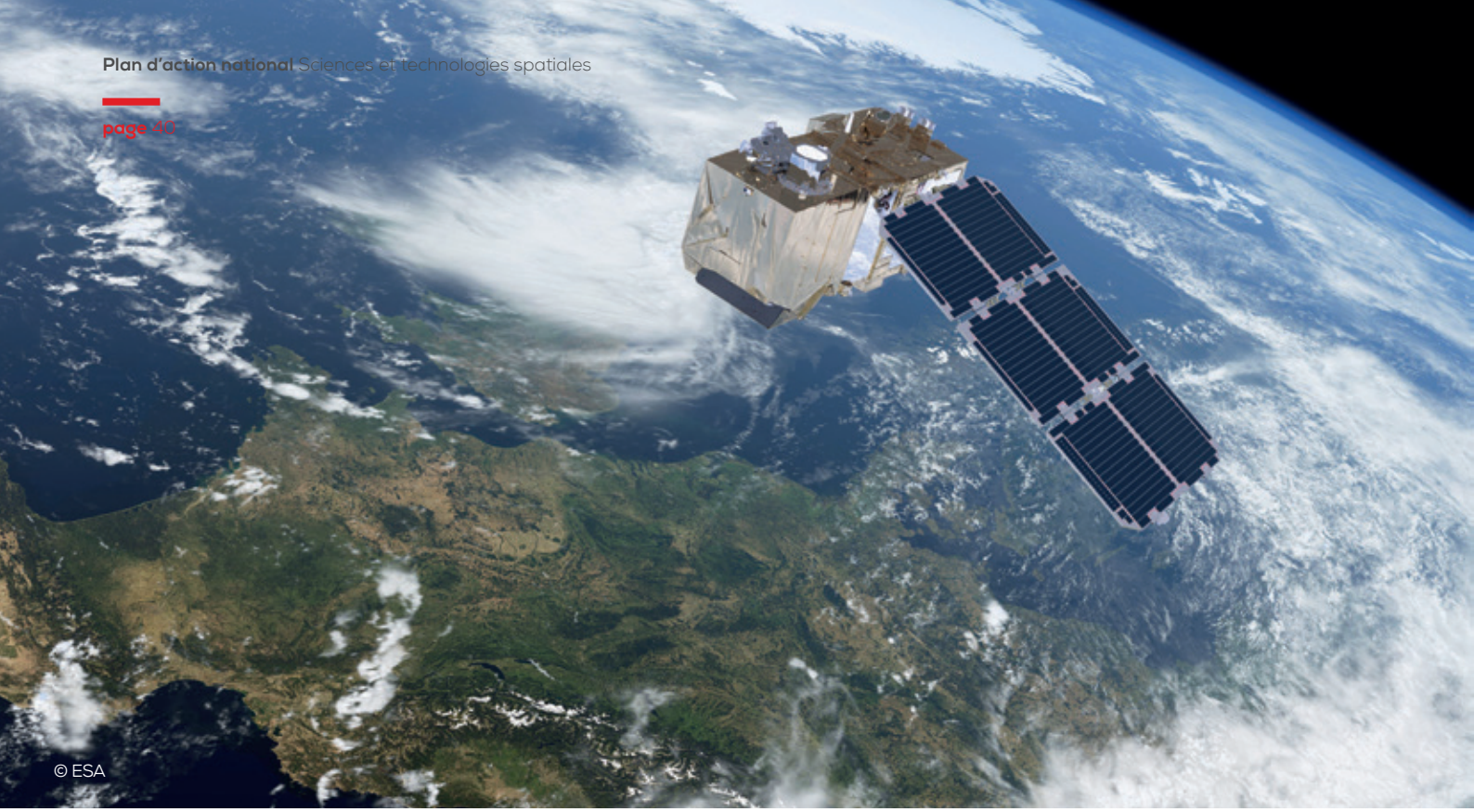
Ministres de l'ESA de 2016 mais qui ne s'était pas concrétisée. La mission HERA a pour objectif de caractériser l'astéroïde binaire Didymos après impact de sa lune par la mission DART (Double Asteroid Redirection Test) de la NASA.

Lors des périodes précédentes du programme nous avions initialisé des activités de développement d'un télescope Fly Eye avec la société **HITEC Luxembourg** en ayant en ligne de mire un futur système européen de défense planétaire. Depuis, l'Union européenne a décidé d'un programme de surveillance de l'espace incluant la défense planétaire et sera donc le client principal pour ce type d'infrastructure. Il est donc important de continuer à soutenir les activités faites en ce sens au sein de l'ESA.

Quant à notre contribution à la mission HERA, elle portera sur le développement d'un des deux CubeSats, Juventas, que le vaisseau-mère emportera vers Didymos. La mission de Juventas sera de caractériser l'astéroïde principal et sa lune. Ceci nous permettra de développer notre compétence mission « Deep Space » avec **GomSpace Luxembourg** et une compétence radar basse fréquence avec **EmTroniX**. Nous pourrons également bénéficier des données acquises par Juventas mais également de celles acquises par le second CubeSat, ceci afin d'alimenter la base de données du centre d'innovation pour les ressources spatiales.

14

La contribution à ce programme de sécurité spatiale s'élève à un total de 14 M€.



© ESA

APPLICATIONS

Observation de la Terre

Le programme observation de la Terre a non seulement pour vocation de maintenir le leadership de l'Europe en matière de surveillance de l'état de notre planète et de faire avancer la science et la recherche dans notre compréhension de notre système Terre, mais également de créer des opportunités commerciales dans le secteur aval des services de géo-information. C'est principalement ce deuxième objectif du programme qui a motivé par le passé et continue à motiver notre contribution. Ceci est d'autant plus vrai aujourd'hui car il s'inscrit pleinement dans le cadre de la transition numérique, une des top priorités actuelles du Luxembourg.

La période à venir du programme observation de la Terre prévoit l'extension de programmes existants et le démarrage de nouveaux programmes ou éléments de programmes.

Ceux présentant un intérêt pour la stratégie du Luxembourg sont les suivants :

- Le programme enveloppe observation de la Terre (FutureEO) ;
- Le volet quatre de la composante spatiale Copernicus (CSC-4) ;
- L'élément de programme d'assistance au développement mondial (GDA) ;
- L'élément de programme Incubed+ ;
- Et enfin, l'élément de programme du satellite météorologique pour l'Arctique (AWS).

Le programme enveloppe **FutureEO** sécurise les activités de recherche, développement et innovation nécessaires pour atteindre les objectifs de la stratégie européenne en matière d'observation de la Terre (EO EUROPE 2040). Il prépare les futures missions développées par l'ESA, en particulier les Earth Explorer, les Sentinels et les missions météorologiques et fournit les développements technologiques pour les missions nationales et commerciales des États membres de l'ESA.

FutureEO développe également des services innovants d'accès aux données et d'utilisation des données pour une meilleure compréhension du système terrestre en particulier pour une information globale impartiale sur le changement climatique.

De plus, FutureEO intègre de nouvelles approches telles que l'utilisation des techniques d'intelligence artificielle, les petits satellites, les plates-formes à haute altitude et l'analyse de données volumineuses.

Ce programme est d'intérêt pour le Luxembourg à divers titres. Même si notre implication sur les missions de recherche et opérationnelles reste limitée, il nous permet néanmoins de soutenir la diversification de l'offre de **HITEC Luxembourg** vers des équipements embarqués. Mais c'est surtout un bon complément de la ligne Applications commerciales du programme Télécommunications en soutien au développement du secteur aval des applications et services à valeur ajoutée de géo-information pour les sociétés comme **EarthLab Luxembourg**, **Hydrosat**, **space4environment**, **SPIRE** mais également pour le **LIST/ERIN**, permettant notamment au-delà des produits développés de progresser sur l'analyse des données volumineuses et les techniques d'intelligence artificielle que cela requiert.

