

WORKSHOP

25 JANVIER 2024
8H30 - 14H



ESPACE : DÉFIS ET ENJEUX DES DIX PROCHAINES ANNÉES

ÉVÈNEMENT EN PHYGITAL

www.rechercheetavenir.eu

BUSINESS PÔLE DE SOPHIA-ANTIPOLIS

contact@rechercheetavenir.com

UNIVERSITÉ
CÔTE D'AZUR

iae
Graduate School of Management



Le Workshop a été présidé par Stéphanie GODIER, DG de l'Association Européenne pour l'Éducation et la Recherche en Science, Recherche et Avenir. Ce ne sont pas moins de 9 experts issus d'horizons différents, qui ont échangé au cours des 3 ateliers de réflexion programmés, l'occasion pour eux d'aborder sous différents angles les thèmes suivants : Croissance exponentielle des satellites – Exploration spatiale et colonisation planétaire – Origines et détection de la vie dans l'Univers. Ce workshop est dédié à l'Espace, aux ambitions spatiales et à ses impacts.



L'ouverture de la manifestation a d'abord été assurée par Jean LEONETTI, Président de l'Agglomération de Sophia Antipolis, Maire de la ville d'Antibes. Jean LEONETTI nous a rappelé que Sophia Antipolis a la prétention de construire l'avenir ! Sur les 70 entreprises recensées dans les Alpes-Maritimes, 47% sont localisées à Sophia-Antipolis. Aujourd'hui, le monde nouveau est bien celui de l'Espace et les techniques que les entreprises du secteur développent. Ces techniques appliquées à l'Espace font progresser toutes les techniques dans tous les secteurs.



Le workshop a ensuite été ouvert par Charles-Ange GINESY, Président du Conseil Départemental des Alpes-Maritimes, qui est à l'initiative de l'obtention du label RICE (Réserve Internationale de Ciel Etoilé) pour le Département 06, favorisant ainsi la réduction de la pollution lumineuse très nocive pour la faune et pour l'observation nocturne : 80% du ciel n'est plus observable en France. Aujourd'hui, ce sont 72 communes qui ont pris l'engagement de baisser l'éclairage nocturne.

« Nous sommes des grands pollueurs ; la protection de la biodiversité est indispensable puisque l'Homme en fait partie.

Nous devons faire connaître au plus grand nombre, la problématique qui nous occupe. »

PROGRAMME



8H30 – 9H00 ACCUEIL / PETIT DÉJEUNER

9H00 – 10H00 CROISSANCE EXPONENTIELLE DES SATELLITES

- La connectivité mondiale : opportunités et risques
- La Fabrication des satellites et leurs applications
- Les défis liés à l'exploitation commerciale de l'Espace

10H15 – 11H15 EXPLORATION SPATIALE ET « COLONISATION » PLANÉTAIRE

- Les missions habitées vers la Lune et vers Mars : défis technologiques et humains
- Les enjeux de la colonisation planétaire
- Les politique des pays qui maîtrisent les vols spatiaux

11H30 – 12H30 ORIGINE ET DÉTECTION DE LA VIE DANS L'UNIVERS

- L'habitabilité sur Terre et au-delà
- Où chercher la vie et comment
- Les sondes et les télescopes spatiaux

12H30 – 14H00 BUFFET OFFERT PAR REA

Compte-Rendu des Ateliers

ATELIER 1

Croissance exponentielle des satellites

Intervenants

Marc SERRES (Luxembourg Space Agency)

Hugo GONZALEZ-PEREZ (CNES)

Christophe MORENO (Thales Alenia Space / SAFE / IRT Saint Exupéry)

Modérateur REA

Laurent Londeix - (Délégué Régional ORANGE)

Rapporteur

Katia CANANZI-MATHIAS (REA)



Laurent Londeix, Marc Serres, Hugo Gonzalez-Perez et Christophe Moreno

Marc Serres est le CEO de la Luxembourg Space Agency. Il est à la tête de la délégation luxembourgeoise de l'ESA et représente le Luxembourg au Conseil de l'ESA. Il est membre de l'International Academy of Astronautics.

