



HAL
open science

L'intérêt de la micropesanteur

Roger Prud'Homme

► **To cite this version:**

Roger Prud'Homme. L'intérêt de la micropesanteur. Progressistes : Science, Travail et Environnement, 2016, Jeunesse, regard sur le progrès, 13. hal-01983321

HAL Id: hal-01983321

<https://hal.sorbonne-universite.fr/hal-01983321>

Submitted on 16 Jan 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

L'intérêt de la micropesanteur

Roger Prud'homme, chercheur émérite du CNRS

Ancien directeur et [co](#)-fondateur du GDR Fluides en micro gravité (Fμg)

Depuis les années 50, de nombreux satellites ont été envoyés dans l'espace, certains habités comme le fut le premier satellite soviétique et telle l'actuelle Station Spatiale Internationale, d'autres non tels les satellites de télécommunication et les nombreux nanosatellites d'aujourd'hui (Figure1). L'intérêt - technique, commercial et scientifique - de la conquête spatiale est fréquemment évoqué dans les médias et donc connu du grand public : météorologie, télécommunications, observation de la terre, astronomie. Notons aussi l'usage militaire.



Figure1. *EntrySat de l'ISAE, destiné à l'étude du comportement des débris orbitaux*¹

L'état d'apesanteur qui règne dans les satellites et qui fait flotter les astronautes est vu comme une curiosité, parfois comme un inconvénient, particulièrement pour les missions de longue durée. On tente de pallier les carences musculaires et articulaires des spationautes en leur faisant faire des exercices physiques. Tous les problèmes ne sont pas résolus pour autant à l'heure actuelle.

Mais la situation d'impesanteur présente aussi des avantages en permettant un champ d'expérimentation scientifique inédit que nous voulons évoquer ici.

Gravitation universelle et loi fondamentale de la mécanique. L'action de la gravité sur la matière.

Il a fallu des millénaires pour découvrir la loi fondamentale de la mécanique dite « classique » ou "newtonienne" (c'est-à-dire non relativiste, ou encore à vitesse très petite devant la vitesse de la lumière). Celle-ci stipule que *la quantité d'accélération d'un système matériel est égale à la résultante des forces extérieures qu'il subit.*

Cette loi explique très bien ce que l'on observe couramment à notre échelle : la chute des corps du fait de l'attraction terrestre, la rotation des satellites autour des planètes, le fait que dans une couche liquide chauffée par le bas, les parties les moins denses remontent vers la surface ce qui entraîne la formation de tourbillons thermoconvectifs.

¹ site de l' ISAE (Institut Supérieur de l'Aéronautique et de l'Espace)

L'intérêt qu'il peut y avoir à s'affranchir de la gravité en physique des fluides et en biologie.

La pesanteur agit donc sur le comportement de la matière en en faisant varier le mouvement et la stabilité. De ce fait elle rend plus complexe l'étude des autres phénomènes rencontrés.

Cette complexification se rencontre lorsque des phases fluides sont présentes, en particulier avec : les fluides critiques, la combustion, les interfaces, les mousses et les émulsions, la solidification.

Donnons quelques illustrations de chaque domaine cité.

- Fluides critiques : le point critique liquide-vapeur est caractérisé pour chaque corps simple par une valeur caractéristique de sa température, de sa pression et de sa masse volumique, ainsi que par des propriétés de voisinage plus ou moins singulières. Au voisinage du point critique le liquide et sa vapeur ont des densités voisines et tout écart aux conditions critiques induit au sol des forces d'Archimède qui provoquent un mouvement du fluide qui gêne considérablement l'observation et la mesure des phénomènes.
- Combustion : les différences de températures observées dans les flammes modifient leur structure, comme le montre la flamme de bougie (Figure 2). Les expériences en micropesanteur permettent de valider des modèles simplifiés de flamme. D'autre part les études en micropesanteur sont nécessaires pour prévenir les incendies à bord des satellites en établissant des normes nécessairement différentes de celles utilisées au sol.



