

Zeitschrift: Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe = 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 Telegrafienbetriebe

Band: 59 (1981)

Heft: 1

Artikel: Neuer Fernmeldesatellit Intelsat V = Nouveau satellite de télécommunications Intelsat V

Autor: Breu, Pius

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-874167>

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: 15.03.2026

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

Zusammenfassung. Technologisch begrenzte Lebensdauer sowie stetig steigender Bedarf an Übertragungskapazität erfordern auch beim weltweiten Fernmeldesatellitennetz der Intelsat den Ersatz dieser erdnahen Weltraumkörper in mehr oder weniger regelmässigen Zeitabständen. Technische Eigenschaften und technologische Neuheiten des künftigen Satellitentypen IS V werden beschrieben und ausgewählte Merkmale mit jenen der Vorgängerserie IS IV-A verglichen. Diese neuen Fernmeldesatelliten bedingen Umbauten an bestehenden Bodenstationen, die am Beispiel der Anlage in Leuk gestreift werden.

Résumé. La durée de vie limitée pour des raisons de technologie et les exigences accrues quant à la capacité de transmission exigent le remplacement à intervalles plus ou moins rapprochés des satellites du réseau mondial de télécommunications Intelsat. L'auteur décrit les propriétés techniques et les nouveautés technologiques du futur type de satellites IS V et en compare certaines caractéristiques avec celles du modèle précédent IS IV-A. Pour exploiter ces nouveaux engins spaciaux, il a été nécessaire d'adapter les stations terriennes existantes, comme le montre l'exemple de l'installation de Loèche.

Nuovo satellite delle telecomunicazioni Intelsat V

Riassunto. La durata di vita limitata dal punto di vista tecnologico e la richiesta continua di maggiore capacità di trasmissione rendono necessaria la sostituzione, ad intervalli più o meno regolari, di questi corpi spaziali in orbita a poca distanza dalla terra, che sono parti integranti della rete per satelliti delle telecomunicazioni mondiale Intelsat. L'autore descrive le caratteristiche tecniche e le innovazioni tecnologiche dei futuri tipi di satelliti IS V e confronta determinate proprietà con quelle della serie precedente IS IV-A. Questi satelliti delle telecomunicazioni nuovi richiedono però la modificazione degli impianti delle stazioni terrestri già esistenti. Si accenna in seguito a dette modificazioni prendendo come esempio l'impianto di Leuk.

1 Einleitung

Im Zeitraum 1972 bis 1979 stieg der Leitungsbedarf im weltumspannenden Satelliten-Fernmeldenetz der Intelsat jährlich um durchschnittlich 23,3 Prozent. Am Jahresende 1979 waren insgesamt 16 200 Zweiweg-Telefonkanäle über Intelsat-Satelliten geschaltet. Wenn auch in kommenden Jahren mit einem weniger stürmischen Wachstum zu rechnen ist, so zeichnen sich doch noch keine Sättigungserscheinungen ab. Die technologisch bedingte, verhältnismässig kurze Lebensdauer der Satelliten erfordert deren Ersatz in Abständen von längstens sieben Jahren. Aus den genannten Gründen werden immer leistungsfähigere, die neuesten technologischen Fortschritte des Fernmeldesatellitenbaus nutzende Typen eingesetzt. Die im folgenden erläuterte Serie, Intelsat V, wurde im September 1976 in Auftrag gegeben. An Entwicklung und Bau dieser Satelliten sind ausser dem amerikanischen Hauptauftragnehmer Ford Aerospace and Communications Corporation die fünf europäischen Unternehmen — Messerschmitt-Bölkow-Blohm (Deutschland), GCE-Marconi (England), Aerospaziale und Thomson-CSF (Frankreich) und Selenia (Italien) — sowie die japanische Firma Mitsubishi Electric Corporation massgebend beteiligt. Bei einer geplanten Übertragungskapazität von 12 000 Zweiweg-Telefonkanälen und zwei Fernsehkanälen wird Intelsat V rund doppelt so leistungsfähig sein, wie der Typ IV-A. Der kommerzielle Einsatz dieses neuen Fernmeldesatelliten ist Anfang 1981 in der Region Atlantischer Ozean vorgesehen.

2 Konstruktiver Aufbau

Die bisherigen Satelliten der Intelsat sind alle drallstabilisiert und weisen somit einen rotierenden, zylinderförmigen Körper auf, dessen Mantelfläche mit Solarzellen für die Energieversorgung belegt ist. Im Innern des Zy-

1 Introduction

De 1972 à 1979, les besoins en lignes du réseau Intelsat de télécommunications par satellites à l'échelle mondiale se sont accrus en moyenne de 23,3 % par année. A la fin de 1979, 16 200 voies téléphoniques bidirectionnelles transitaient par des satellites Intelsat. Bien qu'on puisse s'attendre au cours des années à venir à une croissance moins importante, aucun symptôme de saturation n'apparaît encore pour l'instant. Pour des raisons de technologie, la durée de vie des satellites est relativement brève, ce qui exige leur remplacement à des intervalles n'excédant pas sept ans. Les raisons précitées expliquent pourquoi on fait appel à des satellites de télécommunications toujours plus performants, qui bénéficient des progrès technologiques les plus récents dans ce domaine. C'est en 1976 qu'a été passée commande de la série dont il va être question ci-après, à savoir du modèle Intelsat V. En plus de l'entrepreneur principal américain Ford Aerospace and Communications Corporation, les cinq entreprises européennes suivantes ont participé au développement et à la construction du satellite: Messerschmitt-Bölkow-Blohm (Allemagne), GCE-Marconi (Angleterre), Aérospaziale et Thomson-CSF (France) ainsi que Selenia (Italie), de même que la firme japonaise Mitsubishi Electric Corporation. La capacité de transmission prévue de 12 000 voies téléphoniques bidirectionnelles et de deux canaux de télévision rendra l'Intelsat V deux fois plus performant que le type IV-A. Le nouveau satellite de télécommunications deviendra opérationnel à des fins commerciales au début de 1981, au-dessus de la région de l'Océan Atlantique.

2 Construction

Les satellites Intelsat utilisés jusqu'ici fonctionnent tous selon le principe de la stabilisation par rotation du corps du satellite qui a une forme cylindrique et dont le

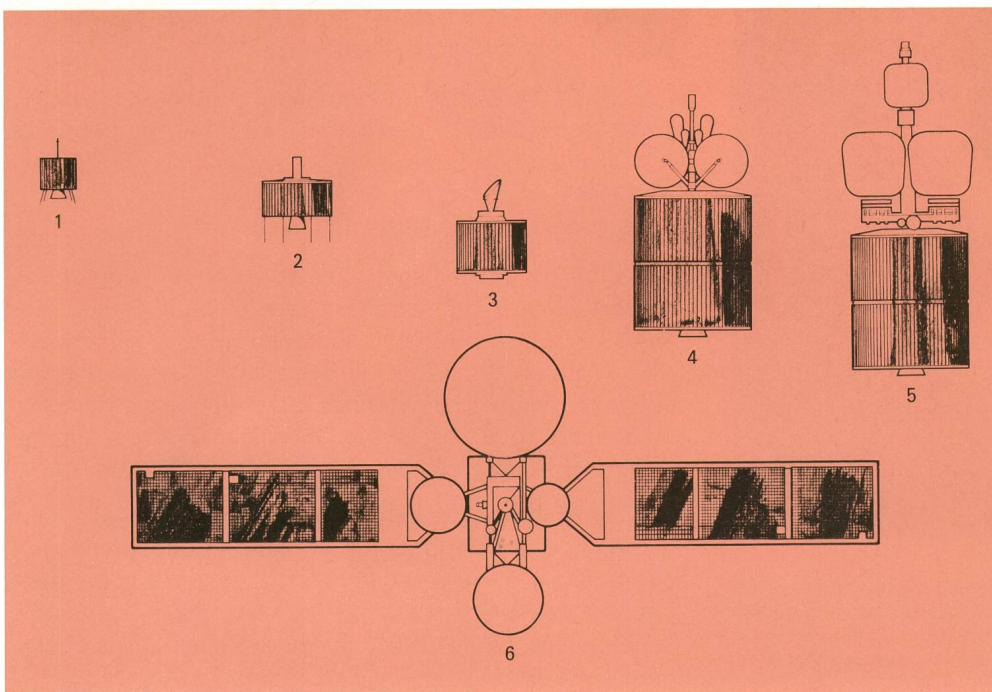


Fig. 1
Entwicklung der Intelsat-Satelliten bezüglich Grösse, Bauweise und Übertragungskapazität — Evolution des satellites Intelsat en ce qui concerne les dimensions, la structure et la capacité de transmission

- 1 Intelsat I (Early Bird): 240 Stromkreise oder 1 Fernsehkanal — 240 circuits ou 1 canal de télévision
- 2 Intelsat II: 240 Stromkreise oder 1 Fernsehkanal — 240 circuits ou 1 canal de télévision
- 3 Intelsat III: 1500 Stromkreise, bis zu 4 Fernsehkanäle — 1500 circuits, jusqu'à 4 canaux de télévision
- 4 Intelsat IV: 3750 Stromkreise plus 2 Fernsehkanäle — 3750 circuits plus 2 canaux de télévision
- 5 Intelsat IV-A: 6250 Stromkreise plus 2 Fernsehkanäle — 6250 circuits plus 2 canaux de télévision
- 6 Intelsat V: 12 000 Stromkreise plus 2 Fernsehkanäle — 12 000 circuits plus 2 canaux de télévision

linders sind die Fernmelde- und Versorgungsmodul untergebracht, und oberhalb des Zylinders ist die entdrallte Antennenanlage angeordnet. *Figur 1* gibt einen Überblick über Bauform, Antennenanordnung und Grössen der bisherigen Satelliten mit dem neuen Typ IS V.

Der konstruktive Aufbau des neuen Satelliten Intelsat V beruht auf dem Konzept eines französischen Raumfahrtunternehmens, wobei gewisse Ideen vom Bau des experimentellen Fernmeldesatelliten Symphonie abgeleitet wurden. Der Dreiachsenstabilisierung wegen sind die für die Lagestabilisierung notwendigen Drallräder im Innern des Satellitenkörpers die einzigen sich dauernd bewegenden Teile dieser Bauweise. Die drei Hauptteile des Satelliten

- kastenförmiges Gehäuse für Fernmeldeausrüstung, Apogäumsmotor und Betriebsantrieb
- Antennenmast und
- fächerförmige Solargeneratoren

sind feststehend. Die Konstruktion des Satelliten muss so ausgeführt sein, dass er in der Nutzlastverkleidung der Atlas/Centaur- und der Ariane-Rakete Platz findet. Dazu müssen sowohl die Antennenreflektoren als auch die Solarzellenflügel ausklappbar und zusammenfaltbar sein, wie dies *Figur 2* zeigt.

Hat der Satellit nach seiner Trennung von der Träger Rakete und dem Abbrennen des Apogäumsmotors als letzte Phase des Abschusses die geostationäre Umlaufbahn erreicht, entfalten sich die Solarzellenflügel, und die Antennenreflektoren werden herausgeklappt. Die Zeichnung *Figur 3* veranschaulicht diese Vorgänge.

Die Hauptabmessungen des Satelliten in der Betriebslage sind

- Länge über Solarzellenflügel 15,6 m
- Höhe Unterkante Apogäumsmotorkelch bis Antennenmastspitze (siehe Fig. 1) 6,6 m
- Breite mit ausgeklappten Antennenreflektoren 6,8 m

Ausser den Beschränkungen im Volumen eines Satelliten durch die Nutzlastverkleidung muss vor allem seine

revêtement de cellules solaires fournit l'énergie électrique. Les modules de télécommunication et d'énergie sont logés à l'intérieur du cylindre, au sommet duquel est implantée l'installation d'antennes stabilisée en direction de la terre. La *figure 1* donne un aperçu de la construction, de la disposition des antennes et de la grandeur des satellites utilisés jusqu'ici par rapport au nouveau type IS V.

La construction du nouveau satellite Intelsat V a été conçue par une entreprise aérospatiale française, certaines idées ayant été reprises du satellite de télécommunications expérimental Symphonie. La stabilisation selon trois axes est obtenue par des roues d'inertie de régulation d'attitude placées à l'intérieur du corps du satellite. Elles sont les seules parties constamment



Fig. 2
Intelsat V mit gefalteten Solarflügeln und zugeklappten Antennenreflektoren — Intelsat V avec panneaux de cellules solaires repliés et réflecteurs d'antennes rabattus

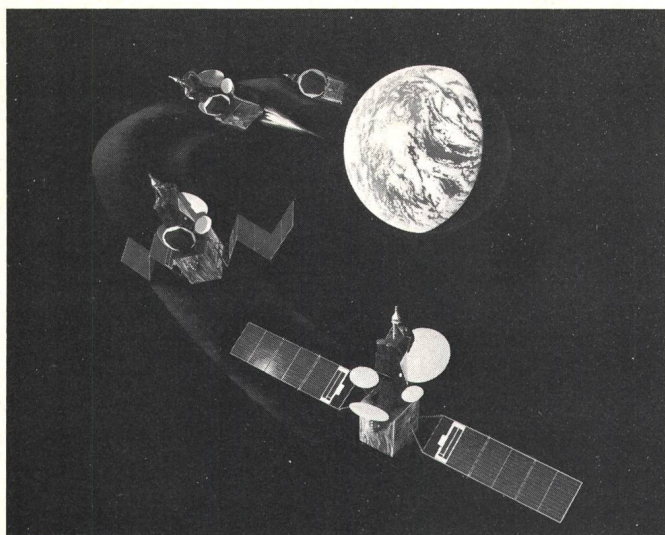


Fig. 3
Einschuss des Satelliten auf die geostationäre Umlaufbahn mittels Apogäumsmotors; Ausfalten der Solarflügel und der Antennenreflektoren – Mise en position du satellite sur l'orbite géostationnaire à l'aide du moteur d'apogée, déploiement des panneaux de cellules solaires et des réflecteurs d'antennes

Masse an die Nutzlastkapazität der Trägerrakete angepasst sein. Die Gesamtmasse des Satelliten bei Abschuss durch die Atlas/Centaur-Trägerrakete wird (Stand Sommer 1979) wie folgt angegeben:

- Satellit IS V ohne Hochseefunk-Subsystem 1893,0 kg
- Satellit IS V mit Hochseefunk-Subsystem 1968,3 kg

Das ursprüngliche Ziel, die Abschussmasse des Satelliten auf 1869 kg für die Atlas/Centaur-Rakete und 1897 kg im Falle der Stardienste durch die Raumfähre zu begrenzen, wurde nicht ganz erreicht. Bei Einsatz der Atlas/Centaur-Rakete muss deren Schubkraft erhöht und die Abschussstrategie angepasst werden.