LSA DATA CENTER

De plus, depuis 2017, le Luxembourg s'est doté d'un Centre de Données d'observation de la Terre (**Luxembourg Space Agency Data Center**, ex Luxembourg Collaborative Ground Segment) dans le but de faciliter l'accès aux données qui sont essentielles au développement du secteur aval. Il s'agit aujourd'hui des données des satellites Sentinel 1 et 2 de Copernicus, mais ce Centre a pour vocation d'élargir cette offre. Il est donc vital de continuer à avoir accès à ces données mais aussi aux innovations en matière d'accès aux données d'observation de la Terre en général et surtout de pouvoir être partie prenante dans les appels d'offre que la société **adwaïsEO** pourra porter au titre du Centre dans le but de la valorisation de ce dernier.

Le programme de la composante spatiale **Copernicus** a pour objectif d'assurer la continuité des capacités d'observation de la Terre via les satellites Sentinel nouvelle génération et les missions haute priorité. Ce programme de l'ESA consiste à développer les premières unités, les unités récurrentes étant financées dans leur totalité par l'Union européenne. Ce programme nous permettra donc de positionner quelques-uns de nos acteurs comme **adwaïsEO**, **LIST/ERIN**, **LuxSpace**, **SES** avec pour objectif d'obtenir des contrats dans le cadre des activités récurrentes. Ce programme suscite un fort engouement des États membres de par les enjeux économiques sous-jacents.

L'élément **assistance au développement mondial (GDA)** permet de répondre aux besoins en géo-information des institutions financières internationales pour l'aide au développement. Un positionnement sur cet élément permettra de donner sur ce segment de marché la visibilité à nos acteurs et en particulier **adwaïsEO**, **Blue Horizon**, **LIST/ERIN**, **space4environment**, et **SPIRE**.

L'élément **satellite météorologique pour l'Arctique (AWS)** nous permettra de consolider le rôle d'opérateur de constellation de petits satellites de **GomSpace**.

Enfin, l'élément **InCubed+** qui s'inscrit dans la continuité d'InCubed est l'élément du programme qui est centré sur les enjeux commerciaux et qui à ce titre reste un programme attractif pour notre éco-système en tant que vecteur de croissance.

Télécommunications et Applications intégrées

Le programme de recherche en télécommunications par satellite (ARTES) est un programme d'importance pour le Luxembourg. Le secteur spatial luxembourgeois a démarré par le biais des télécommunications par satellite commerciales dans les années 70-80 qui ont conduit au succès de la société SES. Aujourd'hui encore, SES reste l'acteur majeur de ce secteur et il est important de rester mobilisé sur les innovations qui permettent de préserver, voire d'accroître, les parts de marché des opérateurs du spatial face à la concurrence des opérateurs des réseaux terrestres.

Le programme ARTES est subdivisé en lignes programmatiques stratégiques et lignes programmatiques génériques.

Les lignes stratégiques permettent de répondre aux priorités des États participants aux niveaux national et européen :

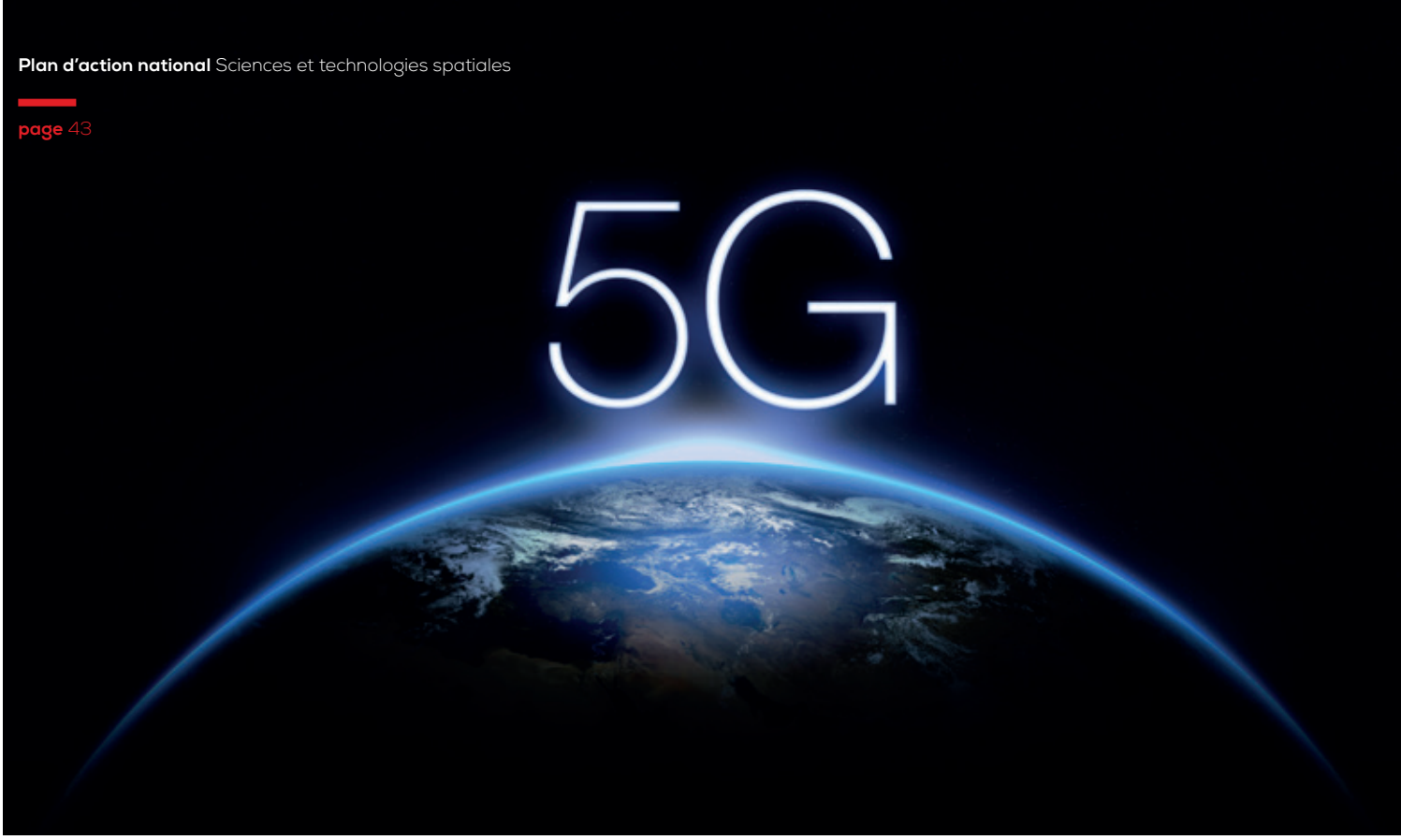
- Moyens spatiaux pour la 5G;
- Systèmes spatiaux pour la sûreté et la sécurité (4S);
- Télécommunications optiques – ScyLight.

Les lignes génériques servent quant à elles les objectifs généraux de long terme et se déclinent comme suit :

- Préparation de l'avenir ;
- Cœur de compétitivité ;
- Projets en partenariat ;
- Applications commerciales – solutions spatiales.

La ligne stratégique **Moyens spatiaux pour la 5G** est vitale pour l'avenir des télécommunications spatiales et déterminante dans la transition vers le numérique. En effet, l'avènement de la 5G en tant que nouvelle norme applicable à la prochaine génération de télécommunications mobiles favorise la création d'un réseau de réseaux associant différentes technologies : terrestre cellulaire, Wi-Fi et satellite. C'est donc une opportunité majeure pour le devenir des télécommunications spatiales et cette ligne stratégique va s'employer à ce que les réseaux satellitaires soient pleinement pris en compte dans la définition de la norme 5G. C'est donc tout naturellement que le leader mondial des services de télécommunications par satellite **SES**, se positionne sur ce sujet dans la continuité des études préliminaires initialisées sur la période programmatique précédente, ainsi que le **SnT** qui est une référence en matière de R&D dans le domaines des télécommunications.

