Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 104 (1978)
Heft: 26: SIA spécial, no 6, 1978

Artikel: Les satellites artificiels et leurs applications
Autor: Dupraz, Hubert
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-73568

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: 11.07.2025

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

cours, pour la nouvelle gare de triage Olten-Däniken, l'Office fédéral des transports a institué au printemps 1975, sur demande de l'Office fédéral de la protection de l'environnement, un groupe de travail chargé d'étudier l'ensemble de ces problèmes. Ces experts avaient pour mandat d'élaborer les critères les plus importants pour évaluer les atteintes acoustiques causées par les gares de triage et de proposer une conception de base pour les mesures à prendre sur le plan technique, de l'organisation et de la planification.

Après trois ans d'activité, le groupe d'experts est maintenant en mesure de présenter un rapport sur le résultat de ses travaux. La première partie contient les bases servant à évaluer les atteintes acoustiques, la conception des mesures à prendre ainsi que la procédure d'évaluation ; en outre, on y trouve une analyse de la situation légale. La seconde partie comporte principalement des informations de détail sur des questions acoustiques et techniques.

En plus des valeurs limites provisoires de bruit, proposées par le groupe de travail, le modèle de pronostic de bruit établi par le Laboratoire fédéral d'essai des matériaux prend une place de premier plan. Ce modèle devrait permettre de calculer avec une exactitude suffisante, pour n'importe quel point de réception dans le voisinage d'une gare de triage en projet, les indicateurs de bruit L_{eq} (niveau sonore équivalent) et $L_{0,1}$ (pointes rares de bruit) en dB (A). Il serait ainsi possible de prévoir l'importance des futures atteintes acoustiques et de les quantifier.

Jusqu'à ce que la conception proposée pour la protection contre les atteintes acoustiques dans le voisinage des gares de triage soit ancrée au niveau légal — par exemple dans la loi fédérale sur la protection de l'environnement et dans la loi sur l'aménagement du territoire — il s'écoulera encore quelques années. Entre-temps, les compagnies de chemins de fer et les autorités à tous les échelons de notre pays devront viser, lors de la planification, de la construction et de l'exploitation des gares de triage, à prendre les mesures nécessaires de protection contre les nuisances sur la base du droit en vigueur. Dans ce contexte, l'Office fédéral des transports et l'Office fédéral de la protection de l'environnement sont d'avis que le rapport précité devrait avoir valeur de directives.

Les rapports

— Protection contre le bruit dans le voisinage des gares de triage, 1re partie, bases d'évaluation et conception des mesures à prendre (disponible en allemand seulement) ;

— Protection contre le bruit dans le voisinage des gares de triage, 2e partie, bases acoustiques et techniques (disponible en allemand seulement),

peuvent être retirés à l'Office fédéral de la protection de l'environnement, 3003 Berne, pour le prix de Fr. 10.— chacun.

Les satellites artificiels et leurs applications (suite et fin) [1]

par HUBERT DUPRAZ, Lausanne

6. Applications

6.1 *Météorologie*

Les premiers satellites météorologiques ont été lancés dès 1960. Depuis cette date, de très grands progrès ont été réalisés, tant sur le plan technique que sur le plan de la collaboration internationale. Un programme particulièrement intéressant, et actuellement opérationnel, résulte de la collaboration des Etats-Unis, de l'Union soviétique, de l'Europe et du Japon. Il consiste en un ensemble de sept satellites, dont cinq géostationnaires répartis sur l'Equateur, et deux en orbite polaire. L'Agence spatiale européenne est responsable pour sa part de l'un des satellites géostationnaires, METEOSAT, situé à la longitude de Greenwich, et qui assure la couverture du Sud de l'Europe et du continent africain.

Cet ensemble de satellites permet d'assembler toutes les 25 minutes une « image » de la Terre entière. Le caractère *global* et *répétitif* de ces images donne aux prévisions météorologiques qui en découlent une homogénéité dans l'espace et dans le temps — et par conséquent une sécurité — qui n'était pas possible par les procédés classiques, basés sur la collecte de renseignements au sol.

