

Curriculum Vitae – Lucie Poulet

Expériences de recherche

Depuis le 1^{er} sept. 2022 : Marie Skłodowska Curie Fellow – Chercheuse Postdoctorante

Université Clermont Auvergne, Institut Pascal, axe GePEB (Clermont-Fd, France), Financement MSCA de la commission européenne.

- Sujet principal : Développement d'une méthodologie pour concevoir des serres spatiales efficaces et peu gourmandes en ressources.
- Projets secondaires :
 - Étude des transferts de chaleur et de masse entre une plaque mince et l'environnement (réplique de feuille) – co-encadrement de doctorat.
 - Modèle mécaniste des échanges à l'interface solide / gaz.
 - Volet expérimental avec deux campagnes de vols paraboliques CNES.
 - Études systèmes sur la boucle MELISSA.
- Collaboration et détachement : laboratoire Industrial Process and Energy Systems Engineering (IPESE) de l'EPFL (Suisse).
- Encadrants : Claude-Gilles Dussap (UCA) et François Maréchal (EPFL)
- Publications associées :
 - **Poulet L**, Florez-Orrego D, Dussap C-G, Maréchal F. Modeling and Optimization of a Greenhouse Module Installed on the Moon and Mars. **37th International Conference on Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy Systems**, Rhodes, Greece, 30 juin - 4 juil, 2024 (*en préparation*).
 - Kuźma J, **Poulet L**, Fontaine J-P, Dussap C-G. Modelling physical processes in higher plants using leaf replicas for space applications. **Comptes Rendus. Mécanique**, 351(S2), 1-17, 2023.

1^{er} mars 2022 - 31 août 2022 : Chercheuse Postdoctorante

Université Clermont Auvergne, Institut Pascal, axe GePEB (Clermont-Fd, France).

- Sujet : Études systèmes et modélisation mécaniste des compartiments de la boucle MELISSA suivant les critères ALISSE.
 - Rédaction de notes techniques pour l'ESA.
- Projet secondaire : Modélisation des transferts de chaleur et de masse à la surface d'une feuille – co-encadrement de doctorat.
- Encadrants : Claude-Gilles Dussap
- Publications associées :
 - De Micco V, Amitrano C, Mastroleo F, Aronne G, Battistelli A, Carnero-Diaz E, De Pascale S, Detrell G, Dussap C-G, Ganigué R, Jakobsen Ø M, **Poulet L**, Van Houdt R, Verseux C, Vlaeminck S, Willaert R and Leys N. Plant and microbial science and technology as cornerstones to Bioregenerative Life Support Systems in space. **Nature Partner Journals (npj) Microgravity**, 9(69), 2023.
 - **Poulet L**, Poughon L, Dussap C-G. Importance of a Modelling Approach for Bioregenerative Life-Support Systems. Proceedings of the **73rd International Astronautical Congress (IAC)**, Paris, France, 2022.
 - Kuźma J, Fontaine J-P, **Poulet L**, Dussap C-G. Main focuses on the use of higher plant growth models for life support systems. Proceedings of the **51st International Conference on Environmental Systems**, St Paul, Minnesota, 2022.

31 janv. 2019 - 30 janv. 2022 : NASA Postdoctoral Fellow – Chercheuse Postdoctorante

NASA – Centre Spatial Kennedy, Programme de la Recherche & Technologie pour l'Exploration – Laboratoire Space Crop Production (Cape Canaveral, FL, USA), Financement NASA.