3 Grundsätzliche Anforderungen und Randbedingungen

Die wichtigsten Neuerungen beim Intelsat V gegenüber seinem Vorgänger Intelsat IV-A sind in *Tabelle I* zusammengefasst.

Tabelle I. Vergleich wichtiger Eigenschaften zwischen Intelsat V und Intelsat IV-A

| | Intelsat V | Intelsat IV-A |
|--|--|---|
| Stabilisierungsart | Dreiaachsenstabilisierung mit Drallrädern | Drallstabilisiert |
| Energieversorgung | Sonnenzellen auf ausfaltbaren Flächen (Solarflügel) | Sonnenzellen auf rotierendem Zylinder |
| Energiespeicherung (Energieversorgung während Eklipse) | Flugnummern F-1 bis F-4: Ni/Cd-Batterien; Flugnummern F-5 und folgende: Gas-Elektroden-Batterien (Ni/H ₂) | Ni/Cd-Batterien |
| Ausnutzung des 6/4-GHz-Bandpaares | Vierfach: Doppelte Ausnutzung durch räumlich getrennte Antennen-Bestrahlungsgebiete einerseits und zwei orthogonal/zirkular polarisierte Signalbänder andererseits | Zweifach: Doppelte Ausnutzung durch räumlich getrennte Antennen-Bestrahlungsgebiete |
| Ausnutzung des 14/11-GHz-Bandpaares | Zweifach: Doppelte Ausnutzung durch räumlich getrennte Antennen-Bestrahlungsgebiete | Nicht benutzt |
| Trägersystemkompatibilität | Schubverstärkte Atlas/Centaur-Rakete oder Ariane-Rakete oder Raumfähre, kombiniert mit drallstabilisierter Festkörper-Raketenoberstufe (SSUS-A) ¹ | Atlas/Centaur-Rakete |
| Leistungsabgabe der Solargeneratoren | Nach 7 Jahren im Weltraum: 1354 W | 600 W |
| Anzahl Transponder | 27 | 20 |

¹ SSUS-A = Solid Spinning Upper Stage, Atlas/Centaurcompatible

mobiles de l'ensemble. L'architecture du satellite se décompose en trois parties principales

- le corps de forme rectangulaire abritant les équipements de télécommunication, le moteur d'apogée et le dispositif de propulsion
- le mât d'antenne
- les générateurs solaires déployables

Toutes ces parties sont fixes et la construction du satellite doit être suffisamment réduite pour qu'il trouve place dans le revêtement de la charge utile des fusées Atlas/Centaur et Ariane. A cet effet, il est nécessaire que les réflecteurs d'antennes et les panneaux de cellules solaires soient escamotables et déployables, comme le montre la *figure 2*.

Dès que le satellite a quitté le lanceur et que le moteur d'apogée a placé le satellite sur l'orbite géostationnaire au cours de la dernière phase du lancement, les panneaux de cellules solaires et les réflecteurs d'antennes se déploient. Le dessin de la *figure 3* illustre ces opérations.

En position opérationnelle, les dimensions principales du satellite sont les suivantes:

- longueur hors tout des panneaux solaires 15,6 m
- hauteur mesurée de la tuyère du moteur d'apogée à la pointe du mât d'antenne (voir fig. 1) 6,6 m
- largeur avec les réflecteurs d'antennes déployés 6,8 m

En plus de la limitation du volume d'un satellite par le revêtement de la charge utile, il s'agit surtout d'adapter sa masse à la capacité de charge utile du lanceur. La masse totale de chacun des satellites lors du lancement par la fusée Atlas/Centaur (état à l'été 1979) est la suivante:

- satellite IS V sans sous-système maritime 1893,0 kg
- satellite IS V avec sous-système maritime 1968,3 kg

Il n'a pas été possible d'atteindre entièrement l'objectif qu'on s'était fixé à l'origine, à savoir de ramener la masse de lancement du satellite à 1869 kg pour la fusée Atlas/Centaur et à 1897 kg dans le cas d'une mise sur

Tableau I. Comparaison des caractéristiques importantes d'Intelsat V et d'Intelsat IV-A

| | Intelsat V | Intelsat IV-A |
|---|--|--|
| Genres de stabilisation | Stabilisé selon trois axes avec roues d'inertie | Stabilisé par rotation du corps du satellite |
| Alimentation en énergie | Cellules solaires sur surface déployable (panneaux solaires) | Cellules solaires sur cylindre tournant |
| Stockage de l'énergie (alimentation pendant la période d'éclipse) | Numéros de vol F-1 à F-4: batterie Ni/Cd; numéros de vol F-5 et suivants: batterie à électrodes à gaz (Ni/H ₂) | Batteries Ni/Cd |
| Utilisation de la paire de bandes de 6/4 GHz | Quadruple: utilisation double par séparation spatiale des régions desservies par les antennes et, d'autre part, par deux bandes de signaux à polarisation orthogonale/circulaire | Double: utilisation double par séparation spatiale des régions desservies par les antennes |
| Utilisation de la paire de bandes de 14/11 GHz | Double: utilisation double par séparation spatiale des régions desservies par les antennes | Non utilisée |
| Compatibilité au regard des lanceurs | Fusée Atlas/Centaur à propulsion renforcée ou fusée Ariane ou navette spatiale en association avec étage supérieur à carburant solide stabilisé par rotation (SSUS-A) ¹ | Fusée Atlas/Centaur |
| Capacité des générateurs solaires | Après 7 ans dans l'espace: 1354 W | 600 W |
| Nombre de répéteurs | 27 | 20 |

¹ SSUS-A = Solid spinning upper stage, Atlas/Centaur compatible (étage final stabilisé par rotation à carburant solide compatible avec le système Atlas)

4 Fernmeldeausrüstung

41 Antennendiagramme und Antennentechnologie

Das Bestreben, die verfügbare Übertragungskapazität des Satelliten möglichst gut mit den unterschiedlichen Verkehrsaufkommen auf der Erdoberfläche in Einklang zu bringen, hat — nebst anderen Massnahmen — seinen Niederschlag in der stetigen Verfeinerung der Satelliten-Bordantennen gefunden. Die Figuren 4 und 5 zeigen, wie in den Intelsat-Bedienungsbereichen Atlantischer Ozean

orbite par la navette spatiale. L'utilisation de la fusée Atlas/Centaur exige le recours à une propulsion renforcée et à une stratégie de lancement adaptée en conséquence.

3 Exigences fondamentales et conditions additionnelles

Les principales innovations qui différencient l'Intelsat V de son prédécesseur Intelsat IV-A sont récapitulées au tableau I.

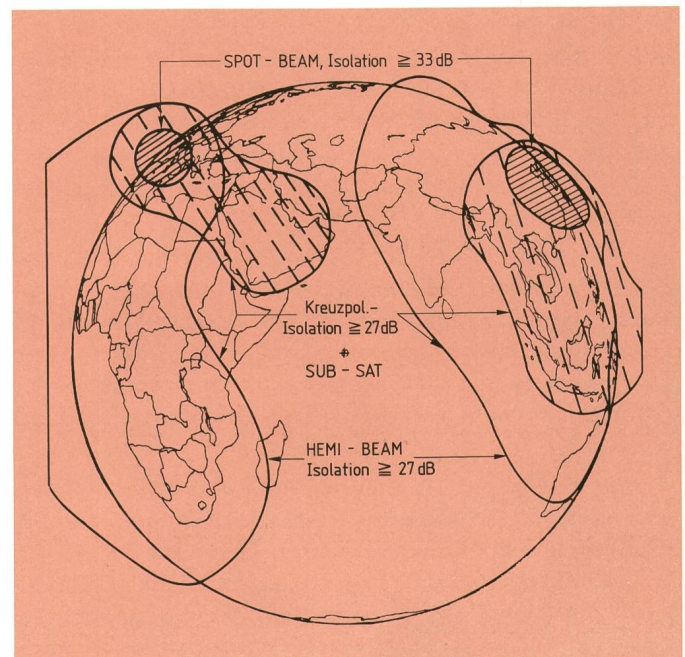
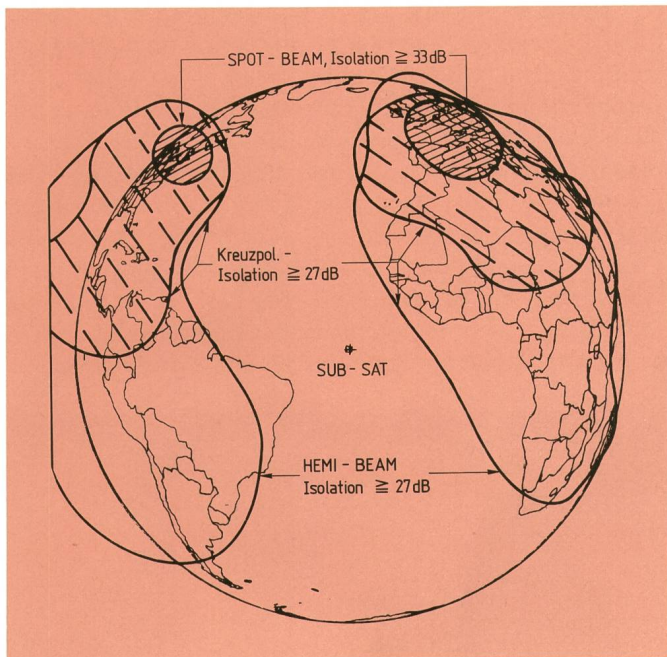


Fig. 4 Intelsat V, Bedeckungsgebiete, Region Atlantischer Ozean — Intelsat V, zones de couverture, région de l'Océan Atlantique

- Spot-Beam — Gebündelter Strahl — Faisceau en pinceau étroit
- Isolation — Rapport de protection
- Kreuzpol(arisation) — Polarisation croisée
- Sub-Sat(ellite) — Bezugspunkt des Satelliten — Point de repère du satellite
- Hemi(sphäre)-Beam — Hemisphärischer Strahl — Faisceau semi-global
- 6/4-GHz hemisphärischer Strahl — Faisceau semi-global 6/4 GHz
- 6/4-GHz-Zone: Gekreuzte Polarisation — Zone 6/4 GHz: Polarisation croisée
- 14/11-GHz-Spot: Einfach polarisierter gebündelter Strahl — Spot 14/11 GHz: Faisceau en pinceau étroit, polarisation unique

Fig. 5 Intelsat V, Bedeckungsgebiete, Region Indischer Ozean — Intelsat V, zones de couverture, région de l'Océan Indien

- Spot-Beam — Gebündelter Strahl — Faisceau en pinceau étroit
- Isolation — Rapport de protection
- Kreuzpol(arisation) — Polarisation croisée
- Sub-Sat(ellite) — Bezugspunkt des Satelliten — Point de repère du satellite
- Hemi(sphäre)-Beam — Hemisphärischer Strahl — Faisceau semi-global
- 6/4-GHz hemisphärischer Strahl — Faisceau semi-global 6/4 GHz
- 6/4-GHz-Zone: Gekreuzte Polarisation — Zone 6/4 GHz: Polarisation croisée
- 14/11-GHz-Spot: Einfach polarisierter gebündelter Strahl — Spot 14/11 GHz: Faisceau en pinceau étroit, polarisation unique

und Indischer Ozean dieses Ziel bei der neuen Satellitenserie angestrebt wird.

Antennentechnologie

Während bei der Serie Intelsat IV einfache Parabol- und Hornantennen genügten, sind bei der Serie IV-A die Bordantennendiagramme soweit wie möglich den Gegebenheiten des Verkehrsaufkommens angepasst, das heisst, es wurde für das 4/6-GHz-Sende- und Empfangsband je ein West- und ein Ost-«Hemisphärenbeam» gebildet. Vielfach-Speisehörnergruppen, von einem komplexen Leistungsteiler/Phasenschieber-Netzwerk angesteuert, erzeugen zusammen mit dem gemeinsamen Parabolsegmentreflektor die gewünschten Antennendiagramme. Beim Satelliten Intelsat V fordert das Pflichtenheft zudem im Frequenzbandpaar 6/4-GHz zwei orthogonal (zirkular) polarisierte Übertragungsbänder von je 500 MHz Bandbreite mit einer gegenseitigen Isolation von mindestens 27 dB. Damit wird das erwähnte Frequenzspektrum vierfach ausgenützt. Zwischen den Bedienungsbereichen Atlantik und Indischer Ozean bestehen deutliche Unterschiede in der geographischen Verteilung des Verkehrsaufkommens. Deshalb sind innerhalb der Hornstrahlergruppen Umschaltungen vorgesehen, die zu einem gewissen Grad eine Anpassung der Antennendiagramme ermöglichen. Allerdings ist nicht zu bestreiten, dass die Antennensysteme des Intelsat V vor allem für die verkehrsreichste Atlantikregion optimiert sind.

