

Centrifuge : une expérience en microgravité réalisée par un groupe d'étudiants de l'Université et de l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne dans le cadre d'une campagne de vols paraboliques organisée par l'Agence Spatiale Européenne

Autor(en): **Braissant, Olivier / Perez, Alfonso / Carlo, Sacha de**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles**

Band (Jahr): **87 (2000-2001)**

Heft 3

PDF erstellt am: **27.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-281397>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

CENTRIFUGE: une expérience en microgravité réalisée par un groupe d'étudiants de l'Université et de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne dans le cadre d'une campagne de vols paraboliques organisée par l'Agence Spatiale Européenne

par

*Olivier BRAISSANT¹, Alfonso PEREZ², Sacha De CARLO³, Marc MOREL¹,
Gabriel BORRUAT¹ et Claude-Alain ROTEN¹*

Abstract.—BRAISSANT O., PEREZ A., De CARLO S., MOREL M., BORRUAT G. and ROTEN C.-A., 2001. CENTRIFUGE: A Microgravity Experiment realized by Lausanne University and Federal Institute of Technology in Lausanne students during the European Space Agency (ESA) Parabolic Flight Campaign. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.* 87.3: 203-209.

For some years, the European Space Agency (ESA) has offered European students the opportunity to carry out experiments in microgravity. In 2000, ESA selected 30 experiments including ours.

Our experiment consisted in comparing the bacteria centrifuged at 15'000 g and fixed in microgravity, with identical cells in normal gravity, in order to observe the influence of terrestrial gravity in the reorganization of the internal structure of the prokaryotic cell. For this purpose, the chromosome of the cells was colored with DAPI which allowed examination by fluorescence microscopy. Differences between samples fixed in gravity zero and normal gravity seem to show that bacteria use terrestrial gravity as a reference in reorganizing their internal structure after an acceleration corresponding to the impact of a small meteorite hitting an ocean on the earth surface.

Keywords: microgravity, centrifugation, bacteria, exobiology.

¹Institut de Génétique et de Biologie Microbiennes, Université de Lausanne, rue César-Roux 19, CH-1005 Lausanne

²Département de Génie Mécanique, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, CH-1015 Lausanne

³Centre de Microscopie Electronique, rue du Bugnon 27, CH-1005 Lausanne

Correspondance: G. Borruat, Institut de Génétique et de Biologie Microbiennes, Université de Lausanne, rue César-Roux 19, CH-1005 Lausanne. E-mail: gabriel.borruat@igbm.unil.ch

Résumé.—BRAISSANT O., PEREZ A., De CARLO S., MOREL M., BORRUAT G. et C.-A. ROTEN, 2001. CENTRIFUGE: une expérience en microgravité réalisée par un groupe d'étudiants de l'Université et de l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne dans le cadre d'une campagne de vols paraboliques organisée par l'Agence Spatiale Européenne. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.* 87.3: 203-209.

Depuis quelques années, l'Agence Spatiale Européenne (ESA) offre la possibilité à des étudiants européens de réaliser des expériences en microgravité. En 2000, l'ESA a sélectionné 30 expériences dont la nôtre.

Notre expérience consistait à comparer des bactéries centrifugées à 15'000 g, puis fixées en microgravité aux mêmes cellules fixées en gravité normale; ceci afin d'observer l'influence de la gravité terrestre au niveau de la réorganisation de la structure interne de la cellule procaryote. Dans ce but, le chromosome des cellules a été coloré au DAPI et les cellules ont été examinées par microscopie à fluorescence. Des différences entre les échantillons fixés en gravité zéro et en gravité normale semblent montrer que les bactéries utilisent la gravité terrestre comme référentiel pour réorganiser leur structure interne après une forte accélération, correspondant à l'impact d'une petite météorite frappant la surface d'un océan sur terre.

Mots-clés: microgravité, centrifugation, bactéries, exobiologie.

INTRODUCTION

Depuis 1994, l'Agence Spatiale Européenne (ESA) a organisé, avec le concours de l'ancien astronaute Wubbo Ockels, des campagnes de vols paraboliques pour des étudiants européens dont le pays adhère à l'ESA. Cette année, la troisième campagne s'est terminée à fin octobre et plus de 120 étudiants y ont pris part. Parmi les deux cents propositions mises au concours, notre expérience a été sélectionnée avec 29 autres pour voler. Le travail que nous avons proposé s'inscrit dans le cadre d'un projet d'étude de la résistance des bactéries aux chocs. Dans ce but, nous avons développé et réalisé deux microcentrifugeuses spécialement conçues pour être utilisées à bord de l'Airbus A-300 affrété par Novespace (fig. 1). Ceci nous a permis de comparer des bactéries centrifugées et fixées en gravité zéro avec le même type de cellules centrifugé et fixé en gravité normale.

