

ANRT – GROUPE OBJECTIF LUNE
POUR UNE CONSTELLATION LUNAIRE EUROPÉENNE :
L'EUROPE AU SERVICE DE LA LUNE, LE SAVOIR-FAIRE EUROPÉEN
AU SERVICE DE LA COOPÉRATION SPATIALE

NOTE STRATÉGIQUE

ABSTRACT : Les nouvelles ambitions lunaires partagent toutes deux traits majeurs : leur désir d'une installation pérenne et la variété des projets à conduire sur et autour de la Lune. À ces nouveaux besoins doivent répondre de nouveaux services. Le recours à un service commun de communication et de navigation permettrait de réduire la complexité et le coût des missions tout en bénéficiant de performances améliorées, libérant ainsi de la ressource et du budget pour des missions optimisées et plus ambitieuses. L'Europe dispose d'un savoir-faire historique et reconnu dans les domaines de l'observation, de la navigation et des télécommunications ; un savoir-faire au service de la Terre que le projet Moonlight peut transformer en savoir-faire lunaire.

Depuis 2019, l'ANRT et son programme Objectif Lune soutiennent l'essor d'une économie lunaire et cis-lunaire durable, et dans ce cadre, toute initiative de nouveaux services européens transverses, s'appuyant sur les talents européens de l'industrie. Cette note se focalise précisément sur le projet de Constellation Moonlight de l'ESA – elle sera suivie d'autres notes sur des projets tels que décrits ci-dessus.

La Lune est de nouveau au cœur des agendas scientifique, économique et géopolitique des nations spatiales. Qu'ils soient des Etats historiques ou de nouveaux venus du secteur spatial, des entreprises multi décennales ou des start-up, tous partagent la même volonté de s'établir durablement sur la Lune. Leurs projets ont pour dénominateur commun de considérer la Lune comme un avant-poste pour les objectifs futurs – notamment pour l'exploration martienne – mais aussi comme véritable terrain d'entraînement pour développer et tester de nouvelles techniques d'exploration spatiale. L'humanité retourne sur la Lune pour s'y installer et se projeter. La Lune n'est pas une étape avant d'aller sur Mars, mais l'étape primordiale en elle-même, et les acteurs français et européens doivent jouer un rôle significatif dans ces futures missions. **C'est donc une ambition fondamentalement renouvelée qui préside au retour de l'humain sur la Lune dans les prochaines années.** Et c'est cette nouvelle logique qui est la source de nouveaux besoins exigeant des réponses novatrices. **Concevoir une base pérenne en expansion durable sur la Lune au service d'ambitions inédites et audacieuses exige un système de navigation et de communication fiable en support-service, une clé de voûte au service de l'efficacité et des promesses de tout projet lunaire.** Ces services d'une nouvelle « logistique lunaire » peuvent être une contribution française ou européenne dans les missions internationales telle que ARTEMIS.

La décennie 2020-2030 verra la première phase du retour de l'humanité sur la Lune, avec le développement de dizaines de missions robotisées en cours de développement dans le monde. **Chacune de ces missions prévoit d'embarquer ses propres moyens de télécommunication avec la Terre, représentant un manque à gagner en termes de conception, de flexibilité et d'interopérabilité.** Par ailleurs, si les premières missions visent en priorité le pôle Sud, qui concentre l'essentiel des ressources en eau de notre satellite naturel, les ambitions d'exploration s'étendront rapidement à la face cachée de la Lune, là où la nécessité de disposer de moyens de télécommunications et de navigation externes s'avèrera indispensable.

C'est tout l'intérêt d'une constellation lunaire dédiée : travaillant de concert en orbite autour de la Lune, ses satellites spécifiques associés à un réseau de stations terrestres sauront accompagner les missions lunaires par des services de localisation et de communication sur toute sa surface sans rupture d'émission.