La ligne stratégique **Systèmes spatiaux pour la sûreté et la sécurité (4S)** répond à une problématique grandissante liée au fait que notre économie et notre société dépendent d'un ensemble d'infrastructures clés, souvent tributaires de réseaux et services de télécommunications, dont la sécurité, la fiabilité et la résilience à toutes sortes de pannes revêtent une importance de plus en plus grande. Un ensemble d'activités adresse les télécommunications gouvernementales et fait suite aux services précurseurs développés par **SES** et **GovSat** lors de la période précédente. Cette ligne stratégique vise à préparer l'industrie et les opérateurs au futur programme EU GOVSATCOM de l'Union européenne, mais également et de manière plus globale, au marché commercial des télécommunications par satellite sécurisées.



Là encore, le **SnT** pour ses compétences en télécommunications et le **LIST/ERIN** ainsi que **SPIRE** pour la partie applicative ont identifié des activités d'intérêt pour leur développement.

La ligne stratégique **Télécommunications optiques** – **ScyLight** vise à atteindre l'excellence industrielle et la domination du marché des télécommunications optiques spatiales qui permettent d'atteindre des performances inédites en matière de débit de transmission, de sécurité et de résilience des données. Un premier projet (QUARTZ) a été élaboré lors de la période précédente par **SES**, **LuxTrust** et **itrust.** Pour ce projet, une démonstration en orbite basse ou moyenne est proposée pour la période suivante.

La ligne générique **Préparation de l'avenir** a pour objectif de faire des études de mission, de système, pour actualiser régulièrement le programme ARTES et définir les études technologiques nécessaires à son implémentation. Cette ligne constitue en quelque sorte le ticket d'entrée du programme permettant d'accéder aux autres éléments. Nous la considérons comme une contribution obligatoire, raison pour laquelle nous ne demandons pas expressément aux sociétés et organisations de recherche publique d'exprimer leur intérêt à ce sujet.

La ligne générique **Cœur de compétitivité** représente, comme son nom l'indique, le cœur du programme ARTES. Son objectif est de maintenir / améliorer les capacités et la compétitivité des industries des États participants sur le marché global des télécommunications spatiales. Elle s'articule autour de deux composantes : Technologie de pointe (développement de nouvelles technologies et techniques) et Compétitivité et croissance (développement de produits exploitables sur le marché commercial et/ou institutionnel). Ces technologies et produits couvrent aussi bien le segment spatial que le segment sol et les acteurs tels que **SES**, **SnT**, **HITEC Luxembourg**, **Kleos**, **Gomspace** y développeront les technologies qui déboucheront sur leurs produits commerciaux de demain.

La ligne générique **Applications commerciales** – **solutions spatiales** (BASS) vise à l'exploitation commerciale de données, capacités et moyens spatiaux. Les instruments proposés sont regroupés en deux composantes : Activités relatives aux applications (développement d'applications spatiales commerciales durables répondant aux besoins des utilisateurs) et Solutions spatiales (activités en faveur du développement économique du secteur spatial des États participants).

Cette ligne a été de tout temps importante pour le Luxembourg et son importance a encore crû dernièrement de par le positionnement du Luxembourg en matière de transition numérique. En effet, elle permet à la fois le développement des techniques d'intelligence artificielle nécessaires à l'exploitation de sources de données volumineuses

et multiples et également le développement du marché aval des applications et services à valeur ajoutée utilisant ces techniques au bénéfice de la société tout entière. **Blue Horizon**, **HITEC Luxembourg**, **Kleos**, **LIST/ERIN**, **LuxSpace**, **Skyflox**, **SPIRE**, mais également de nouveaux entrants seront en mesure d'y accroître leurs parts d'activités aval.

Cette ligne permet également l'implémentation des activités de transfert technologique à travers les courtiers en technologies. Ces derniers évaluent les besoins du marché dans des domaines présentant un potentiel en matière d'exploitation des technologies spatiales, identifient les opportunités en matière de transfert technologique et font le lien entre entités industrielles et ressources techniques issues ou non du secteur spatial. La société **Creaction** est le courtier en technologies pour le Luxembourg.

Viennent s'ajouter à cela un volant de contributions additionnelles dans les programmes existants suivants afin soit de compléter la contribution pour couvrir les coûts à achèvement, soit pour de nouvelles activités. Il s'agit des programmes SAT-AIS, EDRS Global et NEOSAT avec notamment **HITEC Luxembourg** pour la fourniture de stations sol additionnelles dans le cadre du programme EDRS.

85

La contribution à ces programmes dans la catégories Applications s'élève à un total de 85 M€.

© ESA

ACTIVITÉS HABILITANTES ET DE SOUTIEN

Programme général de soutien à la technologie (GSTP)

Le programme **GSTP** de l'ESA est le programme de développement technologique de l'Agence pour les technologies qui ne relèvent pas des télécommunications. Il offre un soutien aux entreprises en leur permettant de convertir des concepts d'ingénierie en produits pouvant être mis sur le marché. Ce programme couvre pratiquement toute la gamme de maturité technologique, y compris les démonstrations en orbite. Il comprend trois éléments liés au niveau de maturité technologique, le premier élément adressant les technologies les moins matures, le troisième élément adressant la démonstration en orbite et les petites missions.

Il arrive régulièrement que les activités proposées correspondent soit aux besoins de R&D des entreprises luxembourgeoises, soit aux axes de recherche de nos organismes de recherche. La participation à ce programme leur permet donc de se mettre à niveau du point de vue technologique et ainsi d'offrir des services et des produits à la hauteur des attentes du marché.

Comme dit plus haut, l'élément trois du programme couvre également les petites missions. Ainsi la mission M-ARGO qui s'inscrit tout naturellement en tant que mission d'exploration des astéroïdes dans notre initiative d'exploration et d'utilisation des ressources spatiales, sera implémentée via cet élément. À la différence de Juventas qui voyagera avec la mission HERA, M-ARGO a pour vocation de développer les technologies critiques qui permettront à un CubeSat de rejoindre le « Deep Space » et d'assurer le rendez-vous avec un astéroïde de façon complètement autonome. Une fois sur place, M-ARGO procèdera via sa suite d'instruments, à la caractérisation des propriétés physiques de cet astéroide. Ces données viendront alimenter notre Centre d'innovation pour les ressources spatiales. La phase A est déjà en cours chez **GomSpace** et s'achèvera en mai 2020.

10

La contribution à ce programme général de soutien à la technologie s'élèvent à un total de 10 M€.

PROGRAMME NATIONAL LUXIMPULSE

Les initiatives nationales seront mises en œuvre essentiellement à travers le programme national LuxIMPULSE. Cela concerne non seulement l'initiative SpaceResources.lu, mais aussi les projets plus traditionnels ainsi que ceux du New Space qui ne relèvent pas de l'initiative.

A ces fins, le programme sera doté d'un **budget supplémentaire de 80 M€** pour, d'une part, permettre des développements technologiques en continuité de ce qui a été fait ces dernières années et d'autre part, soutenir la croissance du secteur avec l'arrivée de nouveaux entrants.

À titre d'exemple, **GRADEL** va développer et qualifier un process nommé « *xFK in 3D* » en collaboration avec leur partenaire AMC, permettant de réaliser des structures ultralégères pour des applications spatiales. La technologie permettra de placer des fibres composites de haute performance seulement là où elles sont nécessaires en utilisant une approche 100% digitale pour la définition et simulation des structures. Des gains de poids jusqu'à 70% comparé à l'état de l'art sont possibles, ainsi que l'intégration de fonctions techniques dans les pièces, le tout en réduisant le degré de complexité, ce qui permettra de proposer des solutions compétitives à ses clients.