Suite au succès de ces trois campagnes, l'ESA a décidé de reconduire cette expérience chaque année jusqu'en 2004, la prochaine aura lieu en juillet 2001.

PRINCIPE DU VOL PARABOLIQUE

Lorsqu'un avion décrit une parabole, les forces centrifuge et gravifique s'annulent au sommet de la courbe, engendrant ainsi entre les deux points d'inflexion une période d'environ 25 secondes durant laquelle règne un état très proche de l'apesanteur (fig. 2).

Pour être autorisé à l'embarquement dans l'avion, le protocole expérimental doit être parfaitement défini et réalisable en moins de 25 secondes, le maté-

riel est soumis à un contrôle et à des tests très stricts effectués par le Centre d'Essai en Vol (CEV). Vu les conditions spéciales rencontrées dans ce type de vol, les expérimentateurs doivent également passer les tests d'aptitude Jar-Fcl classe 2 et en caisson hypobar. Au cours d'un vol de 3 heures, 31 paraboles sont exécutées, donnant ainsi la possibilité de réaliser un nombre appréciable d'expériences.



Figure 1.—Airbus A-300 ZERO-G avec une inclinaison de 47° juste avant la période de microgravité. Cette photo a été prise dans un espace de vol réservé à l'Airbus A-300 ZERO-G au dessus de l'océan Atlantique. (Photo Novespace / Airbus Industrie).

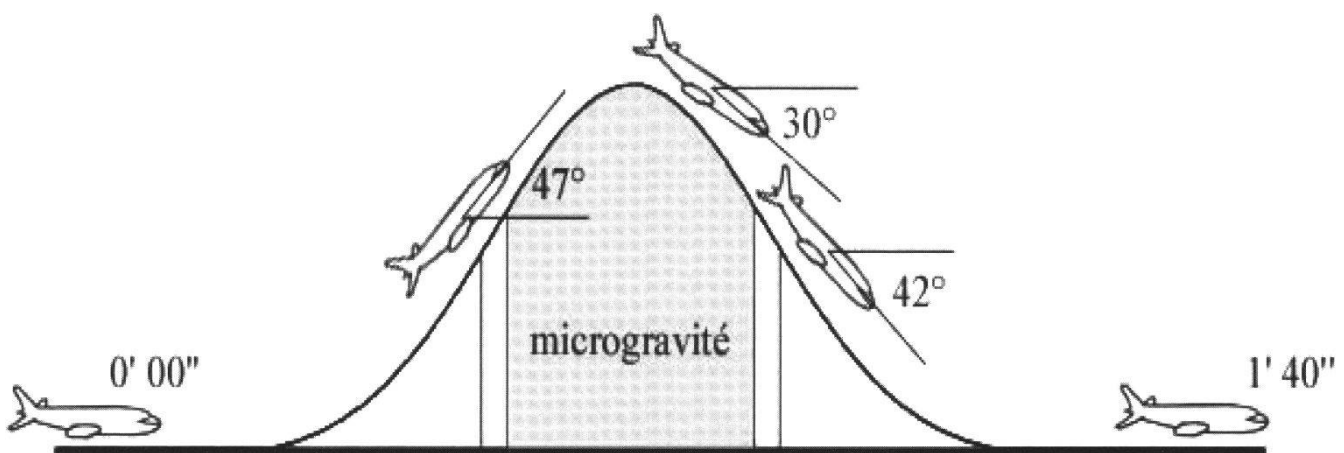


Figure 2.—Trajectoire de l'A300 ZERO-G lors d'un vol parabolique. Lors des paraboles, on obtient 22 à 25 secondes de microgravité. La période de microgravité commence et se termine quand l'avion a une inclinaison de 45° environs. Figure tirée et modifiée des documents de la Division Générale de l'Armement (DGA).

PROJET RÉALISÉ

L'expérience réalisée en microgravité s'inscrit dans le cadre d'un programme de recherche en exobiologie. Des travaux ont montré que les bactéries survivent à des accélérations de l'ordre de 300'000 g largement comparables à des chocs engendrés par des météorites de moins d'une tonne venant frapper la surface terrestre (WHITEFIELD *et al.* 1973, ROTEN *et al.* 1998, BRAISSANT 1999). En gravité normale, lorsque l'on fixe des bactéries immédiatement après centrifugation, aucune modification de la structure interne n'est observable et aucun déplacement du chromosome ne peut être mis en évidence. Ceci implique deux possibilités: soit le chromosome bactérien est fixé suffisamment solidement et ne bouge pas au cours d'un choc, soit il se déplace et reprend très rapidement sa position initiale dans la cellule. Si la deuxième hypothèse s'avère exacte, cela sous-entend que la cellule utilise un référentiel pour réorganiser sa structure interne et son chromosome.