Dans l'élaboration de ces services, **l'Europe a l'opportunité de jouer un rôle stratégique et de trouver là une application lunaire essentielle pour développer et exposer son plein potentiel.** Ces services sont complémentaires aux ambitions américaines du programme ARTEMIS : alors que les Etats-Unis se concentrent pour réussir un retour sur la Lune – « Boots on the Moon » - l'Europe peut se positionner comme fournisseur de multiples services : la communication et navigation avec Moonlight, le transport Terre-Lune avec EL3 ou NYX ou les habitats secondaires tel que EUROHAB, ou enfin la maîtrise de la production d'oxygène, d'eau et d'hydrogène à partir des ressources lunaires au service du transport, support à la vie et de la gestion de l'énergie depuis l'espace.

LA CONSTELLATION MOONLIGHT, UNE OPPORTUNITÉ POUR L'EUROPE

Une ambition au cœur du projet Moonlight de l'ESA. L'agence conduit actuellement deux études d'évaluation avec deux consortiums d'entreprises provenant de différents Etats, pour ensuite faire appel à une mise en compétition pour l'implémentation du système et la fourniture de services.

Pour l'Europe spatiale, s'engager sur un projet tel que Moonlight, c'est mettre au service de la Lune **un savoir-faire européen historique, reconnu et complet d'observation de la Terre, de navigation, de géolocalisation et de télécommunication.** En transformant ces savoir-faire terrestres en compétences lunaires, notre continent s'érigerait en pourvoyeur d'une brique élémentaire des missions lunaires d'Etats partenaires. C'est d'ailleurs là l'ambition centrale du programme : permettre la mise en œuvre et la mise à disposition d'une capacité européenne de communication et de navigation cislunaire par le biais de services qui soutiendront les générations actuelles et futures d'explorateurs institutionnels et commerciaux.

Réduire le coût et la complexité des missions

Fournir des services de communication et navigation grâce à une constellation dédiée de satellites en orbite lunaire présente un double intérêt pour la réduction du coût et de la complexité des missions lunaires.

En premier lieu, force est de constater que de nombreuses missions sont aujourd'hui limitées par le volume d'emport, leur capacité de transfert de données depuis la lune, ou par des difficultés de communication en temps réel avec la Terre. Parallèlement, nombreuses sont les missions qui souffrent déjà et qui souffriront encore d'une précision limitée en termes de navigation lors de la descente vers la Lune ou lors de la conduite de missions sur et autour de la Lune. Sont alors mis en péril les équipements, la sécurité des astronautes et la pérennité des missions. Dès lors, **l'installation préalable d'une constellation en orbite lunaire apparaît comme le prérequis permettant une fois pour toutes et de façon permanente de fournir une gamme de services résolvant les problèmes mentionnés, mais également d'assurer la diversité des missions futures pour une large communauté internationale.**

Et c'est justement ce dernier élément qui fonde le second intérêt d'une telle infrastructure celui **de la réduction du coût des missions lunaires.** L'installation d'une constellation lunaire permettra à des nations spatiales ou à des entreprises du secteur à budget spatial réduit de viser malgré tout la Lune ; tout en limitant les coûts des missions déjà prévues par les puissances spatiales. C'est ainsi qu'une constellation Moonlight de navigation et de communication autour de la Lune peut servir de catalyseur à l'émergence de nouveaux acteurs et au renforcement d'acteurs installés.

L'autre effet induit pour les missions bénéficiant de performances de communication et de navigations améliorées est de permettre **d'augmenter la portée des missions**. Ces services offriront la possibilité par exemple d'atterrir ou de naviguer sur des zones d'intérêts accidentées non accessibles aujourd'hui car exigeant une grande précision, ou même de redéfinir complètement des modes opératoires plus efficaces des missions grâce à une communication haut débit et en temps réel.

Agir en faveur de la coopération et de l'intersectorialité

La logique qui vient d'être exposée trouve également sa raison d'être au-delà des aspects purement techniques d'organisation des missions lunaires. En effet, la constellation de service lunaire est aussi un formidable vecteur de coopération internationale et d'intersectorialité industrielle.

