Zeitschrift: Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafenbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri

Herausgeber: Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafenbetriebe

Band: 38 (1960)

Heft: 11

Artikel: Satellites pour communications

Autor: Martin, A.-V.-J.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-874633

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: 17.07.2025

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

Strategische Spiele

Konkurrenzieren sich bei einem Entscheidungsproblem die beteiligten (meist zwei) Parteien, indem sie das gleiche Ziel anstreben, sich am Ziel aber gegenseitig ausschliessen, nennt man dies ein strategisches Spiel. Gewinn der einen Partei bedeutet Verlust für die andern. Dabei ist das Resultat einer Strategie des einen Spielers abhängig von der Strategie der Gegenspieler. Beim Suchen der optimalen Lösungen sind deshalb parteifremde Einflüsse zu berücksichtigen. Probleme dieser Art treten auf unter anderen in militärisch strategischen Situationen und auch bei gewissen Gesellschaftsspielen (zum Beispiel Schach, Kartenspiele).

Die Spielregeln definieren für jede mögliche Kombination von Strategien einen Verlierer und einen Gewinner. Da jeder Spieler nur seine eigene Strategie bestimmen kann, nicht aber die seines Partners, steht das Ergebnis eines Spiels nicht von vornherein fest. Die Aufgabe für die Unternehmensforschung liegt darin, die Strategie beziehungsweise die Strategien und die Häufigkeit ihrer Anwendung zu bestimmen, die ein Spieler benützen muss, um den grösstmöglichen Gewinn zu erreichen, ohne dass die Strategiewahl des Gegners zum voraus bekannt ist.

Zur Behandlung der Spielfragen wurden gewisse Theorien entwickelt. Ihnen liegt die Annahme zugrunde, dass die gesamte Gewinnsumme zweier Spieler null ist und die Gewinne eines Spielers A für jede Kombination sämtlicher Strategien angegeben werden kann. Gesucht sind dann die Wahrscheinlichkeiten, mit denen der Spieler A die verschiedenen Strategien bei optimaler Spielweise spielen soll. Die Studien werden normalerweise für den Fall durchgeführt, dass auch der Gegner optimal spielt. Verhält er sich dann nicht optimal, so wird der Spieler A im allgemeinen nur um so sicherer gewinnen.

Da die verschiedenen Strategien aus der Kombination der einzelnen Züge hervorgehen, und zudem die Strategien des einen Spielers mit den möglichen Strategien des Gegenspielers in Verbindung gebracht werden müssen, entstehen sehr umfangreiche Gleichungssysteme, die durch Matrizen dargestellt werden können. Die einzelnen Kolonnen bedeuten dann etwa die Strategien beziehungsweise Massnahmen des einen Spielers, die einzelnen Zeilen die verschiedenen Strategien des Gegenspielers. Das aus der Kombination zweier Strategien resultierende Gewinnergebnis für den einen Spieler (Verlustergebnis für den Gegner) wird in der Matrize am entsprechenden Ort eingetragen. Mit Hilfe der linearen oder dynamischen Programmierung lassen sich dann die durch die Matrizen dargestellten Gleichungssysteme lösen und optimale Verhaltensmassregeln bestimmen.

Die verschiedenen Strategien und ihre Einflüsse sind meistens sehr schwer zu beschreiben und zahlenmässig anzugeben. Dies führt dazu, dass die Hauptschwierigkeit bei den spieltheoretischen Problemen im Finden der Gleichungsansätze liegt.

Bibliographie

C. W. Churchmann, R. L. Ackhoff, E. L. Arnoff: Introduction to operations research, 1957, Verlag John Wiley, New York.

A. Kaufmann: Méthodes et modèles de la recherche opérationnelle. 1959, Verlag Dunod, Paris.

E. P. Billeter: Hauptprobleme der Unternehmensforschung. Unternehmensforschung, Band I (1956/57), Heft 4 (Physica-Verlag, Würzburg).

A. Linder: Statistische Methoden für Naturwissenschaftler, Mediziner und Ingenieure. 1946 und 1951, Verlag Birkhäuser Basel.

W. Krelle und *H. P. Künzi:* Lineare Programmierung. 1958, Verlag Industrielle Organisation, Zürich.

F. Ferschl: Grundzüge des «Dynamic Programming». Unternehmensforschung, Band 3 (1959), Heft 2 (Physica-Verlag, Würzburg).