Nous avons cherché à déterminer si la gravité est un référentiel utilisé chez les bactéries pour réorganiser leur structure interne en comparant des bactéries (*Bacillus megaterium*) et des cyanobactéries (*Spirulina platensis*) centrifugées à 15'000 g, puis fixées immédiatement en microgravité et en gravité normale. La position du chromosome dans la cellule bactérienne a pu être déterminée en laboratoire par microscopie en fluorescence après coloration du DNA au DAPI.

Matériel et procédure expérimentale

Nous avons développé deux microcentrifugeuses de moins de 500 grammes à partir de moteurs de microperceuses. La vitesse maximale mesurée était de 18'000 tours par minute ce qui donne une accélération de 17'700 g. Deux rotors de 4 cm de rayon prévus pour deux et trois microtubes de 20 µl ont été spécialement usinés. Les centrifugeuses étaient munies de frein électrique permettant un arrêt du rotor en moins de 5 secondes et d'un système de sécurité. Le tout était monté sur un cadre en aluminium directement vissé au plancher de l'avion (fig. 3).

Les organismes retenus pour cette manipulation étaient non pathogènes; il s'agit de *B. megaterium*, une bactérie choisie pour sa forme spécialement allongée (4 à 5 µm de long), *S. platensis*, une cyanobactérie capable de réaliser la photosynthèse et qui forme de longues chaînes de cellules. La levure *Rhodotorula rubra* a été choisie comme contrôle.

Pendant le vol, les échantillons ont été centrifugés pendant les périodes de gravité normale et les ressources, une seule centrifugeuse fonctionnant à la fois. Durant les périodes de microgravité (moins de 25 secondes), la centrifugation était stoppée et les cellules immédiatement fixées par injection, au moyen d'une seringue, d'une solution de glutaraldéhyde 2 % (fig. 4). Les

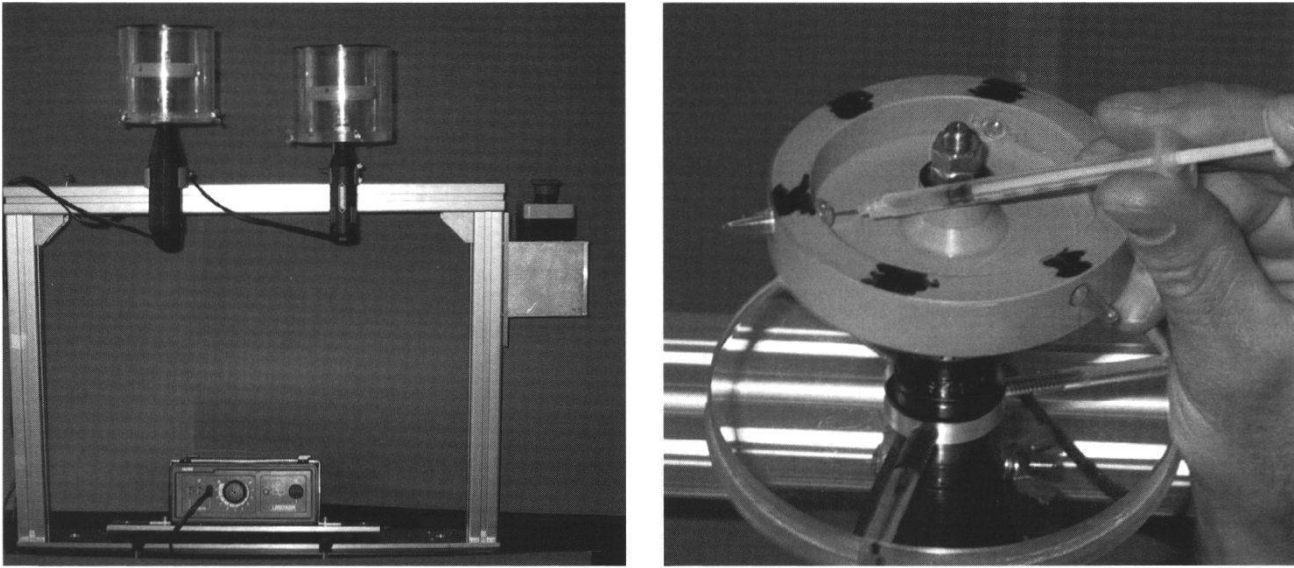


Figure 3.–Montage expérimental constitué d'un transformateur, d'un support et de 2 centrifugeuses (à gauche). Rotor d'une des centrifugeuses au moment de l'injection du fixateur (à droite).



