

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: 51 (1973)

Heft: 7

Artikel: Die künftige schweizerische Satelliten-Bodenstation = La future station terrienne suisse pour satellites

Autor: Breu, Pius / Scherrer, Kurt

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-875301>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 27.05.2025

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

Die künftige schweizerische Satelliten-Bodenstation

La future station terrienne suisse pour satellites

Pius BREU und Kurt SCHERRER, Bern

621.396.71(494); 621.396.934; 629.783

Zusammenfassung. Im Mai 1972 wurde zwischen der Nippon Electric Company (NEC) und den PTT-Betrieben ein Vertrag über die Lieferung der Antenne und der übrigen radioelektrischen Ausrüstungen für die Satelliten-Bodenstation Leuk VS abgeschlossen. Der erste Spatenstich erfolgte Ende Juni 1972. Die fernmeldetechnischen Ausrüstungen werden im Sommer/Herbst 1973 montiert. Die Anlage soll Ende 1973 den Betrieb aufnehmen können. Eine grössere Zahl schweizerischer sowie ausländischer Firmen ist mit der Lieferung von technischem Material für dieses Projekt beauftragt. Der vorliegende Artikel ist eine allgemeine Orientierung über generelle Aspekte dieses Projekts sowie über Planungsziele und besondere Merkmale der technischen Ausrüstungen.

Résumé. En mai 1972, l'Entreprise des PTT a passé un contrat avec la Nippon Electric Company (NEC) portant sur la fourniture de l'antenne et des autres équipements radioélectriques de la station terrienne pour satellites de Loèche VS. Le premier coup de pioche a été donné à fin juin 1972. Les équipements techniques de télécommunication seront installés durant la période allant de l'été à l'automne 1973. La station sera mise en service à fin 1973. Un grand nombre de firmes suisses et étrangères fourniront le matériel technique nécessaire à la réalisation du projet. Le présent article renseigne sur les aspects généraux de l'aménagement, précise les objectifs visés et définit les caractéristiques des équipements techniques.

La futura stazione terrestre svizzera

Riassunto. Nel maggio del 1972 è stato concluso tra la Nippon Electric Company (NEC) e l'Azienda delle PTT un contratto che prevede la fornitura dell'antenna e degli equipaggiamenti radioelettrici per la stazione terrestre per satelliti di Leuk VS. Il primo colpo di pala ebbe luogo alla fine di giugno 1972. Gli equipaggiamenti tecnici delle telecomunicazioni saranno installati durante l'estate e l'autunno 1973. L'inaugurazione dell'impianto è prevista per la fine 1973. Un numero importante di ditte svizzere e straniere dovranno fornire del materiale tecnico per questo progetto. Il presente articolo informa in carattere generale sui problemi inerenti al presente progetto come pure sulla futura meta della pianificazione e sugli aspetti peculiari degli equipaggiamenti tecnici.

1. Prinzip der Satelliten-Übertragung

Überbrückt in einem Fernmeldesystem das Informationssignal grosse Entfernungen mit Radiowellen, so sind der unterwegs auftretenden Dämpfung wegen grosse Sendeleistungen und Empfänger hoher Empfindlichkeit nötig. Geschieht die Übertragung infolge grosser Informationsmenge im Mikrowellengebiet, müssen, aufgrund der geradlinigen Ausbreitung dieser Wellen, in der Regel Umlenkungen vorgenommen werden. Dabei strahlt zum Beispiel eine Antenne das durch eine andere Antenne aufgefangene Signal wieder ab, jedoch in eine neue Richtung. Eine solche Umlenkstation wird als aktives Relais bezeichnet, wenn zwischen der Empfangs- und Sendeantenne das Signal verstärkt wird. Fernmeldesatelliten sind aktive Radiorelaisstationen im erdnahen Weltraum.

Das Prinzip ist einfach: mit seiner Empfangsantenne fängt der Satellit das von einer Bodenstation kommende Signal auf, verarbeitet und strahlt es verstärkt über eine Sendeantenne zu einer zweiten Satelliten-Bodenstation. Da der Satellit gleichzeitig von der zweiten Bodenstation Signale empfangen und sie zur ersten Station weitersenden kann, ist die für Telephonie benötigte Zweiwegverbindung gewährleistet. Korrespondierende Bodenstationen vermitteln in der Regel interkontinentale Verbindungen.

Satelliten erlauben von klimatischen und ionosphärischen Bedingungen weitgehend unabhängige Verbindungen herzustellen. Tatsächlich haben erst spezielle, nämlich geostationäre Satelliten ein neues Kapitel modernster Kommunikationstechnik eröffnet, weil sie während 24 Stunden im Tag Übertragungen erlauben, und dies aus folgenden Gründen:

1. Principe de la transmission par satellites

Si, dans un système de télécommunication, les ondes radioélectriques porteuses du signal d'information doivent franchir de grandes distances, il est indispensable de recourir à de fortes puissances d'émission et à des récepteurs à haute sensibilité pour parer à l'affaiblissement qui se produit en chemin. Lorsque ces transmissions doivent véhiculer un important volume d'informations et qu'il est nécessaire, pour cela, de se servir des micro-ondes, on doit généralement prévoir des relais, compte tenu de la propagation rectiligne de celles-ci. Dans ce procédé, une antenne rayonne à nouveau un signal qu'une autre a reçu. Une telle station de déflexion se nomme relais actif, si le signal est amplifié entre l'antenne de réception et celle de réémission. Les satellites de télécommunication sont des relais radioélectriques actifs gravitant dans l'espace voisin de la terre.

Le principe en est simple: l'antenne réceptrice du satellite capte le signal d'une station terrienne, le traite et le réémet, après l'avoir amplifié, par le moyen d'une autre antenne en direction d'une deuxième station terrienne pour satellites. Vu que le satellite reçoit en même temps les signaux de la deuxième station terrienne et les rayonne à destination de la première, la communication à deux voies nécessaire en téléphonie est assurée. En règle générale, les stations terriennes correspondantes écoulent un trafic intercontinental.

Les satellites permettent d'établir des liaisons qui sont dans une large mesure indépendantes des conditions climatiques et ionosphériques. En fait, il fallut attendre la création d'un nouveau type de satellite, dit géostationnaire, avant d'inaugurer l'une des techniques les plus modernes

Die Umlaufzeit T eines Satelliten ist grundsätzlich nur abhängig vom Durchmesser seiner Umlaufbahn um die Erde. Für Kreisbahnen gilt

$$T = 2\pi \frac{R^3}{G \cdot E} \text{ mit } \begin{array}{l} G = \text{Gravitationskonstante} \\ E = \text{Erdmasse} \quad R = \text{Bahnradius} \end{array}$$

In 300 km Höhe beträgt T etwa 90 min, in 435 000 km einen Monat (Mond!); 24 Stunden dauert ein Umlauf in einer Höhe von 35 866 km. Wird ein Satellit in diese Höhe eingeschossen, und zwar von West nach Ost, und liegt die Flugbahn dazu noch in der Äquatorebene, dann fliegt der Satellit um die Erdachse gleich wie sich die Erde dreht, das heisst, von der Erde aus gesehen steht er still, er ist geostationär. Er befindet sich dann immer über dem gleichen Horizont und erlaubt unterbrochene Verbindung.

Der erste geostationäre Kommunikations-Satellit war der am 6. April 1965 gestartete «Early Bird», in der Terminologie der Intelsat-Organisation Intelsat I. Dieser 38,5 kg schwere, zylindrische Satellit von 71 cm Durchmesser und 58 cm Höhe trägt an seiner Oberfläche 45 Watt erzeugende 6000 Solarzellen. Damit wurde ein aus Empfänger, Verstärker und Sender bestehender Transponder gespeist, der entweder ein Fernsehprogramm oder gleichzeitig 240 Telefonverbindungen (in beiden Richtungen je 240 Kanäle) übertragen kann. Early Bird wurde am 13. August 1969 aus dem Dienst genommen, weil seine Brennstoffvorräte zur Lagestabilisierung erschöpft waren.

Zu jener Zeit war neben der zweiten auch schon die dritte Generation Intelsat-Satelliten im Einsatz. Intelsat II F-2 (Abschuss Nr. 2) kam am 27. Januar 1967 über dem Atlantik in Betrieb. Er hat bei 162 kg Gewicht einen Durchmesser von 142 cm und eine Höhe von 67 cm. Wie Early Bird übertrug er 240 Telefonverbindungen oder 1 Fernsehkanal, allerdings mit verbesserter Qualität. Der gesteigerte Stromverbrauch wurde durch 12 756 Solarzellen gedeckt.

Intelsat III F-2 wurde am 18. Dezember 1968 gestartet, und schon sechs Tage nach Abschuss nahm er den Betrieb mit seinen durch 10 000 Solarzellen versorgten 4 Transpondern auf. Bei 142 cm Durchmesser und 104 cm Höhe wog er 287 kg und konnte entweder 4 Fernsehprogramme oder 1200 Telefonverbindungen übertragen.

Die schweizerische Satelliten-Bodenstation Leuk im Kanton Wallis ist für Satelliten der vierten Generation eingerichtet, von denen 4 im Umlauf sind. Die Schweiz wird über Intelsat IV F-2 arbeiten. Dieser Satellit ist am 25. Januar 1971 abgeschossen worden und nahm seinen Dienst am 26. März 1971 auf 24,5° westlicher Länge über dem Atlantik auf. Mit 720 kg Gewicht, bei 230 cm Durchmesser und 528 cm Höhe enthält er 12 Transponder, von denen jeder bei einer Arbeitsbandbreite von 36 MHz mit Frequenzmodulation ein Basisband überträgt, das entweder dem Videosignal einer Fernsehsendung oder, je nach Satellitenantenne, 972 oder 1872 Telefonkanälen entspricht. Bei einer Transponder-

des télécommunications, qui permet de transmettre des signaux durant 24 heures par jour pour les raisons suivantes:

En principe, la période de révolution T d'un satellite ne dépend que du diamètre de son orbite autour de la terre. La formule suivante s'applique aux orbites circulaires:

$$T = 2\pi \frac{R^3}{G \cdot E} \text{ où } \begin{array}{l} G = \text{constante de gravitation} \\ E = \text{masse de la terre} \\ R = \text{rayon de l'orbite} \end{array}$$

A 300 km d'altitude, T s'élève à quelque 90 min, à 435 000 km la période de révolution est d'un mois (lune); elle dure 24 heures à une altitude de 35 866 km.

Si un satellite est placé sur orbite à cette hauteur et s'il est lancé de l'ouest vers l'est, de telle manière que sa trajectoire soit dans le plan équatorial, le satellite tourne autour de l'axe terrestre comme la terre tourne autour de ce même axe et paraît immobile par rapport à celle-ci: il est géostationnaire. En ce cas, il apparaît toujours au même point sur l'horizon et permet d'établir des liaisons ininterrompues. «Early Bird», le premier satellite de télécommunication géostationnaire, fut lancé le premier avril 1965 et porte le nom d'Intelsat I dans la terminologie du consortium Intelsat. Cet engin spatial ayant la forme d'un cylindre de 71 cm de diamètre et de 58 de hauteur pesait 38,5 kg; il était doté à sa périphérie de 6000 cellules solaires fournissant une puissance de 45 watts. Cette énergie alimentait un dispositif de réponse (transpondeur), formé de modules de réception, d'amplification et d'émission, capable de transmettre soit un programme de télévision, soit 240 communications téléphoniques simultanées (240 voies dans chacune des deux directions). Early Bird fut mis hors service le 13 août 1969, parce que les provisions de carburant servant à stabiliser sa position étaient épuisées.

A cette époque, la troisième génération des satellites Intelsat était déjà en service parallèlement à la deuxième. Intelsat II F-2 (lancement N° 2) entra en service au-dessus de l'Atlantique le 27 janvier 1967. Pesant 162 kg, l'engin cylindrique avait un diamètre de 142 cm et une hauteur de 67 cm. Comme Early Bird, Intelsat II relayait 240 communications téléphoniques ou 1 canal de télévision, la qualité de transmission ayant toutefois été améliorée; la consommation accrue d'énergie était couverte par 12 756 cellules solaires.

Intelsat III F-2 fut lancé le 18 décembre 1968 et entra en activité déjà six jours plus tard. Cet engin de 142 cm de diamètre et de 104 cm de hauteur pesait 287 kg et abritait 4 transpondeurs alimentés par 10 000 cellules solaires. Ce système de télécommunication était capable de retransmettre 4 programmes de télévision ou 1200 communications téléphoniques.

La station terrienne suisse pour satellites de Loèche dans le canton du Valais permet l'accès aux satellites de la quatrième génération dont quatre sont actuellement sur

ausgangsleistung von 4 Watt nominell können bis 972 Kanäle mit der Globalantenne (17° Öffnungswinkel) oder bis 1872 Kanäle mit der $4,5^\circ$ -Regionalantenne übertragen werden. Von der Wahl der Bordantenne hängt es also ab, wieviel Gespräche Intelsat IV vermittelt. Im Maximum wird er gleichzeitig ein TV-Programm und rund 7500 Kanäle übertragen können.

Obwohl die durch Solarzellen erzeugte Leistung beim Intelsat IV fast 11mal grösser ist als bei Early Bird, ist die Ausgangsleistung eines Transponders nach wie vor beschränkt und die je Telephonkanal auf der Erde aufgefangene Leistung ungeheuer klein ($\sim 1 \cdot 10^{-12}$ Watt). Derart schwache Signale können auf der Erde leicht gestört werden.

2. Wahl des Standortes

In einem dichtbesiedelten, stark industrialisierten Land wie der Schweiz bietet die Wahl des Standortes einer Bodenstation einige Schwierigkeiten. Wesentliche Anforderungen sind:

1. Eine gute Horizontfreiheit soll den Zugang zu möglichst vielen geostationären Satelliten gewährleisten.
2. Bereits vorhandene oder vorgesehene terrestrische Dienste des In- und Auslandes dürfen das hochempfindliche Empfangssystem der Bodenstation nicht stören.
3. Zur Vermeidung elektrischer Störungen muss die Einhaltung eines genügenden Abstandes zu industriellen Anlagen, Hochspannungsleitungen und Eisenbahnen garantiert sein.
4. Genügend Landreserven sollen den späteren Ausbau der Station erlauben.
5. Die örtlichen meteorologischen und geologischen Verhältnisse und die Erschliessungsbedingungen dürfen nicht zu unverhältnismässig hohen Bau- und Betriebskosten führen.
6. Die Verbindung zwischen Satellit und Bodenstation darf nicht durch eine Luftstrasse gehen, das heisst durch Flugzeuge beeinträchtigt werden.

Im Prinzip erfüllt ein Ost-West-Tal in den Alpen alle radioelektrischen Bedingungen, weil dann die Horizontfreiheit in der Richtung von Satelliten im Osten oder Westen gewährleistet ist und die Berge in südlicher und nördlicher Richtung die gewünschte Abschirmung vor allfälligen Störquellen bieten (Fig. 1).

Wenn noch wenig Besiedlung, guter Boden und verhältnismässig einfache Erschliessung hinzukommt und Flugzeugstörungen nicht ins Gewicht fallen, sind alle Bedingungen erfüllt. Von den über 20 untersuchten Standorten in der Schweiz hat sich jener von Brentjong ob Leuk-Stadt als allen andern überlegen gezeigt. Zusammen mit seinen klimatischen Vorteilen ist er nicht zu überbieten. Bei der

orbite. La Suisse opérera par l'intermédiaire d'Intelsat IV F-2. Ce satellite a été lancé le 25 janvier 1971 et placé sur orbite à $24,5^\circ$ de longitude ouest au-dessus de l'Atlantique où il a été mis en service le 26 mars 1971. L'engin d'un poids de 720 kg a 230 cm de diamètre et 528 cm de hauteur; il abrite 12 transpondeurs dont chacun transmet une bande de 36 MHz de largeur, modulée en fréquence, correspondant, suivant l'antenne du satellite, soit au signal vidéo d'une émission de télévision, soit à 972 ou 1872 voies de téléphonie. A 4 watts de puissance de sortie nominale, les transpondeurs peuvent retransmettre 972 voies au maximum avec l'antenne globale (angle d'ouverture 17°) ou 1872 voies avec l'antenne régionale à $4,5^\circ$. Le nombre de communications retransmises par Intelsat IV dépend donc de l'antenne de bord choisie. La capacité de transmission maximale est limitée à un programme de télévision et quelque 7500 voies téléphoniques simultanément.

Bien que les cellules solaires d'Intelsat IV fournissent une puissance onze fois supérieure à celles d'Early Bird, la puissance de sortie d'un transpondeur demeure limitée, et la puissance des signaux reçus à la station terrienne, pour chaque voie de téléphonie, est incroyablement faible ($\sim 1 \cdot 10^{-12}$ watt). A leur arrivée sur terre, des signaux si faibles sont susceptibles d'être facilement perturbés.