- Sujet principal : Modélisation des interactions photosynthèse-ventilation dans des environnements de faible gravité avec MATLAB et Fluent.
- Projets secondaires :
 - ISS : protocole expérimental pour Advanced Plant Habitat ; support opérationnel pour Veggie (préparation de la charge utile).
 - Vols paraboliques : développement et test d'un dispositif expérimental à bord de l'avion de ZeroG Corp – nov. et déc. 2021.
- Encadrants : Gioia Massa et Raymond Wheeler (NASA)
- Publications associées :
 - Khodadad C L M, Dixit A R, Hummerick M E, Spencer L E, Spenn C J, Torres J, Monje O, Richards J T, Gooden J, Curry A B, Massa G D, DuFour N, **Poulet L**, Romeyn M W, Wheeler R M. Microbial Analyses of Chile Peppers grown on the International Space Station (ISS). **Scientific Reports**, 2024 (*processus de révision en cours*).
 - Boles H, **Poulet L**, Johnson C M, Torres J J, Koss L L, Spencer L E and Massa G D. Design, Build and Testing of Hardware to Safely Harvest Microgreens in Microgravity. **Gravitational and Space Research**, 11(1):1-14, 2023.
 - **Poulet L**, Engeling K, Hatch T, Stahl-Rommel S, Velez-Justiniano Y-A, Castro-Wallace S, Bunchek J M, Monje O, Hummerick M, Khodadad C L M, Spencer L E., Pechous J, Johnson C, Fritsche R, Massa G D, Romeyn M W, O'Rourke A E and Wheeler R M. Large-scale crop production for the Moon and Mars: current gaps and future perspectives. **Frontiers in Astronomy and Space Sciences**, 8:733944, 2021.
 - Johnson C M, Boles H O, Spencer L E, **Poulet L**, Romeyn M, Bunchek J M, Fritsche R, Massa G D, O'Rourke A, Wheeler R M. Supplemental Food Production with Plants: A Review of NASA Research. **Frontiers in Astronomy and Space Sciences**, 8:734343, 2021.
 - **Poulet L**, Zeidler C, Bunchek J, Zabel P, Vrakking V, Schubert D, Massa G, Wheeler R. Crew time in a space greenhouse using data from analog missions and Veggie. **Life Sciences in Space Research**, 31:101–112, 2021.
 - Heinicke C, Adeli S, Baque M, Correale G, Fateri M, Jaret S, Kopacz N, Ormo J, **Poulet L**, Verseux C Equipping an extraterrestrial laboratory: Overview of open research questions and recommended instrumentation for the Moon. **Advances in Space Research**, 68:2565–2599, 2021.
 - **Poulet L**, Gildersleeve M K, Koss L L, Massa G D, Wheeler R M. Development of a photosynthesis measurement chamber under different airspeeds for applications in future space crop-production facilities. **Proceedings of the International Conference on Environmental Systems**, 2020 (congrès annulé mais actes publiés).

5 janv. 2015 - 31 déc. 2018 : Chercheuse Doctorante puis Postdoctorante à partir de sept. 2018

Université Clermont Auvergne, Institut Pascal, axe GePEB (Clermont-Fd, France).

- Sujet : Développement de modèles de croissance de plantes en environnement de gravité réduite pour des applications en systèmes support-vie.
 - Vols paraboliques : développement et test d'un dispositif expérimental, 3 campagnes de vol (CNES, ESA) – 2017 - 2018.
 - Consultante sur des projets ESA.
- Encadrants : Claude-Gilles Dussap et Jean-Pierre Fontaine
- Publications associées :

- **Poulet L**, Dussap C-G & Fontaine J-P. Development of a mechanistic model of leaf surface gas exchange coupling mass and energy balances for life-support systems applications. **Acta Astronautica**,175:517-530, 2020.
- **Poulet L**, Dussap C-G & Fontaine J-P. A physical modeling approach for higher plant growth in reduced gravity environments. **Astrobiology**, 18(9):1093-1100, 2018.
- **Poulet L**, Dussap C-G, Fontaine J-P. Modelling higher plants gas exchange in reduced gravity environment. Proceedings **47th of the International Conference on Environmental Systems**, Charleston, South Carolina, 2017.
- **Poulet L**, Fontaine J-P, Dussap C-G. Plant's response to space environment: a comprehensive review including mechanistic modelling for future space gardeners. **Botany Letters**, 163(3):337-347, 2016.

28 mars 2014 - 25 juil. 2014 : Responsable scientifique de mission

HI-SEAS (Hawaii Space Exploration Analogue and Simulation), Université d'Hawaï (HI, USA)