Erstmals im Intelsat-Netz wird das Frequenzbandpaar 14/11-GHz benützt, und zwar mit linearer Polarisation. Die beiden «Spotbeams» — wie aus Figuren 4 und 5 ersichtlich — ermöglichen eine doppelte Ausnützung dieses Spektrums, wobei die beiden «Beams» zueinander orthogonal polarisiert sind. Die Bedeckungsbereiche entsprechen ausgeprägten Schwerpunkten im Verkehrsaufkommen, das heisst in der Atlantikregion die Ostküste von den USA und von Kanada einerseits und Zentral-europa andererseits.

Dienste wie Fernsehprogrammaustausch und das SPADE¹-Netz der Atlantikregion bedingen gleichzeitige Verbindungen zu einer Vielzahl von Bodenstationen, die auf den ganzen Bedienungsbereich eines Satelliten verstreut sind. Hiefür sind, wie bis anhin, Bordantennen mit globalem Bedeckungsbereich für das 6/4-GHz-Bandpaar vorhanden.

Figur 6 zeigt den Aufbau der Antennen des Satelliten. Das verkleidete Trägerfachwerk besteht aus graphitfaserverstärkten Kunststharzrohren, die sehr leicht und von hoher mechanischer Festigkeit sind. Links unten erkennt man den 6-GHz-Empfangsreflektor, gegenüberliegend den 4-GHz-Sendereflektor; die zugehörigen Hornstrahlergruppen sind im Mastfachwerk eingelassen. Beim Parabolreflektor unten/Mitte und dem vom Fachwerk teilweise abgedeckten Reflektor in der oberen Bildhälfte handelt es sich um die beiden 14/11-GHz-Spotbeam-Antennen. Oben links am Mast sind die beiden Rillenhorn-Antennen (je eine für 4 GHz und 6 GHz) erkennbar, die dem Globalbedeckungsbereich dienen. Die übrigen Antennen am Mastende senden und empfangen Telemetrie- und Fernsteuersignale.

4 Equipement de télécommunication

41 Diagrammes d'antennes et technologie des antennes

Les efforts entrepris en vue d'adapter la capacité de transmission du satellite aux différences de densité du trafic à la surface de la terre a conduit, entre autres mesures, à un perfectionnement continu des antennes de bord. Les figures 4 et 5 montrent comment on s'est attaché à optimiser la desserte qu'assurent les nouveaux satellites dans les zones de couverture Intelsat de l'Océan Atlantique et de l'Océan Indien.

Technologie des antennes

Dans la série Intelsat IV, on utilisait des antennes à parabole et à cornet simples, cependant que dans la série IV-A les diagrammes des antennes de bord ont été adaptés dans toute la mesure du possible aux conditions du trafic, ce qui signifie qu'on a formé un faisceau couvrant l'hémisphère ouest et un autre couvrant l'hémisphère est pour la bande d'émission et de réception 4/6 GHz. Les diagrammes d'antennes voulus sont obtenus à l'aide de groupes de cornets multiples alimentés par un réseau diviseur de puissance et adapteur de phase, associés à un réflecteur en forme de segment de paraboloïde. Le cahier des charges du satellite Intelsat V exige de plus dans la paire de bandes de fréquences 6/4 GHz deux voies de transmission à polarisation orthogonale (circulaire) d'une largeur de bande de 500 MHz chacune avec une isolation réciproque d'au moins 27 dB. De ce fait, on réalise une utilisation quadruple du spectre de fréquences évoqué. On observe des différences sensibles dans la répartition géographique du volume du trafic entre les zones de service de la région atlantique et de l'Océan Indien. Ainsi, il est possible de commuter les groupes de cornets d'alimentation de manière à modifier dans une certaine mesure les diagrammes d'antennes. On ne saurait cependant réfuter le fait que les systèmes d'antennes de l'Intelsat V sont surtout optimisés pour la région atlantique à forte densité de trafic.

Une innovation dans le réseau Intelsat consiste dans l'utilisation de la paire de bandes de fréquences 14/11 GHz, avec une polarisation linéaire. Les deux faisceaux étroits que montrent les figures 4 et 5 permettent

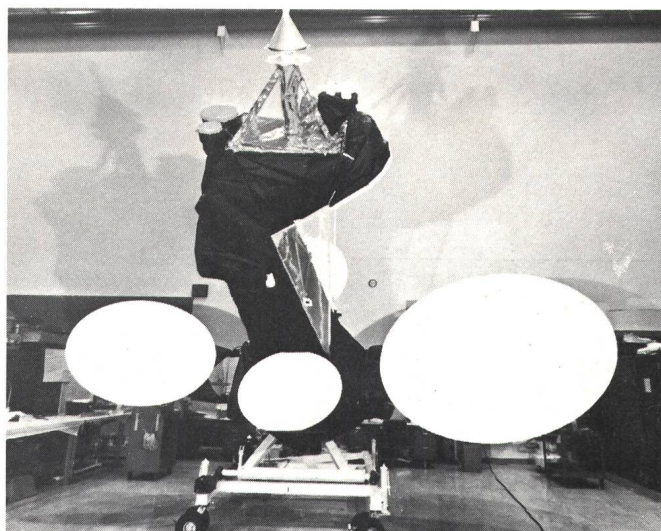


Fig. 6
Intelsat V, Prototyp-Antennenmast mit ausgeklappten Reflektoren —
Intelsat V, prototype du mât d'antenne avec réflecteurs déployés

¹ SPADE = Single channel per carrier PCM multiple access demand assigned equipment

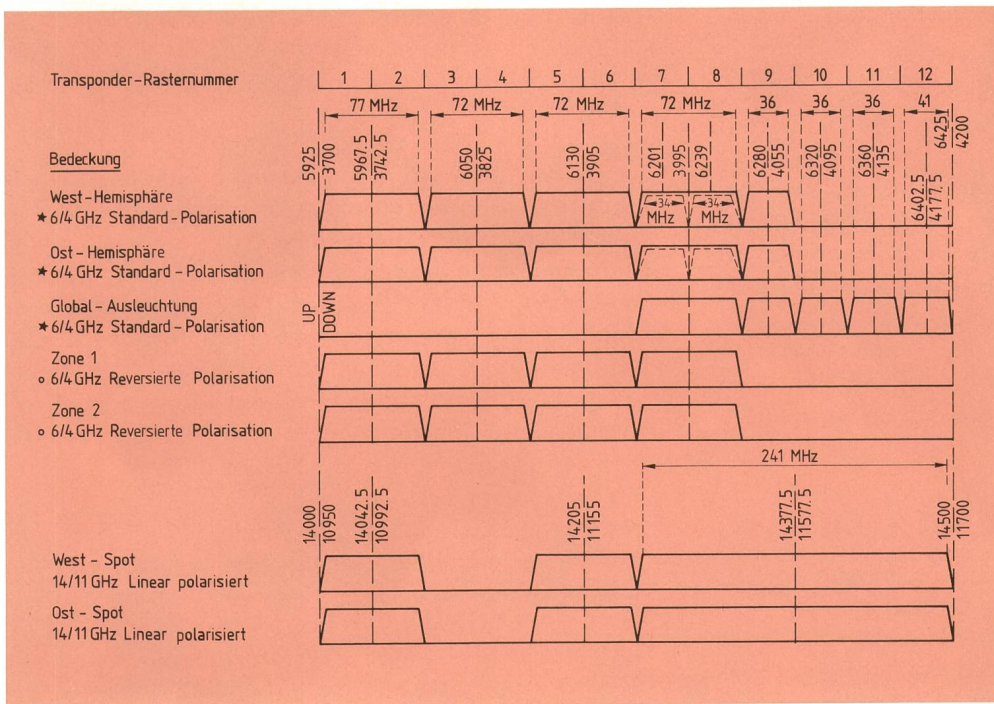


Fig. 7
Intelsat-V-Transponderplan — Plan des répéteurs d'Intelsat V
 Transponder-Rasternummer — Numéro d'ordre des répéteurs
 Bedeckung — Couverture
 West-Hemisphäre — Hémisphère ouest
 Ost-Hemisphäre — Hémisphère est
 Standard-Polarisation — Polarisation normale
 Global-Ausleuchtung — Couverture globale
 Reversierte Polarisation — Polarisation inversée
 West-Spot — Faisceau ouest
 Ost-Spot — Faisceau est
 Linear polarisiert — Polarisé linéairement
 * Empfangsband linkszirkular — Bande de réception, polarisation circulaire lévogyre
 Sendeband rechtszirkular — Bande d'émission, polarisation circulaire dextrogyre
 ° Empfangsband rechtszirkular — Bande de réception, polarisation circulaire dextrogyre
 Sendeband linkszirkular — Bande d'émission lévogyre

42 Fernmeldeelektronik

Figur 7 zeigt, wie das verfügbare Frequenzspektrum auf die 27 Breitband-Übertragungskanäle (Transponder) aufgeteilt wird. Diese Aufteilung, der mit gewissen Abweichungen ein 40-MHz-Raster zugrunde liegt, berücksichtigt unter anderem folgende Randbedingungen:

- Kompatibilität mit bestehenden Diensten, wie SPADE und Fernsehprogrammaustausch mit globalem Bedeckungsbereich
- Einführung neuer Modulationsverfahren — beispielsweise TDMA¹ — erfordert eine grössere Transponderbandbreite als 36 MHz; bei den Vorgängersatelliten IV und IV-A war die Nutzbandbreite einheitlich 36 MHz
- Flexibilität, sich ändernden Verkehrsaufkommen und unterschiedlichen Verkehrsverteilungen der Bedienungsbereiche anzupassen
- Betriebssicherheit und Risikoverteilung
- verfügbare Sendeleistung von ausreichend erprobten Ausgangsverstärkern

Die gesamte Übertragungsbandbreite von 2137 MHz ist etwa dreimal grösser als bei dem Vorgängertyp Intelsat IV-A. Dass die erreichbare Übertragungskapazität nur doppelt so gross ist, muss unter anderem auf die höheren, ausbreitungsbedingten Margen für das Bandpaar 14/11 GHz zurückgeführt werden.

Die grundsätzliche Funktion des Satelliten als aktive Mikrowellen-Relaisstation im Weltraum hat sich gegenüber seinen Vorgängern nicht geändert

- rauscharmer Empfang
- Umsetzen der Frequenz in das Sendeband
- Verstärkung des Sendesignals mittels Wanderfeldröhren

Hingegen hat die Fernmeldeelektronik des Intelsat V gegenüber den bisherigen Satelliten der Intelsat eine

¹ TDMA = Time division multiple access (Zeitmultiplex-Mehrfachzugriff)

une utilisation double de ce spectre, tous deux étant polarisés orthogonalement l'un par rapport à l'autre. Les zones de couverture correspondent à des points à forte densité de trafic, ce qui signifie qu'elles se concentrent dans la région atlantique, sur la côte est des Etats-Unis et le Canada, d'une part, et sur l'Europe Centrale, d'autre part.

Les services tels que l'échange de programmes de télévision et le réseau SPADE¹ de la région atlantique exigent des communications simultanées avec plusieurs stations terriennes réparties sur l'ensemble de la zone de couverture d'un satellite. Pour un service de ce genre, il est nécessaire de disposer, comme jusqu'ici, d'antennes de bord assurant une couverture globale pour la paire de bandes de fréquences 6/4 GHz.

La figure 6 montre la structure des antennes du satellite. Le mât à structure en treillis est construit en tubes de résine synthétique renforcé de fibres de graphite, matériau très léger et présentant une haute résistance mécanique. A gauche en bas, on reconnaît le réflecteur de réception à 6 GHz, en face du réflecteur d'émission à 4 GHz; les groupes de cornets d'alimentation associés sont intégrés dans le mât en treillis. Le réflecteur parabolique que l'on voit au milieu du bas de l'image et le réflecteur partiellement recouvert par le mât en treillis de la partie supérieure sont les deux antennes «faisceau étroit» 14/11 GHz. A gauche en haut du mât, on distingue les deux antennes à cornets cannelés (l'une pour 4 GHz et l'autre pour 6 GHz), qui assurent une couverture globale. Les autres antennes à l'extrémité du mât émettent et captent des signaux de télémétrie et de télécommande.

42 Ensembles électroniques de télécommunication

La figure 7 montre la répartition du spectre de fréquences disponible sur les 27 canaux de transmission à

¹ SPADE = Single channel per carrier PCM multiple access demand assigned equipment (équipement pour accès multiple par assignation en fonction de la demande par voies uniques par porteuse avec modulation par impulsions et codage)

ganze Reihe technologischer Neuheiten aufzuweisen, wie

- Mikrowellenbauteile (Filter, Wellenleiter) aus graphitfaserverstärktem Kunstharz anstelle von Dünnwand-Invar
- entsprechend dem neu genutzten Bandpaar: 14-GHz-Empfänger und 11-GHz-Sender, mit «Cross-Strap»-Möglichkeit, die erlaubt, dass Bodenstationen im 14/11-GHz-Band direkt mit Gegenstationen im 6/4-GHz-Band zusammenschaltbar sind
- Nachbarkanal-Zusammenschaltfilter zwischen Leistungsverstärkerausgängen und Hornstrahlermatrix der Antenne; ebenfalls in graphitfaserverstärktem Kunstharz.