F. Ferschl: Entscheidungsproblem und Strategische Spiele, Unternehmensforschung, Band 2 (1958), Heft 2 (Physica-Verlag, Würzburg).

A.-V.-J. MARTIN, Paris

Satellites pour Communications*

621.396.934

Les systèmes de communication existants sont particulièrement sensibles aux dispositifs de brouillages, qu'ils soient d'origine humaine ou naturelle. Par exemple, à grande distance, où l'on utilise la réflexion sur les couches ionisées de la haute atmosphère, une simple variation des propriétés de ces couches peut parfaitement mettre en défaut un système de communication.

Or, les couches ionisées de la haute atmosphère sont essentiellement instables, et il suffit d'un accroissement d'activité solaire pour que les communications soient immédiatement supprimées dans les liaisons à grande distance. Si l'on ajoute que l'on peut parfaitement produire de façon artificielle le même résultat en faisant exploser une bombe atomique à haute altitude, ainsi que cela a été expérimentalement démontré, on conçoit que les militaires ne soient pas tranquilles du tout quant à la sûreté de leurs communications à grande distance, au cas de conflagration mondiale.

Même si l'on ne veut pas s'en tenir à des horizons aussi noirs, il faut bien constater que les communications commerciales à grande distance sont sujettes à des anomalies telles que les messages ne sont acheminés que pendant une faible fraction du temps, ce qui conduit à une exploitation particulièrement peu économique des réseaux.

De ces amères constatations est née l'idée suivante. Si l'on ne peut compter sur les réflexions ionosphériques, en raison du caractère instable qui leur est propre, pourquoi ne pas remplacer une ionosphère instable par quelque chose susceptible de la remplacer, et de plus insensible aux brouillages d'origine électromagnétique?

C'est ainsi qu'est née l'idée d'utiliser des satellites orbitant autour de la terre pour relayer les télécommunications à grande distance.

Emploi des satellites

Que des satellites puissent être employés pour transmettre des informations, cela ne fait aucun doute. En dehors des in-

* Reproduction autorisée de «Radio Electronique professionnelle», Paris, n° 297, septembre 1960.

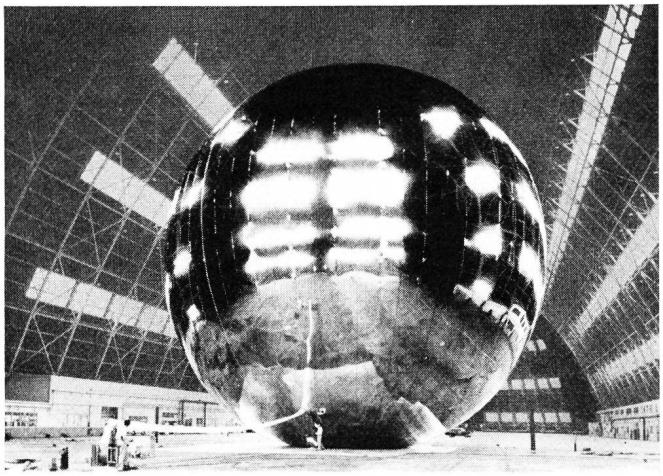

Fig. 1. «Echo I», le premier satellite artificiel gonflé (30 mètres de diamètre) dans le «Space Administration Langley Research Center» à Virginia

formations qu'ils transmettent aux stations de réception spécialisées sur les conditions régnant dans l'espace, on se souviendra, par exemple, de la diffusion du message de Noël du président Eisenhower, message qui pouvait être reçu pratiquement en n'importe quel point de la terre lorsque le satellite se trouvait dans une position favorable.

Le problème des communications d'un point à l'autre de la surface du globe terrestre est évidemment plus complexe. Tout d'abord, si l'on veut un relais immédiat, il faut que le satellite soit en visibilité directe des deux points intéressés. Si le message peut souffrir un délai de quelques heures, on établira la trajectoire du satellite pour qu'il balaie toute la surface de la terre. Dans ce cas, il suffit d'une mémoire qui lui permette de stocker les informations reçues, et qui les délivre sur l'interrogation d'une station terrestre, pour assurer la transmission retardée des messages d'un point à l'autre de la terre.