Ces « images » se situent dans trois bandes de longueur d'onde, correspondant aux domaines de la lumière visible, de l'infra-rouge et de l'absorption de la vapeur d'eau. L'utilisation de ces longueurs d'onde permet la détermination de

— la couverture nuageuse diurne et nocturne à diverses altitudes,

— la vitesse du vent à différentes altitudes,

— l'humidité moyenne de la haute troposphère,

— la température de la surface de la mer,

— le budget énergétique (bilan radiatif) de l'atmosphère.

Ces informations, rassemblées puis traitées par ordinateur, permettent la prévision des événements météorologiques (orages, grêle, typhons, couverture nuageuse) qui constituent une importante base de décision pour un grand nombre d'activités humaines comme l'agriculture, la navigation aérienne et maritime, la protection des côtes et le tourisme. Elles sont accessibles à tous les services météorologiques membres de l'Organisation météorologique mondiale, mais aussi à n'importe quel utilisateur privé disposant d'une station réceptrice adéquate. Ces stations sont fournies pas plusieurs constructeurs européens.

L'exacte valeur économique d'un service météorologique est impossible à chiffrer, mais plusieurs études concordantes estiment que l'apport économique d'un tel système atteint cinq à trente fois son coût. L'affinement des méthodes rendra ce chiffre encore plus favorable.

6.2 *Télécommunications*

Lorsque « Early Bird » — premier satellite de télécommunication à usage commercial — fut lancé en 1965, il offrait 66 circuits entre l'Europe et l'Amérique du Nord. Aujourd'hui, chaque satellite INTELSAT IV A offre, pour un poids identique, 11 000 communications. C'est dire les progrès effectués en moins de douze ans.

Sur le plan intercontinental, les satellites constituent la solution la plus élégante aux besoins croissants de lignes transocéaniques sûres et d'un prix acceptable. Ils constituent en outre le seul moyen de transmission de programmes TV, et on révolutionné les moyens d'informa-

[1] Voir *Bulletin technique de la Suisse romande* nos 4 du 16 février, 8 du 13 avril, 11 du 25 mai et 13 du 22 juin 1978.

tion, en permettant une diffusion quasi-instantanée des événements de portée internationale.

Sur le plan continental ou régional, les satellites de télécommunication offrent plusieurs sortes de services. En Europe, ces nouveaux moyens, utilisés en association plutôt qu'en compétition avec les réseaux terrestres, permettent une diversification des techniques, une redondance des liaisons, et par conséquent un accroissement de la fiabilité et de la souplesse d'exploitation. Ils permettent aussi l'introduction de nouveaux programmes TV, malgré la proche saturation des réseaux terrestres VHF et UHF. Pour les pays en voie de développement, un réseau spatial est la solution évidente à la mise sur pied rapide d'un service de diffusion couvrant l'ensemble du pays, et il est désormais acquis qu'une telle technique est moins coûteuse que l'établissement d'un réseau hertzien ou d'émetteurs au sol.

6.3 *Géodésie*

On peut distinguer deux domaines d'application de la technique spatiale à la géodésie : la géodésie dynamique et la géodésie de position.

La géodésie dynamique consiste essentiellement en l'étude du champ de pesanteur sur l'ensemble du globe, et des conséquences qu'on peut en tirer sur la forme géométrique de la Terre, le mouvement des pôles, la rotation de la Terre, la déviation de la verticale en tout point. Le principe de ces mesures est basé sur l'interaction entre la forme de la Terre et ses anomalies — renflement équatorial, masses montagneuses, différences de densité — et la trajectoire du satellite. Puisque ces anomalies ont un effet perturbateur prévisible sur la trajectoire d'un satellite, on peut utiliser ce phénomène en sens inverse, c'est-à-dire mesurer les perturbations de la trajectoire pour en déduire la grandeur des sources de perturbations.