43 Fernmeldeempfänger

Gegenüber den früheren Satellitentypen sind sowohl die 6-GHz- als auch die 14-GHz-Bordempfänger vollständig halbleiterbestückt. Während in den 6-GHz-Empfängereingangsstufen rauscharme Bipolartransistoren eingesetzt sind, verwendet man im 14-GHz-Eingangsteil der ersten Fluggeräte noch einen Tunneliodenverstärker, dem unmittelbar eine symmetrische Mischstufe folgt; ab fünftem Fluggerät ist ein Verstärker mit Feldefekttransistoren vorgesehen. Beide Empfänger, 6 GHz und 14 GHz, haben 500 MHz Bandbreite und setzen das Signal in die Frequenzlage 3,7 GHz...4,2 GHz um.

44 Kanaltrennfilter

Der Zwang, für Satellitenanwendungen platzsparende, leichte und im Übertragungsverhalten über weite Temperaturbereiche stabile Mikrowellenfilter zu bauen, hat auch hier neue Lösungen begünstigt. Beispielsweise waren noch im Satelliten IV als 4-GHz-Kanaltrennfilter ein 10-Sektionen-Wellenleiterfilter nach *Chebyshev* mit einem getrennten, aus fünf Hohlraumresonatoren bestehenden Gruppenlaufzeitentzerrer eingebaut. Nach einer Idee von *Ragan* [1] aus dem Jahre 1948 wurde aber — teilweise im Rahmen des Intelsat-Forschungsprogramms — die Technologie der Mehrmode-Hohlraumresonatorfilter seit Ende der sechziger Jahre vorangetrieben.

Der neue Filtertyp — erstmalig im Satelliten IV-A eingesetzt — wird in metallbedampftem, graphitfaserverstärktem Kunstharz anstelle von Dünnwand-Invar auch beim Satelliten V verwendet. Abbildung *Figur 8* zeigt den mechanischen Aufbau der Kanaltrennfilter.

45 Transponder-Durchschaltmatrix

Die einheitlich auf das 4-GHz-Band umgesetzten Breitbandkanäle durchlaufen eine aus Koaxialrelais bestehende, in sieben Gruppen aufgetrennte Durchschaltmatrix. Diese ermöglicht es, die verfügbare Übertragungskapazität in gewissen Grenzen an geänderte Bedürfnisse in den verschiedenen Bedeckungsbereichen anzupassen, ermöglicht aber auch den in Abschnitt 42 erwähnten «Cross strap».

46 Sendeverstärker

Die 4-GHz-Sendeverstärker sind mit praktisch den gleichen Wanderfeldröhren ausgerüstet wie beim Vor-

large bande (répéteurs). Cet allotissement, fondé en partie sur un espacement entre voies de 40 MHz, tient compte notamment des conditions additionnelles suivantes:

- compatibilité avec des services existants tels que SPADE et services d'échange de programmes de télévision avec couverture globale
- introduction de nouveaux procédés de modulation — par exemple AMRT² — ce qui exige une largeur de bande des récepteurs supérieure à 36 MHz. La largeur de bande utile des satellites de la génération précédente IV et IV-A était uniformément fixée à 36 MHz
- souplesse de fonctionnement autorisant une adaptation aux volumes et aux répartitions différentes du trafic des régions à desservir
- fiabilité et répartition des risques
- puissance d'émission disponible assurée par des amplificateurs de sortie suffisamment éprouvés

La largeur de bande de transmission totale de 2137 MHz est près de trois fois supérieure à celle du modèle antérieur Intelsat IV-A. Le fait que la capacité de transmission réalisable n'a été portée que du simple au double est notamment imputable aux marges plus larges qu'exige la paire de bandes 14/11 GHz, en raison de la propagation.

La fonction fondamentale du satellite, à savoir son rôle de relais spatial à micro-ondes reste inchangée

- réception à faible bruit
- transposition de la fréquence dans la bande d'émission
- amplification du signal d'émission à l'aide de tubes à ondes progressives (TOP)

Les ensembles électroniques de télécommunication d'Intelsat V bénéficient, en revanche, de toute une série d'innovations technologiques par rapport aux anciens satellites de l'organisation. Parmi celles-ci, il y a lieu de relever

- composants à micro-ondes (filtres, guides d'ondes) en résine synthétique renforcée de fibres de graphite à la place des éléments à parois minces en invar
- en fonction de la paire de bandes nouvellement utilisée: récepteurs à 14 GHz et émetteurs à 11 GHz avec possibilité d'interconnexion permettant l'intercommunication directe entre des stations terriennes travaillant sur la bande de 14/11 GHz et les stations paritaires opérant sur la bande de 6/4 GHz
- filtres d'interconnexion pour canal adjacent entre les sorties des amplificateurs de puissance et la matrice des cornets rayonnants de l'antenne; ces éléments sont également construits en résine synthétique renforcée de fibres de graphite

43 Récepteurs de télécommunication

Contrairement à ce qui était le cas dans les anciens types de satellites, les récepteurs de bord à 6 GHz et à 14 GHz sont entièrement équipés de semi-conducteurs. Alors que les étages d'entrée des récepteurs à 6 GHz

² AMRT = Accès multiple par répartition dans le temps

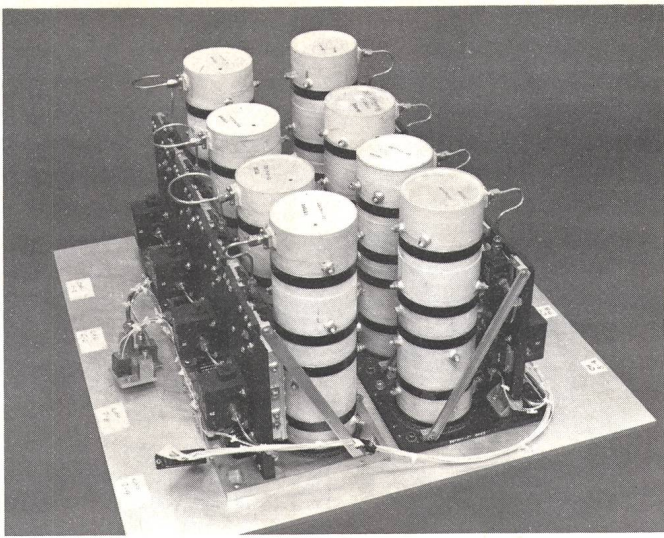


Fig. 8
4-GHz-Kanaltrennfilter für Zone 1 (West) und Zone 2 (Ost) — Filtre de séparation de voies 4 GHz pour la zone 1 (ouest) et la zone 2 (est)

gänger IS IV-A. Allerdings werden beim IS-V-Schaltregler-Speisegerät verwendet, um die verhältnismässigen grossen Spannungsunterschiede der Sammelschiene (26,5 V...42,5 V) zwischen Normalspeisung und Eklipse mit hohem Wirkungsgrad zu beherrschen.

Die in Europa hergestellte 11-GHz-Senderöhre mit 20 W Sättigungsleistung ist im Rahmen der OTS/ECS¹-Satellitenprogramme der ESA² entwickelt worden. Die europäische Industrie war zum Zeitpunkt der Definitionsphase des Intelsat V als einzige in der Lage, diese Komponente mit der erforderlichen Raumfahrtqualifikation anzubieten.

47 Ausgangsmultiplexer

Bei den Vorgängersatelliten IV und IV-A sind für die Transponder mit gerader und ungerader Frequenzrasterzahl der Nachbarkanalcharakteristik der Zusammenschaltfilter wegen separate Multiplexer, Antennenfeeder und Hornstrahler vorhanden. Das vereinfachte Prinzipschema zeigt *Figur 9*.

Weil die verfügbare Sendeleistung mit möglichst geringen Verlusten abgestrahlt werden soll, kann kein Hybrid eingesetzt werden. Im Rahmen des Intelsat-Forschungsprogramms, das gezielt neue Technologien für künftige Fernmeldesatelliten fördert, wurde durch die Comsat³-Laboratorien ein neuer 4-GHz-Ausgangsmultiplexer entwickelt [2]. Dieser ermöglicht das Zusammenschalten von Nachbartranspondern, womit der Aufwand für Antennenfeeder und Sende-Hornstrahlergruppen praktisch halbiert werden kann. Die Schutzabstände beanspruchen dabei etwa 10 % des verfügbaren Frequenzbandes. *Figur 10* zeigt einen Fabrikationsprototyp für die fünf Transponderausgänge der «Globalbeam»-Antenne. Diese neue Komponente hilft mit, Gewicht und Volumen zu sparen sowie die Komplexität des Sendeantennenergersystems in Grenzen zu halten; die Gewichtseinsparung wird vom Generalunternehmer auf ungefähr 25 kg geschätzt [3].

¹ OTS/ECS = *Orbital test satellite/European communications satellite*

² ESA = *European space agency* (Europäische Raumfahrtorganisation)

³ Comsat = (amerikanische) *Communications Satellite Co.*

sont dotés de transistors bipolaires à faible souffle, on utilise comme étage d'entrée à 14 GHz un amplificateur à diodes tunnel suivi immédiatement d'un étage mélangeur symétrique; à partir du cinquième engin spatial, l'amplificateur sera équipé de transistors à effet de champ. Les deux récepteurs à 6 GHz et à 14 GHz ont une largeur de bande de 500 MHz et transposent le signal dans la plage de fréquences de 3,7 GHz...4,2 GHz.

44 Filtres séparateurs de voies

La nécessité de construire pour les télécommunications spatiales des filtres à micro-ondes légers et stables quant à leurs caractéristiques de transmission dans une gamme de température très large a exigé la mise en œuvre de nouvelles méthodes. Le satellite IV était, par exemple, encore pourvu de filtres séparateurs de voies à 4 GHz constitués par un filtre à guide d'ondes de 10 sections, selon *Chebichev*, associé à un correcteur de temps de propagation de groupe formé de cinq résonateurs à cavité. Mais partant d'une idée de *Ragan* [1], qui remonte à 1948 — et en partie dans le programme de recherche de l'Intelsat — on a poussé dès la fin des années de 1960 le développement de la technologie des filtres à résonateur multimode à cavité.

Le nouveau type de filtre — utilisé par la première fois dans le satellite IV-A — en résine synthétique métallisée par vaporisation et renforcée de fibres de graphite au lieu de parois minces en invar est aussi employé dans le satellite V. La *figure 8* montre la structure mécanique du filtre séparateur de voies.

45 Matrice d'interconnexion des répéteurs

Les canaux à large bande transposés uniformément dans la bande à 4 GHz traversent une matrice d'interconnexion en sept groupes formée de relais coaxiaux. Celle-ci permet d'adapter dans certaines limites la capacité de transmission disponible aux besoins variables dans les diverses régions de couverture et de réaliser l'interconnexion dont il a été question au paragraphe 42.

46 Amplificateurs d'émission

Les amplificateurs d'émission à 4 GHz sont équipés pratiquement des mêmes tubes à ondes progressives que le modèle précédent IS IV-A. L'IS V est toutefois doté de dispositifs d'alimentation régulés par commutation, capables de délivrer à la ligne collectrice avec un haut rendement une gamme de tensions assez large (26,5 V...42,5 V), selon que les cellules solaires sont normalement éclairées ou à l'ombre en période d'éclipse.

Le tube d'émission à 11 GHz fabriqué en Europe a une puissance de saturation de 20 W. Il a été développé dans le programme des satellites OTS/ECS¹ de l'ESA². A l'époque de la phase de définition de l'Intelsat V, l'industrie européenne était seule à pouvoir offrir ces composants avec les qualifications spatiales requises.

¹ OTS/ECS = *Orbital test satellite/European communications satellite* (satellite d'essais orbitaux/satellite européen de télécommunications)

² ESA = *European space agency* (agence spatiale européenne)

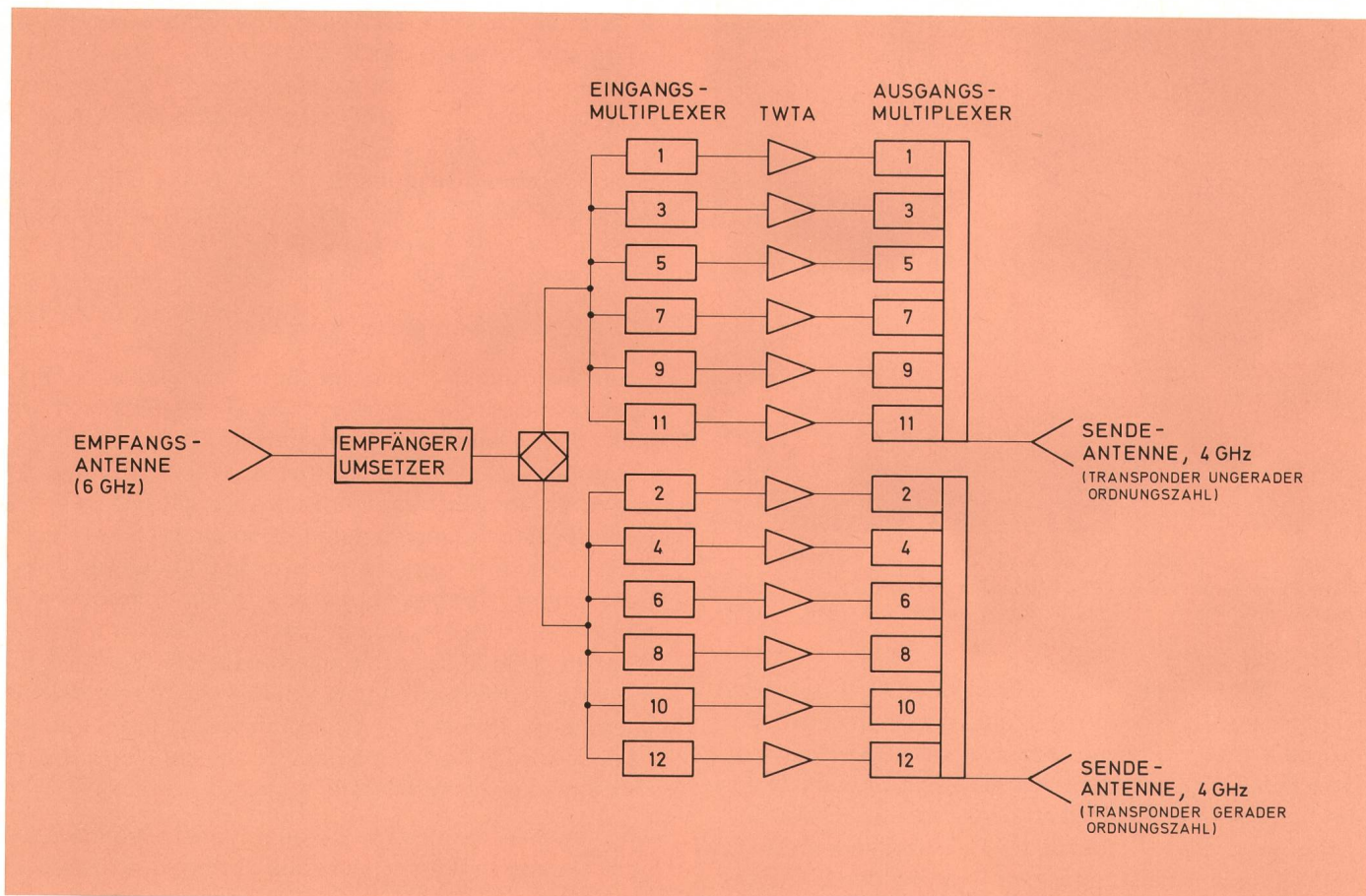


Fig. 9
 Vereinfachtes Prinzipschema, Satellit mit konventionellen Ausgangsmultiplexern — Schéma de principe simplifié, satellites avec multiplexeurs de sortie classiques