2. Choix de l'emplacement

Dans un pays tel que la Suisse, où la densité de la population est très forte et l'industrialisation poussée, le choix de l'emplacement d'une station terrienne crée un certain nombre de difficultés. Etaient imposées les principales conditions suivantes:

1. Dégagement horizontal suffisant pour assurer l'accès à un nombre aussi élevé que possible de satellites géostationnaires.
2. Protection du système de réception à haute sensibilité contre les influences perturbatrices dues à des services terrestres suisses et étrangers existants ou planifiés.
3. Eloignement suffisant des installations industrielles, des lignes à haute tension et des chemins de fer, en vue d'éviter les perturbations électriques.
4. Réserves de terrain suffisantes permettant l'agrandissement ultérieur de la station.
5. Maintien dans des limites raisonnables des frais de construction et d'exploitation, compte tenu des impératifs de l'aménagement et des conditions météorologiques et géologiques locales.
6. Emplacement sis à l'écart des voies aériennes, permettant d'éviter que la liaison entre le satellite et la station terrienne ne soit interceptée et, partant, perturbée par le vol d'aéronefs.

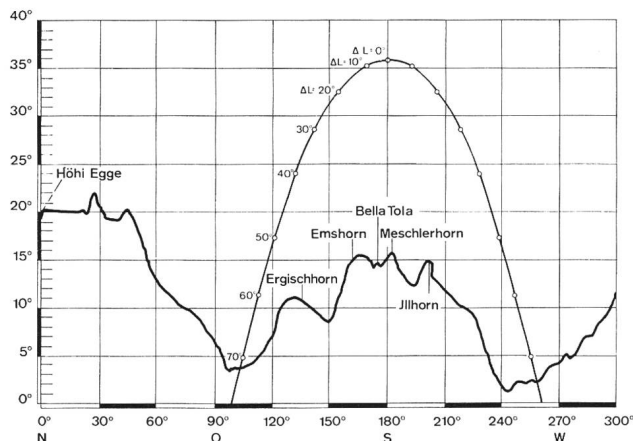


Fig. 1
Rundhorizont für Leuk-Brentjong – Horizon circulaire à Loèche-Brentjong

zur Zeit angewandten Technik ist ein besserer Standort kaum denkbar.

3. Stationsgestaltung

Satelliten-Bodenstationen sind Mikrowellenstationen. Sie bestehen im wesentlichen in der elektronischen Ausrüstung und einer die Radiowellen stark bündelnden, parabolischen, schwenkbar montierten Spiegelantenne von 30 m Durchmesser.

Daraus ergibt sich die Alternative:

- Der Antennensockel enthält die Ausrüstung der ganzen Station.
- Die Ausrüstung ist in einem getrennten Betriebsgebäude untergebracht.

Für Leuk wurde die zweite Variante aus folgenden Überlegungen gewählt:

- Irgend einmal ist die erste Antenne mit ihrer Ausrüstung veraltet und muss ersetzt werden. Spätestens in diesem Zeitpunkt hat die zweite Antenne bereitzustehen, um den Verkehr der ersten zu übernehmen. Dazu ist die Betriebsaufnahme einer dritten Antenne zu erwarten, eine vierte dürfte jedoch kaum wahrscheinlich sein.
- Dasselbe Personal kann eine oder mehrere Antennen betreiben. Die erste Antenne wird eine verhältnismässig starke Belegschaft benötigen, während bei zusätzlichen Antennen das Personal kaum zahlreicher wird.
- Für den reibungslosen Ablauf des Betriebes ist es erwünscht, ein Minimum an Ausrüstungen in den verschiedenen Antennen zu haben und den grössten Teil in einem gemeinsamen Betriebsgebäude zu konzentrieren. So

En principe, une vallée des Alpes ouverte de l'est à l'ouest satisfait à toutes les conditions radioélectriques, car son horizon est libre en direction des satellites gravitant à l'est ou à l'ouest et l'écran naturel que constituent les montagnes au nord et au sud protège efficacement contre d'éventuelles perturbations (fig. 1).

Si, de plus, la densité de population est faible, la nature du sol satisfaisante, l'accès facile et l'influence due au trafic aérien négligeable, toutes les conditions sont remplies. Parmi les 20 emplacements examinés en Suisse, celui de Brentjong situé au-dessus de Loèche-la-Ville s'est révélé meilleur que tous les autres. Si l'on tient encore compte des conditions climatiques, on peut affirmer qu'il n'y a guère mieux et que cette solution représente un optimum, compte tenu de la technique utilisée aujourd'hui.

3. Aménagement de la station

Les stations terriennes pour satellites mettent à profit la technique des micro-ondes. Elles consistent essentiellement en un équipement électrique et une antenne parabolique orientable de 30 m de diamètre qui focalise les ondes radioélectriques en un faisceau très concentré.

Deux solutions peuvent être envisagées:

- abriter l'ensemble des équipements de la station dans le socle de l'antenne;
- loger les équipements dans un complexe d'exploitation séparé.

Pour Loèche, on a choisi la deuxième variante, compte tenu des considérations suivantes:

- Un jour ou l'autre, l'antenne de la première génération et ses équipements seront dépassés et devront être remplacés. Au plus tard à cette époque, l'antenne qui lui succédera devra être prête afin de reprendre le trafic de la première. En plus, il faudra prévoir la mise en service d'une troisième antenne, celle d'une quatrième restant peu probable.
- Le même personnel peut assurer le service d'une ou de plusieurs antennes. La première antenne exigera les soins d'une équipe assez importante dont l'effectif pourra rester sensiblement égal pour le service d'antennes supplémentaires.
- Pour que le service se déroule sans heurts, il est désirable de concentrer le moins possible d'équipements dans les diverses antennes et d'en loger la plus grande partie dans un bâtiment d'exploitation commun. De cette manière, on évite dans une large mesure de disperser le personnel qui peut surveiller et télécommander toute la station et plusieurs antennes à partir d'un local de contrôle centralisé. En plus d'autres inconvénients, la solution a) entraînerait l'augmentation de l'effectif du personnel proportionnellement au nombre des antennes.

kann die Aufsplitterung des Personals weitgehend vermieden und die ganze Station mit mehreren Antennen von einem gemeinsamen Kontrollraum aus überwacht und gesteuert werden. Mit der Anordnung a) würde, neben andern Nachteilen, das Stationspersonal beinahe proportional zur Zahl der Antennen wachsen.

Mehr Schwierigkeiten bereitete ein anderer Aspekt: das Betriebsgebäude ist für 3 Antennen geplant worden. Dazu musste zuerst untersucht werden, wieviele Antennen das Stationsgelände im Maximum ohne gegenseitige Beeinträchtigung aufnehmen kann.

In Brentjong kann der Zugang einer Antenne zur geostationären Satelliten-Umlaufbahn, ohne Behinderung durch andere Antennen, für deren insgesamt 4 erreicht werden. Dazu lassen sich noch 2 kleinere Antennen mit begrenztem Zugang aufstellen. Der Standort hat somit eine Kapazität für maximal 6 Antennen. Es galt die genauen Positionen dieser möglichen Antennen festzulegen, bevor der Bau der ersten begann. Nur durch dieses Vorgehen war zu vermeiden, dass eine ungünstig gewählte Lage der ersten Antenne, mögliche Beeinträchtigungen beim Bau einer der theoretisch möglichen 5 andern Antennen zur Folge haben könnte.

4. Das Betriebsgebäude

Vom Betriebsgebäude wird verlangt:

1. kurze Bauzeit
2. erweiterungsfähiger Aufbau
3. betriebsfreundliche Anordnung
4. der Landschaft angepasst
5. als ästhetisches Gegenstück zur Antenne wirkend

Die Dringlichkeit ergab sich daraus, dass der von Leuk benutzte Satellit vom Frühling 1971 an bereits benutzbar war. Der Termin für die Betriebsaufnahme der Satelliten-Bodenstation wurde durch die Erschliessungs- und Bauarbeiten nicht verzögert, obwohl während des Entwurfes der Stationsanlage definitive Pflichtenheftangaben noch fehlten. Häufig waren Bedürfnisse abzuschätzen, als der Lieferant der nachrichtentechnischen Ausrüstung noch nicht bekannt war. Trotzdem traten keine Pannen ein, und die reine Bauzeit von einem Jahr, gerechnet vom Aushubanfang bis zum Montagebeginn der technischen Anlagen, zeugt bei der Komplexität der Aufgabe und deren fortschrittlichen Lösung von einer straffen Unternehmungsführung und vom wirkungsvollen Einsatz modernster Bauelemente.

Das Stationsgelände verlangte den Bau einer Zufahrtsstrasse von etwa 200 m Länge und die Planierung von 5000 m² Boden für die Antenne und den Gebäudevorplatz;

Un autre aspect du problème créa des difficultés plus grandes encore: le bâtiment d'exploitation peut, selon les plans, abriter les équipements de trois antennes. Tout d'abord, il fallut étudier combien d'antennes au maximum pouvaient être placées sur le terrain de la station sans influences réciproques nuisibles. A Brentjong, on peut placer jusqu'à 4 antennes sans qu'elles se gênent mutuellement en ce qui concerne l'accès aux satellites. En outre, on peut encore installer deux antennes plus petites à accès limité. L'emplacement permet donc d'établir 6 antennes au maximum. Il était nécessaire de déterminer leur position exacte avant d'entreprendre la construction de la première. Seule cette méthode permettait d'éviter qu'un emplacement mal choisi de la première antenne n'entraîne des influences réciproques nuisibles entre les cinq antennes dont la construction est théoriquement possible.

4. Le bâtiment d'exploitation

Le bâtiment d'exploitation doit répondre aux conditions suivantes:

1. durée de construction réduite
2. structure susceptible d'être agrandie
3. bonne accessibilité de tous les organes en vue de l'exploitation
4. aménagement en harmonie avec le paysage
5. complément esthétique de l'antenne

Le caractère d'urgence découlait du fait que le satellite accessible à partir de Loèche pouvait déjà être utilisé dès le printemps de 1971. Le délai de mise en service de la station terrienne pour satellites n'a pas été prolongé par les travaux d'aménagement et de construction, bien que les cahiers des charges définitifs des équipements de la station manquaient encore au stade du projet. Il fut souvent nécessaire d'évaluer les besoins, alors que le fournisseur des installations de télécommunication était encore inconnu. Malgré cela, les travaux progressèrent sans accroc et la durée de construction nette d'un année, à compter de la mise en chantier jusqu'au début du montage des équipements techniques, témoigne de la bonne conduite des travaux et de l'emploi efficace d'éléments de construction les plus récents. Seules des solutions modernes ont permis de venir à bout de cette tâche complexe.

L'emplacement de la station exige la construction d'une route d'accès d'une longueur de 200 m et le nivellement de 5000 m² de terrain servant à recevoir le socle d'antenne et l'esplanade du bâtiment; en tout, il fallut déplacer 50 000 m³ de terre (Fig. 2). Une installation de pompage particulière assure la distribution et l'accumulation dans un réservoir situé 250 m au-dessus de la station, de l'eau destinée à la consommation et à la lutte contre l'incendie.

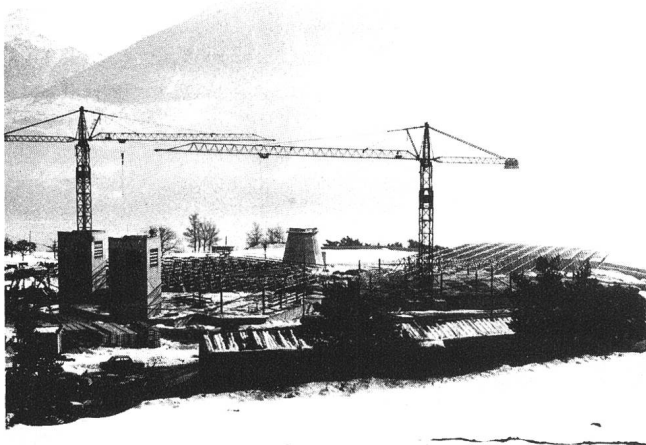


Fig. 2

Die Baustelle der Bodenstation im November 1972 – Le chantier de la station terrienne en novembre 1972

rund 50 000 m³ Erde waren zu bewegen (Fig. 2). Eine stationseigene Versorgung pumpt Trink- und Löschwasser über 240 m Höhe in ein Reservoir oberhalb der Station.

Das Gebäude ist zweistöckig. Ein fensterloses Untergeschoss ragt 1,20 m über den Boden hinaus und trägt das Erdgeschoss mit den Betriebs-, Personal- und Büroräumen. In jedem Geschoss hat der Fussboden weder Stufen noch Steigungen und behindert so den Transport von Anlage-teilen oder Geräten nicht.

Um das Erdgeschoss verläuft eine Rampe, die einerseits das Abladen von Gütern erlaubt, die durch die demontable Fassade direkt in die Betriebsräume gebracht werden. Andererseits dient die Rampe als Zu- und Abluftkanal umfangreicher Ventilations- und Kühlanlagen.

Das Gebäude ist etwa 100 m lang und weist mit einer selbsttragenden Merotragstruktur für das Flachdach eine Höhe von 8 m auf. Im Grundriss ist es sternförmig in 3 Flügel (Fig. 3) aufgeteilt. Im Prinzip enthalten sie Räume für die Administration, die Stromversorgung und die Nachrichtentechnik.

Jeder Flügel enthält im Erd- und im Untergeschoss verwandte oder zusammenhängende Anlagen. Dadurch kann er nicht nur bau-, sondern auch anlagentechnisch unabhängig von den andern in seiner Achse verlängert, also erweitert werden, ohne den Betrieb zu beeinträchtigen oder gar zu unterbrechen. Den Flügeln gemeinsame Räume (wie etwa für die Heizung) schliessen genügend Platzreserven ein. Von der Erfahrung ausländischer Bodenstationen profitierend, ist das Betriebsgebäude zum vornherein für die Aufnahme der Ausrüstung von insgesamt 3 Antennen ausgelegt worden.

Le bâtiment comporte deux étages. Le sous-sol, sans fenêtres, dépasse le niveau du sol de 1,20 m et supporte le rez-de-chaussée qui abrite les locaux d'exploitation et du personnel ainsi que les bureaux. A chaque étage, les planchers sont absolument plans et ne comprennent ni degrés ni rampes, ce qui eût pu entraver le transport de parties d'installations ou d'appareils.

Le rez-de-chaussée est ceint d'une rampe qui, d'une part, permet de décharger et d'introduire directement des équipements dans les locaux d'exploitation, grâce à une façade démontable, et, d'autre part, tient lieu de canalisation d'amenée et d'évacuation d'air des importantes installations de ventilation et de refroidissement.

Le bâtiment mesure environ 100 m de long et atteint, compte tenu de la superstructure autoportante du toit en terrasse, une hauteur de 8 m. Les trois ailes où sont logés des locaux pour l'administration, l'alimentation en énergie et les équipements techniques de télécommunication sont disposées en étoile (Fig. 3).

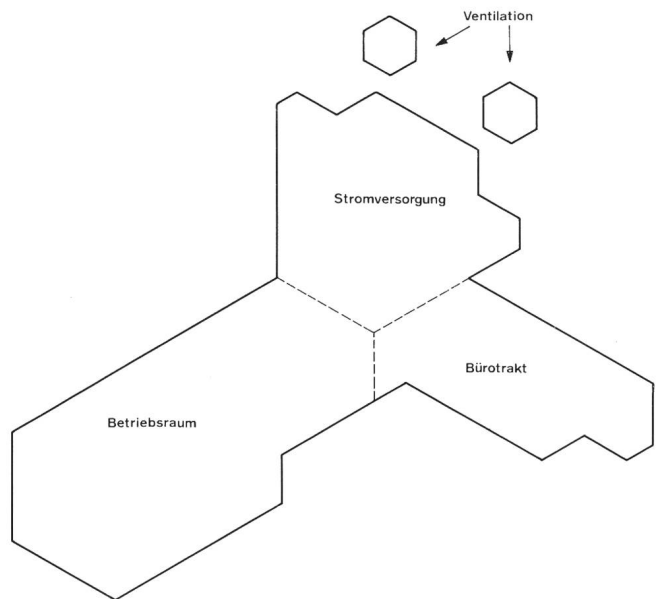


Fig. 3

Grundriss des Betriebsgebäudes – Plan du bâtiment d'exploitation

Le sous-sol et le rez-de-chaussée de chaque aile abritent des installations d'un type analogue ou qui se complètent mutuellement. Grâce à cette conception, on peut agrandir, au besoin, l'un des axes, sans perturber ou même interrompre l'exploitation et sans compromettre l'autonomie des autres ailes, tant du point de vue de la construction que de celui des installations techniques. Les locaux communs, tels que le chauffage, ont une réserve de place suffisante. On a tiré profit des expériences recueillies dans les stations terriennes pour satellites étrangères et conçu le bâtiment

Das auf dem Plateau von Brentjong in 930 m ü. M. liegende Betriebsgebäude ist mit seiner niedern, langgestreckten Form vom Rhonetal aus kaum – oder nur aus grosser Entfernung – sichtbar. Davor steht die nicht zu übersehende, aus technischen Gründen (thermisches Verziehen des Antennenreflektors durch Sonnenbestrahlung) weiss gefärbte Antenne. Sie im Gelände verstecken zu wollen, steht im Widerspruch zur Forderung des Zugriffs zur Satellitenbahn.