Orbitare qui est en cours d'installation au Luxembourg va développer et offrir un service d'IP messaging (email, messagerie et images) à bas coûts dans des régions reculées à partir d'une petite constellation de nano-satellites pour des clients tels que des randonneurs et des marins.

SPARC Industries va développer un logiciel permettant de simuler avec une grande fidélité la physique du plasma pour des applications spatiales et non spatiales.

En ce qui concerne l'initiative SpaceResources.lu, il est bien entendu prévu d'implémenter des actions spécifiques au développement des ressources spatiales. Les projets de recherche et de développements avec des entreprises et des laboratoires de recherche publics continueront à être soutenus via le programme LuxIMPULSE, ceci notamment dans le domaine de la prospection, de l'extraction ou encore de la transformation de ressources spatiales. Ceci nécessitera le développement de nouvelles compétences en télédétection, matériaux, robotique, ou encore systèmes autonomes.

Ainsi, **Maana Electric** sera dans un premier temps soutenue par le programme national pour développer son système autonome de production de panneaux solaires à base des ressources disponibles in-situ (régolithe sur la Lune, sable sur Terre). Cette innovation permettra en outre de produire des panneaux solaires peu chers et écologiques car ne produisant que très peu de déchets en comparaison des processus actuels.

Deep Space Industries – **Bradford Space** va développer différents sous-systèmes pour des plateformes bas coûts pour l'exploration spatiale.

Comme l'initiative de proposer un projet de développement est en général laissée aux industriels eux-mêmes, il est difficile d'anticiper l'ensemble des activités qui seront menées dans ce programme. D'autres projets seront identifiés au fur et à mesure pour être mis en œuvre dans ce contexte.

ACTIVITÉS DANS LE DOMAINE DE L'ÉDUCATION

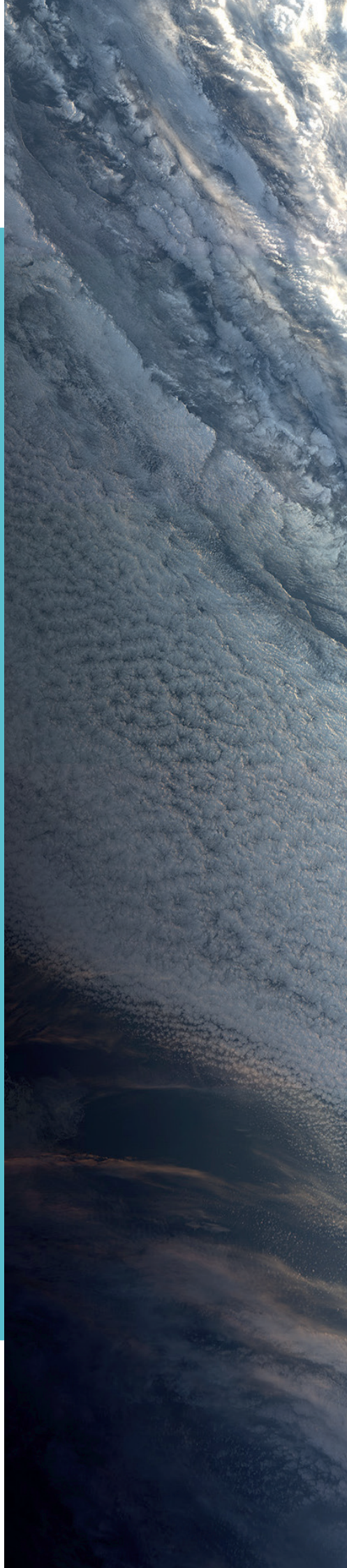
L'ESERO, en étroite coordination avec l'ESA et la LSA, continuera d'utiliser l'espace comme contexte d'enseignement et d'apprentissage des sciences et technologies à l'école, et de proposer des cours de formation aux enseignants, des ressources pédagogiques, et de nouvelles activités pratiques répondant aux programmes scolaires nationaux. Ainsi, au travers de son programme pour 2020-2022, l'ESERO prévoit de proposer 16 nouvelles formations auxquelles devraient prendre part un peu plus de 320 enseignants, d'étendre et de développer de nouvelles ressources pédagogiques ainsi que d'organiser des projets scolaires proposés par l'ESA, tels que : Astro Pi, CanSat, Moon Camp, Climate Detectives, MissionX.

Il s'emploiera également à promouvoir les métiers de l'espace et à sensibiliser le public à l'importance de l'espace pour la société. Avec les experts de l'industrie et du monde de la recherche, l'ESERO organisera des visites dans les classes pour sensibiliser et motiver les élèves à choisir les filières STEM.

Les programmes d'éducation de l'Université du Luxembourg, en particulier l'Interdisciplinary Space Master, continueront à bénéficier du soutien de la LSA ces prochaines années.

La LSA continuera à promouvoir auprès des jeunes les opportunités de carrière professionnelle dans le secteur spatial, et dans ce contexte, le prochain appel à candidatures pour le programme LuxYGT sera publié en 2020.

La LSA continuera à sensibiliser de manière plus large les jeunes et à promouvoir l'importance des technologies relatives aux ressources spatiales, notamment à travers des initiatives comme la Luxembourg Tech School ou d'autres événements, en collaboration avec les acteurs de l'éducation nationale.



ACTIVITÉS DE PROMOTION ET DE COMMUNICATION

Les activités de communication et de développement économique de la LSA jouent un rôle clé dans les efforts du gouvernement visant à positionner le Luxembourg sur le marché mondial, valoriser l'écosystème luxembourgeois et promouvoir l'exploration et les utilisations pacifiques et durables des ressources spatiales. Ces efforts se poursuivront dans les années à venir.

L'objectif est de développer davantage les activités de communication conformément à la stratégie globale du gouvernement en vue de repositionner le Luxembourg et d'ouvrir la voie à l'émergence d'une agence spatiale autonome et de renforcer la communication sur la recherche spatiale dans le cadre de la création du Centre de recherche sur les ressources spatiales.

La LSA continuera à organiser des événements au Luxembourg et à participer à des conférences, des congrès internationaux et des missions économiques dans le but de présenter et promouvoir l'écosystème spatial luxembourgeois auprès de la communauté internationale.

VISION DES INDUSTRIELS DU SECTEUR

A l'instar de la préparation au Conseil ministériel de l'ESA de 2016, le Groupement Luxembourgeois de l'Aéronautique et de l'Espace (GLAE) a fourni une analyse de la situation et émis des propositions quant à l'approche qui lui paraît appropriée pour l'avenir.

Avant de décrire ses propositions, le GLAE commence par remercier le gouvernement pour son engagement continu à développer ce secteur et se félicite de la création de l'agence spatiale luxembourgeoise ainsi que des engagement financiers importants mis à disposition pour renforcer cet écosystème. Il note également le dialogue régulier et constructif entre les représentants de la LSA et de l'industrie, permettant de développer de concert les perspectives prometteuses qu'offre ce secteur. Enfin, il souligne l'importance du principe du juste retour à la base de la politique industrielle de l'ESA car il garantit un retour économique pour le Luxembourg.

Dans ses propositions le GLAE rappelle que l'objectif final pour le Luxembourg doit être le développement de l'écosystème, la création d'applications, de produits et de services récurrents et à haute valeur ajoutée, et le développement de marchés commerciaux.

Il encourage à travailler de manière ciblée, en se basant sur les compétences existantes, dans le but de développer une masse critique. Les domaines visés sont les télécommunications et les applications au sens large, ainsi que l'utilisation des ressources spatiales.

Le GLAE recommande également d'utiliser des technologies transverses comme l'intelligence artificielle ou le « machine learning » pour accélérer les développements dans le domaine spatial et d'exploiter au mieux les synergies avec d'autres initiatives ou secteurs, comme par exemple le supercalculateur Meluxina, ou le secteur de la défense et de la sécurité.

Les coopérations bilatérales avec d'autres pays ou d'autres agences sont également vues comme un instrument important pour soutenir le développement du secteur.