Hugo Gonzalez se consacre à l'observation de la Terre au sein de l'équipe stratégique du CNES. Depuis 2022, il a rejoint le département NEWSPACE pour soutenir les nouveaux arrivants français dans le domaine spatial.

Christophe Moreno est détaché à l'IRT Saint-Exupéry en tant que Directeur du site de Sophia-Antipolis & Développement de projets de recherche. Il est également missionné auprès du Pôle SAFE pour le développement d'innovation et de partenariats.

A l'heure actuelle, de nouvelles sociétés, du secteur privé, s'intéressent à l'Espace. Qu'en est-il ?

Hugo Gonzalez : Le NEWSPACE désigne l'émergence de plusieurs startups qui se lancent dans l'industrie et le commerce de l'espace. Il y a beaucoup d'activités en Région Sud. **On parle de NEWSPACE comme d'une nouvelle période de l'histoire spatiale.** L'écosystème est en train de changer, certains paramètres externes font bouger les lignes et il faut s'adapter. On parle de l'utilisation de l'Espace du milieu institutionnel corporate vers les sociétés privées.

Christophe Moreno : Chef de projet chez Thales Alenia Space, je comptabilise une expérience de 25 ans dans le spatial. **L'Espace est toujours synonyme de rêve, avec la conquête spatiale en ligne de mire.** L'écosystème « Aéronautique, Espace et Systèmes embarqués », en Aquitaine, bénéficie des expertises d'un acteur de premier plan : l'Institut de Recherche Technologique Antoine de Saint-Exupéry, qui associe 38 partenaires académiques et plus de 80 industriels. L'IRT a la capacité d'accompagner les industriels dans une démarche collaborative. Il se dessine plusieurs axes intéressants : la virtualisation de l'infrastructure, la modélisation et l'optimisation pluri-disciplinaires, les systèmes embarqués autonomes ainsi que tout ce qui est associé aux matériaux avec la capacité d'intégrer le développement durable.

Marc Serres : Etat membre de l'Agence Spatiale Européenne (ESA), Le Luxembourg est actif dans le domaine spatial depuis les années 80 et est un acteur de premier plan avec sa Société Européenne de Satellites (SES), l'un des plus grands opérateurs de satellites de télécommunication au monde. Depuis 2016, le Luxembourg a été le siège d'une formidable expansion de l'écosystème « Aéronautique, Espace et Systèmes embarqués ». En septembre 2018, le Grand-Duché a officiellement créé la Luxembourg Space Agency pour le développement économique de l'Espace et des activités liées au NEWSPACE. Cette agence n'a pas de missions propres, et ne lance pas de satellites. Son but est d'aider les entreprises à développer leurs activités en lien avec l'Espace et contribuer ainsi, à la diversification économique du pays. **Le spatial est très haut placé dans l'agenda politique :** il représente actuellement 2% du PIB et le but est que ce pourcentage augmente avec les années.

Y-a t-il réellement croissance du nombre de satellites en orbite ?

Hugo Gonzalez : On observe une très forte croissance du nombre de satellites ces dernières années. En effet, leur lancement coûte de moins en moins cher : on passe de plusieurs milliers d'euros par kg à quelques centaines d'euros par kg "seulement" aujourd'hui. La miniaturisation des satellites permet également d'en réduire le poids.

D'autre part, il faut aussi avoir la capacité de traiter les milliers d'informations qui sont transmises par ces astres artificiels, ce qui est possible avec les "clouds".

De ce fait, le nombre de lancements croissant de satellites rend l'environnement terrestre très encombré. **Il en découle un nombre croissant de débris spatiaux qui polluent certaines orbites.**

De nombreuses nations mettent en place une réglementation à ce sujet. **La France a été l'un des premiers pays au monde à mettre en place une législation** sur ce sujet. D'autres pays ont suivi et ont mis en place des règles même plus sévères.