Empfangsantenne — Antenne de réception
 Empfänger/Umsetzer — Récepteur/transposeur
 Eingangsmultiplexer — Multiplexeur d'entrée
 Ausgangsmultiplexer — Multiplexeur de sortie

Sendeantenne (Transponder ungerader Ordnungszahl) — Antenne d'émission (répéteurs d'ordre impair)
 TWTA Wanderfeldröhrenverstärker — Amplificateur à tube à ondes progressives

48 Systemdaten, Fernmeldetransponder

Die wichtigsten Übertragungsparameter des Satelliten wurden — nebst den bereits aus den Figuren 4 und 5

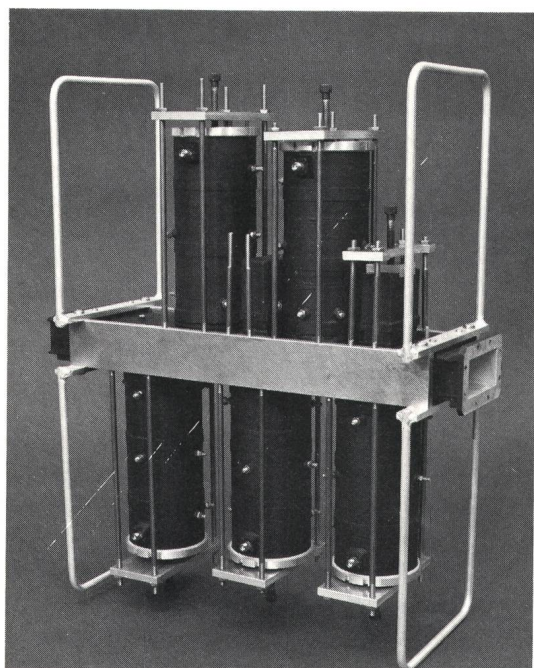


Fig. 10
 Kontinuierlicher 4-GHz-Ausgangsmultiplexer für globalen Bedeckungsbereich (Prototyp) — Multiplexeur de sortie 4 GHz à caractéristiques continues pour ouverture globale (prototype)

47 Multiplexeurs de sortie

Dans les satellites IV et IV-A de la génération précédente, on avait utilisé des multiplexeurs, des feeders d'antennes et des cornets rayonnants séparés pour les canaux d'ordre pair et impair des répéteurs, pour tenir compte des caractéristiques de canal adjacent des filtres de jonction. Le schéma de principe simplifié est représenté à la figure 9.

En raison de la faible puissance d'émission et pour réduire les pertes à un minimum, on ne peut utiliser une jonction hybride. Le programme de recherche de l'Intelsat encourageant systématiquement de nouvelles technologies pour les futurs satellites de télécommunication, les laboratoires Comsat³ ont développé un nouveau multiplexeur de sortie à 4 GHz [2]. Ce dernier permet l'interconnexion de répéteurs opérant sur des canaux adjacents, le nombre de feeders d'antennes et de groupes de cornets rayonnants étant pratiquement réduit de 50 %. Les écarts de protection «absorbent» dans ce système environ 10 % de la bande de fréquences disponible. La figure 10 montre un prototype d'usine pour les cinq sorties de répéteurs de l'antenne «faisceau global». Ce nouveau composant aide à économiser du poids et du volume ainsi qu'à limiter la complexité du système d'alimentation des antennes; l'entrepreneur général estime l'économie de poids à 25 % environ [3].

³ Comsat = Communications Satellite Co (Consortium [américain] de communication par satellites)

ersichtlichen Bedeckungsgebieten und Polarisations-Isolationswerten der Bordantennen — wie folgt spezifiziert [4]:

a) Gütefaktoren *G/T* der Empfangssysteme

| Empfangssystem | Gütefaktor <i>G/T</i> (Mindestwert) (dB/K) |
|-------------------|---|
| 6 GHz, global | -18,6 |
| 6 GHz, hemisphär | -11,6 |
| 6 GHz, Zone | - 8,6 |
| 14 GHz, Ost-Spot | 0,0 |
| 14 GHz, West-Spot | 3,3 |

ab fünftem Fluggerät
um mindestens 2 dB
verbessert

b) Sendeleistung der Transponder

| Bedeckungsart/Transponder | EIRP ¹ (dBW) |
|---|----------------------------|
| 4 GHz, global | |
| - Transponder (7-8); 72 MHz | 26,5 |
| - Transponder 9, 10, 11, 12; 36 MHz | 23,5 |
| 4 GHz, hemisphär oder Zone | |
| - Transponder (1-2), (3-4), (5-6), (7-8); 77 MHz beziehungsweise 72 MHz | 29,0 |
| - Transponder 9; 36 MHz | 26,0 |
| 11 GHz, Ost-Spot | |
| - Transponder (1-2), (5-6), (7-12) | 41,1 |
| 11 GHz, West-Spot | |
| - Transponder (1-2), (5-6), (7-12) | 44,4 |

c) Empfangsleistungsdichte (Flux) für Transpondersättigung

| Empfangssystem/ Transponder | Empfangsleistungsdichte | |
|--|--|---|
| | Hohe Verstärkung (dBW/m ²) | Tiefe Verstärkung (dBW/m ²) |
| 6 GHz, alle Beams | | |
| - Transponder (1-2), (3-4), (5-6), 7, 8, (7-8) | -72,0 ± 2 | 7,5 dB höher |
| - Transponder 9, 10, 11, 12 | -75,0 ± 2 | 7,5 dB höher |
| 14 GHz, Ost-Spot | | |
| - alle Transponder | -77,0 ± 2 | 5 dB höher |
| 14 GHz, West-Spot | | |
| - alle Transponder | -80,3 ± 2 | 5 dB höher |

Der Unterschied von 3,3 dB in den Werten gemäss a) bis c) beim 14/11-GHz-Bandpaar zwischen Ost- und West-Spot ist im wesentlichen durch den Unterschied in den beiden Antennenreflektorflächen bedingt. Die Antennenkeule Ost muss breiter sein, um die dortigen Verkehrsschwerpunkte zu umfassen (Fig. 4 und 5).

5 Das Hochseefunk-Subsystem

Das Raumsegment des gegenwärtigen Satelliten-Hochseefunksystems Marisat² wird durch die Comsat General/USA betrieben [5]. Als Nachfolgesystem wird von 1982 an die Inmarsat³ ein weltumspannendes Netz

¹ Äquivalente isotropisch ausgestrahlte Leistung

² Marisat = Maritime satellite

³ Inmarsat = International Maritime Satellite Organization, im Juli 1979 gegründet

48 Caractéristiques du système, répéteurs de télécommunication

En plus des valeurs d'isolation de polarisation des antennes de bord et des zones qu'elles desservent ressortant des figures 4 et 5, les principaux paramètres de transmission du satellite ont été définis ainsi qu'il suit [4]:

a) Facteurs de qualité *G/T* du système de réception

| Système de réception | Facteur de qualité <i>G/T</i> (valeur minimale, dB/K) |
|-------------------------------|--|
| 6 GHz, faisceau global | -18,6 |
| 6 GHz, semi-global | -11,6 |
| 6 GHz, zone | - 8,6 |
| 14 GHz, faisceau étroit est | 0,0 |
| 14 GHz, faisceau étroit ouest | 3,3 |

valeur améliorée
d'au moins 2 dB
à partir du
5^e engin spatial

b) Puissance d'émission des répéteurs

| Genre de couverture/répéteur | PIRE ¹ (dBW) |
|--|----------------------------|
| 4 GHz, global | |
| - répéteurs (7-8); 72 MHz | 26,5 |
| - répéteurs 9, 10, 11, 12; 36 MHz | 23,5 |
| 4 GHz, hémisphère ou zone | |
| - répéteurs (1-2), (3-4), (5-6), (7-8); 77 MHz et 72 MHz | 29,0 |
| - répéteur 9; 36 MHz | 26,0 |
| 11 GHz, faisceau étroit est | |
| - répéteurs (1-2), (5-6), (7-12) | 41,1 |
| 11 GHz, faisceau étroit ouest | |
| - répéteurs (1-2), (5-6), (7-12) | 44,4 |

c) Densité de puissance à la réception (flux) pour la saturation des répéteurs

| Système de réception/ répéteur | Densité de puissance à la réception | |
|---|---|---|
| | Haute amplification (dBW/m ²) | Basse amplification (dBW/m ²) |
| 6 GHz, tous les faisceaux | | |
| - répéteurs (1-2), (3-4), (5-6), 7, 8 (7-8) | -72,0 ± 2 | de 7,5 dB plus élevée |
| - répéteurs 9, 10, 11, 12 | -75,0 ± 2 | de 7,5 dB plus élevée |
| 14 GHz, faisceau est | -77,0 ± 2 | de 5 dB plus élevée |
| - tous les répéteurs | | |
| 14 GHz, faisceau ouest | -80,3 ± 2 | de 5 dB plus élevée |
| - tous les répéteurs | | |

L'écart de 3,3 dB entre les valeurs selon a) à c) pour la paire de bandes de 14/11 GHz, entre le faisceau est et le faisceau ouest, est surtout dû à la différence entre les configurations de surface des deux réflecteurs d'antennes. Le faisceau principal d'antenne «est» doit être plus large pour desservir les points de concentration du trafic de cette région (fig. 4 et 5).

5 Sous-système maritime

Le segment spatial de l'actuel système de radio-communication maritime par satellite Marisat¹ est ex-

¹ PIRE = Puissance isotropique rayonnée équivalente

¹ Marisat = Maritime satellite (satellite maritime)

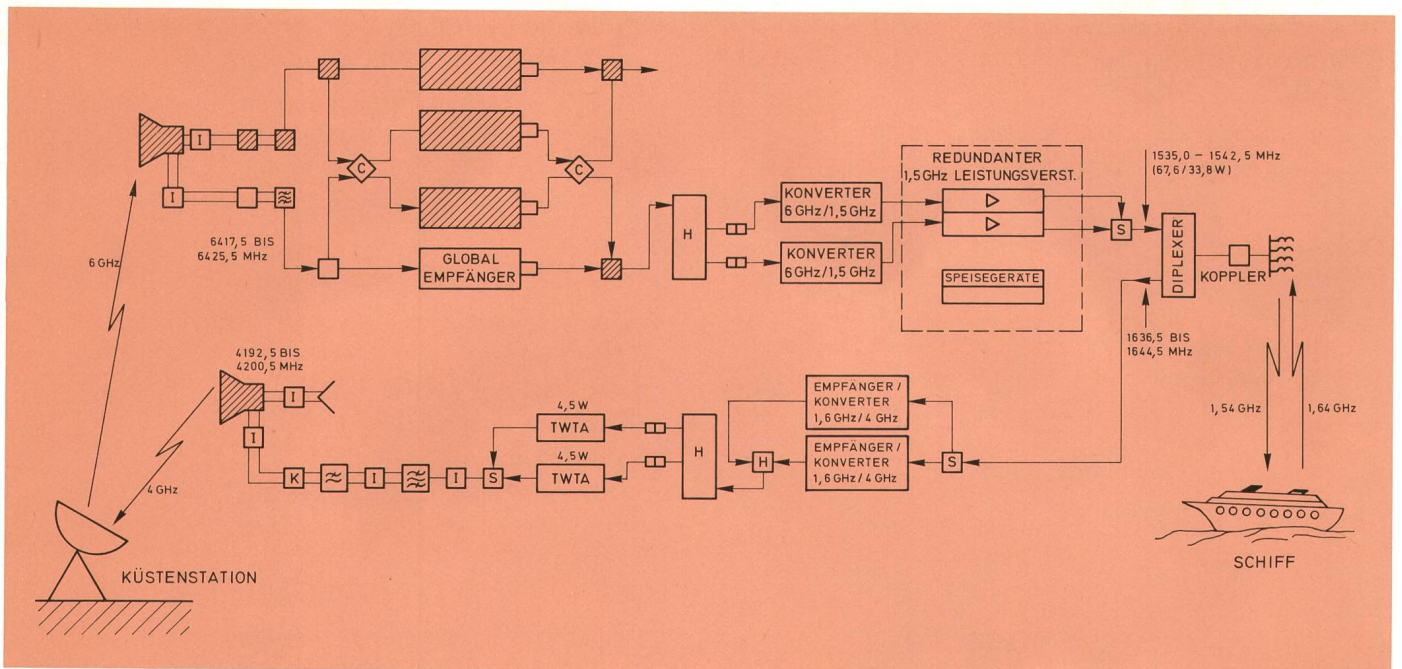


Fig. 11
Blockschaltbild des Hochseefunk-Subsystems – Schéma-bloc du sous-système maritime