Dans les conditions de l'utilisation militaire, principalement envisagée jusqu'à maintenant, même un retard de quelques heures peut être vital dans les conditions actuelles de conflit. Il semble difficile de tourner cette difficulté, jusqu'au moment où l'on pense que l'on peut parfaitement mettre un satellite en orbite à une hauteur telle qu'il soit immobile par rapport à la terre. En d'autres termes, la période de rotation du satellite est telle qu'il se déplace angulairement à la même vitesse que la terre, de sorte qu'il paraît suspendu constamment au-dessus du même point de la surface du globe. Cette période de rotation est donc de 24 heures. Si un tel satellite est en visibilité directe du point d'émission et du point de réception, on peut l'utiliser pour un relais direct et sans délai de tous les messages dans les deux sens.

On obtient donc ici une première distinction entre deux catégories de satellites, selon que le satellite est mobile, c'est-à-dire décrit des orbites différentes tout autour de la terre, ou encore selon qu'il est stationnaire, c'est-à-dire calé sur une orbite de 24 heures telle qu'il reste suspendu au-dessus d'un point déterminé de la surface terrestre.

Cependant, l'amère expérience a encore montré que les installations techniques compliquées, à bord des satellites, étaient susceptibles de tomber en panne ou de souffrir de troubles plus ou moins importants. On essaye donc, dans toute la mesure du possible, d'éviter des installations d'équipements complexes à bord des satellites. La philosophie derrière une telle doctrine est tout simplement qu'il n'est pas possible d'aller dépanner, si par hasard un ennui se produit... Mais il n'est pas nécessaire d'avoir un équipement répétiteur à bord des satellites pour retransmettre les messages. Le satellite lui-même peut parfaitement être utilisé comme un réflecteur, si sa forme et ses dimensions s'y prêtent. La technique consiste alors à envoyer à l'émetteur un faisceau d'onde dirigé sur le satellite et, du côté récepteur, à orienter l'antenne de réception sur le satellite, de telle manière qu'une partie des ondes réfléchies atteignent la station réceptrice. On a ainsi un deuxième moyen de distinction entre deux types fondamentaux de relais satellites, le relais passif d'une part, dans lequel le satellite sert uniquement de réflecteur, et le relais actif d'autre part, dans lequel le satellite contient un équipement destiné à la réception et à la réémission du message.

Relais passif

L'idée d'un relais passif est techniquement fort séduisante, car, dans un tel satellite, il n'y a absolument aucun équipement nécessaire à la liaison, et il peut être constitué de façon extrêmement simple. Par exemple, on peut se contenter d'un simple ballon de forme sphérique, dont l'enveloppe serait métallisée et qui serait gonflé par un gaz sous faible pression, une fois que la capsule portant le satellite a atteint son orbite. Une telle sphère pourrait aisément atteindre quelques dizaines de mètres de diamètre avec un poids de l'ordre de quelques dizaines de kilogrammes, et assurerait des communications sûres à des distances terrestres de plusieurs milliers de kilomètres. La distance totale parcourue par l'onde hertzienne entre les deux points serait évidemment beaucoup plus grande, puisqu'elle comprendrait l'aller et le retour de la surface de la terre au satellite. L'ennui, dans le cas des relais passifs, est que la liaison est soumise à la loi de la quatrième puissance, selon laquelle l'énergie reçue varie comme la puissance quatrième de la distance totale parcourue par l'onde radioélectrique. En conséquence, l'énergie reçue diminue très rapidement au fur et à mesure que l'orbite du satellite devient plus éloignée de la terre. Or, il est évident que pour obtenir une communication entre deux points à grande distance, le satellite devrait être éloigné au maximum de la surface terrestre.

On peut évidemment augmenter la quantité d'énergie réfléchie par le satellite en remplaçant la sphère simple par des systèmes plus complexes, dont la directivité est meilleure. On s'assure ainsi une concentration de l'onde réfléchie dans la direction de la station réceptrice. Malheureusement, cela pose immédiatement le problème de la stabilisation en direction et en position du satellite, de façon que l'antenne renvoie toujours le maximum d'énergie réfléchie dans la direction de la station réceptrice. On se retrouve ainsi dans le cas du relais actif, puisqu'il est nécessaire qu'un équipement soit installé à bord du satellite pour en assurer l'orientation convenable.