Il faut garder à l'esprit que **la durée de vie d'un satellite est de 25 ans**. En effet, pour les engins placés sur une orbite basse, les opérateurs doivent respecter la règle dite des « 25 ans » qui impose que tout satellite se trouvant en orbite basse doit rentrer dans l'atmosphère qui, par chauffage, le désintègrera en moins d'un quart de siècle.

Cela crée des opportunités mais aussi des risques. Quels sont-ils ?

Christophe Moreno : Avec le lancement annuel de 2800 satellites, on a une meilleure prédiction des risques. On cherche également à avoir une couverture la plus grande possible. On est ainsi en capacité de faire des propositions commerciales.

Mais comment faire le nettoyage de tous ces débris ?

Christophe Moreno : Un des enjeux est la capacité à suivre les débris, ce qui est possible grâce à des moyens de surveillance comme les radars terrestres ou les télescopes quand les débris ont une taille supérieure à 10 cm, ce qui représente seulement 3% des débris. Les autres sont trop petits pour être vus. **Un débris constitue un danger à partir d'une dizaine de millimètres**. L'autre problème est lié à la réglementation clairement insuffisante ; il faut faire de l'environnement terrestre, un lieu de développement durable. Il existe des initiatives au niveau national qui doivent se généraliser au niveau international. Pour Thales Alenia Space, c'est une opportunité !

Marc Serres : Les opportunités économiques sont la motivation première pour développer l'activité satellitaire. Mais la problématique du développement durable dans les avancées spatiales est maintenant à prendre en compte. Il existe des groupes d'agences qui ont mis en place des bonnes pratiques. **Onze pays en Europe travaillent sur la législation spatiale**. Leurs propositions vont notamment porter sur la sécurité (gestion des débris, réduction du risque de collision, sécurité des systèmes spatiaux) et sur l'impact environnemental. **Il faut développer une approche européenne de pratique spatiale**. Une des idées n'est pas seulement d'appliquer ces nouvelles règles aux acteurs européens mais aussi aux acteurs internationaux. On a une chance de réfléchir à comment faire les choses différemment, et recycler.

Utiliser les nouvelles ressources prélevées dans l'Espace permettrait de fabriquer et de maintenir les infrastructures déployées dans l'Espace. Cela contribuerait à améliorer les conditions de vie dans l'Espace.

Hugo Gonzalez, quelle est la vision du CNES sur les secteurs les plus importants et les plus prometteurs vus depuis le marché français ?

Hugo Gonzalez : En France, il y a 70 000 emplois relatifs au travail dans le secteur du spatial. Les objectifs prioritaires concernent quatre secteurs clefs. **L'Espace est très important pour nos besoins mais aussi pour notre sécurité.** La défense française peut actuellement compter sur deux, et bientôt trois, satellites CSO pour l'observation, également sur les satellites d'écoute électromagnétique Ceres pour les ondes émises depuis le sol, et enfin sur les deux satellites de communication Syracuse IV A et Syracuse IV B.

L'expertise technologique ouvre des opportunités à l'export. C'est également un moyen de surveiller notre environnement terrestre. **N'oublions pas que la biodiversité forme le maillage de vie dont nous dépendons** pour bien des choses : nourriture, eau, médicaments, climat stable, croissance économique, etc. **Enfin, Il ne faut pas oublier le rayonnement scientifique de la France dans ce domaine.**

En France, encore récemment, il n'y avait que deux opérateurs de satellites. Ces 3 dernières années, quatre nouveaux opérateurs sont arrivés sur le marché. Cela génère de nombreuses opportunités dans les services.

On comprend mieux l'importance de la souveraineté de la France. Est-elle prête à relever les défis technologiques dans les 10 ans à venir?