Coopération

Plusieurs nations déjà coopérantes en matière spatiale sont sur la nouvelle ligne de départ pour la Lune. **Maintenir et préserver la coopération spatiale internationale sur la Lune doit passer par la répartition des services et compétences entre États coopérants**. C'est ainsi qu'une constellation lunaire européenne pourrait fournir la communication et la navigation à des missions partenaires parmi lesquelles les missions américaines du programme Artémis. En contrepartie, les programmes partenaires offriraient aux européens d'autres services essentiels en matière de transport d'astronautes ou d'équipements. **La coopération par les services mutuels est la logique essentielle de la coopération spatiale depuis ses origines ; la conserver et la stimuler sur la Lune doit être une priorité**.

En fournissant le premier service permanent de navigation de communication lunaire, l'Europe spatiale et ses Etats-membres se placent comme un acteur stratégique et essentiel dans le paysage lunaire international. **La constellation Moonlight contribuerait activement à l'exploration de la Lune et de l'espace au sens large en fournissant des fonctions essentielles** pour une exploration robotique plus performante, mais aussi pour une présence humaine réellement durable, avec un besoin naturel d'interactions sociales très dynamiques sur la Lune et avec la Terre. En prenant en compte que la coopération entre agences spatiales passe avant tout par la fourniture réciproque de services, **l'ESA bénéficie ainsi d'un service supplémentaire à insérer dans le cadre d'accords de troc avec d'autres agences spatiales**. Cela signifie que le retour sur investissement des États membres va bien au-delà de la fourniture de services de communication et de navigation et pourrait permettre une participation importante de l'ESA à d'autres programmes dans de nombreux domaines

La coopération par les services trouve sa déclinaison technique dans l'interopérabilité entre les systèmes des différents projets de retour de l'humain sur la Lune. **Une constellation telle que Moonlight s'insèrera dans ce schéma d'interopérabilité : l'opérateur de la constellation et ses utilisateurs devant partager des données techniques permettant son fonctionnement**. L'interopérabilité est un pari technique sur l'avenir et un vecteur de coopération. Elle est la déclinaison technique d'une égalité entre partenaires au travers de la transparence technique.

Mais les intérêts pour les Etats-membres ne s'arrêtent pas là. En effet, **une infrastructure telle que Moonlight octroie à l'Europe une autonomie stratégique s'agissant des besoins de communication et de navigation missions européennes**. Si nous nous projetons vers Mars, démontrer dès la Lune les capacités européennes dans la conception et la mise en œuvre d'une constellation au-delà des orbites terrestres sera une puissante vitrine du savoir-faire européen pour la planète rouge.

Intersectorialité

Cet effort de faire-ensemble se retrouve aussi dans l'autre intérêt d'une constellation lunaire européenne : **la capacité pour l'industrie de se mobiliser de façon intersectorielle**. Les nouvelles

ambitions lunaires se déroulent dans un contexte géoéconomique renouvelé. Deux aspects majeurs de ces nouveaux paysages prennent une importance particulière s'agissant des constellations lunaires. Le premier, celui d'une nouvelle économie spatiale où le secteur privé est désormais capable d'exécuter des missions d'exploration spatiale. Les agences spatiales peuvent ainsi se tourner vers des modes de partenariat public-privé pour des services en support des missions des agences. **Cette coopération renouvelée entre les agences et l'industrie, trouvera sans aucun doute une application particulièrement importante dans la conception des constellations lunaires ; et ce d'autant plus qu'elle fait appel à des savoir-faire acquis sur Terre dans les domaines des télécommunications et de la navigation.** C'est d'ailleurs de ce même transfert de savoir-faire de la Terre à la Lune qu'émerge un autre élément crucial de l'analyse industrielle des constellations lunaires : **l'importance de mobiliser les secteurs du non spatial que ce soit pour le développement, la maintenance ou la recherche et développement autour de cette constellation lunaire.** Les fournisseurs de réseaux mobiles sont sans aucun doute les premiers concernés. Par ailleurs, qui sait les usages que le non-spatial pourrait demain envisager en tirant profit des services rendus par cette constellation lunaire qui, après tout, est un extraordinaire moyen de rapprocher la Terre et la Lune.