- 2^{ème} mission analogue martienne HI-SEAS :
 - Programme financé par la NASA – 123 jours – retards de communication et pannes d'électricité, proximité, utilisation stricte de l'eau et de l'énergie, combinaison spatiale obligatoire pour les activités extérieures.
 - Sujet : Évaluation de l'interaction et des performances d'un équipage dans des conditions d'exploration de Mars.
- Sujets de recherche personnels :
 - Évaluation de quatre systèmes d'éclairage LED pour des plantes – énergie, le temps d'équipage.
 - Évaluation de la croissance des plantes sur le moral de l'équipage.
- Publications associées :
 - Heinicke C, **Poulet L**, Dunn J, Meier A. Crew self-organization and group-living habits during three autonomous, long-duration Mars analog missions. **Acta Astronautica** 182:160-178, 2021.
 - Heinicke C, Dunn J, **Poulet L**, Meier A. Evolution of Crew Work Routines in Autonomous, Long-Duration Mars Simulation Missions. Proceedings of the **68th International Astronautical Congress (IAC)**, Adelaide, Australia, 2017.
 - **Poulet L**, Massa G D, Wheeler R, Gill T, Steele C, Morrow R C, Swarmer T M, Binsted K, Hunter J. *Demonstration test of electrical lighting systems for plant growth in HI-SEAS analog Mars habitat*. Proceedings of the **65th International Astronautical Congress (IAC)**, Toronto, Canada, 2014.
 - Caraccio A J, **Poulet L**, Hintze P E, Miles J D. Investigation of Bio-regenerative Life-Support and Trash-to-Gas Experiment on a 4-month Mars Simulation Mission. Proceedings of the **65th International Astronautical Congress (IAC)**, Toronto, Canada, 2014.

4 déc. 2012 - 4 déc. 2014 : Associée de Recherche

DLR – Centre Aérospatial Allemand (DLR), Institut des Systèmes Spatiaux (Brême, Allemagne).

- Sujet principal : Étude de faisabilité de modules de serre lunaire. Projet financé par l'ESA.
- Projets annexes :
 - Études d'ingénierie simultanées sur des systèmes spatiaux.
 - Études pour l'implantation d'une serre en Antarctique.
 - Conception d'un laboratoire de culture en environnement contrôlé.
- Encadrant : Daniel Schubert
- Publications associées :
 - Zeidler C, Vrakking V, Bamsey M, **Poulet L**, Zabel P, Schubert D, Paille C, Mazzoleni E, Domurath N. Greenhouse Module for Space System: A Lunar Greenhouse Design. **Open Agriculture**, 2(1):116-132, 2017.

- Eriksson K, Doule O, **Poulet L**. Architectural Concepts for a Lunar Greenhouse within the MELiSSA Framework. Proceedings of the **65th International Astronautical Congress (IAC)**, Toronto, Canada, 2014.
- Maiwald V, Schubert D, **Poulet L**. Advice from Ares: Enhancing Habitat and Life-Support System design with Martian and Lunar Analogue Test site missions. Proceedings of the **65th International Astronautical Congress (IAC)**, Toronto, Canada, 2014.
- Bamsey M, Zabel P, Zeidler C, **Poulet L**, Schubert D, Kohlberg E, Graham T. Design of a Containerized Greenhouse Module for Deployment to the Neumayer III Antarctic Station. Proceedings of the **44th International Conference on Environmental Systems**, Tucson, 2014.
- **Poulet L**, Schubert D, Zeidler C, Zabel P, Maiwald V, David E, Paillé C. Greenhouse Modules and Regenerative Life-Support Systems for Space DLR Greenhouse. Proceedings of the **AIAA Space Conference and Exposition**, San Diego, California, 2013.

1^{er} janv. 2011 - 30 nov. 2012 : Assistante de laboratoire (Temps partiel 20h/semaine)

Université Purdue, Département d'horticulture, Laboratoire du Dr. Mitchell (West Lafayette, IN, USA).

- Sujet : Test et validation d'un système d'éclairage à LED intelligent sur des laitues.
- Encadrant : Cary Mitchell
- Publication associée :
 - **Poulet L**, Massa G D, Morrow R C, Bourget C M, Wheeler R M, Mitchell CA. Significant Reduction in Energy for Plant-Growth Lighting in Space using Targeted LED Lighting and Spectral Manipulation. **Life Sciences in Space Research**, 2:43-53, 2014.

4 janv. 2010 - 30 juin 2010 : Stagiaire (Stage de fin d'études en période de césure)

ESA – ESTEC, Section Systèmes support-vie (LSS) (Noordwijk, Pays-Bas).