Christophe Moreno : Oui, historiquement, cela a été prouvé ! Les enjeux technologiques de demain concernent surtout la trop grande quantité d'informations que l'on a géré. Il faut donc s'intéresser au stockage de ces données, car il y a une latence de traitement. L'IA peut jouer un rôle déterminant pour tenter de traiter plus rapidement les données collectées. Il y a en outre de plus en plus de contraintes climatiques et cela pose un problème pour l'organisation de la vie, en particulier sur notre territoire. Par ailleurs, le problème de la cybersécurité pose question et nécessite de s'y atteler très rapidement.

Le géostationnaire a aussi sa place aujourd'hui. On parle beaucoup de l'internet des objets (IOT) qui désigne à la fois le processus de connexion d'objets physiques à Internet et le réseau qui relie ces objets, et qui permet une grande capacité de surveillance. Il y a cependant des projets qui sont du domaine du rêve, comme les projets décarbonés pour la Terre ou celui de la délocalisation des data centers dans l'Espace qui permettrait de réduire les dépenses énergétiques et la pollution produite par les centres de données (ils représentent 10 % de la consommation mondiale d'énergie et 4 % des gaz à effet de serre produits par l'activité humaine, soit un peu plus que l'industrie aérospatiale mondiale).

Quid de l'Europe par rapport aux Etats-Unis ?

Marc Serres : Il y a des missions scientifiques de premier plan en Europe. Il existe peu d'investisseurs privés en Europe comparativement à ce qui se fait aux Etats-Unis.

Actuellement, on a l'opportunité d'accueillir des acteurs internationaux dans des nouveaux segments de marchés européens. En outre, nous utilisons mieux nos moyens que les américains.

On a l'impression que les moyens mis par les américains faussent un peu la règle du jeu avec les investissements publics.

Marc Serres : Il faut considérer que dans le secteur privé, nous avons des acteurs de taille comme Eutelsat et SES.

Hugo Gonzalez : Les acteurs français ont toujours été dans la course de façon importante. Les chinois ont des conditions tout à fait différentes. Il faut trouver la façon la plus intelligente d'accompagner nos sociétés, qui sont un apport pour la science, l'économie et l'environnement.

Questions du public

Comment évaluer le risque de militarisation et le caractère de bien commun de l'Espace ?

Hugo Gonzalez : La militarisation de l'Espace est une réalité. On est en mesure de se défendre et préserver nos intérêts. Pendant la guerre du Golfe, plus d'une centaine de satellites avaient été mobilisés pour la surveillance.

Le thème de cette table ronde est l'évolution du nombre de satellites dans l'Espace. L'observation de la Terre risque-t-elle d'être empêchée par ces millions de satellites en orbite basse ?

Christophe Moreno : Il risque d'y avoir 100 000 satellites en orbite d'ici 10 ans. Des recherches sont menées pour l'utilisation de matériaux moins réfléchissants afin de minimiser ce risque.

Hugo Gonzalez : Il y a une très forte augmentation du nombre de satellites en orbite, mais qui sont seulement portés par 3 à 4 acteurs qui y ont un intérêt économique fort. Mais il n'y en aura jamais des milliers car la croissance ne peut pas être exponentielle, le marché va réguler ses besoins.

Comment concilier de manière saine la notion de l'Espace et son utilisation commerciale ?

Marc Serres : L'utilisation des ressources spatiales est une vision à long terme. Il existe un groupe de travail composé de 200 pays qui réfléchit à la préservation de ces ressources. La communauté internationale se préoccupe des opportunités scientifiques et économiques dans le respect de la gestion de ces ressources.

Hugo Gonzalez : S'il existe déjà des bases de réglementation, on constate des manquements comme le cas de Starlink qui n'a pas respecté l'ordre d'utilisation des fréquences. La géopolitique est très complexe et le bon sens peut avoir du mal à s'imposer...