Tout satellite gravitant assez haut pour être affranchi de la résistance de l'atmosphère, et assez petit et lourd pour que l'effet de la pression de radiation solaire soit négligeable, est susceptible de servir de satellite dynamique. Ces satellites sont de complexité très variable : LAGEOS, par exemple, est une sphère de 60 cm absolument passive, pesant 410 kg, et entièrement recouverte de réflecteurs à laser ; sa grande densité et sa forme géométrique très simple doivent permettre de développer des modèles mathématiques du mouvement orbital, où les incertitudes dues au freinage atmosphérique et à la pression de radiation solaire restent très faibles.

A l'opposé, le satellite GEOS-3, chargé de multiples missions liées à l'étude des caractéristiques géométriques et dynamiques de la Terre, emporte un appareillage important permettant des mesures altimétriques de précision, l'émission de données dans plusieurs bandes de fréquence, la réflexion d'ondes laser et l'émission de fréquences-étalon pour la mesure des distances par effet Doppler.

La géodésie de position sert à calculer la position de points de la surface terrestre dans un système de coordonnées.

Les méthodes classiques de la triangulation terrestre — qui se fixent le même but — consistent à lier des points par des mesures angulaires ou de distance. Elles exigent donc que les points voisins d'un réseau soient en visibilité directe. Cette contrainte importante impose un développement progressif des réseaux, ne garantissant précision et homogénéité que dans une zone assez restreinte, et qui dépend entre autres du choix d'une surface de référence et du mode de calcul (système de projection).

Par contre, l'utilisation des satellites permet de relier des stations terrestres à des points de l'espace, ce qui

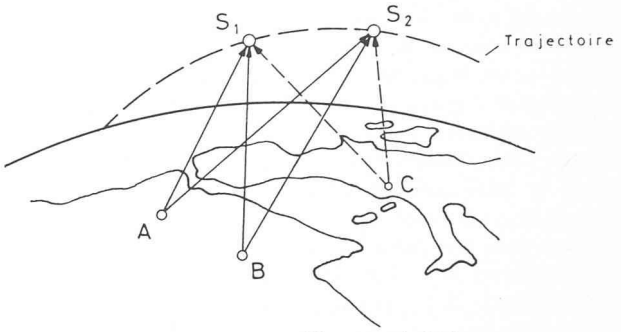

Fig. 22. — Utilisation des satellites en géodésie.

permet d'augmenter considérablement la distance entre deux points voisins d'un même réseau et de calculer celui-ci dans un système de coordonnées géocentrique unique, assurant ainsi une précision et une homogénéité globales. Les satellites utilisés dans ce but peuvent être passifs — ils fonctionnent comme simples réflecteurs de la lumière solaire ou d'une onde — ou actifs. Ils sont alors capables de réaliser diverses tâches, comme l'émission de puissants éclairs, l'émission d'une fréquence-étalon, la transmission d'informations codées. On peut distinguer trois méthodes de triangulation spatiale.

La première méthode consiste à viser un satellite à des instants très précis (par exemple aux instants où le satellite émet des flashs) depuis deux stations A et B de position connue (Fig. 22).

Ces visées se font avec des caméras spéciales, qui permettent de photographier simultanément le satellite et les étoiles situées dans le champ de la camera. Les étoiles constituant un système universel de référence des directions spatiales, on peut alors orienter dans un système unique les visées effectuées et en déduire par intersection des visées les positions successives du satellite. Si à ces mêmes instants on a également visé le satellite depuis une station C de position inconnue, on peut alors calculer la position de cette station dans le même système que les stations A et B. La précision de cette méthode dépend dans une très large mesure du synchronisme des visées, qui doit être assuré au millième de seconde près.