Pour obtenir des communications à grandes distances, le satellite devrait orbiter à une altitude de l'ordre de 10 à 15 000 km au-dessus de la surface du sol, de sorte que la distance totale parcourue par l'onde radioélectrique serait de l'ordre de 20 à 30 000 km. Si l'on tient compte de la décroissance de l'énergie

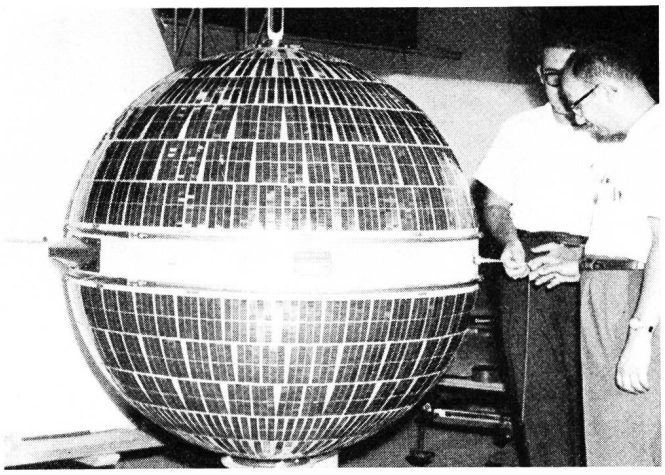

Fig. 2. «Courier I», le premier satellite actif pour communications, lors des derniers contrôles avant son départ. Ce satellite a un poids de 225 kg et un diamètre de 1,28 m. A sa périphérie, il porte 19 200 cellules solaires servant à stocker l'énergie. Il est à même de recevoir 68 000 mots à la minute et de les renvoyer sur la terre

avec la puissance quatrième de la distance parcourue, on voit que, pour obtenir un signal utilisable à la réception, il faudrait une puissance d'émission considérable. Par-dessus le marché, la puissance nécessaire pour injecter un tel satellite sur son orbite est pratiquement du même ordre de grandeur que celle qui est nécessaire pour échapper au champ de gravité terrestre. Cela revient à dire que la fusée porteuse doit être un modèle à grande puissance, par conséquent relativement coûteux.

Enfin, il faut rappeler qu'un tel satellite, dont l'orbite varierait en position relativement à la terre, n'est utilisable que dans le cas où il est en visibilité directe de la station d'émission et de la station de réception.

Relais actif

Un relais actif peut être utilisé, de même qu'un relais passif, pour la retransmission immédiate de messages d'une station à l'autre, à la condition que l'émetteur et le récepteur soient en visibilité directe du satellite.

Dans ce cas, l'information arrivant de l'émetteur est détectée par un récepteur inclus dans le satellite, module un émetteur inclus dans le même satellite, et l'onde rayonnée atteint la station terrestre de réception. Le délai total de temps qui s'écoule pour la retransmission est négligeable dans toutes les applications pratiques. On peut donc considérer que l'on a une retransmission instantanée. Les problèmes de l'alimentation du récepteur et de l'émetteur paraissent être résolus grâce à l'utilisation de la cellule solaire, avec stockage de l'énergie qu'elle recueille par batterie pour autoriser le fonctionnement lorsque le satellite se trouve dans une zone d'ombre. Le problème le plus grave, dans ce cas-là, est évidemment celui de la sécurité de la liaison, c'est-à-dire pratiquement du bon fonctionnement et de l'absence de panne de l'équipement électronique installé à bord du satellite.

Par opposition au relais passif, le relais actif peut être utilisé dans le cas où le satellite n'est pas simultanément en visibilité directe des stations d'émission et de réception. On utilise pour cela un système de stockage des messages, ainsi que précédemment signalé. Dans ce mode opératoire, le fonctionnement est le suivant. Lorsque le satellite est en visibilité de l'émetteur, on lui transmet des messages que l'on veut acheminer, messages qui sont stockés dans une mémoire, généralement à bande magnétique, incluse dans le satellite. A son prochain passage en visibilité de la station réceptrice, ce qui se produit au bout de quelques heures au maximum, un signal d'interrogation est envoyé par la station de réception et déclenche le fonctionnement de l'émetteur et de la mémoire du satellite. La bande magnétique se déroule, module l'émetteur du satellite, et la station terrestre reçoit les signaux qui ont été transmis quelques heures auparavant par la station d'émission. Le ruban magnétique est automatiquement effacé et prêt à être utilisé pour une deuxième série de messages.