Compte-Rendu des Ateliers

ATELIER 2

Exploration spatiale et « colonisation » planétaire »

Intervenants

Jeronimo BERNARD-SALAS (ACRI-ST)

Peter WEISS (SPARTEN SPACE)

Cécile GAUBERT (EXOTRAIL)

Modérateur REA

Laetitia PINEAU (CIBL-IS)

Rapporteurs

Katia CANANZI-MATHIAS (REA)



Laetitia Pineau, Cécile Gaubert, Peter Weiss et Jeronimo Bernard-Salas

Jerónimo Bernard-Salas est chef de projet chez AGRI-ST (Grasse).

Peter Weiss est co-fondateur de la société Spartan Space qui développe de systèmes d'habitation dans les environnements polaires pour une application lunaire.

Cécile Gaubert est directrice juridique dans la gestion des contrats liés à l'Espace.

Avant-propos : L'exploration spatiale représente un défi pour l'Humanité. Est-ce qu'elle va reproduire ce qui s'est passé en termes de colonisation sauvage terrestre durant les 15^{ème} et 16^{ème} siècles ?

Que représente les missions vers la Lune et vers Mars en termes de défis technologiques et humains ? Quels en sont les défis ?

Jerónimo Bernard-Salas : Il y a de nombreuses missions qui n'aboutissent pas. C'est en effet très compliqué de mettre des humains dans l'Espace. Il faut effectuer des simulations de conditions extrêmes pour tester la résistance humaine. En parallèle, on essaie également d'optimiser les déplacements des rovers sur les planètes voisines.

Peter Weiss : Il y a de nombreux dangers à affronter au-delà de l'orbite terrestre, notamment celui de la radiation solaire. Nous avons mis au point **EUROHAB, un habitat secondaire en surface lunaire** qui servirait de camp de base aux spationautes pour se rapprocher de la zone d'intérêt et aller plus loin dans l'exploration de ce satellite car les futures missions ciblent le pôle sud de la Lune, où se trouvent de nombreuses ressources. Cette zone lunaire est relativement petite et intéresse tous les pays, particulièrement les Etats-Unis et l'Inde. L'Europe doit donc se positionner rapidement ! De plus, cette mission sur la Lune représente une **étape impérative pour un voyage vers Mars**.

Quel est le cadre juridique des « safety zones » lunaires ?

Cécile Gaubert : L'Espace n'est pas le Far-West ! il y a une réglementation mais cela ne veut pas forcément dire qu'elle est adaptée. Il existe cinq traités dont le premier est entré en vigueur en octobre 1967. Il pose les principes généraux des activités spatiales : pacifisme et liberté d'exploration.

On va se restreindre à l'envoi de personnes et d'objets sur la Lune et à l'exploitation des ressources spatiales. Le Luxembourg a été le premier à légiférer sur ce sujet. Il y a de nombreux débats sur le fait que l'Espace et ses ressources sont un bien commun de l'Humanité. Il existe un consensus sur le fait que **l'exploitation des ressources n'implique pas l'appropriation de l'astre** d'où proviennent ces ressources.

Concernant le retour des Hommes sur la Lune, Il faut savoir que dans le cadre du programme ARTEMIS, des accords ont été rédigés par les Américains et sont ouverts à signature par d'autres états.

A ce jour, 34 états ont ratifié ces accords, ce qui induit un consensus.

Cela donne un cadre réglementaire qui impose des « safety zones » interdisant l'accès à une zone lunaire précise, ce qui est contradictoire avec la liberté d'exploration. Il s'agit là d'une zone de sécurité.

Peter Weiss : Il faut prendre en compte la possibilité d'une activité industrielle dans ces accords, pour satisfaire les signataires et éviter que certains ne les respectent pas.

Peut-on envisager de trouver un terrain d'entente ?

Peter Weiss : Je pense que les Chinois ne signeront pas ces accords sur les « safety zones » dont la taille devrait vraisemblablement être de l'ordre du km.

