

Zeitschrift:	Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft = Actes de la Société Helvétique des Sciences Naturelles = Atti della Società Elvetica di Scienze Naturali
Herausgeber:	Schweizerische Naturforschende Gesellschaft
Band:	139 (1959)
Artikel:	Le "pourquoi" des satellites artificiels
Autor:	Muller, P.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-90523

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 13.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Le «pourquoi» des satellites artificiels

Par

Dr P. MULLER, observatoire de Meudon

Il y a bien longtemps que l'homme rêve de quitter le sol du globe terrestre et de circuler dans l'espace. La conquête de l'air a pu nourrir pendant quelques dizaines d'années cette soif d'évasion; mais les voyages aériens sont devenus chose banale et c'est maintenant bien au-delà que se portent les regards. Depuis deux ans en fait, nous assistons aux véritables débuts de la conquête de l'espace extérieur (ne nous hâtons pas trop d'employer les adjectifs «interplanétaire» et surtout «intersidéral»... ce sera pour plus tard).

Chose curieuse, et que nous nous permettrons de faire remarquer avant d'entrer dans le vif du sujet, pas un seul parmi les précurseurs, du plus sérieux au plus imaginatif, ne paraît avoir songé aux satellites artificiels. La seule façon de partir semblait être la ligne droite vers la Lune, bientôt vers les autres mondes. Or que voyons-nous ? Non seulement les satellites s'imposent de plus en plus comme un banc d'essai irremplaçable sur la voie des futurs voyages, mais ils sont assurés de subsister comme une fin en soi tant ils se sont révélés riches de possibilités. C'est justement notre propos de le montrer ici.

Les satellites ont été lancés dans le programme de l'Année géophysique internationale de 1957/58. C'est en 1954 seulement que pour la première fois des congrès scientifiques internationaux ont préconisé cette entreprise dont la possibilité commençait à peine à apparaître. Les Etats-Unis en 1955, l'URSS en 1956 se déclarèrent prêts à étudier et à tenter l'expérience. On sait que les lancers ont commencé par deux Sputniks en 1957; en 1958 ont été réussis un troisième Sputnik et cinq satellites américains, en 1959 encore six satellites américains de divers types. De tous ces satellites huit circulent toujours, dont quatre certainement pour de longues années.

Quels sont les programmes confiés à tous ces satellites ?

Les fonctions que peuvent remplir à notre bénéfice ces nouveaux auxiliaires de la recherche et de certaines techniques plus directement utiles sont de trois ordres.

1. Par leur seul mouvement, c'est-à-dire en particulier sans qu'ils aient besoin d'emporter le moindre équipement ni un émetteur de radio, les satellites nous apportent déjà des informations nouvelles; il s'agit d'une part de la forme du globe terrestre, d'autre part de la densité de la très haute atmosphère.

On démontre en effet que l'aplatissement polaire de la Terre introduit dans le mouvement du satellite des perturbations importantes. Cette orbite, si la Terre était sphérique, serait une ellipse képlérienne, c'est-à-dire décrite dans un plan passant par le centre du globe et selon la loi des aires. L'existence d'un aplatissement a sur cette trajectoire simple deux effets essentiels : le premier est de faire tourner le plan de l'orbite autour de la ligne des pôles dans le sens contraire du mouvement du satellite lui-même (comme tous vont de l'ouest vers l'est cet effet qui est appelé par analogie une «précession» est une rotation vers l'ouest). La précession est de l'ordre de 3 à 4 degrés par jour ; quand le satellite par exemple revient traverser l'Équateur à un tour d'intervalle, cela représente un décalage de 30 kilomètres (pour un satellite faisant une quinzaine de révolutions par jour). C'est donc un effet relativement énorme, facile non seulement à mettre en évidence, mais encore à mesurer avec précision. Le second effet est une rotation de l'ellipse tout entière dans son propre plan ; il est moins accessible à la détermination précise et nous n'y insisterons pas.