Enfin, le GLAE voit l'agence spatiale luxembourgeoise comme un « guichet unique » pour l'industrie spatiale et invite le gouvernement à la renforcer afin de pouvoir adresser les défis croissants résultant de la politique spatiale luxembourgeoise.

En ce qui concerne le financement, le GLAE recommande d'assurer les ressources financières nécessaires à travers différents instruments comme les aides RDI, les programmes de l'ESA et le programme national LuxIMPULSE.

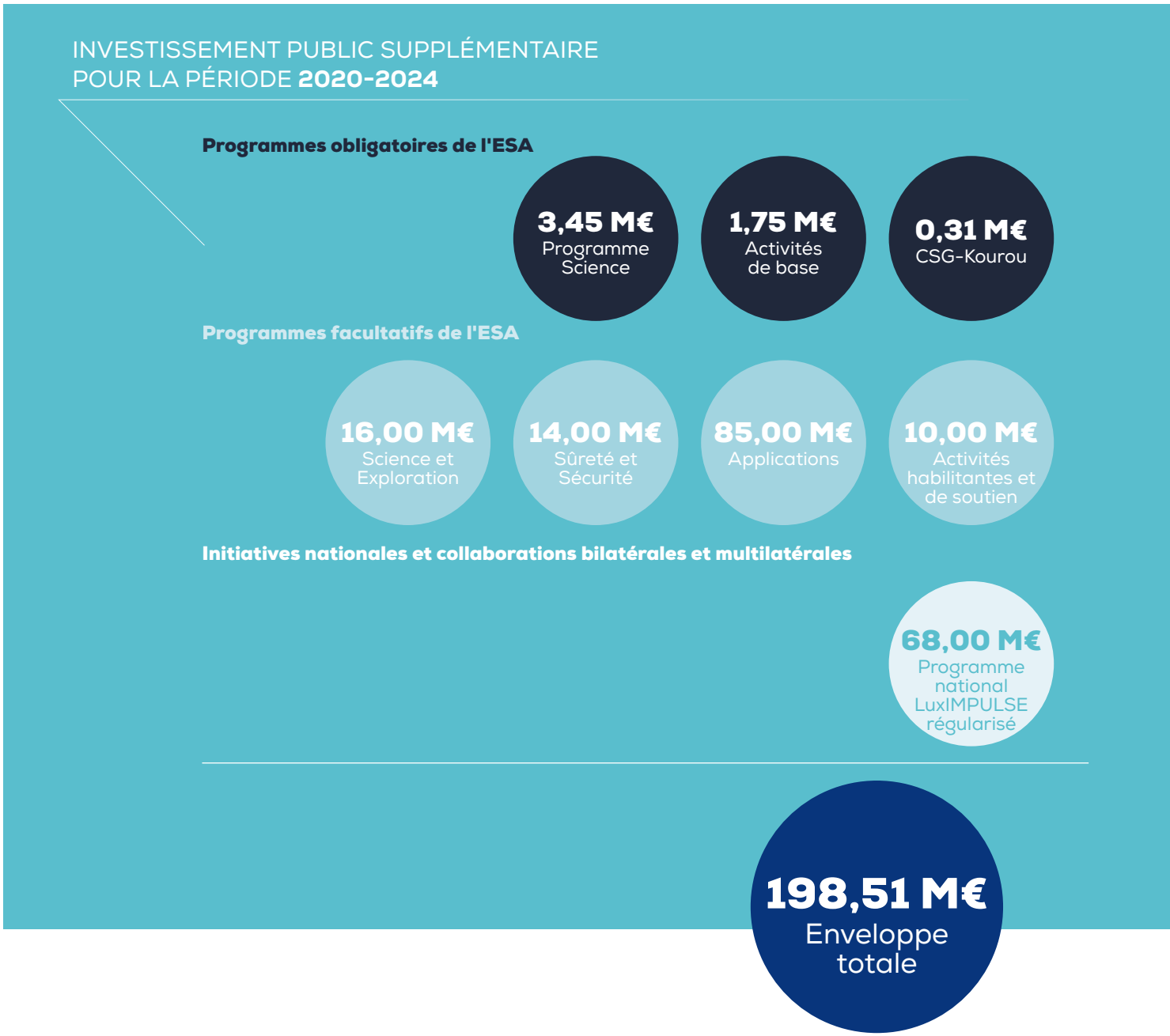
Il souligne également l'importance de la formation et la sensibilisation des jeunes et recommande donc de continuer le programme des jeunes diplômés à l'ESA (LuxYGT) et se montre ouvert pour étudier de nouveaux modèles de formation. Il se réjouit aussi de la mise en place de l'Interdisciplinary Space Master. Les entreprise membres du GLAE sont prêtes à accueillir des étudiants stagiaires dans le cadre de leur formation.

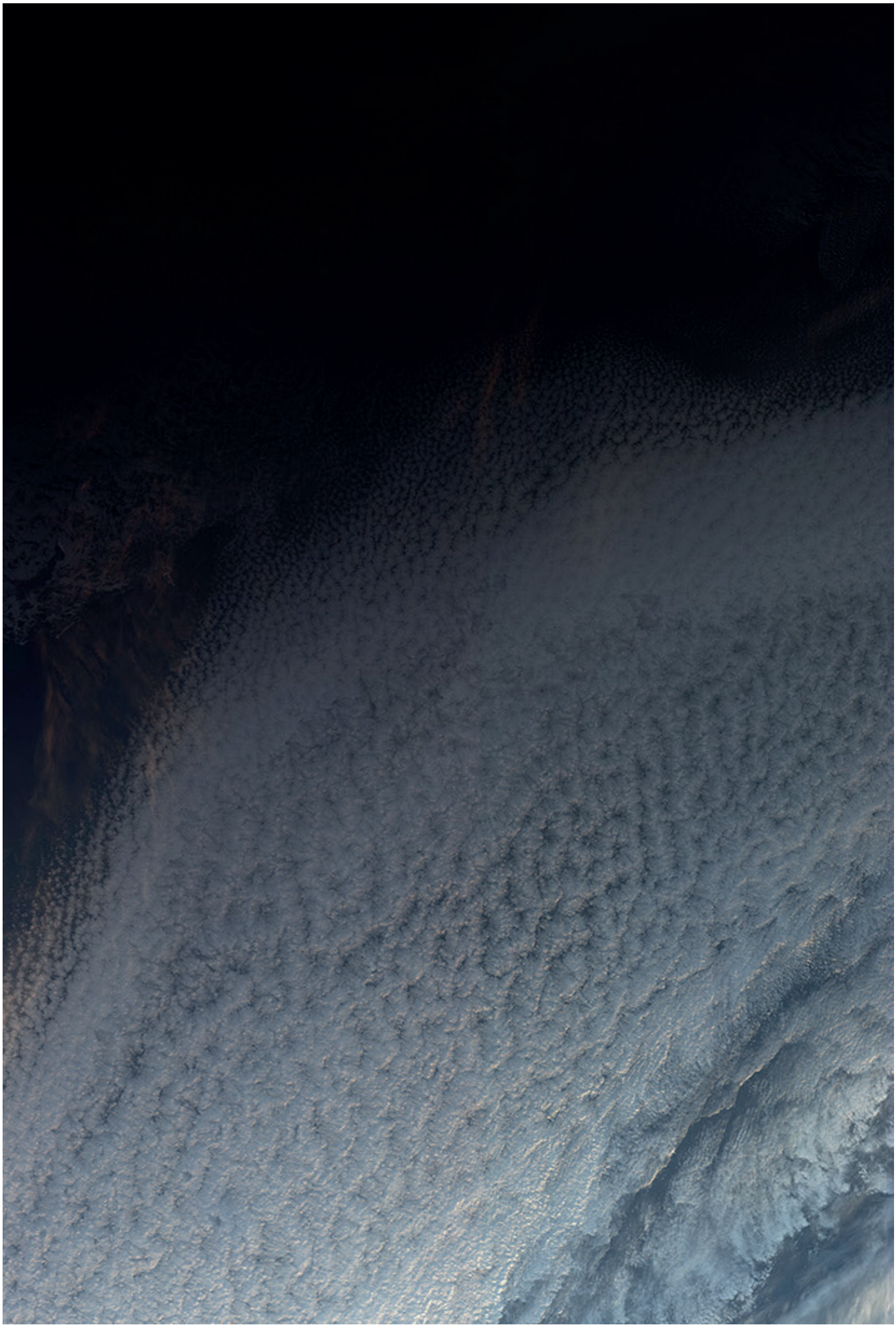
Le GLAE propose également de mettre en place un système de bourse supplémentaire afin d'inciter les jeunes diplômés à aller travailler auprès d'une entreprise luxembourgeoise.