Jerónimo Bernard-Salas : Quand on parle de colonisation, on réfléchit à la préservation de l'astre exploité et à la dimension scientifique qui est très importante, avec notamment, la recherche d'eau sur l'astre. Il est important de trouver un équilibre entre tous les acteurs privés et publics.

Quelle est la différence entre acteurs privés et publics ?

Cécile Gaubert : Les états ont des obligations de contrôle. Le droit international public s'applique. La loi française est la première à avoir été très contraignante sur les débris spatiaux. En revanche, en France, nous n'évoquons pas l'exploitation des ressources spatiales contrairement à ce qui se fait au Luxembourg.

Peter Weiss : Il faut établir une offre supplémentaire dans le cadre du programme ARTEMIS. L'habitation, la production d'énergie, la mobilité en surface... **On vit une ère de l'exploration qui va être historique.**

Quel est votre pronostic sur l'exploration lunaire ?

Peter Weiss : Les Américains vont faire venir des hommes sur la Lune. **De son côté, l'ESA (Agence Spatiale Européenne) développe le projet SOLARIS, avec une ambition : récupérer l'énergie solaire depuis l'Espace.** Depuis la Terre, on sait que ce type de production d'énergie est intermittent, soumis aux conditions météorologiques. C'est pour cela qu'il est prévu de déployer des structures solaires en orbite et de rediriger l'énergie emmagasinée vers la Terre.

Le seul point négatif de cette mission est que les Chinois, les Américains, les Indiens vont se poser sur la surface lunaire et que nous, européens, serons uniquement passagers... Il faut participer à ARTEMIS !

Jerónimo Bernard-Salas : Le mot colonisation a une connotation négative mais peut-être est-ce vers cela que l'on se dirige...

Peter Weiss : Dans le domaine spatial, on a tendance à suivre les Etats-Unis car ils ont en général, plus de budget. C'est aussi une volonté politique de se poser sur la Lune et pas seulement une motivation économique. Il faut des projets ambitieux !

Jeronimo Bernard-Salas : En Europe, un débat est organisé sur l'importance d'une politique stratégique européenne. Il faut adopter une politique bien conçue avec une stratégie spatiale globale qui avance rapidement. **Il y a un cadre juridique mais il faut avoir une vision sur l'exploration spatiale et avoir une position.**

Peter Weiss : Aujourd'hui la France n'est plus la troisième nation dans le lancement des satellites. Il faut que les nations s'allient pour s'engager dans cette nouvelle conquête spatiale.

Questions du public :

Le Luxembourg est en avance dans le spatial. Ils sont dans l'ingénierie financière. Ne pensez-vous pas que l'exploitation des ressources minières sur la lune (He₃) est le but ultime pour les Chinois ?

Peter Weiss : On a besoin de ces ressources. Il faut donc envisager cet aspect.

La marche est-elle très haute pour aller sur Mars ?

Jeronimo Bernard-Salas : Quand on parle d'humains, le voyage et l'habitation restent problématiques. Actuellement, il n'y a pas de solution pour protéger les humains de la radiation solaire lors d'un potentiel voyage vers Mars.

Comment imaginez-vous la vie sur la Lune dans 20 ans ? Quid des déchets ?

Peter Weiss : Ce sera un réseau de petits habitats avec des générateurs d'énergie permanents et de nombreux petits robots. Pour les déchets, un projet de l'ESA, vise à les recycler et à générer des vivres pour un périple spatial de longue durée.

Qu'est-ce que l'exploration spatiale par l'humain va permettre par rapport à l'exploration par des robots ?

Peter Weiss : Je suis un grand fan de l'exploration humaine, d'autant qu'elle aura des retombées dans le domaine des technologies sur Terre. Cela permet avant tout de nourrir l'imagination. C'est une aventure humaine extraordinaire !