Cette approche intersectorielle devra s'appliquer au développement de toutes nouvelles capacités de service européennes, par exemple la mise en place de la chaîne de valeur des ressources spatiales (ex : H₂O/O₂/H₂/régolithe, au service du transport spatial - O₂/H₂, du stockage d'énergie intermittente - H₂, du support à la vie - O₂, de la construction d'infrastructure - régolithe). Ces nouvelles capacités de service européennes s'appuient sur l'intégration des compétences de nombreux acteurs de l'industrie terrestre et spatiale, et garantiront à l'Europe son indépendance stratégique, tout en lui permettant de promouvoir la collaboration internationale, à travers la fourniture de services nécessaires à tous

Le rayonnement international dont bénéficierait l'Europe du spatial vaut tout autant pour les Etats-membres que leurs industries. **En se positionnant les premiers sur une infrastructure permanente de communication et de navigation, les entrepreneurs européens prendront une avance considérable et de pointe pour les nouveaux services autour de la Lune dans une économie lunaire émergente.** La constellation Moonlight, par sa complexité et son caractère inédit de sa construction impliquera les entreprises spatiales et non spatiales de tous les Etats-membres dans des secteurs aussi concernés que le lancement, les télécommunications, la maintenance, les services, les réseaux, etc ; sur et autour de la Lune, certes, mais aussi sur Terre. Permanente, la constellation Moonlight assurera aux entreprises parties-prenantes un engagement prévisible et à long terme, offrant par ailleurs la temporalité nécessaire aux entreprises du non spatial pour s'investir vers et dans l'espace.

Une constellation lunaire européenne ferait également figure d'amorce pour créer un nouveau marché de services lunaires avec l'Europe comme fournisseur. D'une part, les deux fonctions essentielles de communication et de navigation constituent **une source de revenus importante pour les parties prenantes** au projet. D'autre part, si dans un premier temps les clients d'une telle constellation sont d'abord institutionnels, **des perspectives de croissance sont à attendre avec une augmentation du nombre de clients purement privés.** Ces derniers comprennent les utilisateurs primaires (objets et personnes présentes sur la Lune ou les dirigeant depuis la Terre) mais aussi **des utilisateurs d'applications futures à inventer dans les domaines éducatifs, du divertissement ou du média.** La création d'un pont de connexion stable et fiable lie encore davantage la Terre à la Lune.

Moonlight est bien plus qu'une constellation lunaire, avec une emphase sur la provision de services; elle est un vecteur d'innovation, de stratégie, d'excellence et de coopération pour l'Europe.

L'Europe des services lunaires jusqu'à la surface de la Lune

Un autre élément des services lunaires que l'Europe pourrait fournir dans cette future « Logistique Lunaire » concerne les éléments en surface : Le Human Landing System HLS de la NASA serait capable de livrer des quantités importantes d'équipement en surface. Selon le chiffre annoncé par SPACE-X - fabricant du HLS- ce système pourrait fournir entre 50 et 100 tonnes de matériel en surface lunaire. Il est clair que les Etats-Unis n'auront pas besoin de l'Europe comme livreur de matériel. Mais des missions avec des systèmes comme NYX et EL3 peuvent avoir un tout autre intérêt. D'une part ils affirment ainsi une certaine autonomie européenne à avoir la capacité d'atteindre la surface lunaire. D'autre part les alunisseurs de taille moyenne peuvent également servir au transport de matériel sur des sites stratégiques qui ne peuvent pas être atteints par le HLS (par exemple des sites trop risqués pour des atterrissages avec des équipages à bord). EL3 et NYX peuvent acheminer du matériel sur les sites de fort potentiel tel que les crêtes des cratères lunaires du pôle Sud, ou encore la face cachée. L'objectif ici sera de développer des services complémentaires au programme ARTEMIS des Etats-Unis, pas d'en être les concurrents.