Avec la précession des orbites des premiers satellites, on a très rapidement corrigé la valeur jusque-là admise de l'aplatissement terrestre, et qui résultait de longues et délicates opérations géodésiques. Au lieu de $\frac{1}{297}$, on a trouvé la fraction $\frac{1}{298,3}$ et cette valeur ne fait que se confirmer et se préciser avec l'accumulation des révolutions accomplies.

D'autre part, on détermine la densité de l'atmosphère au moyen du ralentissement qu'elle imprime au mouvement du satellite. La résistance du milieu se fait sentir surtout là où il est le plus dense, c'est-à-dire au point le plus bas de l'orbite que l'on appelle son périgée. Comme l'orbite devient de plus en plus petite, la période de révolution diminue et la vitesse moyenne sur l'orbite augmente ; ce n'est donc pas par goût du paradoxe que l'on parle d'une accélération du mouvement alors que l'origine en est un freinage. L'étude de cette accélération fournit pour chaque satellite la densité du milieu à l'altitude de son périgée ; chacun renseigne donc sur une altitude déterminée. Heureusement, avec le nombre de satellites déjà lancés on a une certaine variété dans les périgées et l'on a pu dresser le tableau des densités entre 200 et 650 kilomètres. Elles sont sensiblement plus fortes qu'on ne le prévoyait d'après les résultats obtenus aux altitudes inférieures, notamment au moyen de ballons-sondes et de fusées.

Ajoutons que l'observation plus précise et plus suivie des mouvements des satellites doit permettre de raffiner encore ces deux sortes de résultats. Touchant la forme du globe, on espère d'une part éclaircir la question d'un aplatissement équatorial très faible ($\frac{1}{20\,000}$ ou $\frac{1}{30\,000}$) soupçonné d'après des mesures géodésiques, et d'autre part déceler les inégalités, au moins les plus importantes, dans la répartition des masses internes de la Terre. En ce qui concerne la densité de la haute atmosphère, la poursuite des observations permet de suivre ses variations par exemple dans le temps et avec la latitude. Des oscillations très nettes liées à l'activité solaire ont déjà été constatées dans ces densités.

2. Passons maintenant à ce qui devient possible quand le satellite emporte un émetteur de signaux radioélectriques, et tout d'abord sur une fréquence stable ; nous entendons par là qu'elle n'est pas soumise à des variations voulues. A vrai dire, ces émissions étendent déjà de façon considérable l'étude des seuls mouvements dont nous venons de parler ; en effet, s'il est vrai que les observations optiques sont les plus précises, elles sont toutefois soumises à des servitudes graves : il faut que l'objet soit éclairé par le Soleil, qu'il fasse suffisamment nuit au lieu d'observation, qu'il n'y ait pas de nuages, enfin et surtout que l'objet soit de dimensions telles qu'il réfléchisse une portion de lumière solaire qui le rende visible soit à l'œil nu, soit au moins dans un instrument à grand champ pour le trouver dans le ciel. Au contraire l'écoute radio, toujours possible (de nuit comme de jour, par temps clair ou non) rend aisée la poursuite presque continue de l'objet, avec une localisation moins précise mais meilleure qu'on ne pourrait penser, notamment par la mesure des vitesses selon le principe de Doppler-Fizeau. Les signaux radio ont donc une première utilité, celle de fournir plus rapidement et dans tous les cas, même pour les satellites les plus petits, des orbites et des valeurs de l'accélération.

Mais la réception des signaux comporte aussi une étude qualitative qui porte sur leur intensité, leurs évanouissements ou renforcements, etc. ; et nous avons là un excellent moyen d'investigation de l'ionosphère. On sait que la Terre est entourée à une altitude de 100 à 150 kilomètres d'une couche particulièrement riche en particules ionisées qui joue le rôle de réflecteur à l'égard des ondes radioélectriques, et qui leur permet de faire parfois le tour complet du globe. On étudiait les propriétés de l'ionosphère, jusqu'à présent, au moyen de sondages qui consistaient à émettre des signaux en une station et à les enregistrer en plusieurs autres. Les satellites circulent sensiblement plus haut que l'ionosphère ; ils ont donc permis, pour la première fois, de recevoir à terre, et avec une grande continuité, des signaux qui l'ont traversée. On peut donc étudier l'ionosphère dans toute son épaisseur et par réfraction, et non plus par reflexion sur sa partie basse. Ces recherches présentent un intérêt immédiat pour les télécommunications terrestres.