La deuxième méthode consiste à déterminer la position du satellite par rapport à trois stations connues, en mesurant simultanément par un dispositif à laser les distances de ces trois stations au satellite. Les positions spatiales ainsi définies peuvent servir de réseau de détermination d'une quatrième station au sol qui procède aux mêmes mesures, puis ainsi de proche en proche.

La troisième méthode, en pleine expansion, est celle des satellites transits : son principe se base sur l'effet Doppler-Fizeau, qui affecte la fréquence d'une onde radio entre une source et un récepteur en mouvement relatif. A l'heure actuelle, le système TRANSIT, réalisé et entretenu par l'US Navy, permet ce genre de mesures. Il est constitué par six satellites polaires convenablement répartis en longitude, de sorte qu'en tout point du globe on peut observer au moins dix passages par jour. Chaque satellite émet en permanence deux ondes radio, un signal horaire et un message — appelé NNSS — contenant une information qui permet de calculer la position du satellite à l'instant de la mesure. Cette information lui est fournie par des stations au sol qui contrôlent et calculent continuellement son orbite. On dispose actuellement de récepteurs facilement transportables contenant notamment un oscillateur ultra-stable et une horloge locale. On utilise généralement plusieurs récepteurs disposés en fonction du réseau à réaliser. Lors d'un passage, un récepteur reçoit les deux ondes

émises par le satellite, mélangées de façon adéquate, et en mesure le nombre de cycles durant un temps donné.

En outre, il décode le message NNSS. Les valeurs mesurées sont introduites dans des relations d'observation, qui font intervenir les coordonnées des stations et celles du satellite. Par l'observation de 40 passages environ, nécessitant le stationnement en chaque point durant trois à cinq jours, on peut réaliser le calcul de la position des stations avec une précision absolue de ± 3 m, et une précision relative de ± 1 m. Ces résultats remarquables sont indépendants de la configuration du réseau, et en particulier de la distance entre les stations.

Cette méthode est une solution rapide et précise pour de nombreuse tâches, comme la création, l'extension ou le contrôle d'un réseau géodésique, le rattachement de deux réseaux géodésiques, le rattachement d'un point isolé (île, plateforme pétrolière, etc....) ou la détermination de la forme de la Terre par la création d'un réseau englobant le monde entier.

6.4 *Navigation maritime et aérienne*

Actuellement, le contrôle du trafic aérien et maritime se fait à partir de stations terrestres, à l'aide de radars et de liaisons hertziennes. Ces méthodes donnent des résultats assez satisfaisants au-dessus des continents et au voisinage des côtes.

Par contre, en mer et au-dessus des océans, ces moyens ne donnent plus satisfaction : les radars sont limités à la portée optique (400 km pour un avion situé à une altitude de 10 000 m) ; les liaisons VHF [1] — d'ailleurs proches de la saturation — sont de portée limitée et entravées par les aléas de la propagation ionosphérique.

Ces divers moyens ne permettent donc pas d'assurer une couverture suffisante, ce qui oblige les services de contrôle à prévoir des marges d'incertitude importantes. En conséquence, le volume de sécurité attaché à chaque navire ou avion limite considérablement le trafic susceptible d'être écoulé dans une zone donnée.

L'avantage considérable d'un système de contrôle par satellite réside dans le fait que le satellite a la vision directe et simultanée de tous les véhicules et de toutes les stations de contrôle sur une très grande zone du globe. L'introduction d'un tel système se traduit par l'amélioration des communications phoniques, une localisation précise des véhicules dans un système unique, une diminution des normes d'espacement et par conséquent une augmentation du trafic et de sa sécurité.

Ils doivent apporter aussi de notables progrès pour la recherche et le sauvetage en mer.

6.5 *Ressources terrestres*

La télédétection des ressources terrestres, en association avec les autres techniques spatiales, intervient avec profit dans un grand nombre d'activités humaines, comme la géologie, l'agriculture, l'aménagement du territoire, ou l'océanographie.