Le concept EUROHAB s'inscrit également dans cette optique. Puisqu'il y a un écart important entre les sites sûrs pour l'atterrissage des équipages (avec HLS) et les sites d'intérêt (comme les crêtes des cratères avec une exposition solaire très important durant les nuits lunaires ; ou encore les fonds des cratères où des quantités d'eau en forme de glace ont été mesurées), la NASA aura besoin des Habitats Secondaires placés entre les sites d'atterrissage et les sites d'intérêt. Ces habitats peuvent avoir la forme d'une charge utile sur EL3 ou NYX, comme EUROHAB, et seraient positionnés avant l'arrivée des astronautes. Contrairement au HLS américain, ils resteront sur place. Le premier habitat permanent sur un autre corps céleste pourrait être européen.

EUROHAB est conçue comme une charge utile pour un atterrisseur type EL3 ou NYX. Compte tenu de la masse disponible sur ces systèmes il est important de concevoir un système qui se limite à une seule fonctionnalité : permettre à un équipage de survivre en surface lunaire. Ces îlots peuvent être une base d'exploration avancée, ou encore un lieu de stockage des échantillons récupérés par des robots ou des instruments qui seront passés d'un équipage au prochain. EUROHAB aura besoin de cette logistique lunaire pour sa réalimentation avec les éléments nécessaires aux systèmes support vie, et également de MOONLIGHT pour la télé-opération et télé-monitoring lorsque aucun équipage n'est à bord.

La NASA vient de signer le 16 juin 2022 un accord avec l'Agence Spatiale Italienne sur l'étude de la fourniture des habitats en surface lunaire. Ceci montre d'une part l'intérêt américain dans les systèmes d'habitation en surface et d'autre part que la NASA est prête à se faire livrer de tels systèmes par des partenaires internationaux. Mais il est important que la France et les acteurs français se mobilisent pour que ce projet devienne européen !

La France et l'Europe ont aujourd'hui l'opportunité unique de placer notre expertise, nos solutions technologiques et nos talents sur cette nouvelle course vers la Lune. Nous avons le devoir historique de faire que le continent européen continue à jouer un rôle significatif dans l'exploration - c'est l'ADN de notre culture.

Mais cette course est lancée et nous devons avoir le courage de choisir de nouvelles méthodes et d'avoir la rapidité de prendre des décisions audacieuses pour affronter le challenge du New Space Américain.

M. Josef Aschbacher, le DG de l'Agence Spatiale Européenne disait lors du Space Forum en mai à Toulouse que nous devrions avoir le courage de rêver. C'est à nos ingénieurs et scientifiques de faire

rêver sur l'avenir lunaire de l'Europe ; mais c'est aux agences et gouvernements d'assurer que les rêves deviennent réalité.

Contributeurs : note réalisée sur la base des travaux du GT Objectif Lune, avec le concours d'Élodie Viau (Directrice des télécommunications et applications intégrées, ESA), Fabrice Joly (Head of future Telecom Programme Consolidation, ESA), Peter Weiss (PDG, Spartan Space), Hélène Huby (PDG, The Exploration Company), Raphaël Chevrier (Bid Management and Innovation, Arianespace), Bertrand Baratte (Director of Space Market, Global Market and Technologies, Air Liquide).

Auteur : Alban Guyomarc'h (Coordinateur d'Objectif Lune, ANRT)

Directrice de publication : Clarisse Angelier (Déléguée générale de l'ANRT), avec la relecture de Claudie Haignéré, astronaute, ancienne ministre, co-présidente du Groupe Objectif Lune.