- Sujet : Modélisation des aspects énergétiques de la boucle MELiSSA.
- Encadrante : Brigitte Lamaze

Expériences d'enseignement et d'encadrement

Enseignement

*Les enseignements sont détaillés dans les sections **Error! Reference source not found.** et **Error! Reference source not found.***

- **03-06/2024** : Université Clermont Auvergne - Polytech Clermont, TPs, 72h.
- **12/2023** : Université de Brême (en ligne), CM, 6h.
- **12/2023** : Université Technique de Munich (en ligne), CM, 1h30.
- **05/2022** : École d'été MELiSSA (Sofia, Bulgarie), CM et TD, 4h30.
- **10/2020** : Université de Lorraine (en ligne), CM, 1h30.
- **06/2020** : Penn State University (en ligne), CM, 1h.
- **Automnes 2016, 2017 et 2018** : École Supérieure de Commerce de Clermont, CM et TD, 30h.
- **2015-2017** : Université Clermont Auvergne - Polytech Clermont, TPs, 128h.

Encadrement

*Les encadrements sont détaillés dans la section **Error! Reference source not found.***

- **Doctorat** : co-encadrement à hauteur de 50% de deux thèses.
- **Projets étudiants** : 5 encadrements depuis 2022 dans différentes écoles : Polytech Clermont, ISAE Supaéro et l'EPFL.

- **Stagiaires niveau Master et Licence** : plus de 10.

Formation

Principaux diplômes et qualifications

2022 : Qualification CNU section 62.

2018 : Doctorat en Génie des Procédés.

Université Clermont Auvergne, Institut Pascal, axe GePEB (Clermont-Fd, France).

Thèse : Développement de modèles physiques pour comprendre la croissance des plantes en environnement de gravité réduite pour des applications dans les systèmes support-vie

Financement : **CNES, CNRS.**

2012 : Master en Génie Aérospatial.

Université Purdue – École d'aéronautique et astronautique (Indiana, USA).

Cours principaux : Mécanique orbitale, Dynamique de l'attitude des engins spatiaux, Optimisation en génie aérospatial.

Options : Physiologie végétale cellulaire et moléculaire, Croissance et développement des plantes.

Mémoire : Éclairage LED intelligent pour réduire les besoins d'énergie des plantes dans l'espace (Partenaires : NASA, ORBITEC).

2011 : Diplôme d'ingénieur civil des Mines

École des Mines de Nancy (Nancy, France).

Spécialisation : Production et Transformation de l'Énergie.

Cours principaux : Dynamique des fluides, Thermique, Analyse Numérique.

Année de césure (stages) 2009 - 2010 – 3^{ème} année (2010 - 2011) en double diplôme avec Purdue (USA).

Écoles d'été suivies

26 juin - 9 juil. 2016 : Universspace – École d'été du CNES sur les systèmes orbitaux

ISAE-Supaéro, ENAC (Toulouse, France).

Cours : Observation terrestre, mécanique orbitale, opérations spatiales, missions scientifiques.

2 juin 2012 - 4 août 2012 : Université Internationale de l'Espace – Programme d'études spatiales

Florida Institute of Technology (Melbourne, FL, USA), NASA - Centre Spatial Kennedy.

Cours : Ingénierie spatiale, Sciences spatiales biologiques et physiques, Droit spatial, Espace et société, Commerce spatial.

Projet : Développement d'un réseau de pas de lancement dans le système solaire – responsable de l'équipe scientifique.

Compétences

- Langage de programmation / Logiciel : Matlab, Lua, ampl, LaTeX, ANSYS Fluent, LabView, SAS.
- Expérimentales : Analyseur de gaz infra-rouge (Li-6800), Analyseur de teneur en chlorophylle, Analyseur d'anthocyanes, Imagerie infra-rouge, Spectroradiomètre, Capteur quantique, Anémomètre à fil chaud, Chromatographie liquide haute performance, Chromatographie ionique, Conductimétrie.
- Langues : Français, Anglais (C2), Allemand (C1), Italien (B1), Russe (A2), Portugais (A1).