Pour terminer, le GLAE recommande de continuer l'effort de promotion du secteur, à plusieurs niveaux : à l'international, au Luxembourg et plus spécifiquement auprès des jeunes.

RÉCAPITULATIF

Le tableau ci-dessous établit l'investissement public supplémentaire nécessaire au titre de la mise en œuvre du Plan d'action susvisé pour la période 2020-2024 :





GLOSSAIRE

AIS	Automatic Identification System
ARTES	Advanced Research in Telecommunications Systems
ASI	Agenzia Spaziale Italiana
CGI	Centre de Gestion Informatique du SCRIPT
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
EOEP	Earth Observation Envelope Program
ESA	European Space Agency
ESERO	European Space Education Resources Office
GLAE	Groupement Luxembourgeois de l'Aéronautique et de l'Espace
GMES	Global Monitoring for Environment and Security
GSTP	General Support to Technology Program
ISM	Interdisciplinary Space Master
LSA	Luxembourg Space Agency
LIST	Luxembourg Institute of Science and Technology

LTS	Luxembourg Tech School
LuxYGT	Luxembourg Young Graduate Trainees
PIB	Produit Intérieur Brut
PME	Petite et Moyenne Entreprise
PMI	Petite et Moyenne Industrie
QCI	Quantum Communication Infrastructure
SCRIPT	Service de Coordination de la Recherche et de l'Innovation pédagogiques et technologiques
SES	Société Européenne des Satellites
SMC	Services des médias et communications du Ministère d'État
SnT	Centre interdisciplinaire « Security, Reliability and Trust » de l'Université du Luxembourg
STEM	Science, Technology, Engineering and Mathematics
TIC	Technologies de l'Information et de la Communication
TRP	Technology Research Program
YGT	Young Graduate Trainee

ANNEXE

DESCRIPTION DES PROGRAMMES DE L'ESA

L'Agence spatiale européenne a organisé ses programmes suivant 4 grands domaines d'activités :

I. la science et l'exploration,

II. la sûreté et la sécurité,

III. les applications et

IV. les activités habilitantes et de soutien.

Les programmes d'intérêt pour le Luxembourg sont décrits brièvement dans les paragraphes qui suivent.

SCIENCE ET EXPLORATION

LE PROGRAMME SCIENCE

Le programme scientifique a été à l'origine des premiers projets européens de coopération spatiale et a toujours été placé sous le signe du dynamisme et de la réussite. Il atteste depuis plus de 30 ans de l'intérêt d'une telle coopération et de la faculté d'innovation de l'Europe, dont les sondes Giotto et Ulysse fournissent un excellent exemple.

Le programme scientifique est un programme obligatoire, financé par l'ensemble des États membres de l'ESA. Il est le ciment qui lie les chercheurs et les industriels des différents pays. Il constitue l'assise des futurs programmes spatiaux. Mais qu'est-ce que la science de l'espace ?

La science de l'espace tente de répondre à quelques questions fondamentales : quelle est l'évolution de la Terre et de notre système solaire ? quelle est notre place dans l'Univers ? comment la vie est-elle apparue ? sommes-nous seuls ?

Trouver les réponses à ces interrogations passe notamment par l'étude de notre système solaire pour comprendre les interactions entre la Terre et les autres planètes. Plusieurs missions ont déjà contribué à une meilleure connaissance de notre système solaire. La sonde Giotto, qui a frôlé le noyau de la comète de Halley en 1986, a permis notamment d'établir la composition de sa matière grâce aux analyses faites par la sonde pendant la traversée de sa queue. Depuis 1990, la sonde Ulysse a procédé à des mesures au-dessus des pôles du Soleil.

Citons encore le télescope spatial Hubble, lancé en 1990. C'est l'observatoire spatial le plus complexe et techniquement le plus évolué qui n'ait jamais été construit. Sa caméra pour objets faiblement lumineux (FOC) produit des clichés très détaillés des étoiles et détecte des objets hors d'atteinte pour les instruments terrestres. Les

missions plus récentes, ExoMars TGO, BepiColombo, Gaia et Rosetta ont eu pour objectif respectivement d'étudier l'atmosphère de Mars, l'exploration de la planète Mercure, de faire une cartographie tridimensionnelle de notre galaxie et enfin, de recueillir des données sur la composition du noyau de la comète 67P / Tchourioumov-Guérassimenko et sur son comportement à l'approche du Soleil. Les futures missions dont les lancements sont prévus dans les années à venir couvrent différents aspects de la science de l'espace, comme la mesure des rayonnements émis par des objets très lointains, la détection des planètes extrasolaires, la mesure du rayonnement cosmique de l'Univers, la détection d'ondes gravitationnelles, l'étude de la planète Jupiter, l'observation de million d'étoiles dans notre galaxie, l'exploration de la matière noire ou encore l'étude du Soleil. Ces missions devraient nous aider à en savoir plus sur les origines de l'Univers (Big Bang), son âge et son expansion, sur la formation des étoiles et des galaxies, sur les planètes de notre système solaire ainsi que sur notre Soleil.

LE PROGRAMME ENVELOPPE EUROPÉEN D'EXPLORATION

Le programme E3P (European Exploration Envelope Program) est le programme d'exploration de l'ESA qui adresse aussi bien l'exploration robotique que l'exploration humaine. Ce programme est structuré autour des quatre piliers suivants :

- Exploration humaine en orbite terrestre basse (LEO) ;
- Exploration humaine au-delà de l'orbite terrestre basse (Beyond LEO) ;
- Exploration robotique lunaire (Moon) ;
- Exploration robotique de Mars (Mars).

Ces quatre piliers programmatiques sont encadrés par deux programmes transverses, à savoir le SciSpacE (Science in Space Environment) regroupant les activités scientifiques liées à l'exploration et ExPeRT (Exploration Preparation, Research and Technology) regroupant toutes les activités et études préparatoires.

L'ESA offre à ses États membres un programme ambitieux et équilibré entre les trois destinations principales que sont l'orbite terrestre basse, la Lune et Mars. Afin d'avoir un programme financièrement durable, beaucoup de ces missions se réalisent dans le cadre d'une collaboration internationale, comme par exemple les missions *PROSPECT et ExoMars* qui vont se faire avec Roscosmos, l'agence spatiale russe, ou encore les missions *Mars Sample Return* et *ARTEMIS* réalisées en collaboration avec la NASA.

Space19+ arrive à un moment très critique pour l'exploration spatiale, principalement dû à l'annonce américaine de retourner sur la Lune avec des astronautes d'ici 2024. L'Europe peut participer à cette aventure mais, afin de jouer un rôle important, elle devra s'engager sur une collaboration à long terme qui va certainement influencer le programme d'exploration européen pour plus d'une décennie.

C'est aussi dans le cadre de l'exploration lunaire que l'ESA a publié en 2019 sa stratégie sur les ressources spatiales. Pour l'ESA les ressources spatiales jouent un rôle clé dans l'exploration durable et permettront de réaliser des missions humaines de longue durée sur la Lune. Dans cette optique, l'ESA a l'intention de lancer une mission robotique sur la Lune au milieu des années 2020 afin de démontrer le potentiel de l'utilisation de ces ressources.