3. Enfin la technique la plus féconde, et qui à elle seule eût justifié l'envoi des satellites, est la télémesure. Le système n'est pas absolument nouveau ; il a servi déjà pour exploiter les vols de fusées. S'il est possible en effet de retrouver la plupart des instruments emportés par des ballons-sondes et d'étudier après coup les enregistrements réalisés au cours du vol ; si cela réussit encore, bien que plus rarement, dans le cas des fusées qui ne montent pas trop haut, il faut y renoncer à peu près entièrement quand on envoie des engins à 200, 400 kilomètres et davantage. Enfin les instruments placés à bord des satellites sont pratiquement sacrifiés, et surtout on ne peut pas attendre une problématique récupération pour connaître les observations faites pendant des mois et des années à bord de ces stations ambulantes.

On sait à présent traduire les mesures, continues ou discontinues (nous pensons ici aux numérations comme celles des particules cosmiques par les compteurs de Geiger, ou celles des impacts de micrométéorites) en glissements ou en sauts de fréquence à l'intérieur d'un canal étroitement limité. Chaque émetteur travaille ainsi sur un certain nombre de canaux (10 à 20 couramment) et dans chacun il transmet les indications d'un appareil déterminé. Les différents appareils sont mis en circuit à tour de rôle par un distributeur, de façon à faire passer en quelques minutes le cycle complet qui résume tout le laboratoire volant. On pousse le raffinement jusqu'à installer à bord un magnétophone en miniature qui est capable de conserver les mesures recueillies pendant la majeure partie du tour accompli autour du globe, et de les restituer en accéléré sur un signal envoyé d'une station au sol. Cet artifice, qui fonctionne de façon parfaite, permet de recevoir tout ce qui a été enregistré pendant que le satellite était hors de portée; cela peut favoriser aussi un certain secret car seule la station réceptrice peut déclencher et interpréter l'émission en accéléré.

Une expérience plus compliquée encore dans cet ordre d'idées a été faite avec le gros satellite SCORE de 4 tonnes (lancé le 18 décembre 1958 et retombé cinq semaines plus tard). On y avait placé un équipement complet qui a pu remplir les fonctions suivantes:

a) un message adressé par le président Eisenhower au monde était enregistré sur une bande magnétique; ce message a été diffusé par le satellite à chaque fois qu'on le lui a demandé par un signal d'interrogation envoyé de la Terre;

b) des messages ont été envoyés au satellite, enregistrés par lui à mesure de leur arrivée, et réémis par lui vers la Terre à la demande.

Pour alimenter les émetteurs, les batteries chimiques ordinaires ne sont pas très commodes: elles sont lourdes, et n'ont qu'une vie limitée. Aussi n'a-t-on pas tardé à munir les satellites d'éléments photosensibles qui régénèrent sans cesse une batterie; c'est ce que l'on appelle des piles solaires. Le premier ainsi armé fut le premier satellite américain, Vanguard I. L'Explorer VI, lancé le 7 août dernier et qui monte à plus de 40 000 km du sol à son apogée, porte sur 4 espèces d'ailes de moulin (d'où son nom de «Paddlewheel») au total 8000 de ces éléments. Le seul Sputnik encore existant, qui est le troisième, emporte lui aussi des piles solaires; il est assez remarquable de constater que ses batteries chimiques elles-mêmes fonctionnent toujours, 18 mois exactement après son lancement.

Cela dit sur les moyens de traduire les mesures dans les signaux, et d'assurer longue vie aux émetteurs, quelles sont les observations ainsi possibles?

La liste en est si variée qu'elle décourage presque l'énumération. Nous allons pourtant essayer d'en donner une idée.