Satellite mobile

Dans le cas d'un satellite mobile, c'est-à-dire d'un satellite dont l'orbite se déplace par rapport à la terre, toute la surface terrestre est balayée en une période variable. Un délai maximum de quelques heures s'écoule entre deux passages du satellite au-dessus de deux stations diamétralement opposées à la surface du sol. Par voie de conséquence directe, un satellite mobile est inutilisable pour assurer des liaisons instantanées entre deux stations séparées par une grande distance de la surface du sol. Il n'est donc pas possible, dans ce cas-là, de faire appel à un satellite passif, et un satellite actif ne pourra assurer que des liaisons avec un délai de quelques heures, selon la méthode déjà exposée.

On a pensé tourner la difficulté par l'utilisation massive de satellites passifs. Fondamentalement, l'idée revient à remplacer l'ionosphère irrégulière par un nombre suffisant de réflecteurs passifs pour obtenir dans tous les cas une communication sûre. Par exemple, deux stations situées à 3000 km de distance l'une de l'autre, demanderaient 24 ballons d'un diamètre de 30 mètres approximativement, dans des orbites réparties au hasard à une altitude de 5000 km, pour assurer une liaison convenable pour 99% du temps. En dehors du coût élevé de la mise en orbite d'une pareille quantité de satellites, on peut signaler que les

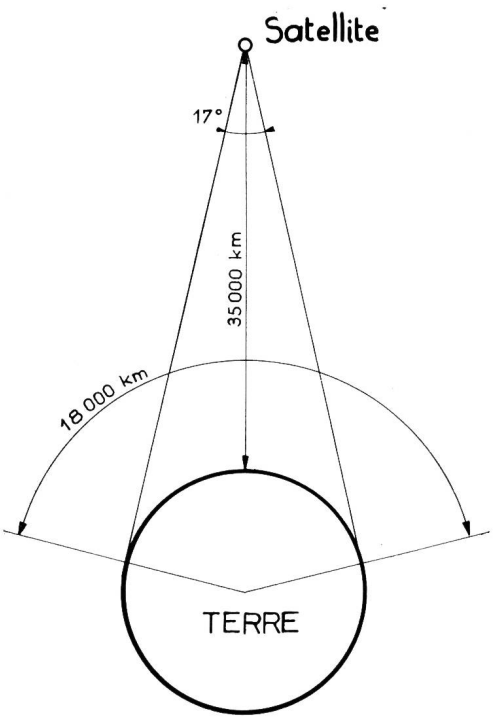

Fig. 3.

puissances demandées seraient extrêmement élevées. De même, les récepteurs devraient avoir la sensibilité maximum que l'on peut atteindre, avec la technique actuelle, pour assurer une bonne liaison.

Relais stationnaire

L'idée de relais stationnaire paraît beaucoup plus séduisante a priori. Pour obtenir une période de rotation du satellite de 24 heures, c'est-à-dire obtenir en fait qu'il paraisse toujours suspendu au-dessus du même point de la surface terrestre, il faut qu'un satellite orbite à une altitude qui est de l'ordre de 35 000 kilomètres. A cette distance *(figure 3)*, le satellite voit la terre sous un angle de l'ordre de 17° et couvre presque la moitié de la surface terrestre. Rappelons à ce propos que le diamètre de la terre est sensiblement de 12 600 km. La distance au sol maximum, le long d'un grand arc de cercle, qui sépare les deux points extrêmes entre lesquels on peut apercevoir un même satellite, est de l'ordre de 18 000 km.