Die Gebäudeform trägt zum Ausgleich des wuchtigen Eindruckes der unvermeidlich grossen Antenne wesentlich bei. Dazu hat die Tragstruktur des Antennenreflektors ihr Gegenstück in der Merobauweise des Gebäudedaches. Unter den technisch gegebenen Randbedingungen dürfte die Stationsanlage mit ihren Bauten ein Optimum von Anpassung an die Landschaft darstellen.

5. Besonderheiten und angestrebte Daten der technischen Ausrüstungen

Auf der Bodenstation werden folgende Subsysteme vorhanden sein:

- Antenne
- Rauscharme Breitband-Empfangskette
- Hochleistungsverstärker
- Sende- und Empfangsausrüstung
- SPADE-Ausrüstung
- Zentrale Überwachungs- und Steuerungseinrichtung
- Ausrüstung für Intelsat-Dienstkannalnetz
- Trägerfrequenztelefonie-Ausrüstung (Multiplex)
- Stromversorgungsanlage

5.1 Geplante Verbindungen

Zur Zeit sind die bilateralen Verhandlungen mit den Partnerländern noch im Gang. Die folgenden Angaben entsprechen dem Planungsstand vom Februar 1973.

a) Verbindungen mit *dauernd zugeteilten Kanälen* (Frequenzmultiplex-FM-Träger)

Land	Sende-träger-Typ (Leuk)	Empfangsträger-Typ (Leuk)
Vereinigte Staaten Kanada	Spot Beam, 132 Kanäle	Global Beam, 972 Kanäle Spot Beam, 252 Kanäle
Israel Brasilien	Global Beam, 24 (ab Mitte 1974 60) Kanäle	Spot Beam, 192 Kanäle Global Beam, 132 Kanäle

Global Beam über Satelliten-Sendeantenne mit 17° Öffnungswinkel
Spot Beam über Satelliten-Sendeantenne mit 4,5° Öffnungswinkel

d'exploitation, dès le début, de telle manière qu'il puisse recevoir les équipements de trois antennes en tout.

Le bâtiment d'exploitation sis sur le plateau de Brentjong, à 930 m au-dessus du niveau de la mer, se voit à peine à partir de la plaine du Rhône – ou à grande distance seulement – vu sa forme basse et allongée. A proximité se dresse l'antenne qui, pour des raisons techniques, ne saurait être cachée à la vue (elle est peinte en blanc, pour éviter que le rayonnement solaire ne déforme le réflecteur). La cacher dans le terrain eût été en contradiction avec l'exigence primaire de l'accès à l'orbite des satellites.

La forme du bâtiment contribue dans une large mesure à compenser l'effet massif de la grande antenne dont les dimensions ne pouvaient être réduites. De plus, la structure du support du réflecteur d'antenne s'harmonise avec le mode de construction du toit. L'aménagement de la station et de ses bâtiments constitue sans doute une solution pratiquement optimale, sous le rapport de l'adaptation au paysage, dans les limites imposées par les exigences techniques.

5. Particularités et caractéristiques désirées des équipements techniques

La station terrienne se composera des sous-systèmes suivants:

- antenne
- chaîne de réception à large bande et faible bruit
- amplificateurs à grande puissance
- équipement de réception et d'émission
- équipement SPADE
- équipement central de surveillance et de commande
- équipement de voie de service Intelsat
- équipement de téléphonie à courants porteurs (multiplex)
- installation d'énergie

5.1 Liaisons prévues

Actuellement, les consultations bilatérales avec les pays partenaires suivent leur cours. Les indications suivantes correspondent à l'état de la planification en février 1973.

a) liaisons par canaux *attribués à demeure* (porteuse modulée en fréquence et voies multiplexées en fréquence)

Pays	Type de la porteuse émise (Loèche)	Type de la porteuse reçue (Loèche)
Etats-Unis Canada	Spot Beam, 132 voies	Global Beam, 972 voies Spot Beam, 252 voies
Israël Brésil	Global Beam, 24 voies (60 dès le 2 ^e semestre de 1974)	Spot Beam, 192 voies Global Beam, 132 voies

Wie die Aufstellung zeigt, sind für diese Verkehrsbeziehungen zwei Sende- und vier Empfangsträger notwendig.

Bei Betriebsaufnahme werden insgesamt etwa 130 Telephoniekanäle mit den genannten Ländern über die Bodenstation Leuk geführt.

b) Verbindungen mit *geringem oder sporadischem Verkehr*

Für diese Bedürfnisse ist das unter dem Akronym SPADE (für Single channel per carrier PCM multiple Access Demand-assigned Equipment) bekannte Subsystem vorgesehen. Diese Ausrüstung gestattet bedarfsweise Verbindungen zwischen den damit ausgerüsteten Stationen, die über den gleichen Satelliten arbeiten. Für jede Gesprächsverbindung wird jeweils eines der 397 HF-Trägerpaare nach Bedarf zugeteilt. In einem SPADE-Netz können bis zu 49 Bodenstationen mit diesem Subsystem ausgerüstet werden. Jedes SPADE-Terminal kann mit maximal 60 Gesprächskanal-Modems ausgerüstet werden. Das für Leuk bestellte Terminal wird mit 12 solchen Modems bestückt sein, wobei die Verdrahtung für 24 Kanäle ausgeführt wird; für den Ausbau müssen materialmässig lediglich noch die Einschübe beschafft werden.

Beim Stand Januar 1973 haben, ausser der Schweiz, folgende 20 Länder SPADE-Ausrüstungen bestellt:

Argentinien*	Iran	Schweden
Brasilien	Italien*	Spanien
Deutschland (BR)*	Kanada*	Vereinigte Staaten*
Elfenbeinküste	Mexiko	Venezuela
Frankreich*	Niederlande	Yugoslaven
Griechenland*	Nigeria	Zaire
Grossbritannien	Peru	

* bereits geliefert

c) *Fernsehübertragung*

Die Station wird vorerst nicht für Fernsehübertragung ausgerüstet, kann aber jederzeit mit den dazu notwendigen Anlageteilen ergänzt werden.

Die bereits bestehenden Bodenstationen in Europa bieten mehr als ausreichende Möglichkeiten für den interkontinentalen Fernsehprogramm-Austausch. Die zur Zeit stark gedrückten Taxansätze für die Bodenstationsbenützung bei solchen Übertragungen sind zur Zeit kaum kostendeckend.

5.2 Antenne

Antennentyp

Figur 4 zeigt die für die Bodenstation Leuk zu erstellende Antenne im Schnitt. Sie ist unter der englischen Bezeichnung «Yoke-and-Tower» (Joch und Turm)-Antenne bekannt; ihr typisches Merkmal ist das kombinierte Azimut-

Global Beam = faisceau émis par l'antenne d'un satellite à un angle d'ouverture de 17°

Spot Beam = faisceau émis par l'antenne d'un satellite à un angle d'ouverture de 4,5°

Cette liste montre qu'il est nécessaire de recourir à deux porteuses d'émission et à quatre porteuses de réception pour ces relations de trafic.

Lorsqu'elle sera mise en service, la station terrienne de Loèche communiquera avec les pays susnommés au moyen de 130 voies téléphoniques environ.

b) *Liaisons à faible trafic ou sporadique*

Pour ces besoins, on a prévu de recourir au sous-système connu sous le sigle de SPADE (Single channel per carrier PCM multiple Access Demand-assigned Equipment). Cet équipement permet aux stations qui en sont dotées et qui opèrent par l'intermédiaire du même satellite d'établir des liaisons au besoin. Pour chaque communication téléphonique, l'une des 397 paires de porteuses est assignée selon les besoins. Dans un réseau SPADE, il est possible d'équiper jusqu'à 49 stations terriennes de ce sous-système. Chaque point de raccordement SPADE peut être équipé au maximum de 60 modems à voies téléphoniques. Le terminal de Loèche en recevra 12. Le câblage sera toutefois prévu pour 24 voies et il suffira de se procurer les unités enfichables pour atteindre cette capacité.

Outre la Suisse, les 20 pays suivants avaient déjà commandé des équipements SPADE au mois de janvier 1973:

Argentine*	Iran	Suède
Brésil	Italie*	Espagne
Allemagne (RFA)*	Canada*	Etats-Unis*
Côte d'Ivoire	Mexique	Vénézuéla
France*	Pays-Bas	Yugoslavie
Grèce*	Nigéria	Zaïre
Grande-Bretagne	Pérou	

* équipements déjà livrés

c) *Transmission de télévision*

Pour l'instant, la station ne sera pas équipée des parties d'installation nécessaires à la transmission de télévision, mais celles-ci pourront être ajoutées en tout temps. Les stations terriennes qui sont déjà en service en Europe offrent des possibilités plus que suffisantes pour l'échange intercontinental de programmes de télévision.

Actuellement, vu la forte pression exercée sur les taux des tarifs d'utilisation des stations terriennes lors de telles transmissions, les taxes perçues suffisent à peine à couvrir les frais.

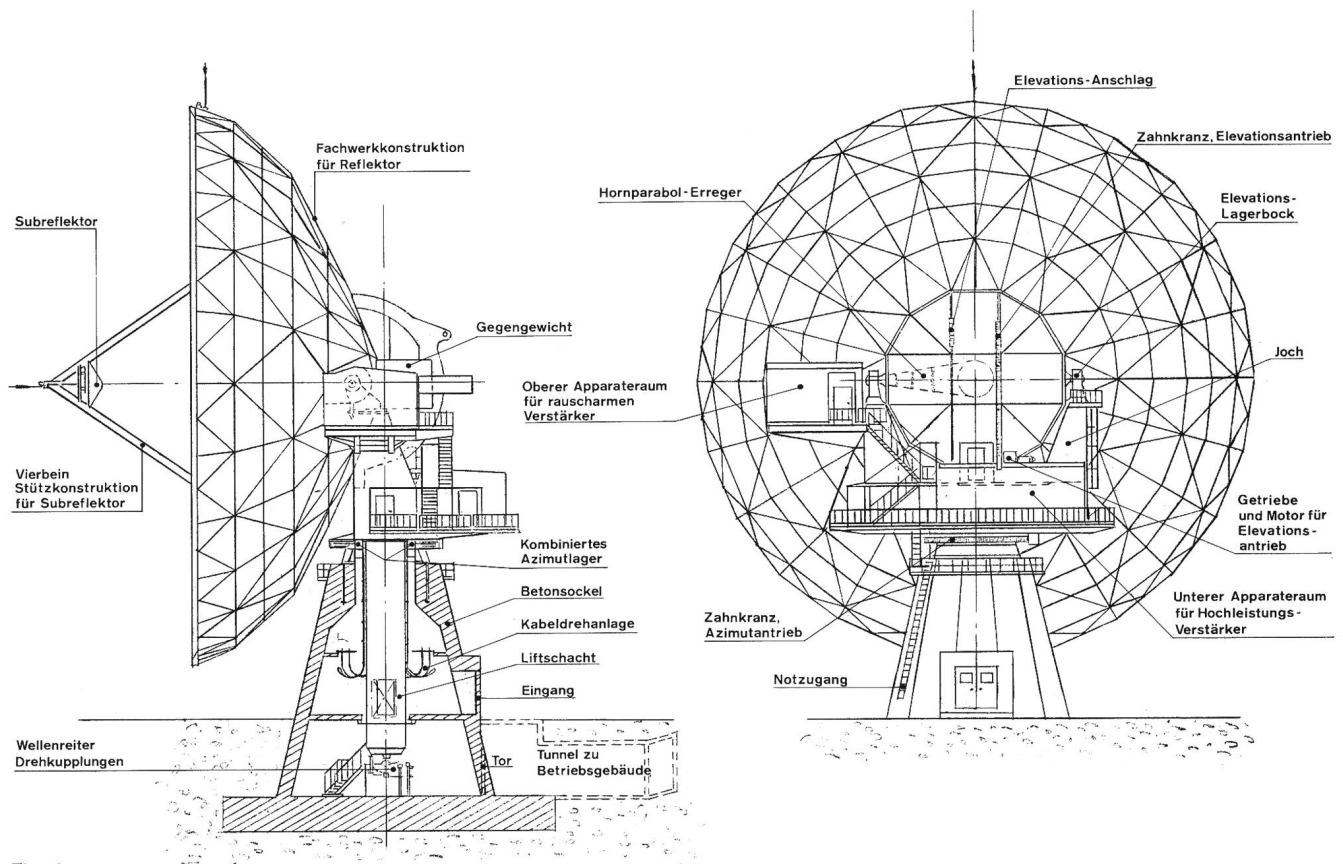


Fig. 4

Bodenstationsantenne – Antenne de la station terrienne

Ansicht von hinten – Vue de l'arrière

Elevationsanschlag – Butée d'élévation

Zahnkranz Elevationsantrieb – Couronne dentée d'entraînement en élévation

Elevationslagerbock – Support de palier pour mouvement en élévation

Joch – Joug

Getriebe und Motor für Elevationsantrieb – Engrenages et moteur pour déplacement en élévation

Unterer Apparateraum für Hochleistungsverstärker – Local inférieur pour amplificateurs de puissance

Hornparabolerrreger – Cornet

Oberer Apparateraum für rauscharmen Verstärker – Local supérieur pour amplificateurs à faible bruit

Zahnkranz Azimutantrieb – Couronne dentée d'entraînement en azimut

Notzugang – Accès de secours

Seitenansicht, Sockel im Schnitt – Vue de côté, socle en coupe

Fachwerkkonstruktion für Reflektor – Construction métallique portant le réflecteur

Gegengewicht – Contrepoids

Kombiniertes Azimutlager – Palier combiné pour mouvement en azimut

Betonsockel – Socle en béton

Kabeldrehanlage – Dispositif de pivotement des câbles

Liftschacht – Cage d'ascenseur

Eingang – Entrée

Tunnel zu Betriebsgebäude – Tunnel vers le bâtiment d'exploitation

Tor – Porte

Subreflektor – Réflecteur auxiliaire

Vierbeinstützkonstruktion für Subreflektor – Construction métallique portant le réflecteur auxiliaire

Wellenleiterdrehkupplungen – Joint rotatif en guide d'ondes

lager am oberen Ende des Betonturms. Ein Hornstrahler erregt die Antenne, dessen Speisepunkt in der Elevationsachse und im oberen Apparateraum der Antenne liegt.

Generelle technische Daten und Planungsziele

- Bewegungsrichtung: Elevations- über Azimutachse
- Verhältnis Fokallänge/Durchmesser (f/D): 0,34
- Hauptreflektor-Durchmesser: 29,6 m $\triangle$ 97 Fuss
- Hauptreflektor-Formgenauigkeit: maximale Abweichung 1,2 mm (quadratischer Mittelwert) gegenüber errechnetem Wert, bei Windgeschwindigkeit bis zu 48 km/h.

5.2 Antenne

Type de l'antenne

La figure 4 montre une coupe de l'antenne qui sera établie à la station terrienne de Loèche. Elle est connue sous la désignation anglaise «Yoke-and-Tower» (joug et tour); sa caractéristique est un palier d'azimut combiné à l'extrémité de la tour de béton. Un cornet constitue la source primaire dont le point d'alimentation se trouve dans l'axe d'élévation et dans le local supérieur des équipements d'antenne.