Bourses d'étude, de recherche et financements obtenus sur des réponses à AAP

- **2023** - Financement de l'ESA pour une expérience sur l'ISS "Reserve Pool of Activities".
- **2023** - Financement du CNES pour deux campagnes de vols paraboliques (10/2023 et 03/2024).
- **2023** - Financement de l'UCA "Axes stratégiques internationaux de l'UCA".
- **2022** - **Bourse postdoctorale européenne Marie Skłodowska-Curie Actions.**
- **2021** - Financement de la NASA Flight Opportunity pour 3 vols paraboliques.
- **2021** - Financement du NASA KSC Independent Research and Technology Development (IR&TD).
- **2018** - **Bourse postdoctorale de la NASA.**
- **2018** - Financement de Clermont Auvergne Métropole (développement d'une expérimentation en vols paraboliques).
- **2017** - Financement de l'ESA Continuously Open Research Announcement (2 campagnes de vols paraboliques).
- **2017** - Financement du CNES Parabole pour un vol parabolique.
- **2015** - **Bourse doctorale financée à 50 % par le CNES et 50 % par le CNRS.**
- **2014** - Bourse de voyage par Women in Aerospace Engineering Europe pour présenter à l'IAC 2014.
- **2012** - Bourses de l'ESA et du CNES pour participer au 25^{ème} Space Studies Program de l'Université Internationale de l'Espace.
- **2010** - Bourse d'étude Dorothy Leet de l'AFDDU pour mon Master à l'Université Purdue.

Prix et Distinctions

- **2023** – Équipe lauréate du ESA Business in Space Growth Network for Food and Agriculture.
- **2022** - Sélection en tant que "Karman Pioneer" au sein du Karman Project.
- **2018** - 2^{ème} prix à la session poster du Workshop international Agrospace-MELiSSA (Rome, Italie).
- **2017** - Prix de l'Entrepreneuriat Étudiant d'Auvergne pour le projet "Retour à l'École" (Clermont-Fd, France).
- **2016** - Premier prix du jury et Prix du public Ma Thèse en 180 secondes (Clermont-Fd, France).
- **2012** - Meilleur résumé scientifique, École d'aéronautique & astronautique, Purdue (IN, USA).

Service scientifique

Examinatrice et rapportrice de thèse

- **Juillet 2022** - Rapportrice et examinatrice de la thèse de Laura Alemany (Université Autonome de Barcelone, Espagne) : *Mathematical modelling of bioreactors in the MELiSSA regenerative life support system.*
- **Février 2024** - Rapportrice de la thèse de Leone Romano (Université de Naples, Italie) : *Superfood for space: New method and system for automated cultivation of Wolffia globosa in human spaceflight.*
- **Juin 2024** - Examinatrice de la thèse de Conrad Zeidler (Université de Brême, Allemagne) : *Augmented Reality in a Planetary Greenhouse for Crew Time Optimization.*

Organisation de congrès, colloques et workshops

- **Sept. 2023** - Organisatrice du Workshop Plants in Space (UCA).
- **Depuis 2022** - Membre du comité de programme du [COSPAR Scientific Assembly Meeting](#) - session Advanced Life-Support.
- **Nov. 2022** - Modératrice, session *Plant Characterization*, [MELiSSA Conference](#), Toulouse.

- **Nov. 2021** - Modératrice, session *Plant Omics*, meeting de [l'American Society of Gravitational and Space Research](#), Baltimore (USA).
- **Depuis 2021** - Membre du comité de programme de l'[International Conference on Environmental Systems](#) - session Éducation et Médiation.
- **2017** - Membre de l'équipe organisatrice, 2^{ème} [European Space Generation Workshop](#), Paris.
- **2017** - Membre de l'équipe organisatrice, 4^{ème} édition du congrès [Puy de la Recherche](#), Clermont-Fd.

Activités internationales

- **Depuis 2023** - Direction d'un chapitre dans un ouvrage scientifique réunissant 70 contributeurs, dont des scientifiques et des astronautes de renom. Date de publication attendue : fin 2024. Série Springer "Space and Society". Titre : "Mars & the Earthlings: A realistic view on Mars exploration & settlement".
- **2021-2024** - Membre du jury du Deep Space Food Challenge organisé par l'Agence Spatiale Canadienne et la NASA.

Comités éditoriaux de revues et Relectures d'articles

- **2020-22** - Co-éditrice de l'édition spéciale "Systèmes support-vie biorégénératifs" - *Frontiers in Astronomy and Space Sciences*.
- **Depuis 2019** - Relecture régulière de publications pour des revues académiques : *Nature Communication*, *Frontiers*, *LSSR*, *Acta Astronautica* – environ 2 par an.