Une simple extension de l'idée permet de couvrir pratiquement la totalité de la surface terrestre. Il suffit pour cela de disposer de trois satellites placés sur une même orbite de 24 heures, à 120° l'un de l'autre, de façon à obtenir une couverture totale de la surface terrestre *(figure 4)*. Si les trois satellites sont mis en orbite dans le plan équatorial, seules les régions

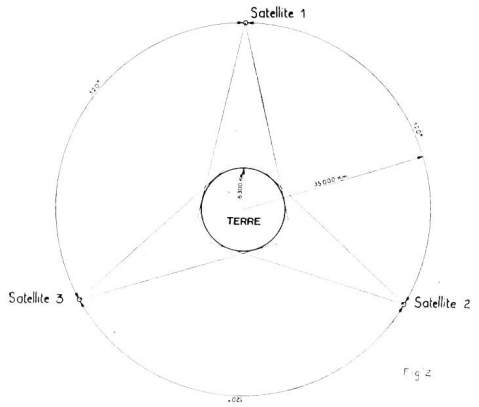

Fig. 4.

situées à l'extrême nord et à l'extrême sud, c'est-à-dire pratiquement deux surfaces réduites autour des pôles, sont hors de portée de l'un des trois satellites.

On notera, en se référant à la figure 4, qu'il existe à la surface de la terre des zones de recouvrement en visibilité directe de deux satellites à la fois. Par suite, on peut installer les stations d'émission et de réception dans les zones de recouvrement, de façon qu'elles puissent utiliser deux satellites. Par voie de conséquence, en utilisant ces stations comme relais, il est possible de couvrir toute la surface terrestre en utilisant au maximum deux satellites pour les réflexions nécessaires. L'arrangement est évidemment utilisable que le satellite soit actif ou passif.

Ainsi que déjà indiqué, le cas des satellites passifs est particulièrement intéressant en raison de l'absence de matériel emporté et de risques de pannes. Cependant, il faut tout de même signaler que les satellites n'auront pas une durée de vie illimitée, tout spécialement si l'on utilise le modèle simple des ballons gonflés. En effet, dans ce cas-là, l'abrasion de la surface par les micrométéorites amènera éventuellement la destruction du ballon.

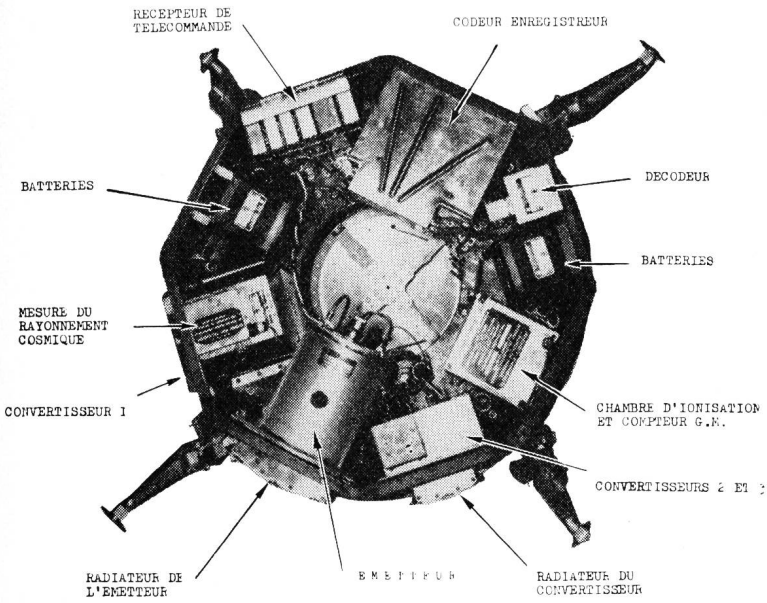

Fig. 5. Aspect intérieur du satellite Pionier V

Même si cela ne se produit pas, des effets secondaires entrent en jeu qui ralentissent progressivement la vitesse du satellite et l'amènent à réduire son altitude, de sorte que le système tombe en défaut d'une façon ou d'une autre. On estime que la durée de vie que l'on peut raisonnablement escompter est de l'ordre de plusieurs années, après lesquelles il faudrait procéder à la réinjection de nouveaux satellites sur une orbite de 24 heures.