Cécile Gaubert : Il existe un traité pour le traitement sanitaire du personnel dans l'Espace, sur la Lune ou plus loin, mais pas pour ce qui concerne l'exploitation spatiale.

Y-a-t-il de l'eau dans les cratères lunaires ? L'exploration est un puissant outil pour l'innovation.

Peter Weiss : On ne sait pas s'il y a vraiment de l'eau dans ces cratères. Par contre, l'ESA travaille sur un projet d'extraction de l'oxygène à partir du régolithe lunaire. Ce procédé permettrait de fournir cette ressource, essentielle pour les missions spatiales, directement sur place.

Que dire d'un réseau de communication entre la Terre et l'Espace ?

Peter Weiss : Il y aura effectivement de nombreuses solutions mises en place par différentes nations et un projet de GPS est envisager pour communiquer.

Compte-Rendu des Ateliers

ATELIER 3

Origine et détection de la vie dans l'Univers

Intervenants

Michel MAYOR (Observatoire de Genève – Université de Genève)

Grégoire DANGER (AMU – CNRS)

Stéphanie GODIER (Recherche et Avenir)

Modérateur REA

Anne-Laure ROLLET (Sorbonne Université – CNRS)

Rapporteurs

Katia CANANZI-MATHIAS (REA)



Anne-Laure Rollet, Michel Mayor, Stéphanie Godier, Grégoire Danger

Michel Mayor est Professeur Honoraire à l'Université de Genève et co-découvreur, en 1995, avec Didier Queloz, de la première planète extrasolaire, ce qui leur a valu le Prix Nobel de Physique en 2019.

Grégoire Danger est Maître de Conférence à Aix-Marseille Université, en Chimie Prébiotique, Astrochimie, Physico-chimie, Chimie Analytique.

Stéphanie Godier est Docteur en Sciences de l'Univers, conférencière, co-fondatrice et Directrice Générale de Recherche et Avenir.

Qu'est-ce que la vie dans l'Univers ?

Michel Mayor : Dans l'univers, on parle de formes élémentaires de vie. A t-on une manière de la découvrir ? Des milliers de personnes travaillent sur cette thématique.

Grégoire Danger : Pour moi, il s'agit d'un processus régissant les systèmes vivants, avec une capacité de reproduction permettant l'évolution. Ce peut être une molécule capable de produire de l'énergie et de se reproduire.

Stéphanie Godier : Le point commun entre tous les vivants sur Terre est la cellule. Il y a peut-être d'autres façons de rechercher la vie primitive sur la Terre ou ailleurs.

Grégoire Danger : Tous les systèmes vivants ont un codage ARN permettant la transmission du génome. Il existe une théorie alternative qui propose que ce codage est arrivé après l'apparition du métabolisme. On pourrait avoir des molécules qui se reproduiraient sans ARN ni ADN.

Michel Mayor : La transmission de l'information procurée par l'ADN est incroyable ! Le niveau de détails est étonnant. Si on chauffe une chaîne à plus de 120° C, on détruit la vie. Il en va de même si on la refroidit en dessous de - 20° C. Les astronomes cherchent des planètes qui ont de l'eau liquide à leur surface car c'est une caractéristique fondamentale de la vie.

Stéphanie Godier : La matière carbonée joue un rôle très important aussi.

Grégoire Danger : L'eau est un solvant aussi très important. Le carbone est indispensable à la chimie de la vie. On considère qu'une molécule est organique si elle comporte des atomes de carbone et d'hydrogène liés entre eux et éventuellement liés à d'autres atomes. La matière organique se trouve dans de nombreux environnements astronomiques.

Comment identifier les marqueurs de la biologie et de la vie ?

Michel Mayor : Il faut identifier dans le spectre des atmosphères des planètes des biomarqueurs comme l'oxygène moléculaire, l'eau, le CO₂, le méthane... **A ce jour, 5500 exoplanètes ont été découvertes.** On cherche à analyser leur atmosphère mais le rapport de luminosité entre la planète et son étoile est de 1 milliardième.