Global-Empfänger – Récepteur global
 Konverter – Convertisseur
 Redundanter Leistungsverst(ärker) – Amplificateur de puissance redondant
 Diplexer – Duplexeur
 Speisegeräte – Ensembles d'alimentation
 Empfänger/Konverter – Récepteur/convertisseur
 Schiff – Navire
 Küstenstation – Station côtière

▨ Mitbenützte Teile des normalen Intelsat V – Parties co-utilisées d'Intelsat V
 C Kreuzpol (arisations)-Schalter – Aiguillage de polarisation croisée
 S Umschalter – Commutateur
 H Hybrid – Jonction hybride
 I Isolator – Isolateur
 K Koppler – Coupleur
 TW-TA Wanderfeldröhrenverstärker – Amplificateur à tube à ondes progressives

aufbauen. Das neue Raumsegment wird dabei möglicherweise aus drei Hochseefunk-Subsystemen an Bord der Satelliten IS V (Flug 5 bis 7), ergänzt durch zwei bis drei spezialisierte Satelliten, gebildet. Das Blockschaltbild *Figur 11* gibt einen Überblick über die Funktionsweise des Subsystems.

Dieser Hochseefunktransponder beansprucht eine Bandbreite von 8 MHz und ist in der Richtung Küstenstation zum Schiff (6,4 GHz → 1,54 GHz) als auch vom Schiff zur Küstenstation (1,64 GHz → 4,2 GHz) transparent. Die geforderte Übertragungskapazität ist gegenüber dem Marisat-System etwa doppelt so hoch, das heisst mindestens 30 Gesprächskanäle (Einzelträger in komprimierter Frequenzmodulation = SCPC/FM) und etwa 75 Datenkanäle zu 1,2 kbit/s. Aus Kompatibilitätsgründen mit den gegen 300 bereits in Betrieb stehenden Marisat-Schiffsausrüstungen dürften die Systemparameter nicht wesentlich verschieden sein; deren verbindliche Definition im Rahmen der Satelliten-Subsystemeigenschaften dürfte aber Inmarsat vorbehalten bleiben.

Der 6-GHz-Empfangsteil und der 4-GHz-Sendeteil stützen sich auf Komponenten des normalen Intelsat V. Der volltransistorisierte, redundante 1,5-GHz-Sendeverstärker mit einer Leistung von 67,6 W kann bei Bedarf auf die halbe Ausgangsleistung von 33,8 W umgeschaltet werden. Wird das Hochseefunk-Subsystem mit voller Leistung betrieben, müssen alle sechs 14/11-GHz-Transponder des konventionellen Fernmeldeteils abgeschaltet werden, bei halber Leistung können zwei der sechs vorhandenen 14/11-GHz-Transponder in Betrieb bleiben. Als Bordantenne für das Bandpaar 1,54/1,64 GHz ist ein Helix-Quartett mit einem Gewinn von 16 dBi vorhanden.

exploité par Comsat General/USA [5]. Le système qui lui succédera dès 1982 consistera en un réseau à l'échelle mondiale appelé Inmarsat². Il est possible que le nouveau segment spatial soit alors formé de trois sous-systèmes maritimes établis à bord des satellites IS V (vols 5 à 7), complétés par deux ou trois satellites spécialisés. Le schéma bloc de la *figure 11* donne un aperçu du fonctionnement du sous-système.

Ce répéteur maritime a une largeur de bande de 8 MHz et il est «transparent», aussi bien dans le sens station côtière-navire (6,4 GHz → 1,54 GHz) que dans le sens navire-station côtière (1,64 GHz → 4,2 GHz). La capacité de transmission exigée est doublée par rapport au système Marisat, ce qui correspond à au moins 30 canaux de conversation (porteuse unique en modulation de fréquence comprimée = SCPC/FM) et environ 75 canaux de données à 1,2 kbit/s. Pour des raisons de compatibilité avec les quelque 300 équipements de navire du système Marisat déjà en service, les paramètres du système ne doivent pas différer sensiblement; on peut cependant admettre qu'il appartiendra à Inmarsat de définir une fois pour toutes ces paramètres dans le cadre des communautés exploitant des sous-systèmes par satellites.

La partie réception à 6 GHz et la partie émission à 4 GHz reposent sur les composants de l'Intelsat V classique. L'amplificateur d'émission à 1,5 GHz est entièrement transistorisé et redondant; il délivre une puissance de 67,6 W qui peut être ramenée au besoin à 33,8 W. Pour exploiter le sous-système maritime à pleine puis-

² Inmarsat = *International Maritime Satellite Organization* (organisation internationale de satellites maritimes, fondée en juillet 1979)

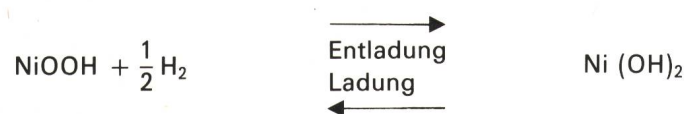
6 Stromversorgung

Dieses Subsystem liefert während der auf sieben Jahre festgelegten Lebensdauer die elektrische Energie sowohl für die Fernmeldeausüstung als auch für die elektronischen Hilfsbetriebe. Entsprechend der steigenden Übertragungsleistungen ist auch die erforderliche Leistungsabgabe dieser Solargeneratoren gestiegen:

| | IV | IV-A | V |
|---|----------|--------|--------|
| – erforderliche Leistung bei Ende der Satellitenlebensdauer (W) | etwa 400 | 600 | 1354 |
| – Gesamtfläche der Solarzellen (m ²) | 18,4 | 18,6 | 18,12 |
| – Anzahl Solarzellen | 45 812 | 16 852 | 17 568 |

Die mehr als doppelt so hohe Solargeneratorenleistung beim Intelsat V gegenüber dem Vorgänger IV-A ist nicht etwa auf einen entsprechend gesteigerten Umwandlungswirkungsgrad zurückzuführen, sondern auf den wesentlichen konstruktiven Unterschied. Bei den drallstabilisierten Vorgängertypen befinden sich die Solarzellen auf einer rotierenden Trommel, so dass jeweils nur ein Teil der Fläche dem Sonnenlicht ausgesetzt ist, während beim Intelsat V die stillstehenden Solarzellenflügel mit Servosystem so gedreht werden, dass die Stromerzeugung dem gerade optimalen Wert entspricht. Im Verbund mit einer sequentiell regelbaren Shuntlast ergibt sich eine bezüglich Lastwechsel (zu- und abschalten von Transpondern usw.) anpassungsfähige Stromversorgung, wobei die Sammelschienspannung auf 42,5 V reguliert ist. Während der Eklipse fällt die Speisespannung auf 28 V, was der Batteriespannung entspricht.

Wie bei Fernmeldesatelliten üblich, sind alle Elemente der Stromversorgung doppelt vorhanden. Batterien haben während den jährlich zweimal (Frühjahr und Herbst) auftretenden Eklipsperioden den Solarenergieausfall während bis zu 72 Minuten täglich zu überbrücken. Die Lebensdauer der Batterien, der Senderöhrenkathoden und der begrenzte Treibstoffvorrat für die Lagestabilisierung bestimmen im wesentlichen die Nutzungsdauer der heutigen Fernmeldesatelliten. Auf allen drei genannten Gebieten werden besondere Anstrengungen unternommen. Während die ersten Intelsat V mit den bereits bisher eingesetzten Nickel/Cadmium-Batterien bestückt sein werden, dürfte in späteren Exemplaren – möglicherweise vom fünften Flug an – die im Rahmen des Intelsat-Forschungsprogramms geförderten und von Comsat entwickelten Nickel/Wasserstoffzellen eingebaut werden. Nach *Earl* und *Dunlop* [6] werden Vorteile bezüglich spezifischer Energiedichte, Lebensdauer und Zuverlässigkeit der Zellen erwartet. Die elektrochemische Zellenreaktion wird wie folgt angegeben:



Figur 12 zeigt einen Schnitt durch einen Prototyp dieser neuen, gasdichten Zellen, die in einem Druckgefäß aus rostfreiem Stahl untergebracht werden müssen. Ohne besondere Massnahmen würde der Gasdruck in der Zelle von einem Wert von etwa 300 kPa im entladenen Zustand auf etwa 3300 kPa bei Vollladung ansteigen.

sance, il est nécessaire de déconnecter tous les six répéteurs 14/11 GHz de la partie de télécommunication classique et, à demi-puissance, de ne laisser en service que deux répéteurs 14/11 GHz sur six. En tant qu'antenne de bord pour la paire de bandes de 1,54/1,64 GHz, on dispose d'un ensemble de quatre hélices assurant un gain de 16 dBi.

6 Alimentation en courant

Ce sous-système délivre l'énergie électrique aussi bien pour les équipements de télécommunication que pour les systèmes électroniques auxiliaires pendant la durée de vie du satellite, qui est fixée à sept ans. La puissance que fournissent les générateurs solaires a dû être augmentée en fonction de la capacité de transmission accrue:

| | IV | IV-A | V |
|---|-------------|--------|--------|
| – puissance nécessaire à la fin de la durée de vie du satellite (W) | environ 400 | 600 | 1354 |
| – surface totale des cellules solaires (m ²) | 18,4 | 18,6 | 18,12 |
| – nombre de cellules solaires | 45 812 | 16 852 | 17 568 |

La puissance des générateurs solaires portée du simple au double dans le système Intelsat V par rapport au modèle précédent IV-A n'est pas imputable à une augmentation du rendement de conversion, mais à une différence essentielle de la construction. Dans les types précédents à stabilisation par rotation du corps du satellite, les cellules solaires étaient montées sur le cylindre en rotation qui n'exposait qu'une partie des cellules à la lumière solaire. Dans l'Intelsat V, les panneaux solaires sont orientés par un servo-système de manière que la production du courant corresponde à la valeur optimale requise. Associée à une charge-shunt à régulation séquentielle, cette alimentation en énergie se révèle extrêmement souple (connexion et déconnexion de répéteurs, etc.), la tension de la ligne collectrice étant réglée à 42,5 V. En période d'éclipse, la tension d'alimentation tombe à 28 V, ce qui correspond au potentiel de la batterie d'accumulateurs.

Tous les éléments de l'alimentation sont doublés, comme cela est usuel dans les satellites de télécommunication. Pendant les périodes d'éclipse qui se produisent deux fois par an (au printemps et en automne), les accumulateurs doivent compenser l'absence d'énergie solaire pendant 72 minutes par jour au plus. Ce sont en fait la durée de vie des accumulateurs, des cathodes des tubes émetteurs et la provision du carburant embarqué pour la stabilisation du satellite qui limitent pour l'essentiel sa longévité. C'est pourquoi on entreprend des efforts tout particuliers dans ces trois domaines, en vue d'améliorer les performances actuelles. Alors que les premiers modèles d'Intelsat V seront équipés des accumulateurs nickel/cadmium utilisés jusqu'ici, on peut s'attendre que les futurs exemplaires – probablement à partir du 5^e vol – seront pourvus de cellules nickel/hydrogène dont l'étude a été encouragée par le programme de recherche de l'Intelsat et qui ont été développées par la Comsat. Selon *Earl* et *Dunlop* [6], ces nouvelles cellules présenteront des avantages quant à la