Figure 4.–Photo de la manipulation à l'intérieur de l'Airbus A-300 ZERO-G pendant une phase de microgravité. Sur la droite, photos des membres de l'équipe présente à Bordeaux pour la campagne de vol parabolique. De haut en bas: Gabriel Borruat, Alfonso Perez et Olivier Braissant.

échantillons étaient stockés à mesure dans des tubes, puis ils furent colorés au DAPI (COLEMAN *et al.* 1981, SETLOW *et al.* 1991) en laboratoire avant d'être analysés par microscopie à fluorescence.

Résultats préliminaires

Le matériel utilisé a parfaitement fonctionné, permettant de traiter 42 échantillons au cours de deux vols.

Les résultats observés chez *B. megaterium* semblent montrer une différence entre les échantillons traités en gravité zéro et ceux centrifugés et fixés en gravité normale. Bien que des études complémentaires avec d'autres techniques de microscopie, ainsi que des expériences supplémentaires soient nécessaires, il semble que le contenu cellulaire se déplace chez *B. megaterium* et que la gravité influence la réorganisation du chromosome.

Aucun changement n'a été observé chez *S. platensis*, probablement parce que ce type de cellules contient une grande densité de replis membranaires, empêchant tout déplacement du chromosome. Les résultats observés chez la levure *R. rubra* semblent montrer que la structure de ce type de cellules est désorganisée au cours de la centrifugation (ZALOKAR 1969).

CONCLUSION

Les résultats que nous avons obtenus sont encourageants et pourraient aboutir à une meilleure connaissance de l'organisation de la structure interne des bactéries. Le matériel et la procédure mis au point sont adéquats pour les conditions de vols rencontrées et pourraient être adaptables à des conditions d'expérimentation dans la Station Spatiale Internationale (ISS). En effet, l'ESA ne cache pas son intention de sélectionner ainsi des expériences présentant un intérêt à être effectuées dans l'ISS. Cette campagne de vols pour étudiants offre donc, non seulement la possibilité d'expérimenter en microgravité à bord d'un avion, mais également celle de développer un projet susceptible d'être réalisé à bord de l'ISS par des astronautes.

Pour notre part, cette campagne de vols paraboliques pour étudiants a été une expérience fantastique, tant sur le plan technique et scientifique, que sur le plan humain. La prochaine campagne prévue par l'ESA aura lieu en juillet 2001 et les projets préliminaires doivent être déposés avant le premier février 2001. Nous encourageons vivement les personnes tentées par une telle aventure à proposer leurs expériences à l'ESA et à nous contacter afin de pouvoir bénéficier de notre expérience.

REMERCIEMENTS

Nous remercions spécialement la Société Académique Vaudoise pour son soutien, ainsi que A. Legendre du Centre d'Essai en Vol et le Dr L. Jagger de l'ESA pour leur aide en vol, et le Prof. D. Karamata

BIBLIOGRAPHIE

- BRAISSANT O., 1999. Survie de Bactéries lors d'un impact à 200 m/s: Implications concernant la Panspermie. Travail de Module réalisé à l'Institut de Génétique et de Biologie Microbienne (IGBM), Rue César-Roux 19, CH-1005 Lausanne.
- COLEMAN A. W., MAGUIRE M. J. and COLEMAN J. R., 1981. Mithramycin- and 4'-6-Diamidino-2-Phenylindole (DAPI)-DNA Staining for Fluorescence Microspectrophotometric Measurement of DNA in Nuclei, Plastids, and Viruses Particles. *J. Histochem. and Cytochem.* 29: 959-968.
- ROTEN C.-A. H., GALLUSSER A., BORRUAT G. D., UDRY S. D. and KARAMATA D., 1998. Impact resistance of bacteria entrapped in small meteorites. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.* 81.1: 1-17.
- SETLOW B., MAGILL N., FEBBRORIELLO P., NAKHIMOVSKY L., KOPPEL D. E. and SETLOW P., 1991. Condensation of the Forespore Nucleoid Early in Sporulation of Bacillus Species. *J. of Bacteriology* 173: 6270-6278.
- ZALOKAR M., 1969. Intracellular Centrifugal Separation of Organelles in Phycomyces. *J. of Cell Biology* 41: 494-509.

Manuscrit reçu le 15 décembre 2000