- Steuerbarkeit
Azimut-Drehbereich: $\pm 170^\circ$ bezüglich Südrichtung
Elevations-Drehbereich: $0^\circ \dots 92^\circ$ (Zenit $\triangle 90^\circ$)
- Nachfolge-Steuerung:
Automatische Nachführung
Manuelle Nachführung
Vorbereitet für prozessrechnergesteuerte Nachführung
- Antriebe:
Hauptantriebe (Azimut und Elevation): je 2 thyristor-, gesteuerte Nebenschluss-Gleichstrommotoren je Achse von 6 kW Wellenleistung; normalerweise arbeiten die beiden Motoren mit gegenläufigem Drehmoment zum Ausgleich des Getriebe spiels.
Hilfsantrieb: je ein Dreiphasen-Wechselstrommotor für jede Achse
Maximale Winkelgeschwindigkeit:
Hauptantrieb: $0,3^\circ/\text{s}$
Hilfsantrieb: $0,0075^\circ/\text{s}$ (für mittlere Windgeschwindigkeit von 48 km/h)
Maximale Winkelbeschleunigung:
Hauptantrieb: $0,3^\circ/\text{s}^2$
Der Hilfsantrieb wurde aufgrund der Erfahrungen auf bestehenden Bodenstationen [1] vorgesehen. Im Gegensatz zum Hauptantrieb – wegen seiner grossen Leistungsaufnahme ist er üblicherweise an das dieselgesicherte Netz angeschlossen – wird der Hilfsantrieb an die unterbrechungslose Stromversorgung angeschlossen. Bei schweren Störungen oder Revisionen an Hauptantrieb oder dieselgesichertem Netz kann die Antenne trotzdem vom Betriebsgebäude aus nachgeführt werden, wenn auch mit verminderter Genauigkeit. Ausser den Untersetzungsgetrieben hat der Hilfsantrieb keine gemeinsamen Elemente mit dem Hauptantrieb.
- Lager: Der im *Azimut* bewegte Teil der Antenne ist auf ein einziges, kombiniertes Lager, das die Achsial- und Radialkräfte aufzunehmen hat, abgestützt. Dieses Lager trägt eine statische Last (Antenne unbewegt und ohne Windlast) von ungefähr 400 t. *Figur 5* zeigt ein solches Lager in der Werkmontage. Sein Aussendurchmesser beträgt 3,20 m, die Bohrung 2,60 m.
Die *Elevationsachse* ruht auf zwei Rollenlagern konventioneller Bauart. Der in der Elevation bewegte Teil wiegt ungefähr 170 t.

Radioelektrische Spezifikationen

- Antennen-Qualitätsfaktor G/T (G = Antennengewinn in dB bezüglich Isotropenstrahler; T = Rauschtemperatur der Antenne in $^\circ\text{K}$): $\geq 41,8 \text{ dB}/^\circ\text{K}$ bei 4000 MHz und 5° Elevationswinkel
- Antennen-Gewinn, Sendeband bei 6000 MHz: $\geq 63,5 \text{ dB}$
Empfangsband bei 4000 MHz: $\geq 60,0 \text{ dB}$
- Antennen-Nachführungsfehler: (Nachführung automatisch mit Tracking-Empfänger)

Caractéristiques techniques générales et objectifs visés

- caractéristiques de pointage: mouvements d'élévation et d'azimut
- rapport distance focale/diamètre (f/D): 0,34
- diamètre du réflecteur principal: 29,6 m $\triangle 97$ pieds
- précision d'usinage du réflecteur principal: écart maximum 1,2 mm, (valeur moyenne quadratique) par rapport à la valeur calculée, par vent soufflant jusqu'à 48 km/h.
- performances de pointage:
amplitude de mouvement en azimut: $\pm 170^\circ$ par rapport au sud
débattement angulaire en élévation: $0^\circ \dots 92^\circ$ (zénith $\triangle 90^\circ$)
- commande du pointage:
poursuite automatique
poursuite manuelle
poursuite commandée par processeur prévue
- dispositifs d'entraînement:
dispositifs d'entraînement principaux (azimut et élévation): 2 moteurs shunts à courant continu commandés par thyristors, ayant chacun une puissance disponible sur l'axe de 6 kW; normalement, les deux moteurs développent un couple antagoniste pour le rattrapage du jeu des couronnes dentées.
- dispositif d'entraînement auxiliaire: chaque axe dispose d'un moteur à courant alternatif triphasé
- vitesse angulaire maximale:
dispositif d'entraînement principal: $0,3^\circ/\text{s}$
dispositif d'entraînement auxiliaire: $0,0075^\circ/\text{s}$ (pour un vent moyen de 48 km/h)
- accélération angulaire maximale:
dispositif d'entraînement principal: $0,3^\circ/\text{s}^2$
Le dispositif d'entraînement auxiliaire a été mis au point compte tenu des expériences faites dans des stations terrestres existantes [1]. Contrairement au dispositif d'entraînement principal qui, en raison de sa forte consommation d'énergie, est toujours connecté au réseau assuré par le groupe diesel, le dispositif d'entraînement auxiliaire est relié à la source d'énergie de secours immédiat. En cas de pannes graves ou de travaux de révision au dispositif d'entraînement principal ou au réseau assuré par le groupe diesel, l'antenne peut néanmoins être pointée à partir du bâtiment d'exploitation, avec moins de précision toutefois. Excepté les engrenages de réduction, les dispositifs d'entraînement principal et auxiliaire n'ont pas d'éléments communs.
- Paliers: Un seul palier combiné qui doit résister au couple des forces axiales et radiales supporte la partie de l'antenne effectuant le mouvement en *azimut*. Ce palier porte une charge de près de 400 t (lorsque l'antenne est au repos et la pression du vent nulle). La *figure 5* montre un tel palier lors de son montage en usine. Son diamètre extérieur est de 3,20 m et l'alésage de 2,60 m.

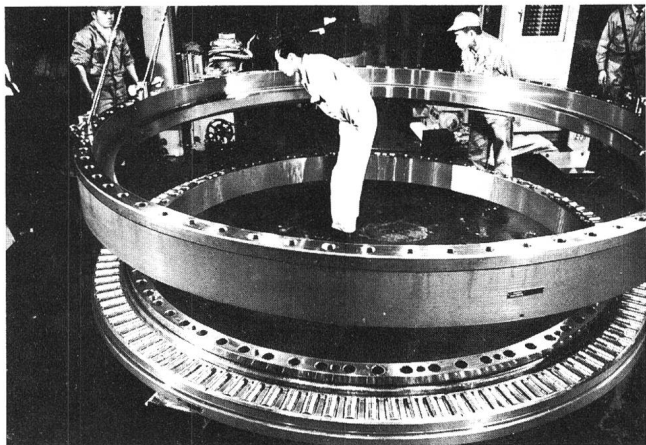


Fig. 5
Kombiniertes Azimutlager – Palier combiné d'azimut

$\leq 0,01^\circ$; ohne wesentliche Windlast
max. $0,023^\circ$ bei Windgeschwindigkeiten bis 48 km/h (Böen bis 72 km/h)
Betrieb möglich bei Windgeschwindigkeiten bis zu 120 km/h.

Weil eine gewisse Wahrscheinlichkeit besteht, dass künftige Intelsat-Satelliten mit Doppelpolarisation arbeiten könnten, wurden diesbezügliche Forderungen in die Spezifikationen aufgenommen.

Das Enteisungssystem

Im Winter muss die aus 300 Teilstücken bestehende Reflektorschale, der Subreflektor samt Stützkonstruktion und das Erreger-Horn eisfrei gehalten werden, damit sich die radioelektrischen Eigenschaften der Antenne nicht verschlechtern.

Auf der Rückseite der Teilstücke des Hauptreflektors werden Heizleiterstreifen aufgeklebt. Sie haben einen sandwichartigen Aufbau: eine Chromnickelstahl-Folie ist zwischen zwei Deckschichten aus imprägniertem Glasfasergewebe eingebettet. Diese Streifen werden mit einem Spezialklebstoff auf die Aluminium-Teilstücke geklebt. Die dem Freien zugewandte Seite der Heizleiterstreifen wird mit einer thermischen Isolation aus Polyurethan abgedeckt.

Folgende Konstruktionsziele scheinen kritisch:

- Thermischer Wirkungsgrad; es sollen möglichst nur die eisfrei zu haltenden Flächen beheizt werden.
- Alterungsbeständige Klebstelle zwischen Teilstück und Heizleiterstreifen
- Gute, alterungsbeständige elektrische Isolation zwischen Antennenteil und Heizstromkreis

L'axe d'élévation repose sur deux paliers à rotule d'un modèle conventionnel. Le poids des structures effectuant le mouvement en élévation est d'environ 170 t.

Spécifications radioélectriques

- facteur de qualité de l'antenne $G/T \geq 41,8 \text{ dB/}^\circ \text{ K}$ à 4000 MHz pour un angle d'élévation de 5° (G = gain de l'antenne en dB par rapport à un aérien omnidirectionnel; T = température de bruit en $^\circ \text{K}$)
- gain de l'antenne, bande d'émission à 6000 MHz: $\geq 63,5 \text{ dB}$
bande de réception à 4000 MHz: $\geq 60,0 \text{ dB}$
- erreur de poursuite d'antenne (poursuite automatique par récepteurs traqueurs): $\geq 0,01^\circ$ en l'absence d'une pression importante du vent, $0,023^\circ$ au maximum lors d'un vent soufflant jusqu'à 48 km/h (rafales pouvant atteindre 72 km/h); exploitation possible lors d'un vent atteignant la vitesse de 120 km/h.

Etant donné qu'il est possible que les futurs satellites Intelsat travaillent en double polarisation, les exigences que cela implique ont été prises en considération dans le cahier des charges.

Le système de dégivrage

En vue de conserver les propriétés radioélectriques de l'antenne en hiver, il est nécessaire de préserver du givre le réflecteur principal constitué de 300 panneaux, le sous-réflecteur et son support ainsi que le cornet rayonnant. Au dos des panneaux du réflecteur principal, on fixe des éléments chauffants. Ils sont construits à la manière d'un sandwich: une feuille d'acier au chrome-nickel est insérée entre deux couches de tissu de fibres de verre imprégné. Ces bandes chauffantes sont collées au dos des panneaux d'aluminium au moyen d'un adhésif spécial et la face arrière des éléments chauffants exposée à l'air libre est recouverte d'un revêtement isolant en polyuréthane.

Les objectifs de construction suivants paraissent critiques:

- le rendement thermique; il y a lieu de ne chauffer, si possible, que les surfaces à dégivrer,
- les points de collage entre éléments chauffants et panneaux qui doivent résister au vieillissement,
- la bonne isolation électrique, résistant au vieillissement, entre la structure d'antenne et le circuit de chauffage,
- les différences de température de faible valeur à la surface des panneaux.

La puissance de raccordement nominale du système de dégivrage est de 750 kVA; elle peut être réglée de manière continue à des valeurs allant de 40 à 120% de la puissance nominale. L'ensemble du système est réparti en 19 secteurs. Un circuit séquentiel dont l'intervalle de commutation est

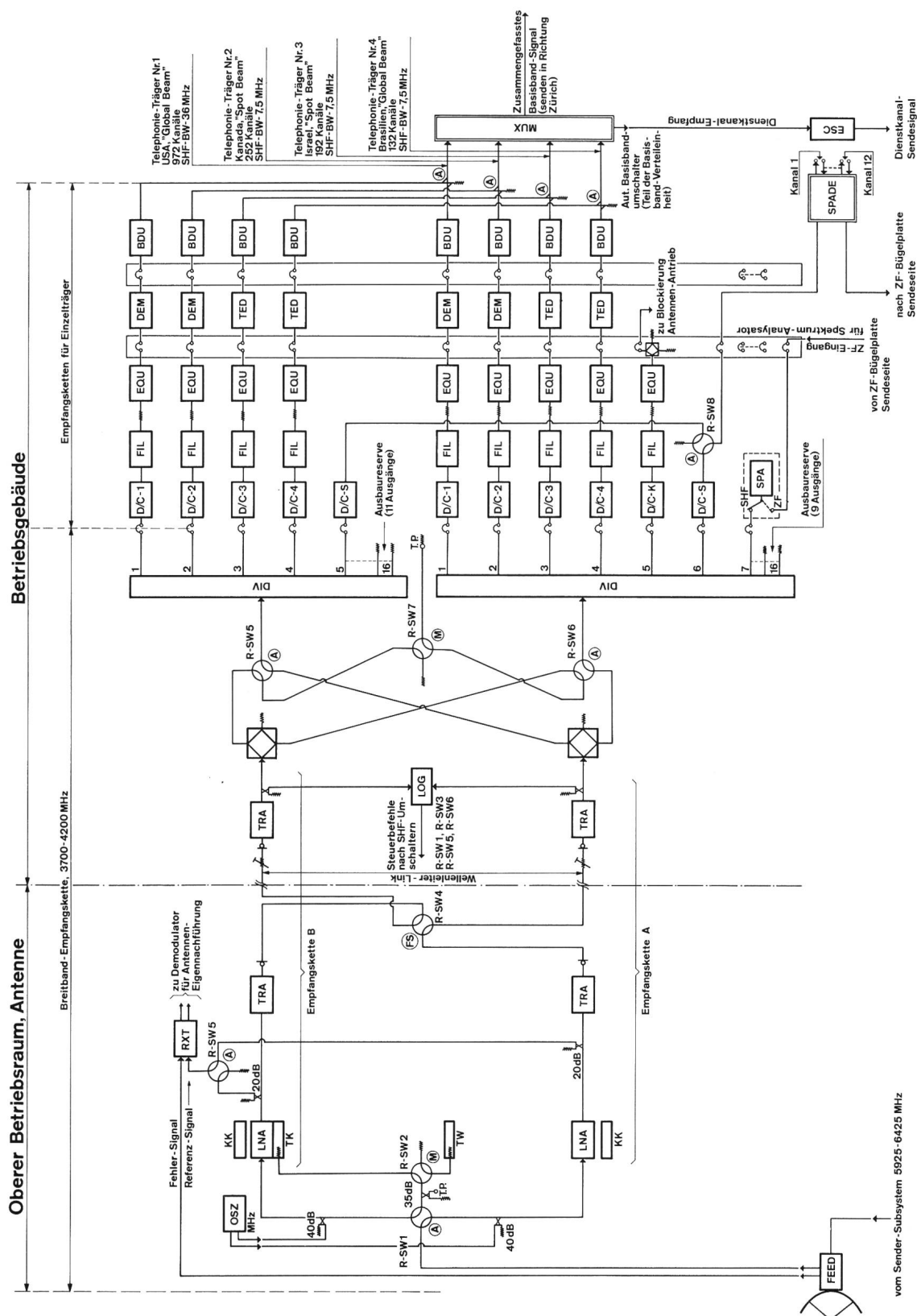


Fig. 6 – Vereinfachtes Blockschema der Empfangsausrüstung – Schéma-bloc simplifié de l'installation de réception

Fig. 6 – Vereinfachtes Blockschema der Empfangsausrüstung – Schéma-bloc simplifié de l'installation de réception