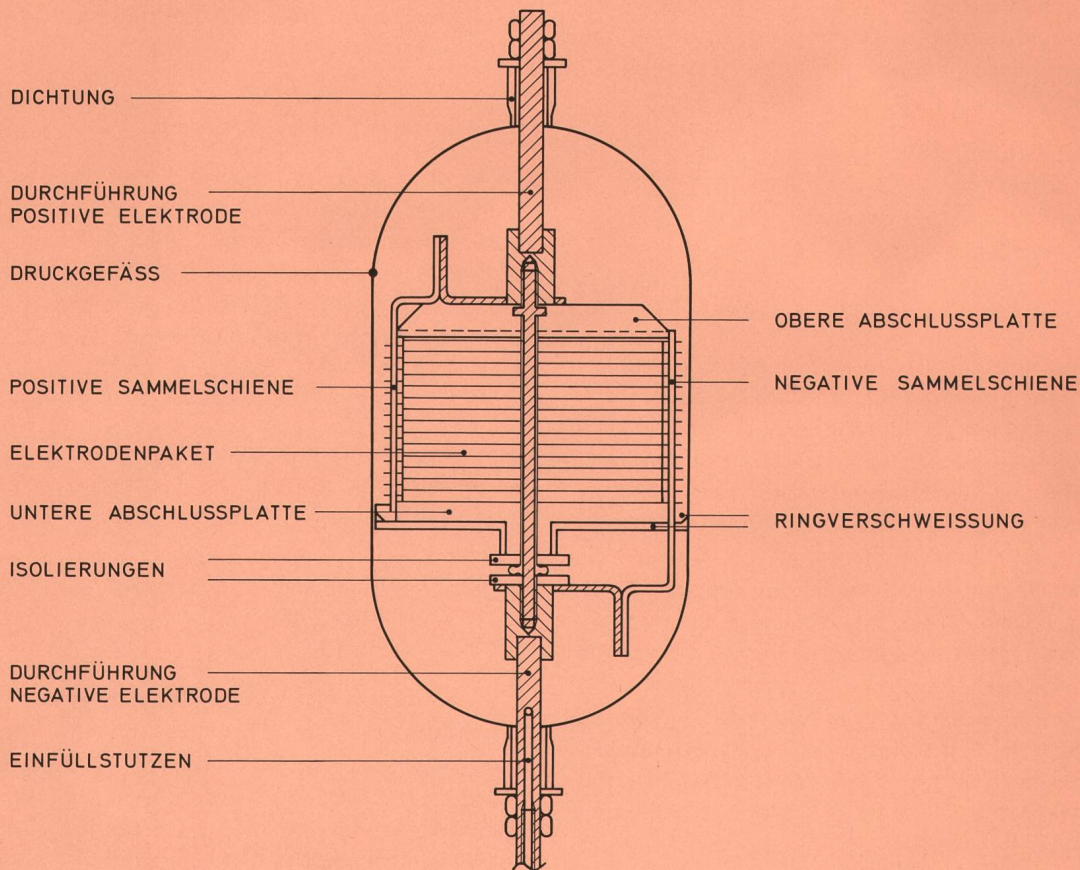


Fig. 12
Schnittbild, Nickel/Wasserstoff-Akkumulatorenzelle — Coupe d'une cellule d'accumulateur nickel/hydrogène

Dichtung — Système d'étanchéité
Durchführung positive Elektrode — Traversée de l'électrode positive
Druckgefäß — Récipient sous pression
Positive Sammelschiene — Barre omnibus positive
Elektrodenpaket — Paquet d'électrodes
Untere Abschlussplatte — Plaque de fermeture inférieure

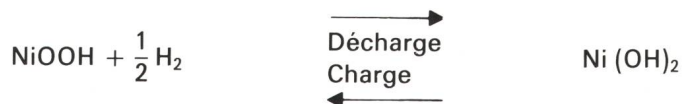
Isolierungen — Isolations
Durchführung negative Elektrode — Traversée de l'électrode négative
Einfüllstutzen — Orifice de remplissage
Obere Abschlussplatte — Plaque de fermeture supérieure
Negative Sammelschiene — Barre omnibus négative
Ringverschweissung — Scellement annulaire

Der hohe Endwert und der grosse Druckunterschied wären aber besonders beim Einsatz an Bord von Satelliten kaum annehmbare Risikofaktoren. Durch Beigabe einer wasserstoffabsorbierenden/-speichernden Legierung — beispielsweise einer Seltenen Erde mit Nickel (LaNi₅) — in der Zelle sowie durch Stabilisierung der Umgebungstemperatur mit passiven und aktiven Mitteln erreicht man einen verhältnismässig niedrigen Druck bei Vollladung und beherrschbare Druckunterschiede. Ein Prototyp dieser neuartigen Batterie befindet sich seit 1976 an Bord eines Versuchssatelliten, den *Figur 13* zeigt. Von der neuen Batterie wird eine Lebensdauer von 10 Jahren bei Einsatz in einem Satelliten erwartet.

7 Bahn- und Lagerregulierung

Entsprechend dem notwendigen Bedienungsbereich hat ein Fernmeldesatellit seinen zugewiesenen Punkt auf der geostationären Umlaufbahn. Dieser Standort ist gemäss Bestimmungen des UIT-Radioreglements mit ver-

densität d'énergie spécifique, la durée de vie et la fiabilité. Cette cellule est le siège de la réaction électrochimique suivante:



La *figure 12* montre une coupe du prototype de cet élément étanche, qui doit être logé dans un récipient sous pression en acier inoxydable. Si l'on ne prenait pas de précaution, la pression gazeuse à l'intérieur du système passerait de 300 kPa à l'état déchargé à environ 3300 kPa à pleine charge. Cette valeur finale élevée et la grande différence de pression seraient des facteurs de risques difficilement acceptables, surtout à bord d'un satellite. Par l'adjonction dans la cellule d'un alliage absorbant et accumulant de l'hydrogène — par exemple un métal du groupe des terres rares associé à du nickel

hältnismässig hoher Genauigkeit einzuhalten, um Störungen mit andern Satellitennetzen zu vermeiden. Andererseits werden mit zunehmender Komplexität der Antennen-Bedeckungsgebiete auf der Erde (Fig. 5 und 6) die noch zulässigen Bordantennen-Richtfehler immer kleiner, was eine entsprechende Lagestabilisierung des Satellitenkörpers erfordert. Dabei ist der Satellit zahlreichen Störfaktoren ausgesetzt:

- Strahlungsdruck der Sonne (24-Stunden-Zyklus)
- wechselnde Gravitationskräfte von Sonne und Mond (Jahres- und Monatszyklus)
- Unregelmässigkeiten in der Masseverteilung und Form der Erde (Masseschwerpunkt der Erde und Zentrum der geostationären Umlaufbahn fallen nicht zusammen)

Es sind deshalb ein Lagebestimmungs- und ein Lage-regulierungssystem erforderlich. Beim Intelsat V sind für die Lagebestimmung im normalen Betriebsmode drei Infrarotsensoren eingebaut, die die Peripherie der Erde abtasten, sowie vier Sonnensensoren.

Aufbau und Wirkungsweise der Dreiaachsenstabilisierung haben sich bereits bei den europäischen Satelliten Symphonie und OTS bewährt; die Komponenten stammen denn auch teilweise von den gleichen Unterlieferanten, so unter anderem die redundanten Drallräder mit zugehöriger Elektronik. Lage- und Bahnregulierungsantrieb erfolgt durch konventionelle katalytische Schubdüsen mit Hydrazin als Treibstoff. Der Treibstoffvorrat ist für den Satelliten lebensdauerbegrenzend. Für spätere Flugmodelle hofft man, die noch nicht voll erprobten elektrothermischen Schubdüsen einsetzen zu können. Durch Erhitzen des Treibgases auf etwa 2200° C vor dem Ausströmen erwartet man eine Schuberrhöhung um ungefähr 30 %, womit eine teilweise Substitution der begrenzt vorhandenen chemischen Energie durch ausreichend verfügbare elektrische Energie stattfindet. Die erwarteten Werte für die Bahn- und Lagestabilität sind:

| | |
|----------------------------|---------|
| | typisch |
| - Bahnregelungsgenauigkeit | 0,1° |
| - Lageregelungsgenauigkeit | |
| Roll- und Nickachse | 0,14° |
| Gierachse | 0,4° |

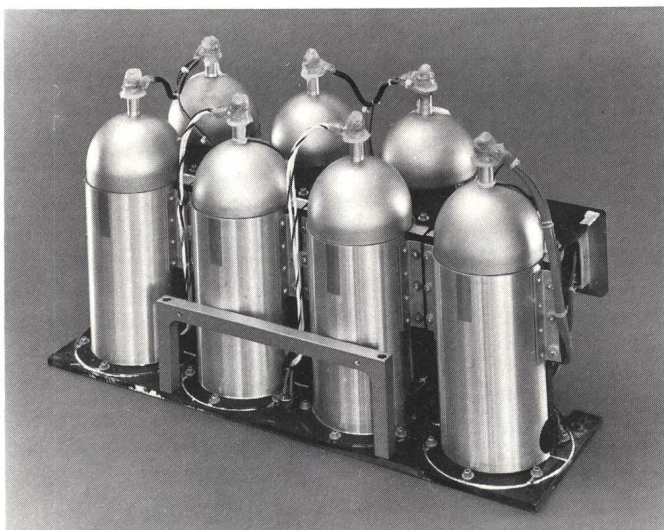


Fig. 13
Nickel/Wasserstoff-Akkumulatorenatterie, wie bei einem Versuchssatelliten eingesetzt — Batterie d'accumulateurs nickel/hydrogène, telle qu'elle est utilisée dans un satellite d'essai

(LaNi 5) — ainsi que par la stabilisation de la température ambiante à l'aide de moyens actifs et passifs, on obtient une pression relativement basse à pleine charge et des différences de pression pouvant être maîtrisées. Un prototype de ce nouvel accumulateur se trouve depuis 1976 à bord d'un satellite d'expérimentation, que montre la figure 13. La durée de vie escomptée d'un tel dispositif en fonction à bord d'un satellite est de 10 ans.

7 Maintien de la position en orbite et de l'attitude

Selon la zone à desservir, un satellite de télécommunications se voit assigner un point fixe sur l'orbite géostationnaire. Les dispositions du règlement des radiocommunications de l'UIT prévoient que cette position doit être maintenue avec une assez grande précision, si l'on veut éviter les perturbations avec d'autres réseaux de satellites. En outre, vu la complexité croissante des régions desservies par les antennes terriennes (fig. 5 et 6), les erreurs de pointage admissibles des antennes de bord deviennent toujours plus petites, ce qui exige une stabilisation poussée de l'attitude du corps du satellite. Or, le satellite est exposé à de nombreux facteurs perturbateurs, à savoir:

- la pression de radiation du soleil (cycle de 24 heures)
- les forces de gravitation variables du soleil et de la lune (cycle annuel et mensuel)
- les irrégularités de répartition de la masse et de la forme de la terre (le centre de gravité de la terre et le centre de l'ellipse géostationnaire ne coïncident pas)

Il est par conséquent nécessaire de prévoir un système de détermination et de maintien de la position du satellite. A cet effet et dans son mode d'exploitation normal, l'Intelsat V est équipé de trois senseurs à infrarouge, qui repèrent la périphérie de la terre, et de quatre capteurs solaires. Le principe et le fonctionnement de la stabilisation selon trois axes ont déjà fait leurs preuves dans les satellites européens Symphonie et OTS; c'est pourquoi les composants proviennent en partie des mêmes sous-traitants, notamment les roues d'inertie redondantes et l'électronique qui leur est associée. Le maintien en orbite et de l'attitude se fait par le système classique de microtuyères de propulsion catalytiques, le carburant étant de l'hydrazine. La provision de carburant limite en fait la durée de vie du satellite. Pour les modèles ultérieurs, on espère pouvoir utiliser des microtuyères de propulsion électrothermiques, qui sont encore actuellement au stade de l'expérimentation. En échauffant le gaz de propulsion à 2200° C avant la phase de poussée, on peut augmenter l'effet de propulsion d'environ 30 %, l'énergie électrique disponible en suffisance pouvant ici être partiellement substituée à l'énergie chimique limitée. Les valeurs escomptées en ce qui concerne la précision de la commande sont:

| | |
|-----------------------------|----------------|
| | Valeur typique |
| - maintien en orbite | 0,1° |
| - maintien de l'attitude | |
| axe de roulis et de tangage | 0,14° |
| axe de lacet | 0,4° |

8 Fernbedienung, Fernüberwachung und Bahnvermessung

Diese dem Betrieb des Satelliten dienenden Ausrüstungen sind in ihrer Funktionsweise wie den Übertragungsparametern der Verbindungen von und nach der Kontrollbodenstation nicht wesentlich verschieden von jenen an Bord der Satelliten Intelsat IV oder IV-A. Da mindestens während eines gewissen Zeitraums nebst dem Intelsat V auch seine beiden Vorgängertypen als Betriebs- oder Reservesatelliten eingesetzt sein werden, muss in wesentlichen Teilbereichen Kompatibilität bestehen. So werden die Fernmessdaten auf zwei redundanten 4-GHz-Trägern (3947,5 MHz, 3952,5 MHz) in digitaler Modulation mit einer Bitrate von 1000 bit/s zur Kontrollbodenstation gesendet. Die Fernsteuerdaten werden auf einem 6-GHz-Träger (Bereich 6168 MHz...6182 MHz) empfangen, wobei jedem Satelliten eine andere Empfangsfrequenz zugeordnet ist. Die ganze Fernsteuer-Empfangsauswerteausrüstung ist voll redundant. Entsprechend dem notwendigen hohen Sicherheitsgrad gegen Fehlschaltungen sowie der geforderten Störfestigkeit wegen ist der Codieraufwand bei den Steuerbefehlstelegrammen beträchtlich und die Übertragungsgeschwindigkeit nur etwa 100 bit/s. In der Zahl der erforderlichen Fernsteuerbefehle widerspiegelt sich auch die wachsende Komplexität der Intelsat-Satelliten.

| | IV | IV-A | V |
|----------------------|-----|------|-----------------------|
| Anzahl Steuerbefehle | 255 | 350 | 750 (1024 möglich) |

9 Temperaturregelung

Die Temperaturregelung im Satelliten wird überwiegend durch konventionelle, passive Techniken erreicht. Einige wenige Komponenten, wie Sensoren und Batterien, werden mit einer elektrischen Heizung versehen. Ohne Temperaturregelung erreicht ein Körper im Welt- raum auf der von der Sonne angestrahlten Oberfläche Temperaturen von +55° C...+85° C, während von der Sonne abgewandte Teile ohne eine Wärmeentwicklung auf -150° C...-200° C abgekühlt werden. Die eingesetzten passiven Massnahmen sind unter anderem:

- Aluminium- oder goldbedampfte Kaptonfolien (Fig. 1 und 3)
- Oberflächen mit kleinem Strahlungswert
- Wärmeisolierter Kasten für Fernmeldeteilelektronik
- Abstrahlflächen mit hoher Emissionsfähigkeit und kleiner Absorption (Quarzgläser) für die Abstrahlung der Senderöhren-Verlustleistung in den Weltraum