A une certaine distance, on ne peut pas étudier la planète orbitant autour de son étoile.

Par contre, on peut obtenir un spectre de la planète quand elle passe derrière son étoile. Les transits seront plus ou moins profonds en fonction de l'opacité de la longueur d'onde.

On a récemment découvert du CO₂ dans l'atmosphère d'une exoplanète, et il y en a probablement d'autres ! On a détecté aussi du H₂S, K, Na...

Même avec un grand télescope, il est très difficile de déterminer la composition d'une atmosphère planétaire extrasolaire.

Quelles sont les bonnes molécules à chercher ?

Grégoire Danger : Comment définir un biomarqueur ? **Les molécules de vie sur une autre planète ne sont pas forcément les mêmes que celles qui nous constituent.** Un système vivant doit être regardé en interaction avec son environnement sur un temps donné. C'est bien plus complexe que de trouver uniquement des molécules.

Michel Mayor : Ce qu'on peut espérer, c'est que la vie se trouve ailleurs dans l'Univers. Aller plus loin devient difficile. Par contre, trouver un système vivant dans le Système Solaire, serait une aventure encore plus extraordinaire.

Grâce à la chimie, on sait qu'il y a des réactions qui se font facilement et d'autres non.

Grégoire Danger : Une organisation spectaculaire de molécules peut être un indicateur qui amène à la vie. Il y a 4,3 milliards d'années, les conditions ont permis de passer d'une chimie "abiotique" (non vivant) à une chimie ayant conduit au vivant. Il faut corréliser la matière organique à l'environnement dans lequel elle se trouve. L'environnement va contraindre la chimie.

Quelles sont les différentes conditions qui permettent d'avoir une chimie menant au vivant ?

Michel Mayor : Il faut chercher du côté des planètes rocheuses et, rien que dans notre galaxie, elles sont estimées à 2 milliards.

Questions du Public :

A-t-on l'espoir de développer une chimie de la vie en laboratoire ?

Grégoire Danger : En effet, il existe actuellement un projet en ce sens en laboratoire.

Est-ce complètement déterministe ?

Grégoire Danger : Non il y a plein de contingences. L'histoire de l'évolution de l'environnement de la Terre ne peut pas être reproduite.

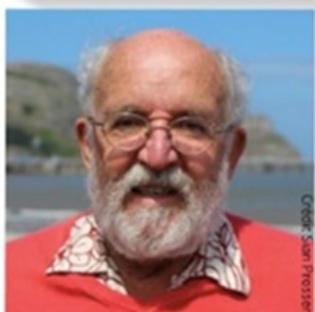
Stéphanie Godier : Finalement, nous sommes loin de pouvoir découvrir une trace de vie quelque part dans l'Univers. Mais en s'appuyant sur les laboratoires, on peut sélectionner des environnements dans lesquels la probabilité de trouver des traces moléculaires est non nulle.

Programme de la journée et Intervenants

- Jeudi 25 janvier 2024 -



8H30 - 9H00	Accueil - Petit déjeuner
9H00 - 10H00	Croissance exponentielle des satellites
10H15 - 11H15	Exploration spatiale et "colonisation" planétaire
11H30 - 12H30	Origine et détection de la vie dans l'univers
12H30 - 14H00	Buffet offert par REA





Les intervenants et l'équipe REA lors du workshop © REA 2024



Les participants du workshop © REA 2024



Un grand merci à Charles-Ange Ginesy, Président du Département des Alpes-Maritimes, à Jean Léonetti, Président de l'Agglomération de Sophia Antipolis, et à toute l'équipe du Business Pole, aux intervenants de grande qualité qui se sont prêtés au jeu.
Merci aux membres actifs de REA.



Cet événement a été réalisé grâce au soutien de la Communauté d'Agglomération de Sophia Antipolis