Adhésions

- **2019 - 2021** - Membre de la *American Society of Gravitational and Space Research*.
- **2015 - 2017** - Membre du Conseil d'Administration de l'Association Planète Mars.
- **2015 - 2017** - Point de contact France pour le *Space Generation Advisory Council*.
- **2015 - 2020** - Membre de la *European Low Gravity Research Association*.

Vie de laboratoire

- **Depuis 2023** - Membre du bureau de l'axe GePEB de l'Institut Pascal (UCA-CNRS).
- **09/2023** - Organisation d'un séminaire de laboratoire par Chloé Audas (ESA).
- **04/2023** - Organisation d'une émission de radio dans le hall de Polytech Clermont à l'occasion de la Clermont Innovation Week – participation du directeur de Polytech, de la directrice de l'Institut Pascal et d'acteurs du laboratoire pour présenter les métiers de la recherche.

Médiation scientifique

Actions en direction des écoliers et étudiants

- **03/04/2024** - Organisation d'un atelier « Peut-on vulgariser sans déformer ? » à destination des enseignants du secondaire pour le séminaire *Sciences, Médias et Esprit Critique*.
- **2023-2024** - Marraine du programme Proximars (CNES et Planète Sciences), toute la France.
- **2023** - Marraine de l'évènement C'Space (CNES et Planète Sciences), Tarbes.
- **2023 et 2018** - Cordées de la Réussite - Conférences pour lycéens et collégiens.
- **2022** - Formation URFIST *La médiation scientifique à destination d'un jeune public*, université Lyon 1.
- **Depuis 2019** - Éditrice & cocréatrice (avec une équipe de 5) du journal DECODER, une revue de médiation scientifique pour et par les élèves des collèges et lycées.
- **2017 & 2018** - Initiation (avec une équipe de 10) d'un projet de médiation scientifique dans 2 écoles primaires (Aubière, France).

- **2016 à 2018** - Chroniqueuse à radio Campus Clermont-Ferrand pour discuter des dernières nouvelles spatiales et des principaux sujets spatiaux – Association Doct’Auvergne.
- **Depuis 2015** - Intervention régulière dans des classes.
Mentorat régulier à des étudiants pour des conseils carrière et étude

Sélection d’émissions TV, radio et web

- **2021** - Intervenante dans le podcast “[La Fabrique de l’Espace](#)”.
- **2021** - ARTE [Évènement en direct pour parler de la première EVA de la Mission Alpha](#).
- **2020** - TMC “[La French Touch](#)”.
- **2018** - France Inter, Le Temps d’Un Bivouac, “[Mars comme si vous y étiez](#)”.
- **2017** - France Inter, La Tête Au Carré “[La Science en Apesanteur](#)”.
- **2015** - France 2, Comment ça va bien ! “[Objectif Mars](#)”.

Conférences invitées dans des manifestations à audience large (sélection)

- **2023** - Association des Astronomes Amateurs d’Auvergne, Conférence, “[Plantes cosmiques : lumière sur les secrets d’une exploration humaine durable du système solaire](#)”.
- **2023** - Conférence et table ronde avec l’astrophysicienne Sylvia Ekström et l’astronaute Claude Nicollier pour les 5 ans du planétarium de Sion (Suisse).
- **2022** - Association Planète Mars, Webinaire, “[Les plantes : passage obligé pour l’exploration martienne](#)”.
- **2018** - Space Bites (ESA), “[How to Survive on Another Planet](#)”.
- **2016** - TEDxClermont, “[La Recherche Spatiale pour Vivre Durablement sur Terre](#)”.
- **2015** - TEDxMines Nancy, “[Un Aller Simple pour Mars](#)”.

Séminaires invités dans des laboratoires

- **31/05/2024** - Laboratoire de Physique de Clermont-Auvergne (LPCA), UCA.
- **13/02/2024** - Laboratoire Industrial Process and Energy Systems Engineering (IPESE), EPFL (Suisse).
- **06/25/2020** - Laboratoire Life Support and Energy Systems, Institute of Space Systems, Université de Stuttgart (Allemagne), en ligne.

Mots-Clés

Modélisation, Optimisation, Simulation, Génie des Procédés, Ingénierie système, Génie biochimique, Systèmes support-vie, Écosystèmes artificiels, Circularité, Systèmes clos, Missions spatiales, Vol Parabolique, Systèmes énergétiques, Transferts couplés masse-chaleur, Évaporation.