Tabelle II. Angestrebte Grenzen der Temperaturschwankungen einiger ausgesuchter Komponenten im Intelsat V

| Komponente/Einheit | Mittlere Tagesschwankung °C | Temperaturzyklen innerhalb Lebensdauer (7 Jahre) |
|------------------------|-----------------------------|--|
| Sensoren | | |
| - Optik | 28 | 2500 |
| - Elektronik | 10 | 2500 |
| Batterien | 5 | 2000 |
| | 20 | 500 |
| 11-GHz-Sendeverstärker | 5 | 2500 |
| Empfänger | 5 | 2500 |
| 4-GHz-Sendeverstärker | 5 | 2000 |
| | 15 | 500 |

8 Télécommande, télésurveillance et orbitométrie

Le fonctionnement de ces équipements, ainsi que les paramètres de transmission des communications transitant par les stations terriennes de contrôle ne diffèrent pas sensiblement de ceux des appareillages de bord des satellites Intelsat IV ou IV-A. Ils doivent de toute façon être compatibles dans les principaux secteurs partiels, étant donné que les deux modèles précédents serviront encore pendant un certain temps d'unités de service ou d'unités de réserve en cas de défaillance d'un Intelsat V. Ainsi, les données de télémessure seront transmises à la station terrienne de contrôle en modulation numérique, à un débit binaire de 100 bit/s, sur deux porteuses redondantes à 4 GHz (3947,5 MHz, 3952,5 MHz). Les données de télécommande sont reçues sur une porteuse à 6 GHz (plage de 6168 MHz...6182 MHz), une autre fréquence de réception étant affectée à chaque satellite. L'équipement de réception et d'analyse des signaux de télécommande est entièrement redondant. Compte tenu du haut degré de sécurité nécessaire pour éviter les commandes erronées et du haut degré de résistance aux perturbations exigé, le code des télégrammes de télécommande est très sophistiqué et la vitesse de transmission est limitée à 100 bit/s. Le nombre des ordres de télécommande nécessaire reflète de ce fait la complexité croissante des satellites Intelsat

| | IV | IV-A | V |
|---------------------------------|-----|------|---------------------------------|
| Nombre d'ordres de télécommande | 255 | 350 | 750 (nombre possible = 1024) |

9 Régulation en température

Ce sont essentiellement des techniques traditionnelles et passives qui assurent la régulation en température du satellite. Un faible nombre d'éléments, tels que des senseurs et des accumulateurs, sont pourvus d'un chauffage électrique. En l'absence d'une régulation en température, la surface d'un engin spatial orienté vers le soleil est portée à +55° C...85° C, cependant que la surface à l'ombre non chauffée est refroidie à -150° C...-200° C. Parmi les mesures passives utilisées, il y a lieu de citer:

- feuilles d'aluminium ou de capton dorées par vaporisation (fig. 1 et 3)
- surfaces à faible coefficient de rayonnement
- isolation thermique du boîtier des ensembles de télécommunication et d'électronique
- surface de rayonnement à haut pouvoir d'émission et à faible absorption (verres quartzes) pour le rayonnement dans l'espace de la puissance dissipée par les tubes d'émission

Le tableau II montre les limites souhaitables des fluctuations de température de certains composants [7].

En service normal, la température de la plupart des composants sensibles aux variations de température et déterminants pour la durée de vie du satellite se situe entre +10° C...+30° C. Cette sollicitation thermique est relativement faible si l'on tient compte des températures spatiales extrêmes, en l'absence de régulation thermique.

Die angestrebten Grenzen für die Temperaturschwankungen einiger ausgesuchter Komponenten sind in *Tabelle II* aufgeführt [7].

Im normalen Betrieb liegt die Temperatur für die meisten temperaturbeeinflussten und lebensdauerbestimmenden Komponenten zwischen +10° C... +30° C. Dies ist eine verhältnismässig niedrige thermische Belastung, wenn man die erwähnten Weltraumextremwerte ohne Regulierung in Betracht zieht.

10 Anpassung der Bodenstationen an den Intelsat V

Die zweifache Ausnützung des 6/4-GHz-Bandpaares durch Einführung orthogonaler Doppelpolarisation stellt an die Bodenstations-Antennensysteme erhöhte Anforderungen. Die Elliptizität des zirkularpolarisierten 6-GHz-Sendesignals durfte bisher einen Wert von 1,40 erreichen. Um die systemmässig zulässige Interferenz durch die Träger der gegenläufigen Polarisation nicht zu überschreiten, sind durch Intelsat folgende oberen Grenzen für die Bodenstationsantenne festgelegt worden (unbewölkter Himmel):

| | Achsenverhältnis | Entsprechende Polarisationsisolation |
|--------------------|------------------|--------------------------------------|
| umgebaute Antennen | maximal 1,09 | minimal 27 dB |
| neue Antennen | maximal 1,06 | minimal 30 dB |

Die überwiegende Zahl der Antennen — mit Ausnahme von wenigen Stationen, die sich ausserhalb der Hemisphärenbedeckungsbereiche befinden — muss entsprechend umgebaut werden. Im einfachsten Fall ist nur ein Teil des Erregersystems auszuwechseln. Bei verhältnismässig alten Antennen ist teilweise die Form des Hauptparabolreflektors neu abzugleichen und der Hilfsreflektor zu ersetzen; die meisten grossen Bodenstationsantennen sind nach dem Prinzip von *Cassegrain* gebaut.

Befindet sich eine 6/4-GHz-Antenne sowohl im Hemisphären- als auch im Zonen-Bedeckungsbereich, so besteht in den meisten Fällen die Notwendigkeit, auf beiden Polarisierungen senden und empfangen zu können. Dies erfordert entsprechende Umbauten in den folgenden Subsystemen bestehender Stationen:

- Hochleistungssender
- rauscharme Empfänger (meistens Ersatz)
- Sende- und empfangsseitige Modulationsaufbereitung
- Redundanz-Umschaltautomatiken und zugehörige Zustandsanzeigen

Nach den bisherigen Erfahrungen muss ein Antennensystem dieser Umbauten wegen für eine Dauer von mindestens etwa zwei Wochen bis einige Monate stillgelegt werden. Das neue Antennensystem Leuk 2 wurde bereits gemäss den Anforderungen von Intelsat V gebaut und wird während des Umbaus von Leuk 1 den ganzen Verkehr übernehmen. Nach der Anpassung von Leuk 1 werden die Stromkreise der Schweiz in der Region Atlantischer Ozean auf beide Anlagen verteilt.

Tableau II. Limites escomptées des fluctuations de température de quelques composants choisis d'Intelsat V

| Composants/unités | Fluctuation journalière moyenne (°C) | Cycles de température pendant la durée de vie (7 ans) |
|------------------------------------|--------------------------------------|---|
| Senseurs | | |
| – optique | 28 | 2500 |
| – électronique | 10 | 2500 |
| Batteries | 5 | 2500 |
| | 20 | 500 |
| Amplificateurs d'émission à 11 GHz | 5 | 2500 |
| Récepteurs | 5 | 2500 |
| Amplificateurs d'émission à 4 GHz | 5 | 2000 |
| | 15 | 500 |

10 Adaptation des stations terriennes à Intelsat V

La réutilisation de la paire de bandes de 6/4 GHz par la mise en œuvre de la polarisation orthogonale double rend plus sévères les exigences auxquelles les systèmes d'antennes des stations terriennes doivent répondre. L'ellipticité des signaux d'émission à 6 GHz à polarisation circulaire pouvait atteindre jusqu'ici une valeur de 1,40. Pour éviter que les interférences entre les porteuses à polarisation opposée ne dépassent les valeurs admises dans ce système, Intelsat a fixé les limites supérieures suivantes pour les antennes des stations terriennes (par ciel dégagé):

| | Rapport axial | Isolation de polarisation correspondante |
|--------------------|-----------------|--|
| antennes modifiées | 1,09 au maximum | 27 dB au minimum |
| nouvelles antennes | 1,06 au maximum | 30 dB au minimum |

La plupart des antennes — à l'exception de quelques stations situées à l'extérieur de la zone de couverture hémisphérique — ont dû être modifiées en conséquence. Dans le cas le plus simple, il a suffi de changer une partie de la source primaire. Pour les antennes relativement anciennes, il est nécessaire de réajuster en partie la forme du réflecteur parabolique principal et de remplacer le réflecteur secondaire; la plupart des grandes antennes de stations terriennes sont construites selon le principe de *Cassegrain*.

Si une antenne 6/4 GHz est située aussi bien dans un secteur desservi «zone» que «semi-global», il est généralement nécessaire de pouvoir émettre et capter selon les deux modes de polarisation. Cela exige une adaptation dans les sous-systèmes suivants des stations existantes:

- émetteur à grande puissance
- récepteur à faible bruit (en général remplacement)
- conditionnement de la modulation côté émission et côté réception
- dispositif automatique de commutation de redondance et affichages des états

Au vu des expériences faites jusqu'ici, un système d'antenne devant être modifié doit être mis hors service pour une durée allant d'au moins deux semaines à quelques mois. Le nouveau système d'antenne Loèche 2 a déjà été construit selon les exigences d'Intelsat V et a

11 Schlussfolgerungen

Während der Jahre 1981 bis 1986 wird sich der grösste Teil des interkontinentalen Fernmeldesatellitenverkehrs über die Intelsat V abwickeln. Um die doppelte Übertragungskapazität gegenüber dem bisherigen Typ IV-A zu erreichen, wird einerseits das schon bis anhin benützte Frequenzbandpaar 6/4 GHz in Doppelpolarisation ausgenutzt und andererseits das Band 14/11 GHz erschlossen. Bestehende Bodenstationen müssen deshalb grösstenteils umgebaut und neue Stationen für das Bandpaar 14/11 GHz erstellt werden. Der Fernmeldesatellit Intelsat V ist zweifellos gegenwärtig der komplexeste und leistungsfähigste Vertreter für zivile Anwendungen.

Der Markt für Satelliten-Abschussdienste befindet sich im Umbruch: In den USA sollen künftig die konventionellen Trägerraketen durch die wiederverwendbare Raumfähre abgelöst werden, und in Europa ist durch den Bau und den ersten erfolgreichen Abschuss der Ariane-Trägerrakete eine glaubwürdige Konkurrenz entstanden. Deshalb wird der Intelsat V so gebaut, dass er mit den drei verschiedenen Systemen abgeschossen werden kann. Es ist vorgesehen, alle drei Abschussysteme einzusetzen.

Intelsat V ist das Ergebnis einer internationalen Zusammenarbeit von Unternehmen der Raumfahrtindustrie, die auf drei Kontinente zerstreut sind. Bei der Entwicklung und dem Bau dieses technologischen Spitzenprodukts werden deshalb auch aussergewöhnliche Anforderungen an die Organisation gestellt.

Bibliographie

- [1] Ragan G. L. Microwave Transmission Circuits. New York, MIT Laboratory Series 9 (1948), p. 673...677.
- [2] Chen M. H., Assal F. and Mahle C. A. Contiguous Band Multiplexer. Washington DC, Comsat Technical Review 6 (1976) 2, p. 285...306.
- [3] Rusch R. J. and Dwyre D. G. «Intelsat V spacecraft design». New York, Acta Astronautica 5 (1978), p. 173...188.
- [4] Fuenzalida J. C., Rivalan P. and Weiss H. J. «Summary of the Intelsat V Communications Performance Specifications». Washington DC, Comsat Technical Review 7 (1977) 1, p. 311...326.
- [5] Keane L. M. and Martin E. J. «Marisat, Gapfiller for Navy Satellite Communications». Falls Church VA, Signal, November/December 1974, p. 7...12. ▶

repris l'ensemble du trafic pendant la modification de Loèche 1. Une fois ce travail achevé, les circuits de la région atlantique furent répartis sur les deux installations.

11 Conclusions

De 1981 à 1986, la majeure partie du trafic intercontinental par satellites de télécommunication sera écoulee au moyen des engins spatiaux Intelsat V. Pour atteindre une capacité de transmission double par rapport au modèle IV-A, on appliquera la polarisation double sur la paire de bandes de fréquences utilisées jusqu'ici (6/4 GHz) et on étendra l'exploitation à la bande 14/11 GHz. C'est la raison pour laquelle la plupart des stations terriennes existantes ont dû être modifiées et de nouvelles antennes opérant à 14/11 GHz ont dû être construites. Le satellite de télécommunication Intelsat V est sans doute actuellement le représentant le plus complexe et le plus performant des satellites utilisés pour des applications civiles.

Le marché des services de mise en orbite (lanceurs) est en pleine évolution: le programme américain prévoit la mise au point d'un système de mise en orbite utilisant des lanceurs récupérables (navettes spatiales) qui remplaceront les fusées habituelles. La crédibilité d'une concurrence européenne dans ce domaine s'est renforcée depuis la construction et le lancement couronné de succès de la fusée Ariane. De ce fait, Intelsat V est construit de manière qu'il puisse être lancé par les trois systèmes connus. Il est prévu de les utiliser tous les trois.

Intelsat V est le fruit d'une coopération internationale d'entreprises aérospatiales implantées sur trois continents. Développer et construire un tel ensemble technologique de pointe posent à l'organisation des exigences hors du commun.

- [6] Earl M. W. and Dunlop J. D. «Chemical storage of hydrogen in Ni/H₂ cells». Washington DC, Comsat Technical Review 3 (1973) 2, p. 437...441.
- [7] Earth Sensor Automatic Thermal Control. Washington DC, Intelsat-Document BG-40-25/30 October 1979.