Betriebsgebäude – Bâtiment d'exploitation	FEED	Moden-Koppler und Diplexer – Coupleur de modes et diplexeur
Empfangsketten für Einzelträger – Chaînes de réception pour porteuses uniques	OSZ	SHF-Pilotgenerator 3702,5/4197,5 MHz – Générateur de pilotes SHF 3702,5 / 4197,5 MHz
Telephonieträger Nr. 1, USA «Global Beam» 972 Kanäle SHF-BW-36 MHz – Porteuse téléphonie N° 1, USA «Global Beam» 972 canaux SHF-BW-36 MHz	LNA	Parametrischer Verstärker – Amplificateur paramétrique
Telephonieträger Nr. 2 Kanada, «Spot Beam» 272 Kanäle SHF-BW-7,5 MHz – Porteuse téléphonie N° 2 Kanada, «Spot Beam» 272 canaux SHF-BW-7,5 MHz	KK	Kühlkompressor – Compresseur de refroidissement
Telephonieträger Nr. 3 Israel, «Spot Beam» 192 Kanäle SHF-BW-7,5 MHz – Porteuse téléphonie N° 3 Israël, «Spot Beam» 192 canaux SHF-BW-7,5 MHz	TK	Kunstlast, Temperatur ca. 35° K – Charge artificielle, température env. 35° K
Telephonieträger Nr. 4 Brasilien, «Global Beam» 132 Kanäle SHF-BW-7,5 MHz – Porteuse téléphonie N° 4, Brésil, «Global Beam», 132 canaux SHF-BW-7,5 MHz	TW	Kunstlast, Temperatur ca. 290° K – Charge artificielle, température env. 290° K
Zusammengefasstes Basisbandsignal (senden in Richtung Zürich) – Signal groupé de bande de base (émission direction Zurich)	RXT	Empfangsumsetzer für Antennen-Eigennachführung – Mélangeur de réception pour poursuite automatique d'antenne
Automatischer Basisbandumschalter (Teil der Basisbandverteilereinheit) – Commutateur automatique de bande de base (élément de l'unité de répartition de bande de base)	TRA	Transistorverstärker – Amplificateur transistorisé
Dienstkanalempfang – Réception du canal de service	LOG	SHF-Pilotdetektoren, Umschaltlogik – Détecteurs de pilotes SHF, logique de commutation
Dienstkanalsendesignal – Signal d'émission du canal de service	DIV	SHF-Empfangsverteiler – Répartiteur de réception SHF
Zur Blockierung Antennenantrieb – Vers le blocage de l'entraînement d'antenne	D/C 1...4	Empfangsumsetzer für FM-Träger Nr. 1...4 – Mélangeurs de réception pour porteuses modulées en fréquence N° 1...4
ZF-Eingang für Spektrumanalysator – Entrée MF pour l'analyseur de spectre	D/C-S	Empfangsumsetzer für SPADE – Mélangeur de réception pour SPADE
Von ZF-Bügelplatte Sendeseite – De la baie des étriers MF côté émission	D/C-K	Kontrollempfangsumsetzer für «Global Beam» – Mélangeur de contrôle de réception pour le «Global Beam»
Nach ZF-Bügelplatte Sendeseite – Vers la baie des étriers MF côté émission		Träger der eigenen Station – Porteuse de la propre station
Kanal 1 – Canal 1	SPA	Spektrumanalysator – Analyseur de spectre
Kanal 12 – Canal 12	FIL	ICSC-ZF-Filter – Filtre MF ICSC
Ausbaureserve (11 Ausgänge) – Réserve pour extension (11 sorties)	EQU	Amplituden- und Gruppenlaufzeitentzerrer – Egaliseur de distorsion d'amplitude et de temps de propagation de groupe
Ausbaureserve (9 Ausgänge) – Réserve pour extension (9 sorties)	ZFP	ZF-Bügelplatte – Baie des étriers MF
Steuerbefehle nach SHF-Umschaltern – Ordres de commande vers les commutateurs SHF	BBP	Basisband-Bügelplatte – Baie des étriers de bande de base
Wellenleiterlink – Liaison en guides d'ondes	DEM	Konventioneller Demodulator – Démodulateur conventionnel
Oberer Betriebsraum Antenne – Local d'exploitation supérieur, antenne	TED	Schwellwertverbessernder Demodulator – Démodulateur améliorant la valeur de seuil
Breitband-Empfangskette 3700...4200 MHz – Chaîne de réception à large bande 3700...4200 MHz	BDU	Basisbandverteilereinheit, Empfangseite – Unité de répartition de bande de base, côté réception
Fehlersignal – Signal d'erreur	MUX	Multiplexausrüstung. Teil für Empfang vom Satellit und Senden Richtung Zürich – Dispositif de multiplexage. Réception du satellite, émission vers Zurich
Referenzsignal – Signal de référence	ESC	Intelsat-Dienstkanal-Schaltssystem – Système de commutation des canaux de service Intelsat
Zu Demodulator für Antennen-Eigennachführung – Vers le démodulateur de poursuite automatique		
Empfangskette A – Chaîne de réception A		
Empfangskette B – Chaîne de réception B		
Vom Sender-Subsystem 5925...6425 MHz – Du sous-système d'émission 5925...6425 MHz		

– Kleine Temperaturunterschiede entlang der Teilstückoberfläche.

Die nominelle Anschlussleistung des Enteisungssystems beträgt 750 kVA; die Leistung lässt sich stufenlos von 40 bis 120%, bezogen auf Nennwert, regulieren. Das ganze System ist auf 19 Sektoren aufgeteilt. Eine Sequenzschaltung mit 2,5 s Schrittimtervall verhindert hohe Lastschwankungen. Innerhalb eines solchen Intervalls kann jeweils nur ein Sektor (maximal 50 kVA) zu- oder abgeschaltet werden. Für jeden Sektor ist eine elektronische Temperatur-Fernmesseinrichtung vorhanden. Mit ihr ist ein 2-Punkt-Regler gekoppelt, der das Starkstromschaltschütz steuert.

Apparateräume der Antenne

Im Unter- und Erdgeschoss des Antennensockels sind eine Reihe von Hilfsbetrieben untergebracht, wie Antriebs-elektronik, Spannungsregler für Sendeverstärker, Starkstromverteilfelder, Schmieraggregat für das Azimutlager, Batteriespeisung usw.

reglé à 2,5 s empêche les fluctuations de charge importantes.

Dans cet intervalle, un seul secteur (maximum 50 kVA) peut être déclenché ou enclenché.

Chaque secteur est doté d'un dispositif de télémessure électronique de température. Ce dernier commande un régulateur à deux paliers qui agit sur un disjoncteur de puissance.

Locaux des équipements d'antenne

Le socle de l'antenne abrite, au sous-sol et au rez-de-chaussée, une série d'équipements auxiliaires tels que l'électronique des moteurs d'entraînement, les régulateurs de tension pour les amplificateurs d'émission, les panneaux de distribution du courant fort, l'agrégat de graissage du palier d'azimut, l'alimentation par batteries, etc.

L'amplificateur de réception à faible bruit est logé dans un local situé dans le prolongement de l'axe d'élévation, au point d'alimentation du cornet de la source primaire. La surface utile réservée aux appareils est de quelque 26 m².

Der Raum für den rauscharmen Empfangsverstärker befindet sich in der Verlängerung der Elevationsachse, am Speisepunkt des Hornparabol-Erregers. Die für Apparate verfügbare Bodenfläche beträgt ungefähr 26 m².

Etwa fünf Meter tiefer, aber immer noch an dem im Azimut bewegten Teil der Antenne ist der Raum für die Sende-Umsetzer und Hochleistungsverstärker angeordnet.

Diese Raumanordnung erfüllt in annehmbarer Weise die Forderungen, den Empfangsverstärker unmittelbar beim Antennen-Speisepunkt anzuschließen und gleichzeitig die Dämpfung zwischen Hochleistungsverstärker-Subsystemausgang und Sendeanschluss der Antenne möglichst klein zu halten. Die Anlageteile in den Apparateräumen sind recht gut zugänglich.

5.3 Empfangsausrüstung (Fig. 6)

Das 4-GHz-Signal am Empfangsanschluss der Antenne ist sehr schwach. Die Leistung streut in folgendem Bereich:

SPADE-Träger	- 115,5 dBm/Kanal
FM-Träger, 60 Kanäle (Global Beam)	- 93,1 dBm
792 Kanäle (Spot Beam)	- 78,7 dBm
1872 Kanäle (Spot Beam)	- 72,4 dBm

Je nach Trägerkombination tritt eine Summenleistung von maximal -67 dBm am Eingang des rauscharmen Empfängers auf. Daraus lässt sich erkennen, dass beim Empfangssystem das Grundgeräusch sehr tief gehalten werden muss. Wegen des Unterschieds von nahezu 50 dB zwischen Summenleistung und schwächstem Träger stellt auch die Linearität der Breitband-Empfangskette ein Problem dar.

5.3.1 Breitbandempfangskette

Die Breitband-Empfangskette besteht aus folgenden Elementen:

- Rauscharmer Empfangsverstärker (LNA)
- SHF-Leitungsverstärker
- 4-GHz-Empfangslink Antenne - Betriebsgebäude
- Empfangsverteiler
- Automatisches Umschaltssystem

Für die ganze Breitband-Empfangskette sind folgende Werte vereinbart:

Frequenzbereich: 3700...4200 MHz
 Rauschtemperatur: 18°K
 Frequenzgang: $\pm 0,5$ dB typisch
 Effektive Verstärkung: 34,5 dB (LNA Eingang bis Ausgang Empfangsverteiler)
 Intermodulationsabstand (Produkte 3. Ordnung): 51 dB für 2 Signale von je -68,5 dBm am Eingang
 Verstärkungsstabilität: besser als $\pm 0,5$ dB/Woche

Environ cinq mètres plus bas, mais toujours dans la partie mobile de l'antenne effectuant le mouvement en azimut, on a établi le local des équipements de transposition d'émission et d'amplification de grande puissance.

Cette disposition répond, dans une mesure acceptable, aux exigences fixant que le point d'alimentation d'antenne soit connecté par le plus court chemin à l'amplificateur de réception et que l'affaiblissement entre la sortie du sous-système de l'amplificateur à grande puissance et la source primaire soit aussi faible que possible. Toutes les parties d'installations dans les locaux des appareils sont facilement accessibles.

5.3 Ensemble de réception (fig. 6)

Le signal de 4 GHz reçu au point de sortie de l'antenne est très faible. La puissance varie dans les limites suivantes:

Porteuse SPADE	- 115,5 dBm/voie
Porteuse modulée en fréquence	
60 voies (Global Beam)	- 93,1 dBm
792 voies (Spot Beam)	- 78,7 dBm
1872 voies (Spot Beam)	- 72,4 dBm

Suivant la combinaison des porteuses, la somme des puissances reçues à l'entrée du récepteur à faible bruit atteint -67 dBm au maximum. On peut en conclure que le bruit de fond de l'ensemble de réception doit être maintenu à un niveau très bas. La linéarité de la chaîne de réception à large bande pose également un problème, vu qu'on observe une différence de presque 50 dB entre la somme des puissances et la porteuse la plus faible.

5.3.1 Chaîne de réception à large bande

Une chaîne de réception à large bande est constituée des éléments suivants:

- un amplificateur de réception à faible bruit (LNA)
- des amplificateurs de ligne SHF
- un link de réception à 4 GHz reliant l'antenne au bâtiment d'exploitation
- des distributeurs de réception
- un dispositif de commutation automatique

On a retenu les valeurs suivantes pour l'ensemble de la chaîne de réception à large bande:

Plage de fréquences: 3700...4200 MHz
 Température de bruit: 18° K
 Courbe de réponse: $\pm 0,5$ dB (valeur typique)
 Amplification effective: 34,5 dB (de l'entrée LNA à la sortie du distributeur de réception)
 Ecart d'intermodulation (produits du 3^e ordre): 51 dB pour deux signaux d'entrée de -68,5 dBm chacun
 Stabilité d'amplification: meilleure que $\pm 0,5$ dB/semaine

Amplificateur de réception à faible bruit (fig. 7)

L'amplificateur de réception à faible bruit (LNA) comprend trois étages d'amplification paramétriques assurant

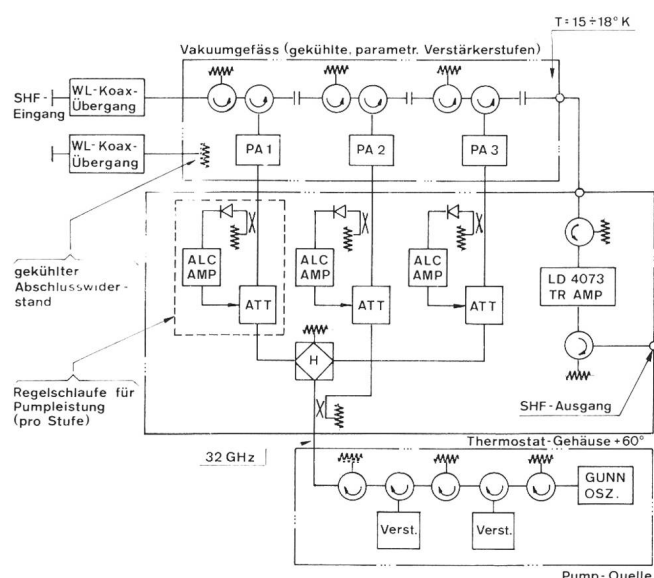


Fig. 7
Rauscharmer Empfangsverstärker – Amplificateur de réception à faible bruit

Vakuumpfäß (gekühlte parametrische Verstärkerstufen) – Récipient sous vide (étages d'amplification paramétrique refroidis)
SHF-Eingang – Entrée SHF
Wellenleiter (WL)-Koaxialübergang – Jonction guide d'ondes-câble coaxial
Gekühlter Abschlusswiderstand – Résistance de terminaison refroidie
Regelschleife für Pumpleistung (je Stufe) – Boucle de réglage de la puissance de pompage (par étage)
SHF-Ausgang – Sortie SHF
Thermostatgehäuse +50° C – Boîtier à thermostat +50° C
Pumpquelle – Circuit de pompage
PA1, PA2, PA3 Parametrische Verstärkerstufen – Etages d'amplification paramétrique
ALC-AMP Verstärker, automatische Pumpepegelregulierung – Amplificateurs, réglage automatique du niveau de pompage
ATT Elektronische Abschwächer – Atténuateurs électroniques
TR-AMP Transistor-SHF-Verstärker – Amplificateur SHF transistorisé

Rauscharmer Empfangsverstärker (Figur 7)

Der rauscharme Empfangsverstärker (LNA) besteht aus drei gekühlten, parametrischen Verstärkerstufen mit je ungefähr 10 dB Verstärkung, die sich aus thermodynamischen Gründen in einem silberdampfbeschichteten Vakuumpfäß befinden, sowie einer Transistorverstärker-Ausgangsstufe. Die Ausgangsstufe wird, zwecks Einhalten der geforderten Verstärkungsstabilität, auf einer konstanten Temperatur von + 50 °C gehalten.

Das in sich geschlossene Kühlsystem für die drei ersten Verstärkerstufen ist zweistufig, mit gasförmigem Helium als Kühlmittel. In der ersten Kühlerstufe wird eine Temperatur von etwa 80 °K erreicht; durch die zweite, in Kaskade geschaltete Stufe wird die Temperatur auf 15...18 °K (– 258... – 255 °C) abgesenkt. Aus Sicherheitsgründen ist jedem

un gain de 10 dB environ chacun et qu'on a logés pour des raisons de thermodynamique, dans une enceinte sous vide recouverte intérieurement d'une fine couche d'argent. Il est complété par un étage amplificateur de sortie transistorisé. Pour garantir la stabilité d'amplification imposée, il est nécessaire de maintenir l'étage de sortie à une température constante de + 50 °C.

L'ensemble de réfrigération des trois étages d'amplification d'entrée comprend deux stations de température montées en cascade. Comme réfrigérant, on utilise de l'hélium gazeux. La première station de température permet d'atteindre 80° K environ; elle précède la deuxième, où la température est abaissée à 15...18° K (–258...255° C). Pour des raisons de sécurité, chacun des deux amplificateurs possède son propre système cryogénique. La réserve de puissance de chaque compresseur est cependant suffisante pour alimenter les deux circulateurs cryogéniques dans des cas exceptionnels. Ce procédé de refroidissement connu sous le nom de cycle de Gifford-Mc Mahon, est appliqué actuellement dans presque toutes les stations terriennes normalisées du système Intelsat.

Après une intervention dans les circuits, le temps nécessaire pour amener l'amplificateur de la température ambiante (environ 290° K) à celle d'exploitation, de 15...18° K (–258...–255° C), n'est pas sans importance et l'on espère pouvoir le limiter à 2 heures.

Le circuit de pompe pour les étages paramétriques est entièrement transistorisé. La fréquence de base élevée de l'oscillateur à effet de Gunn permet d'atteindre la fréquence finale de 32 GHz à l'aide de deux étages amplificateurs seulement. La stabilité de la puissance délivrée par le circuit de pompe doit être élevée, étant donné que la variation de gain de l'amplificateur n'est pas proportionnelle à celle de la puissance du circuit de pompe, mais correspond en première approximation au produit de la racine carrée du gain de l'étage par la variation de puissance de la source de pompage.

Compte tenu d'un gain d'étage nominal de 10 dB et d'une variation de puissance du circuit de pompe de 0,1 dB, le gain de l'étage varie de 0,3 dB environ, c'est-à-dire de près de 0,9 dB pour 3 étages montés en cascade. Pour garantir la stabilité de longue durée imposée de $\pm 0,5$ dB/semaine, pour l'ensemble de la chaîne de réception à large bande, la puissance du circuit de pompe est réglée séparément et de façon automatique pour chaque étage.

Amplificateur de ligne SHF

Un amplificateur SHF transistorisé est connecté à l'entrée et à la sortie du link de réception à 4 GHz. Des amplificateurs à faible souffle, équipés de tubes à ondes progressives, eussent été supérieurs du point de vue de la linéarité et équivalents sous le rapport du facteur de bruit. La stabilité d'amplification et de phase, la réponse en fréquence et la

der beiden Verstärker ein eigenes Kühlsystem zugeordnet; der Kompressor ist aber leistungsfähig genug, um in aussergewöhnlichen Fällen beide Kühlmaschinen speisen zu können. Dieses als *Gifford-McMahon-System* bekannte Kühlverfahren wird heute praktisch auf allen Standard-Bodenstationen des Intelsat-Systems verwendet.

Die Abkühlungszeit des Verstärkers von Zimmertemperatur (etwa 290 °K) auf 15°...18 °K ist nach Eingriffen in diesem Teil wichtig und wird mit etwa 2 Stunden angestrebt.