SÛRETÉ ET SÉCURITÉ

PROGRAMME DE SÉCURITÉ SPATIALE

Le programme de sécurité spatiale a pour objectif de contribuer à la protection de notre planète, de l'humanité et des moyens spatiaux et terrestres contre les risques dont l'origine se situe dans l'espace et d'aider l'Europe en fournissant des services permettant d'assurer la sécurité de la société face à de tels risques. Ce programme assure la continuité du programme de surveillance de l'espace (SSA) et est organisé en cinq grands domaines d'activités, les activités de base et quatre pierres angulaires :

- Les activités de base sont consacrées à la météorologie spatiale, à la défense planétaire et aux débris spatiaux et à la préservation de l'environnement spatial ;
- La mission dite L5, première pierre angulaire, est une mission opérationnelle de météorologie de l'espace à destination du cinquième point de Lagrange, qui doit permettre de fournir des prévisions météorologiques à court et moyen terme plus précises et plus rapides.
- La mission Hera, deuxième pierre angulaire, est une mission de défense planétaire à destination de l'astéroïde binaire Didymos, qui procédera à une caractérisation de ce dernier après impact, afin de valider la technique de déviation d'astéroïde par impact cinétique. Elle viendra compléter les activités de détection d'astéroïdes et d'alerte avancée en contribuant au développement de capacités de déviation.
- La troisième pierre angulaire, consacrée à la maintenance en orbite et à l'élimination active de débris spatiaux, vise à remédier au problème des débris spatiaux en prévoyant à la fois une mission d'élimination de débris et un soutien au marché émergent de la maintenance en orbite.
- Le système anticollision automatisé, quatrième pierre angulaire, doit garantir une approche anticipative des risques de collision ainsi que la sécurité de l'exploitation des méga-constellations.

APPLICATIONS

OBSERVATION DE LA TERRE

Le programme observation de la Terre de l'ESA comprend deux éléments principaux: un élément science et recherche qui comprend les missions *Earth Explorer* et des éléments opérationnels *Earth Watch* conçus pour faciliter la fourniture des données d'observation de la Terre pour leur utilisation dans des services opérationnels.

Ces éléments se répartissent au sein de deux grands programmes:

- le programme enveloppe observation de la Terre;
- le programme *Earth Watch*.

Même si l'élément *Earth Watch* concerne également les missions météorologiques développées en coopération avec l'organisation européenne pour l'exploitation des satellites météorologiques (EUMETSAT) ainsi que les missions Sentinel développées dans le cadre du programme Copernicus de l'Union européenne, ces missions ont leurs propres programmes. La période courante du programme observation de la Terre prévoit la continuation de certains programmes d'ores et déjà existants ainsi que le démarrage de nouveaux programmes. Ceci inclut l'extension du programme « Earth Observation Envelope Program » le programme de la composante spatiale Copernicus et les éléments du programme Earth Watch dédiés à la continuation d'Altius, de Proba-VE et d'Incubed, à l'assistance au développement mondial (GDA), au satellite météorologique pour l'Arctique (AWS) et à TRUTHS.

Programme FutureEO-1

Conformément à la stratégie d'observation de la Terre de l'ESA « EO EUROPE 2040 », le programme enveloppe de l'observation de la Terre EOEP se poursuit au-delà de EOEP-5 sous le nom de FutureEO.

Une nouvelle période, FutureEO-1, d'une durée de neuf ans de 2020 à 2028, est ajoutée. Elle comprend trois segments indépendants d'une durée de trois ans chacun. Le premier segment couvre la période de financement 2020-2022. Il poursuit plusieurs activités de l'actuel EOEP- 5, mais introduit également de nouveaux concepts comme l'implémentation d'un nouveau type de missions de recherche, les « Scouts », l'investissement dans l'intelligence artificielle pour la récupération efficace d'informations des segments sol ou encore pour le traitement de données directement à bord des satellites.

FutureEO-1 est conçu pour favoriser la fertilisation croisée tout au long du cycle de vie des missions d'observation de la Terre, allant de la conception et définition de la mission, au développement de la mission et des instruments. Ce programme adresse également l'accès et l'exploitation des données, qui alimentent à leur tour la définition de la mission. FutureEO-1 fournit un cadre permettant de répondre plus efficacement aux exigences et priorités des utilisateurs de données d'observation de la Terre.

FutureEO-1 se concentre sur les mêmes objectifs qu'EOEP, à savoir: 1/ assurer les bases requises pour les futurs systèmes d'observation de le Terre en Europe (maturation de nouvelles découvertes scientifiques et technologiques, expertise intégrale des missions et de leurs systèmes, pré-développements d'instruments, études de systèmes et d'architectures, transition entre la science et les applications) , 2/ offrir des missions de recherche dans le cadre de la science de la Terre et démontrer la relevance et l'utilité scientifique de ces missions, 3/ poursuivre le développement du secteur aval de l'observation de la Terre afin de développer des opportunités commerciales conduisant à la croissance économique, 4/ promouvoir l'élargissement de la communauté d'utilisateurs des données d'observation de la Terre.

Les principales activités du programme sont les suivantes:

- **Concernant les futures missions** : activités préparatoires relatives à des technologies innovantes sur base des priorités politiques et des besoins de la communauté d'utilisateurs des données d'observation de la Terre; soutien accru de l'industrie européenne afin de la préparer à toutes les classes de missions et d'instrumentation dans le but de renforcer son efficacité et son indépendance; cela inclut notamment l'évolution de la famille Sentinel dans le cadre du programme Copernicus de l'Union européenne ainsi que la définition des missions Earth Explorer et de météorologie.
- **Concernant le développement de missions** : implémentation et exploitation de missions de classe mondiale – la famille des Earth Explorer et préparation entre autres de la transition entre la R&D et les systèmes opérationnels et commerciaux.

- **Concernant la Gestion de missions** : acquisition, gestion, archivage et accès aux données par les utilisateurs. Dans le cadre de FutureEO, ces services s'appuieront fortement sur de nouvelles méthodes comme l'intelligence artificielle.
- **Concernant la science de l'observation de la Terre au service de la société** : implication des utilisateurs, exploitation scientifique des données, développement de services adressant les défis sociétaux. Intégration de données provenant de petits satellites commerciaux et des plateformes haute altitude.

Composante spatiale Copernicus (CSC) Volet 4

Le quatrième volet de la composante spatiale Copernicus a avant tout pour objectif d'assurer la continuité à long terme des capacités d'observation actuelles par le biais de missions Sentinel Next Generation (NG) ainsi que le déploiement de nouvelles missions à haute priorité (HPCM) pour l'observation et l'étude du climat afin de répondre aux besoins émergents des utilisateurs et aux nouvelles politiques de l'Union européenne sur le changement climatique.

Dans l'optique d'établir une base solide pour ces futurs développements, des activités préparatoires liées à l'évolution de Copernicus ont déjà été entamées dans le cadre d'EOEP-5. D'autres activités de pré-développement d'instruments pour les missions Sentinel NG et HPCM seront réalisées dans le cadre du programme FutureEO-1.

Élément « Earth Watch » Altius

La révision de l'élément ALTIUS a pour objectif d'inclure l'approvisionnement des services de lancement, la préparation et l'exécution de la phase de lancement, le début de fonctionnement en orbite ainsi que l'exploitation pour une période de 3 ans.

Élément « Earth Watch » TRUTHS

L'objectif de cet élément est de couvrir les premières phases du développement d'une mission opérationnelle de petite à moyenne envergure, la mission TRUTHS, qui porte pour l'essentiel sur l'étude du climat et est destinée à améliorer d'un ordre de grandeur les estimations du bilan radiatif de la Terre grâce à des mesures directes.