Il y a d'abord les paramètres classiques du milieu: températures, pressions, densités, composition (notamment proportion en ions positifs). Ensuite viennent divers phénomènes dont les causes sont lointaines: champ magnétique terrestre, rayonnements de toute sorte. Parmi ceux-ci il y a d'abord tout ce qui nous arrive du Soleil, et dont le plus intéressant

est précisément ce qui ne parvient pas au sol à cause de l'atmosphère : rayonnement X ou ultra-violet, rayonnement corpusculaire qui compose la majeure partie de ce que l'on désigne sous le nom général de rayons cosmiques, et qui est à l'origine de la formation des aurores polaires. Les satellites permettent d'étudier, dans le rayonnement cosmique, l'origine de certains d'entre ses composants et l'on s'intéresse tout particulièrement à ce qui ne vient pas du Soleil, mais de plus loin. Citons aussi les numérations des micrométéorites, dont la fréquence pourrait être un sujet d'appréhension pour les futurs astronautes.

Mais le satellite n'étudie pas seulement le milieu qui l'entoure et les phénomènes dont il est le siège. Il s'analyse également lui-même ; nous entendons par là que nous pouvons connaître les conditions qui règnent à sa surface et à son intérieur. En particulier, il était important pour l'avenir de savoir quelle température s'établirait à bord sous l'effet combiné de l'échauffement par la lumière solaire (coupé par les passages dans l'ombre de la Terre à chaque tour), de la déperdition de chaleur dans le vide, de l'absorption par les parois de l'engin. Dans le résultat intervien-nent donc, bien plus que le milieu, la forme, les matériaux, le mode de cloisonnement et le revêtement extérieur du satellite.

Dans le même ordre d'idées on ne peut manquer de citer l'expérience biologique à laquelle reste attaché le nom de la chienne Laïka, qui a fait couler beaucoup d'encre et quelques larmes de compassion, voire de rage. Du point de vue scientifique, il y eut là un essai d'ailleurs resté unique, et également capital dans la préparation des futurs voyages vers l'extérieur.

Enfin le satellite, après le milieu qui l'entoure et ses propres conditions peut étudier de loin ce qu'il voit ; cela aussi bien vers la Terre qu'au contraire vers l'Univers. Tourné vers le bas, le satellite est un poste d'observation remarquable à bien des égards, donnant par exemple des vues d'ensemble sur les systèmes nuageux et leurs évolutions. Il serait vain de nier que d'autres usages moins pacifiques sont recherchés dans cette voie ; contentons-nous de la maigre consolation qu'ils ne sont pas les seuls. Mais le satellite, tout comme l'homme son créateur, peut éléver son regard automatique et indifférent dans la direction de l'Univers et observer des astres dans des conditions qui nous feront soupirer d'envie. Pour lui le ciel est entièrement noir malgré le Soleil brillant de tous ses feux ; il ne connaît ni les nuages, ni l'air agité et qui absorbe pour nous une grande partie de la lumière des étoiles. Certes, des difficultés redoutables restent à surmonter : il faut non seulement trouver le moyen de maintenir un télescope dirigé vers un astre déterminé, mais encore celui de transmettre à terre des images qui ne perdent par cet intermédiaire aucune de leurs qualités. Nous ne sommes encore qu'aux premiers balbutiements dans cette voie ; l'Explorer VI est chargé de vous donner des images très rudimentaires, réduites à un canevas de points sur un certain nombre de lignes, de ce qu'il voit en dessous de lui ; mais nous verrons beaucoup mieux avant longtemps, en attendant que l'homme aille lui-même observer les astres soit depuis une station en mouvement, soit depuis la fameuse base lunaire qu'on nous décrit avec complaisance depuis quelques années

déjà. Dans quelques dizaines d'années peut-être, nos observatoires terrestres ne seront plus que des musées, tout au moins dans certaines de leurs parties, et l'astronome troquera la blouse de laboratoire pour la combinaison spatiale. Si la recherche doit en profiter, c'est sans amer-tume aucune que nous acceptons l'augure. Les astronomes sont, parmi les hommes de science, ceux qui ont à leur actif le plus d'expéditions et de séjours en des lieux plus ou moins confortables dans l'intérêt de leurs travaux; l'espace ne leur fait pas peur.