Die Pumpquelle für die parametrischen Stufen ist voll-transistorisiert. Die hohe Grundfrequenz des Gunn-Oszillators gestattet, mit zwei Verstärkerstufen die Ausgangsfrequenz von 32 GHz zu erreichen. An die Stabilität der Pumpleistung werden sehr hohe Anforderungen gestellt, da der Zusammenhang zwischen Leistungsänderung der Pumpquelle und die daraus resultierende Verstärkungsänderung der Stufe nicht linear ist, sondern in erster Näherung dem Produkt entspricht aus Quadratwurzel der Stufenverstärkung multipliziert mit der Leistungsänderung der Pumpquelle. Bei einer nominellen Stufenverstärkung von 10 dB und einer Pumpquellen-Leistungsänderung um 0,1 dB ändert sich die Stufenverstärkung um ungefähr 0,3 dB, das heisst bei 3 in Kaskade geschalteten Stufen um rund 0,9 dB. Damit die geforderte Langzeitstabilität von $\pm 0,5$ dB/Woche für die ganze Breitband-Empfangskette eingehalten werden kann, ist die Pumpquellenleistung für jede Stufe gesondert, automatisch geregelt.

SHF – Leistungsverstärker

Am Eingang und Ausgang des 4-GHz-Empfangslinks ist ein Transistor-SHF-Leistungsverstärker vorgesehen. Bezüglich Linearität wären rauscharme Wanderfeldröhrenverstärker überlegen und, was den Rauschfaktor betrifft, gleichwertig. Verstärkungsstabilität, Phasenstabilität, Amplituden-Frequenzgang und Betriebssicherheit sind aber beim Halbleiterverstärker eindeutig besser.

Automatisches Umschaltssystem

Die Betriebs- wie auch die Reserve-Breitbandempfangskette werden dauernd auf ihr Übertragungsmass überwacht. Am Eingang jeder Kette werden zwei SHF-Pilotsignale eingekoppelt, mit den Frequenzen 3702,5 und 4197,5 MHz, entsprechend dem unteren und oberen Bandende. Am Ausgang des 4-GHz-Empfangslinks ist je Pfad für jeden Piloten ein Empfänger vorhanden. Die Alarmschwelle der Pilotempfänger spricht bei Abweichungen von ± 3 dB bezüglich Normalpegel an. Eine Logik steuert die SHF-Schalter R-SW 1, R-SW 3, R-SW 5 und R-SW 6.

5.3.2 Einzelträger-Empfangsketten

Im Erstausbau werden für jeden der vier FM-Träger und den SPADE-Träger je zwei Empfangsketten vorhanden sein, wobei am Ausgang eines Kettenpaares eine automatische

sicherheit d'exploitation sont cependant nettement meilleures pour les amplificateurs transistorisés.

Dispositif de commutation automatique

Les valeurs de transmission des chaînes d'exploitation et de secours de l'ensemble de réception à large bande sont continuellement surveillées. A l'entrée de chaque chaîne, on injecte deux signaux pilotes SHF de 3702,5 MHz et 4197,5 MHz, correspondant aux fréquences limites inférieure et supérieure de la bande. A la sortie du link de réception à 4 GHz, on a prévu un récepteur par voie pour chaque signal pilote. Le seuil d'alarme des récepteurs pilote est atteint lorsque le niveau s'écarte de ± 3 dB du niveau normal. Un circuit logique commande les commutateurs SHF R-SW 1, R-SW 3, R-SW 5 et R-SW 6.

5.3.2 Chaîne de réception des porteuses uniques

Au stade initial, deux chaînes de réception pourront recevoir chacune des quatre porteuses modulées en fréquence et la porteuse SPADE. A la sortie de chaque paire de chaînes, un dispositif de commutation automatique choisira le signal ayant la meilleure qualité. Cette méthode appliquée couramment dans les liaisons par faisceaux hertziens permet au personnel d'entretenir et d'accorder les équipements sans qu'il soit nécessaire d'interrompre l'exploitation. Les récepteurs FM sont commutés automatiquement si le signal pilote à 60 kHz de la station correspondante fait défaut ou si le niveau de bruit atteint une limite inadmissible. Le commutateur MF prévu à la sortie des chaînes de réception SPADE réagit aux différences de niveau des signaux MF des deux sorties.

Equipement de transposition pour porteuses modulées en fréquence

Un ensemble de transposition extrait de la bande 3700...4200 MHz, d'une largeur de 500 MHz, la porteuse désirée et la transpose en une moyenne fréquence de 70 MHz. Les récepteurs prévus convertissent le signal dans un étage mélangeur. L'équipement de transposition comprend les éléments principaux suivants:

- un filtre d'entrée SHF à accord continu
- un oscillateur local
- un mélangeur
- des étages d'amplification MF à 70 MHz

Les noyaux plongeurs du *filtre d'entrée* SHF sont commandés par des verniers micrométriques; à l'aide de courbes d'étalement individuelles il devrait être possible de passer rapidement à une autre fréquence de réception.

La chaîne de l'*oscillateur local* opère selon le principe très répandu du verrouillage de phase. Le signal primaire est engendré par un oscillateur à 1 GHz piloté par un résonateur à cavité à accord continu, en invar. En règle générale

Umschaltung das qualitativ bessere Signal auswählt. Diese bei Richtstrahlverbindungen sehr häufig angewendete Methode erlaubt Unterhalts- oder Umstimmarbeiten ohne Betriebsunterbruch. Bei den FM-Empfängern wird bei Abfall des von der Gegenstation gesendeten 60-kHz-Piloten oder einem unzulässig hohen Geräuschanstieg umgeschaltet. Der ZF-Umschalter am Ausgang der SPADE-Empfangsketten wird bei ZF-Pegelunterschieden zwischen den beiden Ausgängen betätigt.

Empfangsumsetzer für FM-Träger

Der Empfangsumsetzer filtert aus dem 500 MHz breiten Band (3700...4200 MHz) den gewünschten Träger heraus und setzt ihn auf eine ZF von 70 MHz um. Die vorgesehenen Empfänger setzen das Signal in einer Mischstufe um. Der Empfangsumsetzer besteht aus den Hauptteilen:

- stufenlos durchstimmbares SHF-Eingangsfilter
- Lokaloszillatorkette
- Mischer
- 70-MHz-ZF-Verstärkerstufen

Die Abstimmstempel des SHF-Eingangsfilters sind als Mikrometer-Schrauben ausgebildet; mit individuellen Eichkurven sollte es möglich sein, sie schnell auf eine andere Empfangsfrequenz umzustimmen.

Die Lokaloszillatorkette arbeitet auf dem weitverbreiteten Phase-lock-Prinzip. Der 1-GHz-Oszillator – mit einem stufenlos durchstimbaren Hohlraumresonator aus Invar als frequenzbestimmendes Element – erzeugt das Ausgangssignal. Normalerweise ist dieses Signal mit der 10. Harmonischen des 100-MHz-Referenz-Quarzoszillators synchronisiert; die Eigenstabilität ist aber genügend gross, um kurzzeitig ohne Referenzsignal arbeiten zu können, falls für eine neue Empfangsfrequenz der Referenzquarz noch nicht verfügbar ist. Ein breitbandiger Vervielfacher bringt das Signal auf den Ausgangswert im Bereich 3770...4270 MHz.

Dank dieser Lösung für SHF-Eingangsfiler und Lokaloszillatorkette sollte es möglich sein, eine Empfangskette innerhalb 30 Minuten auf eine neue Frequenz umzustimmen.

Der Empfangs-Umsetzer für SPADE

Dieser braucht die erwähnte Flexibilität nicht; SPADE belegt nur den Satelliten-Transponder Nr. 10. Die Frequenzstabilität des Lokaloszillators muss wesentlich höher sein als bei FM. Sowohl SHF-Eingangsfiler als auch Lokaloszillator sind fest abgestimmt. Mischer und ZF-Verstärkerteil des Empfangsumsetzers – bei FM-Trägern und SPADE – arbeiten linear; letzterer mit festeingestellter Verstärkung. Die automatische Pegelregulierung für FM-Träger befindet sich im Demodulator. Für zwei Träger mit gleichem Pegel, die zusammen der nominellen Ausgangsleistung entsprechen, wird ein Intermodulationsabstand 3. Ordnung (Typ $2f_1-f_2$ oder $2f_2-f_1$) von mindestens 40 dB gefordert.

rale, ce signal est synchronisé avec le 10^e harmonique de l'oscillateur de référence à quartz à 100 MHz. Toutefois, la stabilité de l'oscillation naturelle est suffisante pour que le dispositif puisse opérer sans signal de référence durant une courte période, au cas où l'on ne disposerait pas encore du quartz correspondant à une nouvelle fréquence de réception. Un multiplicateur à large bande transforme le signal en une fréquence de la bande 3770...4270 MHz.

La solution retenue pour le filtre d'entrée SHF et la chaîne d'oscillateurs locaux doit permettre de régler l'ensemble sur une nouvelle fréquence en l'espace de 30 minutes.

Equipement de transposition pour le système SPADE

Cet ensemble ne doit pas être aussi flexible que le précédent; le système SPADE n'occupe que le transpondeur N° 10 du satellite. La stabilité en fréquence de l'oscillateur local doit être beaucoup plus élevée que dans le cas de porteuses modulées en fréquence. Aussi bien le filtre d'entrée SHF que l'oscillateur local sont accordés à demeure. Le mélangeur et l'amplificateur MF d'un ensemble de transposition (porteuses modulées en fréquence et SPADE) opèrent de manière linéaire. Dans le système SPADE, le gain est fixé à un taux constant, alors que dans le cas des porteuses modulées en fréquence le démodulateur est doté d'une régulation automatique de niveau. Pour deux porteuses de même niveau correspondant la puissance de sortie nominale, on exige un écart d'intermodulation du troisième ordre (du type $2f_1-f_2$ ou $2f_2-f_1$) d'au moins 40 dB.

Filtre moyenne fréquence ICSC

La largeur de bande d'un équipement de transposition est de 36 MHz ($\pm 0,2$ dB) et correspond de ce fait à celle d'un transpondeur de satellite, qui, suivant les circuits établis, transmet plusieurs porteuses dont la capacité en canaux est différente. Une porteuse chargée de 24 voies téléphoniques n'occupe cependant qu'une largeur de bande de 2,5 MHz. La largeur de bande du filtre ICSC est adaptée à la porteuse qui lui correspond et il est nécessaire d'été changer cet élément lorsque l'occupation de la porteuse es-modifiée, en vue d'éviter des perturbations dues aux porteuses voisines. Selon les spécifications, le filtre est auto-correcteur des distorsions de temps de propagation de groupe.

Correcteurs de distorsion de temps de propagation de groupe et d'amplitude

Il appartient en principe aux stations terriennes d'émission de pré-corriger tant les distorsions de temps de propagation de groupe des chaînes d'émission de leurs stations que celles des satellites, selon les indications du centre de coordination technique (COMSAT). Les correcteurs de la chaîne de réception n'ont à corriger que les distorsions de temps de propagation de groupe de l'ensemble de réception

ICSC – Zwischenfrequenz-Filter

Der Empfangsumsetzer hat eine Bandbreite von 36 MHz ($\pm 0,2$ dB), also jene eines Satelliten-Transponders, der je nach Instradierung mehrere Träger verschiedener Kanal-kapazität überträgt; ein Träger mit 24 Telephoniekanälen belegt aber nur eine Bandbreite von 2,5 MHz. Das ICSC-Filter ist bandbreitenmässig an den jeweiligen Trägertyp angepasst und muss bei Kapazitätsänderungen ausgewechselt werden. Dies ist notwendig, um Nachbarträgerstörungen zu vermeiden. Gemäss den Spezifikationen ist das Filter selbst Gruppenlaufzeit-entzerrt.

Amplituden- und Gruppenlaufzeit-Entzerrer

Grundsätzlich ist es Sache der sendenden Bodenstation, sowohl die Gruppenlaufzeitfehler der Sendekette der eigenen Station als auch jene des Satelliten gemäss den Anweisungen der technischen Koordinationsstelle (COMSAT) vorzuentzerren. Die Entzerrer in der Empfangskette haben also lediglich die Laufzeitfehler des Empfangsteils und all-fällige Restfehler von Gegenstation und Satelliten zu korrigieren.

Demodulatoren

Konventioneller FM-Demodulator. Dieser ist für eine ZF-Bandbreite von 36 MHz ausgelegt; die höchste Kapazität liegt bei 1872 Telephoniekanälen. Im Intelsat-IV-System ist er einsetzbar für Trägerkapazitäten ab 252 Telephoniekanälen und für Farbfernsehen (525 oder 625 Zeilen). Die Schaltung entspricht der eines Begrenzer/Diskriminator-Demodulators. Damit die erforderliche Linearität leichter zu erreichen ist, arbeitet der Diskriminator mit einer Zentralfrequenz von 180 MHz; eine Mischstufe mit 250-MHz-Lokaloszillator setzt das 70-MHz-Eingangssignal auf 180 MHz um.

Die automatische Pegelregulierung am Demodulatoreingang gleicht Pegelschwankungen von ± 5 dB gegenüber dem Nennwert aus. Es ist zu bemerken, dass Satellitenverbindungen im 6/4-GHz-Bereich einen viel kleineren Regelbereich erfordern als Richtstrahlanlagen. Auch bei einem Antennen-Elevationswinkel von $+5^\circ$ ist das durch das Wetter beeinflusste Gebiet der Troposphäre nur einige Kilometer lang. Die Systemparameter einer Intelsat-IV-Satellitenverbindung lassen auch gar keinen grossen Signalschwund zu.

Schwellwertverbessernder FM-Demodulator. Das Prinzip dieses Demodulators wurde erstmals 1939 von J. G. Chaffee erwähnt [2]. Im Zusammenhang mit den UHF-Troposcatter-Verbindungen ergab sich eine weitverbreitete praktische Anwendung dieses Prinzips. In der ursprünglichen Form wurde durch Hub-Gegenkopplung die Bandbreite des dem Demodulator zugeführten Empfangsspektrums reduziert, was einer Verbesserung des Träger/Geräusch-Verhält-

et d'éventuels défauts résiduels provenant des stations correspondantes ou des satellites.

Ensembles de démodulation

Le *démodulateur conventionnel pour modulation de fréquence* est prévu pour une largeur de bande MF de 36 MHz; la capacité maximum est de 1872 voies téléphoniques. Dans le système Intelsat IV, on peut utiliser ce type de démodulateur dès les capacités de 252 voies téléphoniques et pour la télévision en couleurs (525 ou 625 lignes). Le circuit est celui d'un limiteur/discriminateur-démodulateur. Pour atteindre plus facilement la linéarité exigée, le discriminateur est centré sur une fréquence de 180 MHz; un étage mélangeur dont l'oscillateur local est accordé sur 250 MHz transpose le signal d'entrée de 70 MHz en une fréquence de 180 MHz.

La régulation automatique de niveau à l'entrée du démodulateur compense des fluctuations de niveau de ± 5 dB par rapport à la valeur nominale.

Relevons toutefois que les communications par satellites dans la gamme de 6/4 GHz requièrent une plage de régulation bien plus petite que celle qu'exigent les liaisons par faisceaux hertziens. Même si l'angle d'élévation de l'antenne est de $+5^\circ$, la zone de la troposphère influencée par le temps n'est que de quelques kilomètres de longueur. Les paramètres de système d'une communication par satellites Intelsat IV ne tolèrent d'ailleurs guère une valeur importante d'évanouissement du signal.

Le principe d'un *démodulateur pour modulation de fréquence améliorant la valeur de seuil* a été décrit la première fois en 1939 par J. G. Chaffee [2]. Ce principe a connu une application pratique à l'échelle mondiale lors de la mise à profit des liaisons par diffusion troposphérique UHF. A l'origine, on réduisait la largeur de bande du spectre de réception amené au démodulateur par une contre-réaction d'excursion de fréquence, ce qui permettait d'améliorer le rapport signal/bruit. Dans les communications par satellites du système Intelsat, on recourt généralement aux démodulateurs améliorant la valeur de seuil pour les porteuses de capacité inférieure à 252 voies téléphoniques. Passé cette limite, le rapport signal/bruit est suffisamment bon pour permettre l'emploi d'un démodulateur conventionnel et l'amélioration de la valeur de seuil ne procure plus d'avantages. Les limites technologiques sont fixées en premier lieu par le décalage du temps de propagation dans la boucle de contre-réaction. Le dispositif développé par la maison NEC, tel qu'il sera utilisé en Suisse, repose sur une combinaison des méthodes de contre-réaction d'excursion de fréquence (FMFB-Loop) et de contre-réaction de phase (PLD-Loop). La *figure 8* montre un schéma de principe simplifié du circuit. Par rapport à un démodulateur conventionnel ayant un seuil de 11 dB (rapport porteuse/bruit), celui du système précité est de 7 dB environ.

nisses entspricht. Bei Satellitenverbindungen des Intelsat-Systems werden üblicherweise schwellwertverbessernde Demodulatoren für Trägerkapazitäten bis zu 252 Telephoniekanälen eingesetzt. Über dieser Grenze ist das Träger/Geräusch-Verhältnis für den Einsatz eines konventionellen Demodulators genügend gross und die Schwellwertverbesserung bringt keine Vorteile mehr. Dabei setzt vor allem die Laufzeitverzögerung in der Gegenkopplungs-Schleife technologische Grenzen. Das von der Firma NEC entwickelte Gerät, wie es in der Schweizer Bodenstation zum Einsatz gelangt, kombiniert die Methode der Hubgegenkopplung (FMFB-Loop) und die der Phasen-Gegenkopplung (PLD-Loop). Figur 8 zeigt das vereinfachte Blockschema der Schaltung.