Un système de télédétection particulièrement élaboré est constitué par les satellites LANDSAT 1 et 2 mis sur orbite par la NASA en 1972 et 1975. Ces deux satellites assurent la prises d'« images » de la Terre entière tous les neuf jours. Chacune de ces « images » est réalisée à l'aide de caméras multispectrales — appelées parfois scanner — dans quatre bandes du spectre visible et proche infra-rouge. Chaque cliché couvre une zone de 180 × 180 km, et sa résolution au sol (la plus petite portion du sol qu'on puisse distinguer sur un cliché) est d'environ 100 × 100 m. Ces clichés sont émis par les satellites par télétransmission, puis décodés par des centres de traitement, et traduits en véritables images ou étudiés et comparés par voie analytique. L'utilisation des satellites LANDSAT a déjà fourni de nombreux résultats spectaculaires et une quantité de recherches prometteuses.

En *géologie*, LANDSAT a permis en divers endroits de mettre en évidence des failles non connues et des structures circulaires visibles ni au sol ni sur photographies aériennes classiques. Ces résultats sont importants si l'on sait que les gîtes minéraux, et par conséquent les gisements potentiels, sont le plus souvent piégés dans les failles. La télédétection permet aussi de découvrir des filons minéraux par la détection de certaines anomalies de surface — température du sol différente de celle de la région, végétation différente, etc.

Aux USA, une compagnie pétrolière vient d'implanter un forage sur une anomalie circulaire ainsi détectée, après vérification positive des procédés au sol. Au Pakistan, cinq gisements miniers importants ont été découverts par classification numérique automatique d'informations multispectrales.

En *agriculture*, la télédétection permet d'acquérir des informations relatives à la *nature du sol*, à la *teneur en eau*, à la *couverture végétale*, ce qui permet d'optimiser le choix des cultures d'une région donnée. Il est également possible d'utiliser la télédétection pour le recensement quantitatif et qualitatif des *surfaces forestières*, la répartition des essences et le dépistage des régions malades. Cette technique doit enfin permettre la *prévision des récoltes*. Des expériences ont déjà permis une prévision à 3 % près de l'estimation faite après la récolte. Cette prévision est importante pour tous les pays devant assurer leur auto-approvisionnement, car elle permet de déclencher à temps, si nécessaire, des cultures d'hiver ou de printemps.

En *aménagement du territoire* la télédétection est utilisée par exemple pour rechercher des sites pour *l'implantation de centrales nucléaires* grâce à l'étude de courants qui permettent d'établir des modèles de diffusion thermique. On l'utilise aussi pour la mesure des *étendues de neige et de glace*, qui permet une estimation du volume d'eau correspondant, et par conséquent la gestion des ressources en eau de la région. On peut enfin l'utiliser pour le recensement des terres et des villages dans les pays en voie de développement.

En *océanographie*, la télédétection doit permettre d'établir des cartes de la température de surface et de la teneur en chlorophylle pour le choix des zones potentielles de pêche. On peut aussi par cette technique étudier le tracé du littoral, la turbidité des eaux, le tracé des courants marins. Tous ces renseignements constituent une base de décision irremplaçable pour l'aménagement et la protection des côtes.

Les innombrables recherches appliquées — dont il ne peut être question ici — et les projets en cours, portant principalement sur l'introduction de bandes de spectre supplémentaires, sur l'amélioration de la résolution au sol et sur le perfectionnement du traitement des données recueillies, déboucheront sans aucun doute sur quantité de nouveaux résultats extrêmement intéressants.

Adresse de l'auteur :
Hubert Dupraz, ing.
Institut de géodésie et mensuration
Ecole polytechnique fédérale
33, av. de Cour, 1007 Lausanne

[1] VHF : Very High Frequency : 30 à 300 MHz. En pratique, la radionavigation aérienne utilise des fréquences comprises entre 108 et 118 MHz et les communications radio-aéronautiques civiles de 118 à 136 MHz.