Figure2. Représentation schématique de flammes de bougie observées par Carleton et Weinberg en vol parabolique : a) sous gravité normale (1g), b) en micropesanteur (0g)².

- Les interfaces : les interfaces capillaires ont une importance accrue du fait de l'absence des forces de masse. Cela rejait sur les phénomènes d'ébullition et sur les transferts de chaleur aux parois des récipients. Les bulles ne montent plus, les tensions de surface prédominent.
- Les mousses : les phases liquides et gazeuses interagissent différemment au cours du temps. Il n'y a plus de drainage gravitaire par exemple.

² CARLETON F.-B., "Electric field -induced flame convection in the absence of gravity", in Combustion experiments during KC-135 parabolic flights, ESA SP-1113, 1989. ISBN 92-9092-008-4

- La solidification : on a pensé longtemps que l'absence de pesanteur améliorerait considérablement la qualité des cristallisations, ce qui a conduit à concevoir des usines métallurgiques dans l'espace. Mais on y a renoncé. Néanmoins la recherche sur la solidification des matériaux en micropesanteur garde tout son intérêt fondamental.

Les êtres vivants sont sensibles à l'absence de pesanteur à cause des effets mécaniques subits par leurs constituants fluides notamment, mais aussi de leur complexité inhérente. La biologie et la médecine spatiale sont ainsi des champs d'investigation spécifiques. Des études appliquées sont en cours en prévision des missions de longue durée telles les missions interplanétaires pour lesquelles se posent les questions de l'alimentation, du recyclage et de la protection vis-à-vis des particules cosmiques.

Autant de domaines qui ont conduit à l'émergence de laboratoires de microgravité dans le monde et en France à la fondation d'une structure sous l'égide du CNRS et du CNES, avec la participation du CEA et d'universités. Le CNES a développé un secteur spécifique chargé d'accompagner ces recherches.

Les moyens de s'affranchir de la pesanteur.

Nous avons évoqué les satellites à l'intérieur desquels règne un état d'apesanteur. Cela s'explique parfaitement avec la loi fondamentale de la mécanique, car la trajectoire du satellite compense naturellement la force d'attraction de la terre par une quantité d'accélération égale et opposée à celle-ci qui constitue la force d'inertie. Tout ce qui se trouve à l'intérieur du satellite ne rentre en mouvement relatif par rapport à celui-ci que s'il est soumis à d'autres forces, ce qui permet ainsi aux astronautes de se déplacer et en s'appuyant aux parois et de réaliser des expériences scientifiques.

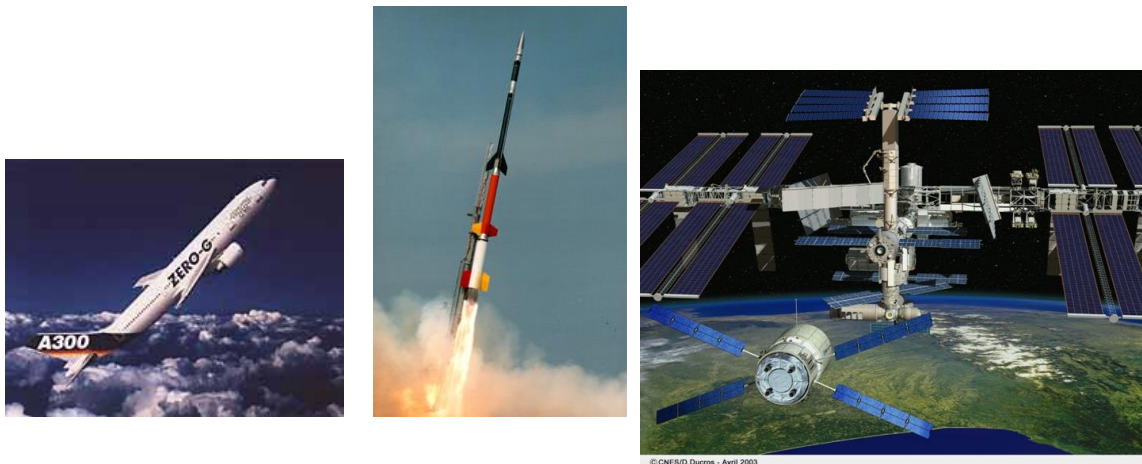


Figure 3. Airbus A-300 utilisé pour les vols paraboliques, fusée-sonde Black Brant canadienne et ISS.