Die Schwelle des erwähnten Demodulators liegt bei einem Träger/Geräusch-Verhältnis von etwa 7 dB gegenüber rund 11 dB bei einem konventionellen Demodulator.

Es ist noch zu erwähnen, dass der mechanische Aufbau und die Verkabelung der Demodulatorgestelle so gestaltet sind, dass sie sowohl mit Einschüben des konventionellen als auch des schwellwertverbessernden Demodulators bestückt werden können.

Empfangs-Basisband-Verteilereinheit

Diese Einheit enthält die folgenden Stromkreise:

- Nachbetonung
- 60-kHz-Pilotempfänger
- Ausserband-Geräuschempfänger

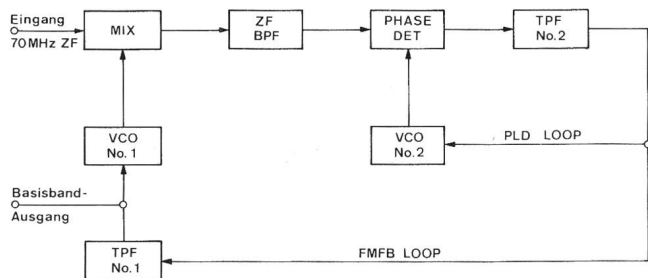


Fig. 8

Funktionelles Blockschema des schwellwertverbessernden Demodulators – Schéma de principe du démodulateur améliorant la valeur de seuil

Eingang 70 MHz ZF – Entrée MF 70 MHz

Basisbandausgang – Sortie bande de base

MIX – Mischer – Mélangeur

VCO – Voltage Controlled Oscillator – Spannungsregulierter Oszillator – Oscillateur regulé par tension

TPF – Tiefpassfilter – Filtre passe-bas

Phase Det – Phasendetektor – Détecteur de phase

FMFB Loop – Frequency Modulation Feed Back Loop – Hubgegenkopplungsschleife –

Circuit de contre-réaction de fréquence

PLD Loop – Phase Lock Detection Loop – Phasengegengekoppelte Detektorschleife –

Circuit de contre-réaction de phase

Relevons encore que la construction mécanique et le câblage des bâtis permet l'utilisation à volonté des unités enfichables de démodulation conventionnelle ou de démodulation améliorant la valeur de seuil.

Ensemble de répartition en bande de base, réception

Cette unité comprend les circuits suivants:

- cellule de désaccentuation
- récepteur pilote à 60 kHz
- récepteur de bruit hors bande
- circuit logique pour la commande du commutateur de bande de base
- commutateur de bande de base
- dispositif de silencieux
- filtre limiteur de la bande passante

Contrairement à la méthode appliquée dans les installations à faisceaux hertziens, le pilote à 60 kHz sert, quel que soit le nombre de voies transmises, de critère d'alarme ou de commutation du côté réception. Parallèlement, le détecteur de bruit est centré sur une voie haute hors bande, située au-dessus de la voie téléphonique la plus élevée. Ce détecteur est un récepteur superhétérodyne. Si l'on modifie la capacité de transmission, il est nécessaire d'échanger l'oscillateur hétérodyne. Par l'entremise d'un circuit logique, les alarmes pilote et bruit hors bande agissent sur le commutateur de la bande de base. Les seuils de commutation peuvent être réglés aux valeurs suivantes:

seuil du niveau pilote – 3 dB...–9 dB

bruit hors bande – 40 dBmOp...–46 dBmOp

Le seuil de réponse du dispositif de silencieux peut être réglé pour une plage du rapport signal/bruit de 30...40 dBp.

Une combinaison de filtres passe-haut/passe-bas limite le spectre de la bande de base en direction de l'équipement multiplex. Le filtre passe-haut rejette le signal de dispersion d'énergie.

5.4 Equipement d'émission

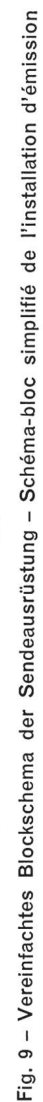
Le schéma de principe simplifié de la figure 9 montre l'ensemble d'émission dans ses grandes lignes.

5.4.1 Chaînes d'émission de porteuses uniques

Ensemble de répartition en bande de base, émission (téléphonie)

Dans cet ensemble, le signal est traité par les sous-unités suivantes:

- le circuit d'aiguillage
- la cellule de préaccentuation
- le générateur de signal de dispersion d'énergie
- le régulateur automatique du niveau de la bande de base
- le limiteur du niveau de crête
- le filtre passe-bas
- le générateur de fréquence pilote de 60 kHz



- Umschaltlogik zur Steuerung des Basisbandumschalters
- Basisbandumschalter
- Stummschaltung
- Bandbegrenzungsfilter

Im Gegensatz zu Richtstrahlanlagen wird bei allen Kanal-kapazitäten der 60-kHz-Pilot auf der Empfangsseite als Alarm- und unter Umständen als Umschaltkriterium be-nutzt, während das Basisband-Frequenzgebiet oberhalb des obersten Telephoniekansals der Ausserband-Geräuschüber-wachung zugeteilt ist. Deren Empfänger ist als Überlage-rungsempfänger gebaut. Wird die Übertragungskapazität geändert, muss der Überlagerungsoszillator ausgewechselt werden. Die Pilot- und Ausserbandgeräuschalarme der beiden Ketten für einen Empfangsträger steuern über eine Logik den Basisbandumschalter. Die Umschaltsschwellen können wie folgt eingestellt werden:

Pilotpegelabfall – 3 dB...— 9 dB

Ausserbandgeräusch – 40 dBmOp...— 46 dBmOp

Der Stummschaltungs-Einsatzpunkt kann für einen Signal-/Geräuschabstand-Bereich von 30 dBp ... 40 dBp eingestellt werden.

Eine Hochpass/Tiefpass-Kombination begrenzt das Basisband-Frequenzbereich in Richtung Multiplexaus-

Le circuit d'aiguillage sépare le signal de la bande de base issu de l'équipement multiplex en deux composantes identi-ques en amplitude et en phase. Par analogie à la méthode appliquée dans les ensembles de réception, on a prévu d'amener le signal à l'entrée du sous-système de l'amplifi-cateur de grande puissance par le moyen de deux chaînes à bande étroite pour chaque porteuse SHF.

L'Intelsat prescrit que la densité de puissance de la porteuse modulée en fréquence dans un canal de mesure quelconque de 4 kHz situé à l'intérieur du spectre de modu-lation ne doit pas varier de plus de 2 dB, indépendamment de la charge de la bande de base. Cette exigence cor-respond au mode d'amplification à porteuses multiples qui est pratiqué du côté satellite. Des porteuses non modulées émises par les stations terriennes peuvent engendrer dans les transpondeurs des satellites des produits d'intermodu-lation d'un niveau inacceptable, susceptibles de perturber les autres porteuses. Le niveau total du signal en pro-venance de l'équipement multiplex pouvant varier forte-ment suivant la densité du trafic, on insère un signal de dispersion d'énergie dont l'amplitude est réglée auto-matiquement de manière que la valeur effective du signal à l'entrée du modulateur demeure constante.

La régulation automatique du niveau de la bande de base évite la surmodulation qui perturbe les canaux voisins lorsque le signal multiplex dépasse le niveau de pleine

Fig. 9 – Vereinfachtes Blockschema der Sendeausrüstung – Schéma-bloc simplifié de l'installation d'émission

Betriebsgebäude – Bâtiment d'exploitation

Sendeketten für Einzelträger – Chaînes d'émission pour porteuses uniques

Von ZF-Bügelplatte Empfangsseite – De la baie des étriers MF côté réception

Dienstkanalempfang – Réception du canal de service

Kanal 1 – Canal 1

Kanal 12 – Canal 12

Dienstkanal Senden – Emission du canal de service

«Spot Beam» Träger 132 Kanäle (USA-Kanada) – Porteuse «Spot Beam» 132 canaux (USA-Kanada)

«Global Beam» Träger 24 (60)* Kanäle (Israel-Brasilien) – Porteuse «Global Beam» 24 (60)* canaux (Israël-Brésil)

* ab Mitte 1974 – dès milieu 1974

Zusammengefasstes Basisbandsignal (Empfang von Zürich) – Signal de bande de base groupé (réception de Zurich)

Unterer Betriebsraum, Antenne – Local d'exploitation inférieur, antenne

Breitbandige Sendeverstärker und Zusammenschaltung (5925...6425 MHz, Hochleistungs-verstärker) – Amplificateurs d'émission à large bande et commutation (5925...6425 MHz, amplificateurs de puissance)

Elektronisch gesteuerter Abschwächer (PIN Attenuator) – Atténuateur à commande électronique (PIN)

Steuersignal (nach elektronischem Abschwächer) – Signal de commande (vers l'atté-nuateur électronique)

Testeingang – Entrée de test

Ausbau TDMA-Träger – Extension porteuse TDMA

Ausbau Globalträger – Extension porteuse Global

Erweiterung – Extension

Filter Combiner – Combineur à filtres

Ausbau Sendereingang für Fernsehen – Extension entrée émetteur pour télévision

Oberer Betriebsraum, Antenne – Local d'exploitation supérieur, antenne

Zum Empfangssystem 3700...4200 MHz – Vers le système de réception 3700...4200 MHz
Fehlersignal für Nachfolgesteuerung – Signal d'erreur pour la commande de poursuite
Empfangs-(Referenz-)Signal – Signal de réception (de référence)

MUX Multiplexausrüstung für Empfang von Zürich und Senden Richtung Satellit – Dispositif de multiplexage pour la réception de Zurich et l'émission vers le satellite

ESC Intelsat-Dienstkanal-Schaltssystem – Système de commutation des canaux de service Intelsat

BDU Basisbandverteilereinheit Sendeseite – Unité de répartition de la bande de base côté émission

BBP Basisband-Bügelplatte – Baie d'étriers de bande de base

ZFP ZF-Bügelplatte – Baie d'étriers MF

MOD FM-Modulator – Modulateur MF

EQU Amplituden- und Gruppenlaufzeitentzerrer – Egaliseur d'amplitude et de temps de propagation de groupe

FIL ICSC-ZF-Filter – Filtre MF ICSC

U/C-1,2 Sendemsetzer für FM-Träger – Mélangeurs d'émission pour porteuses modulées en fréquence

U/C-S Sendemsetzer für SPADE – Mélangeur d'émission pour le SPADE

IPA-1...5 SHF-Zwischenverstärker – Amplificateur intermédiaire SHF (TWT LD 920A, 20 W)

HPA-1...5 SHF-Leistungsverstärker – Amplificateurs de puissance SHF (TWT YH 1043, 1 kW)

FEED Modenkoppler und Diplexer – Coupleur de modes et diplexeur

DET Trägerdetektor – Détecteur de porteuse

ALC Automatische Sendeleistungskontrolle – Contrôle automatique de puissance d'émission

rüstung. Das Hochpassfilter unterdrückt das Trägerverwischungssignal.

5.4 Sendeausrüstung

5.4.1 Einzelträger-Sendeketten

Das vereinfachte Blockschema *Figur 9* gibt einen generellen Überblick.

Sende-Basisbandverteilereinheit (Telephonie)

Diese Einheit enthält die folgenden Subeinheiten im Signalpfad:

- Gabelschaltung
- Vorbetonung
- Generator für Verwischungssignal
- Automatische Basisband-Pegelregulierung
- Spitzenpegelbegrenzer
- Tiefpassfilter
- 60-kHz-Pilotgenerator

Die Gabelschaltung trennt das von der Multiplexausrüstung kommende Basisbandsignal in zwei Zweige mit identischer Amplitude und Phase auf. Analog der Empfangsseite sind bis zum Eingang des Hochleistungsverstärker-Subsystems je SHF-Träger zwei Schmalbandketten vorgesehen.

Die Intelsat schreibt vor, dass die Sendeleistungsdichte des FM-Trägers in einem beliebigen 4 kHz breiten Messkanal innerhalb des belegten Spektrums, unabhängig von der zulässigen Basisbandbelastung, nicht mehr als 2 dB ändert. Diese Forderung entspricht dem Mehrträgerverstärkungsmodus auf der Seite Satellit. Falls unmodulierte Träger von Bodenstationen gesendet werden, können unzulässig hohe Intermodulationsprodukte im Satelliten-Transponder erzeugt werden, die die übrigen Träger stören. Weil der Summenpegel von der Multiplex-Ausrüstung her je nach Verkehrsdichte stark schwankt, wird ein Verwischungssignal beigelegt und in der Amplitude automatisch so geregelt, dass der Effektivwert des Signals am Eingang des Modulators konstant bleibt.

Die automatische Basisband-Pegelregulierung verhindert die Nachbarträger störende Übermodulation, falls das Multiplex-Signal den Vlastpegel überschreitet. Unterhalb des Vlastpegels verhält sich diese Regulierung passiv; ihr Einsatzpunkt liegt etwas über dem Vlastpunkt. Der Eingangspegel am Modulator soll für eine Überlast von 10 dB nicht mehr als 1 dB über dem Vlastpunkt liegen. Diese Regulierung soll praktisch keine Intermodulation verursachen.

charge. Cette régulation demeure passive au-dessous du niveau de pleine charge; elle commence à agir lorsque le point de pleine charge est légèrement dépassé. Pour une surcharge de 10 dB, le niveau d'entrée au modulateur ne doit pas dépasser de plus d'un dB le point de pleine charge. Cette régulation ne produit pratiquement pas d'intermodulation.

La régulation de niveau de la bande de base ayant une constante de temps relativement longue, un limiteur non temporisé des valeurs de crête permet d'intercepter les pointes de surcharge de courte durée. Un filtre passe-bas rejette les signaux provenant de l'équipement de multiplexage qui pourraient éventuellement tomber dans la plage de fréquence analysée par le détecteur de bruit hors bande de la station correspondante.

Le signal pilote à 60 kHz n'est injecté qu'après cette unité, si bien qu'il n'influence pas le niveau en cas de surcharge de la bande de base.

Modulateur

Le modulateur prévu peut être utilisé de manière universelle pour des charges de porteuses allant jusqu'à 1872 voies téléphoniques ou pour des signaux de télévision. Sa linéarité doit être meilleure que 2% dans la plage MF de 70 MHz $\pm$ 18 MHz. L'étage de modulation oscille à une fréquence nominale de 180 MHz. Un étage mélangeur avec oscillateur local à 250 MHz transpose le signal modulé sur la fréquence de sortie de 70 MHz.

Filtre moyenne fréquence ICSC

Ce filtre est du même type que celui de la chaîne de réception. Inséré dans la chaîne d'émission, il permet de limiter le spectre de la porteuse émise. L'étage de transposition d'émission qui lui succède a une largeur de bande de 36 MHz ($\pm$ 0,2 dB), alors que le filtre précité a une largeur de bande qui correspond au type de la porteuse.

Correcteurs de distorsion de temps de propagation de groupe et d'amplitude

Ces cellules doivent corriger les distorsions de transmission suivantes:

- correction, du côté émission, des défauts résiduels de la courbe de réponse en amplitude des équipements;
- correction de taux résiduels de la distorsion du temps de propagation de groupe se produisant dans les équipements côté émission;
- pré-correction des distorsions du temps de propagation de groupe due au satellite selon les instructions du centre de coordination technique (COMSAT).

Kurzzeitige Überlastspitzen – die Basisband-Pegelregulierung hat eine relativ lange Zeitkonstante – werden durch einen unverzögerten Spitzenwertbegrenzer abgefangen.

Ein Tiefpassfilter unterdrückt allfällige Signale der Multiplexausrüstung, die in den Frequenzbereich des Ausserband-Geräuschempfängers auf der Gegenstation fallen könnten.

Der 60-kHz-Pilot wird erst am Ausgang dieser Einheit zugefügt und somit bei Basisbandüberlast regelmässig nicht beeinflusst.