On notera que, vue des satellites, la terre est sous-tendue par un angle de 17°. Si l'on admet, compte tenu des possibles erreurs d'orientation, qu'une directivité de l'ordre de 20° serait satisfaisante, on s'aperçoit que, par l'utilisation d'une antenne directive, on peut obtenir un gain en puissance considérable en concentrant toute la puissance réfléchie ou rayonnée par le satellite dans un angle de 20°. Cela pose évidemment immédiatement le problème de la stabilisation de l'orbite et de l'orientation du satellite par rapport à la terre. Il est parfaitement possible d'ailleurs que l'on ait à stabiliser les orbites des satellites de façon à les maintenir sur l'orbite de 24 heures d'une part, et d'autre part pour les maintenir à l'écartement de 120° nécessaire pour obtenir une couverture totale de la surface terrestre. Dans ce cas-là, si un équipement de stabilisation est embarqué à bord du satellite, il n'est plus question d'utiliser un modèle simple, et l'on a tout intérêt à remplacer le satellite passif par un satellite actif qui améliore considérablement la qualité de la liaison et réduit de façon notable la puissance d'émission nécessaire ou la sensibilité exigée des récepteurs.

Conclusions

Jusqu'à maintenant, il n'a pas été question des fréquences que l'on utiliserait pour la liaison. On peut cependant avoir une idée relativement bonne des fréquences à employer en se basant sur quelques considérations élémentaires. D'une part, les fréquences assez basses, disons inférieures à 200 Mc/s, ne peuvent être utilisées, en raison des éventuelles réflexions sur l'ionosphère qui perturberaient les communications. A l'autre extrémité, les fréquences supérieures à 10 000 Mc/s sont sujettes à des atténuations diverses dans l'atmosphère terrestre et devraient également être évitées. Même ainsi, il semble que l'on dispose d'une large bande, et le choix définitif sera sans doute déterminé par des considérations d'antenne et de puissance des émetteurs. Par ailleurs, la fréquence porteuse que l'on utilise détermine dans une certaine mesure les possibilités de liaison, et en particulier la largeur de bande utilisable. En l'état actuel de la technique, il semble que des fréquences de quelques milliers de mégahertz, soit pratiquement à la limite des ondes décimétriques et centimétriques, soient tout particulièrement indiquées. De telles fréquences permettent des communications dans de bonnes conditions, d'une part en raison du grand rendement des antennes que l'on peut utiliser, et d'autre part parce qu'on sait les produire avec des puissances considérables.

Quel sera le système de communication par satellites de l'avenir?

Il est bien difficile de répondre à cette question. En dépit des avantages évidents, d'un point de vue purement technique, des satellites passifs, il est probable que l'on utilisera des satellites actifs, tout au moins pour les premiers essais. Dans ce cas-là, la disposition de trois satellites à 120° sur une orbite de 24 heures présente nombre d'avantages intéressants, le moindre n'étant pas celui du prix de revient relativement faible de l'installation. Relativement est le mot qui convient en pareille circonstance, car on peut évaluer à 45 millions de francs suisses le prix total du lancement d'un satellite. Si l'on tient compte des limitations actuelles de la technique des fusées, qui fait que l'on peut compter en moyenne un lancement réussi sur trois essais, on voit qu'il sera nécessaire de procéder à neuf essais pour mettre en orbite d'une façon satisfaisante trois satellites. Le prix de revient total du système serait alors de l'ordre de 405 millions de francs suisses. A titre de comparaison, on peut signaler qu'il en coûte de 1,8 à 4,5 millions de francs suisses pour envoyer un kilo sur Mars...

Il est évident que, la technique du lancement des fusées s'améliorant, on pourra peut-être réduire le nombre des échecs lors des lancements. Dans ce cas, le chiffre précédent pourrait être réduit, peut-être de moitié. Néanmoins, il faut penser au remplacement des satellites, ainsi qu'il a déjà été signalé précédemment. Tous comptes faits, on s'aperçoit que l'opération représente une mise de fonds énorme, et l'on pourrait mettre sérieusement en doute sa rentabilité d'un point de vue purement commercial. Aussi ne faut-il attacher qu'une créance très limitée aux beaux discours politiques chantant les louanges d'une liaison internationale et d'une meilleure compréhension entre les peuples. La réalité est sans doute beaucoup plus près des besoins militaires, pour lesquels, assez curieusement, on semble toujours trouver les crédits nécessaires, aussi énormes soient-ils...

Adresse de l'auteur: M. *A.-V.-J. Martin*, Directeur de la revue «Electronique et Automatisme», 61, rue de Maubeuge, Paris 9e.