Élément « Earth Watch » AWS : satellite météorologique pour l'Arctique

AWS est un satellite prototype qui sera développé en vue de la constitution d'une constellation de petits satellites en orbite polaire, destinés à réaliser des sondages hyperfréquences dans l'ensemble de l'atmosphère, avec une répétitivité élevée au-dessus des régions polaires. La future constellation opérationnelle pourrait être mise en place ultérieurement dans le cadre d'une coopération avec EUMETSAT.

Élément « Earth Watch » Incubed+

Pour répondre au caractère de plus en plus dynamique et commercial du marché de l'observation de la Terre, l'ESA a lancé en 2016 l'élément « Incubed ». Dans la continuité des succès d'InCubed, l'élément InCubed+ propose des solutions de cofinancement encore plus rapides, ainsi qu'un accès à l'expertise de l'ESA en matière d'observation de la Terre et de technologies spatiales, pour aider les entreprises européennes à se démarquer sur ce marché très dynamique. Il s'agit d'un programme centré sur des enjeux commerciaux, dont les activités sont définies en fonction des opportunités commerciales de l'industrie.

Élément « Earth Watch » PROBA-VE

La phase d'exploitation de la mission Proba-V, qui a débuté en 2013, a été prolongée à deux reprises. Une troisième extension est prévue afin de poursuivre les activités de la mission au-delà de 2019. Dans ce cadre, il est prévu de poursuivre la phase nominale de la mission jusqu'en avril 2020, qui sera suivie d'une phase expérimentale ayant comme objectif de compenser la perte de capacité d'observation du satellite à l'aide de deux petits satellites compagnons volant à proximité du satellite Proba-V.

Élément « Earth Watch » GDA : assistance au développement mondial

L'élément *Assistance au développement mondial* (GDA) permet de mettre en oeuvre les développements techniques nécessaires pour répondre aux besoins en géo-informations d'institutions financières internationales pour mener à bien leurs activités opérationnelles (planification, mise en oeuvre, suivi et évaluation de projets d'assistance/aide au développement).

Les technologies développées seront également utiles pour d'autres parties prenantes de l'aide au développement au sens large (agences nationales et ministères des pays européens chargés de l'aide au développement, autorités compétentes dans les pays en développement, etc.).

En outre, l'élément GDA sera mis en oeuvre en partenariat avec la Banque mondiale et la Banque asiatique de développement, au titre d'une initiative conjointe dans le cadre de laquelle ces organisations conduiront des activités complémentaires (développement de capacités, transfert de compétences) en utilisant leurs ressources financières propres dans un programme d'activités destiné à accroître l'impact de l'aide au développement.

TÉLÉCOMMUNICATIONS ET APPLICATIONS INTÉGRÉES

Le Luxembourg contribue au programme de Télécommunication « Advanced Research in Telecommunication Systems » (ARTES) depuis l'année 2000 dans le cadre d'un accord de coopération avec l'ESA.

Ce programme est organisé en divers éléments ayant chacun leur spécificité du point de vue contenu et schéma de financement. Ainsi, certains éléments sont dédiés à la préparation des applications futures de télécommunications, des études de marché, des pré-développements technologiques, tandis que d'autres offrent un support pour le développement de nouveaux produits ou services. Cette organisation repose sur une matrice avec des lignes de programmes stratégiques (SPL) et des lignes de programmes génériques (GPL).

Les SPL doivent répondre à des objectifs économiques et sociétaux et sont au nombre de 3 :

1. **Moyens spatiaux pour la 5G** : l'objectif est l'intégration complète du satellite dans la prochaine génération de réseaux mobiles;

2. **Systèmes spatiaux pour la sûreté et la sécurité (4S)** : l'objectif est de fournir un soutien fiable et sûr aux besoins sociétaux tels que les infrastructures clés pour l'économie et la société ou liées à la gestion des crises, à la sécurité maritime ou au contrôle des frontières ;

3. **Télécommunications optiques - ScyLight** : l'objectif est de maintenir l'excellence industrielle européenne et le leadership mondial dans la technologie des communications optiques.

Les GPLs ont pour but de répondre à des objectifs d'optimisation d'efficacité et d'implémentation des projets aux travers d'éléments programmatiques plus classiques. Les GPLs sont au nombre de 3 :

1. **ARTES (Préparation de l'avenir & Coeur de compétitivité)** : cet élément est consacré au développement, à la qualification et à la démonstration de produits (traités sous le sous-élément « Compétitivité et croissance ») ou au développement technologique à long terme (traité sous le sous-élément « Technologie de pointe »). Les produits dans ce contexte peuvent être un équipement pour la plate-forme ou la charge utile d'un satellite, un terminal utilisateur ou un système de télécommunications complet intégrant un réseau à son segment spatial. Les applications de télécommunications sont également couvertes. Cette ligne inclut aussi les activités de préparation dédiées à l'analyse stratégique et du marché à la technologie et aux études de faisabilité du système et le soutien des normes de communication par satellite.

2. **Projets en partenariat (PP)** : cet élément vise à fournir à l'industrie des communications par satellite un cadre efficace pour commercialiser des produits et des systèmes novateurs grâce à des partenariats public-privés créés par l'industrie. Ils peuvent traiter des segments de l'espace et/ou du sol. Parmi les exemples de lancements récents ou imminents, citons le Système européen de relais de données (EDRS), le Système d'identification automatique par satellite (SAT-AIS) et la plateforme de nouvelle génération (Neosat) qui comprend à la fois le Spacebus NEO (Thales Alenia Space) et l'Eurostar NEO (Airbus Defense & Space). Parmi les autres projets en attente de lancement, citons Electra, Pacis-1 (Précurseur Govsatcom) et QUARTZ (QKD). De nouveaux PPs sont proposés comme HyDRON, SAGA, Novacom et Sunrise Phase2.

3. **Applications commerciales – solutions spatiales** : cet élément est dédié au développement d'entreprises, de services et d'applications durables qui utilisent des actifs spatiaux, pour la mise en oeuvre dans tous les secteurs du marché allant de l'agriculture aux transports et de l'énergie au financement. Il comprend les réseaux de centres d'incubation d'entreprises (BIC) de l'ESA, les courtiers en transfert de technologie et les ambassadeurs pour le développement d'applications.

ACTIVITÉS HABILITANTES ET DE SOUTIEN

PROGRAMME GÉNÉRAL DE SOUTIEN À LA TECHNOLOGIE (GSTP)

À travers ce programme, l'ESA donne la possibilité aux États participants d'encourager les développements technologiques de façon à amener les technologies en question à un niveau de maturité suffisant pour les inclure dans une future mission. Il permet de renforcer et de faire évoluer l'expertise industrielle de manière à ce que l'industrie européenne maintienne une position favorable dans un environnement de plus en plus compétitif. Il offre également la possibilité de démontrer, tester et valider des technologies en vol qui ne peuvent être qualifiées au sol. Les activités de ce programme adressent les thèmes tels que l'observation de la Terre, la Science, l'exploration robotique, les vols habités, le transport spatial, la navigation ou encore les technologies et techniques génériques.

Le programme GSTP s'articule autour des trois éléments suivants:

- Elément 1, Développement : développement de technologies pour de futures missions, des applications sol et des outils ;
- Elément 2, Fabrication : développement de technologies et de produits tournés vers le marché et présentant un intérêt stratégique dans une optique de compétitivité et de pérennité, en cofinancement avec l'industrie et mise en oeuvre des activités prioritaires nationales ;
- Elément 3, Vol : démonstration en orbite de nouvelles technologies, préparation de futures missions, petites missions.

Ce programme offre une très grande flexibilité et permet aux États participants de ne financer que les activités pour lesquelles ils ont manifesté un intérêt.

Photo: LSA Data Center,
vue satellite de Luxembourg,
Sentinel 2B

LE GOUVERNEMENT
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
Ministère de l'Économie

LUXEMBOURG
SPACE AGENCY