Notons que la pesanteur n'est jamais complètement annihilée. Cela tient à de multiples causes dont la taille des satellites eux-mêmes. D'autre part la gravité de la terre elle-même varie d'un point à un autre. On parle donc plutôt de micropesanteur ou de microgravité et les « g-jitters » deviennent un objet d'étude.

Ce moyen mécanique de compenser la pesanteur est utilisé aussi dans (Figure 3):

- les vols paraboliques d'avions (gravité résiduelle 10^{-2} g, durée d'une parabole 20 sec),
- les puits et tours d'apesanteur (gravité résiduelle 10^{-5} g, durée d'une chute 5 à 10 sec),

- les fusées sondes (gravité résiduelle 10^{-5} g, durée d'un vol 20 mn).

D'autres techniques de compensation existent. Citons la compensation magnétique qui se produit sous l'effet d'un gradient de champ magnétique et qui peut se réaliser à l'intérieur d'électroaimants comme au CEA par exemple.

L'état de l'art : études fondamentales et études spatiales finalisées.

La période la plus prolifique pour la recherche en microgravité dans le monde entier était, sans aucun doute, les années 1980 à 2000. En dépit de l'accident de la navette américaine Challenger en Janvier 1986, toutes les agences spatiales développaient des infrastructures permettant des expériences à effectuer en microgravité. Cela comprenait la construction de puits et de tours de chute libre, la mise en disponibilité d'avions pour les vols paraboliques, la navette spatiale américaine équipée avec le Spacelab européen et bien sûr la station MIR.

En France, l'orientation prise - grâce à l'action de plusieurs responsables du CNES et de certains organismes de recherche - a été que les moyens consacrés aux coûteuses expériences en microgravité devaient être réservées à la recherche fondamentale (et non utilisés pour concevoir des usines spatiales comme certains le préconisaient). Les efforts ont ainsi été faits pour rassembler les meilleurs scientifiques du pays et développer les coopérations internationales de haut niveau.³

Les domaines cités plus haut ont été investis, et sont regroupés aujourd'hui sous la bannière de la Micropesanteur Fondamentale et Appliquée (MFA). C'est en 1992 que fut créé le premier groupement de recherche en microgravité du CNRS/CNES pour une durée de 4 ans. Il fut renouvelé régulièrement - ce qui est exceptionnel pour un GDR mais s'explique par le caractère même de la microgravité qui est un grand instrument scientifique utilisé par plusieurs disciplines. Ce n'est que depuis 2004 qu'il a pris le nom de GDR- MFA. La recherche appliquée à la conquête spatiale y a sa place en rapport avec les problèmes rencontrés dans les lanceurs (réservoirs de carburants, instabilités de combustion, par exemple) et les satellites (risques d'incendie, aspects biologiques et médicaux).

En conclusion.

La micropesanteur intéresse plusieurs disciplines scientifiques. C'est un domaine de recherche prometteur faisant partie des sciences de l'espace. Les résultats de recherche obtenus en France ont fait l'objet de nombreuses publications et certains d'entre eux ont été honorés de distinctions prestigieuses. Plusieurs coopérations internationales ont été poursuivies. Il est important que cette activité continue à prospérer avec des financements appropriés.

³ Préface de Jean-Jacques Favier au N° Spécial Comptes Rendus [de Mécanique](#) à l'Académie des Sciences – « Tribute to Bernard Zappoli », en cours d'édition, 2017⁶.