Modulator

Der vorgesehene Modulator kann universell für Trägerkapazitäten bis 1872 Telephoniekanäle oder für Fernsehsignale eingesetzt werden. Über einen ZF-Bereich 70 MHz $\pm$ 18 MHz soll die Linearität besser als 2% bleiben. Die Modulatorstufe schwingt auf einer Nominalfrequenz von 180 MHz. Eine Mischstufe mit 250-MHz-Lokalszillator setzt das modulierte Signal auf die Ausgangsfrequenz von 70 MHz um.

ICSC-Zwischenfrequenzfilter

Dieses Filter ist vom gleichen Typ wie jenes in der Empfangskette. In der Sendekette eingesetzt, dient es der Begrenzung des Sendespektrums. Der nachfolgende Sendemsetzer hat eine Bandbreite von 36 MHz ($\pm$ 0,2 dB), während dieses Filter eine dem Trägertyp entsprechende Bandbreite aufweist.

Amplituden- und Gruppenlaufzeitentzerrer

Diese haben folgende Übertragungsverzerrungen zu korrigieren:

- Entzerrung von Amplituden-Frequenzgangrestfehlern der Geräte auf der Sendeseite.
- Korrektur von Restbeträgen, Gruppenlaufzeitverzerrungen der Geräte auf der Sendeseite.
- Vorentzerrung der Gruppenlaufzeitverzerrungen des Satelliten gemäss den Anweisungen der technischen Koordinationsstelle (COMSAT).

Sendemsetzer für FM-Träger

Der Sendemsetzer transponiert das 70-MHz-Signal des Modulators in das SHF-Sendefrequenzband (5925...6425 MHz). Seine wichtigsten Untereinheiten sind:

- Kabel Entzerrer (70-MHz-ZF-Bereich)
- 6-GHz-Lokalszillatorkette
- Mischstufe
- 6-GHz-Bandpassfilter
- 6-GHz-Bandstopfilter (Lokalszillator-Unterdrückung)
- Automatische Umschaltung

Der *Kabelentzerrer* am Eingang des Sendemsetzers korrigiert die Dämpfungsunterschiede des Koaxialkabels

Ensemble de transposition pour porteuses modulées en fréquence

Du côté émission, l'ensemble de transposition pour porteuses modulées en fréquence convertit le signal à 70 MHz du modulateur en une fréquence située dans la bande d'émission SHF (5925...6425 MHz).

Il comprend les sous-unités principales suivantes:

- le correcteur de distorsions de câble (bande MF de 70 MHz)
- la chaîne d'oscillateurs locaux à 6 GHz
- l'étage mélangeur
- le filtre passe-bande à 6 GHz
- le filtre coupe-bande à 6 GHz (rejet oscillateur local)
- le dispositif de commutation automatique

Le *correcteur de distorsions de câble* situé à l'entrée de l'ensemble de transposition du côté émission corrige les différences d'affaiblissement survenant dans le câble coaxial qui relie le bâtiment d'exploitation et au local des équipements sis dans l'infrastructure d'antenne.

La *chaîne de l'oscillateur local* diffère très peu de celle utilisée dans l'ensemble de transposition du côté réception. Sa puissance d'émission est cependant nettement plus élevée; le signal de la source à 1 GHz est sextuplé, et la fréquence est inférieure de 70 MHz à la fréquence de sortie. Du côté émission, on procède de la même manière que du côté réception et on recourt au changement de fréquence simple. L'ensemble de transposition du côté émission, l'amplificateur moyenne fréquence et le mélangeur ont des caractéristiques linéaires. Vu la puissance de sortie SHF de + 5 dBm, il est nécessaire de disposer à l'étage mélangeur linéaire d'un oscillateur local suffisamment puissant.

L'accord continu des deux *filtres* SHF est réalisé par des noyaux plongeurs commandés par un vernier micrométrique. Les spécifications exigent qu'un changement de fréquence doit pouvoir être effectué en l'espace d'une heure.

La *commutation* automatique SHF à la sortie des deux ensembles de transposition de la même porteuse (commutateurs T-SW 31 et T-SW 32) est commandée par un circuit logique qui réagit lorsque le seuil d'alarme de sortie est atteint.

Equipement de transposition pour porteuses du système SPADE

A l'exception de la chaîne de l'oscillateur local, on retrouve la même conception radioélectrique des circuits que dans l'équipement traitant les porteuses modulées en fréquence. Les filtres SHF sont à accord fixe, vu qu'on ne met à contribution que le transpondeur N° 10 du satellite. Dans le système SPADE, la stabilité de l'oscillateur local de l'ensemble de transposition d'émission doit satisfaire aux plus hautes exigences. Le signal à 6 GHz ne doit pas

zwischen Betriebsgebäude und dem unteren Betriebsraum der Antenne.

Die *Lokaloszillatorkette* ist sehr ähnlich aufgebaut wie die im Empfangsumsetzer. Ihre Ausgangsleistung ist allerdings wesentlich höher, das Signal der 1-GHz-Quelle wird sechsfacht und die Frequenz liegt 70 MHz unterhalb der Ausgangsfrequenz. Wie auf der Empfangsseite, wird auch auf der Sendeseite einfache Frequenzumsetzung angewendet. Der Sendeumsetzer-ZF-Verstärker und Mischer arbeiten im linearen Bereich. Entsprechend der SHF-Ausgangsleistung von +5 dBm ist die notwendige Lokaloszillatorleistung bei linearem Mischer entsprechend hoch.

Die beiden SHF-Filter sind kontinuierlich durchstimmbar und haben Abgleichstempel mit Mikrometereichung. Die Spezifikationen fordern, dass ein Frequenzwechsel innerhalb einer Stunde durchführbar sein soll.

Die automatische SHF-Umschaltung am Ausgang der beiden Sendeumsetzer des gleichen Trägers (Schalter T-SW 31 und T-SW 32) werden durch eine Logik gesteuert, die auf die Ausgangspegelalarmlage anspricht.

Sendeumsetzer für SPADE-Träger

Mit Ausnahme der Lokaloszillator-Kette ist der radioelektrische Aufbau gleich wie beim Gerät für FM-Träger. Die SHF-Filter sind fest abgestimmt, weil immer nur über Satelliten-Transponder Nr. 10 gearbeitet wird. Das SPADE-System stellt sehr hohe Anforderungen an die Frequenzstabilität des Sendeumsetzerlokalszillators. Das 6-GHz-Signal soll innerhalb 24 Stunden nicht mehr als 100 Hz vom Sollwert abweichen. Auch die Linearität muss sehr gut sein, denn SPADE ist ein Mehrträgersystem, wobei die Anzahl SHF-Träger innerhalb des 36-MHz-Bandes entsprechend der Belegung dauernd schwankt. Dabei soll der Pegel des Einzelträgers innerhalb einer Toleranz von $\pm 0,5$ dB vom Sollwert sein.

5.4.2 Hochleistungsverstärker-Subsystem

Die Konzeption des zweckmässigsten Hochleistungsverstärker-Subsystems einer Bodenstation ist sehr ausgeprägt vom Verkehrsmodell (Anzahl Sende-Träger sowie deren Kanalkapazitäten und Modulationsparametern) abhängig. Aber auch Mutmassungen über die Anforderungen künftiger Satelliten-Generationen an die Hochleistungsverstärker können die Planung beeinflussen. Wirtschaftlichkeit und Flexibilität einer Bodenstation hängen massgebend von der gewählten Lösung ab. Die hier kurz umrissenen Überlegungen stehen im Zusammenhang mit den spezifischen Bedürfnissen der Bodenstation Leuk.

Wahl zwischen Klystronverstärker und Wanderfeldröhren (TWT)-Verstärker

Die bei Bodenstationen eingesetzten *Mehrkommer-Klystronverstärker* haben eine typische Bandbreite von

dérivier de plus de 100 Hz en 24 heures par rapport à la valeur nominale. De même, la linéarité doit être très bonne, car le système SPADE est à plusieurs porteuses SHF, dont le nombre varie constamment à l'intérieur de la bande de 36 MHz, en fonction de son occupation. En l'occurrence, le niveau d'une porteuse simple ne doit pas excéder le seuil de tolérance de $\pm 0,5$ dB par rapport à la valeur nominale.

5.4.2 Le sous-système des amplificateurs de puissance

La manière la plus rationnelle possible de concevoir un sous-système d'amplification de puissance d'une station terrienne dépend dans une large mesure du genre de trafic envisagé (nombre de porteuses d'émission, capacité des voies et paramètres de modulation).

Toutefois, la planification peut aussi être influencée par les exigences hypothétiques auxquelles devront satisfaire les amplificateurs de puissance des systèmes de télécommunication des générations de satellites à venir. La rentabilité et la flexibilité d'une station terrienne dépendent dans une large mesure de la solution choisie. Les brèves considérations qui suivent sont en corrélation avec les besoins spécifiques de la station terrienne de Loèche.

Choix entre un amplificateur à klystrons et un amplificateur à tubes à ondes progressives

Les amplificateurs à klystrons à plusieurs cavités utilisés dans les stations terriennes ont une largeur de bande typique de 50 MHz et sont dotés d'un dispositif de pré-régulation programmé pour 5 fréquences porteuses situées à l'intérieur de la bande d'émission de 500 MHz de largeur.

Avantages:

- tube robuste pouvant supporter une surcharge de courte durée
- rendement relativement bon
- les exigences posées à la stabilité des tensions d'alimentation sont relativement modestes, compte tenu des valeurs imposées de la qualité de transmission
- gain élevé; dans certains cas, on peut renoncer à un étage d'attaque
- auto-suppression des ondes non essentielles découlant du système d'amplification à bande étroite.

Inconvénients:

- Lorsqu'on change de fréquence et passe sur un canal pré-régulé, l'émission est interrompue durant quelques secondes.
- Le réglage initial du tube sur une nouvelle fréquence porteuse peut quelquefois durer plusieurs heures.
- En cas de fluctuations de température dans le cycle de refroidissement, l'accord du système à bande étroite peut être influencé, ce qui conduit à des distorsions du temps de propagation de groupe et à des modifications de la courbe de réponse.

50 MHz und sind mit einem Vorabstimm-Mechanismus ausgerüstet, der für 5 Trägerfrequenzen innerhalb des 500 MHz breiten Sendebands programmiert werden kann.

Vorteile:

- Robuste, kurzzeitig überlastbare Röhre
- Relativ guter Wirkungsgrad
- Stellt bei gegebenen Forderungen bezüglich Übertragungsqualität mässige Anforderungen an die Stabilität der Speisespannungen.
- Hohe Verstärkung; in gewissen Fällen kann auf eine Treiberstufe verzichtet werden.
- Inhärente Nebenwellenunterdrückung, weil schmalbandiges Verstärkersystem.

Nachteile:

- Bei Trägerfrequenzwechsel auf einen vorabgestimmten Kanal entsteht ein Unterbruch von einigen Sekunden.
- Die erstmalige Abstimmung der Röhre auf eine neue Trägerfrequenz dauert unter Umständen mehrere Stunden.
- Temperaturschwankungen im Kühlkreislauf können die schmalbandige Abstimmung beeinflussen, was zu Gruppenlaufzeitverzerrungen und Frequenzgangänderungen führen kann.
- Mehrträgerverstärkung ist nur möglich, wenn die Sendespektren innerhalb 50 MHz liegen (beispielsweise bei TV-Übertragung).

Wanderfeldröhrenverstärker können das ganze 500 MHz breite Sendeband ohne irgendwelche Abstimmungsvorrichtungen übertragen.

Vorteile:

- Kein Abstimmungsmechanismus. Die Umschaltung eines (von mehreren) Betriebsverstärkers auf den gemeinsamen Reserveverstärker ist innerhalb von Bruchteilen einer Sekunde möglich.
- Mehrträgerverstärkung ohne Einschränkung der Trägerfrequenzen über das ganze Sendeband möglich.
- Temperaturschwankungen im Kühlkreislauf haben wenig Einfluss auf Gruppenlaufverzerrungen und Frequenzgang.

Nachteile:

- Die Verzögerungsleitung der Röhre ist auch gegen kurzzeitige Überlast empfindlich. Eine sehr schnell ansprechende Schutzschaltung ist notwendig.
- Wirkungsgrad kleiner als beim Klystron.
- Bei gegebenen Forderungen an die Übertragungsqualität sind beim Speisegerät wesentlich höhere Stabilitäten notwendig als bei Klystron-Verstärkern.

- L'amplification de plusieurs porteuses n'est possible que si les spectres d'émission sont situés à l'intérieur d'une bande de 50 MHz (par exemple pour les transmissions de télévision).

Les amplificateurs à tubes à ondes progressives peuvent traiter toute la bande d'émission d'une largeur de 500 MHz sans qu'il soit nécessaire d'accorder quoi que ce soit.

Avantages:

- pas de dispositif de réglage. La commutation d'un amplificateur de service (parmi plusieurs) sur un amplificateur de secours commun est réalisable en une fraction de seconde;
- l'amplification de plusieurs porteuses est possible sans qu'il soit nécessaire de limiter le spectre des fréquences porteuses qui peut s'étendre sur toute la bande d'émission;
- les fluctuations de température affectant le cycle de refroidissement ont peu d'influence sur les distorsions de temps de propagation de groupe et sur la courbe de réponse.

Inconvénients:

- la ligne à retard du tube est sensible aux surcharges, même de courte durée. Il est nécessaire de prévoir un circuit de protection à action rapide;
- le rendement est plus faible que celui du klystron;
- les exigences quant à la stabilité du redresseur de la tension d'alimentation sont nettement plus élevées que dans le cas des amplificateurs à klystrons, compte tenu de la qualité de transmission exigée.

Le choix a porté sur un amplificateur à tubes à ondes progressives pour les raisons suivantes:

- il n'est pas certain que les satellites Intelsat du type V opéreront encore avec des transpondeurs ayant une largeur de bande de 36 MHz;
- au cas où un seul amplificateur de secours double plusieurs amplificateurs de service, on parvient à un temps de commutation beaucoup plus court avec un sous-système équipé de tubes à ondes progressives, surtout si la commutation est automatique;
- suivant les circonstances, la solution la plus rentable consiste en une amplification mixte de porteuses isolées et de porteuses multiples;
- compte tenu du nombre croissant des stations terriennes, il est probable que les modifications du plan des fréquences seront plus fréquentes qu'auparavant.

Choix entre l'amplification de porteuses simples et de porteuses multiples

Les considérations qui suivent s'appliquent à nouveau au genre de trafic choisi pour la station terrienne de Loèche. Dans cette comparaison, on part du principe que, dans les

Die Wahl fiel aus folgenden Überlegungen auf den Wanderfeldverstärker:

- Es ist nicht sicher, ob bei den Intelsat-Satelliten des Typs V immer noch mit Transpondern von 36 MHz Bandbreite gearbeitet wird.
- Falls mehrere Betriebsverstärker und nur ein Reserveverstärker vorgesehen sind, bringt ein Subsystem mit Wanderfeldröhren wesentlich kürzere Umschaltzeiten, besonders wenn die Umschaltung automatisch erfolgt.
- Die wirtschaftlichste Lösung ist unter Umständen eine Mischung von Einzelträger- und Mehrträgerverstärkung.
- Bei der steigenden Zahl von Bodenstationen sind vermutlich Umstellungen im Frequenzplan häufiger als früher.

Wahl zwischen Einzelträger- und Mehrträgerverstärkung

Die folgenden Überlegungen sind wiederum auf das Verkehrsmodell der Bodenstation Leuk bezogen. Die Gegenüberstellung geht davon aus, dass in beiden Fällen Wanderfeldröhren eingesetzt werden.

Vorteile der Einzelträgerverstärkung sind:

- Einsatz luftgekühlter Röhren bis 3 kW Sättigungsleistung möglich; wartungsfreier als flüssigkeitsgekühlte Röhren, die bei Mehrträgerverstärker notwendig sind.
- Bei Verstärkerausfall ist nur ein Träger betroffen.
- Der Energieverbrauch ist wesentlich niedriger als bei Mehrträgerverstärkung.
- Das Intermodulationsproblem stellt sich bei reiner Einzelträgerverstärkung nicht.

Nachteile der Einzelträgerverstärkung:

- Aufwendige SHF-Umschaltung mit komplexer Steuerlogik am Eingang und Ausgang der Verstärker notwendig.
- SHF-Zusammenschaltungs-Netzwerk am Verstärkerausgang.
- Fügt man weitere Sendeträger zu, müssen gegebenenfalls zusätzliche Verstärker installiert werden.
- Überwachung des Reserveverstärkers weniger gut als bei Mehrträgerverstärker.

Bei der Mehrträgerverstärkung sind folgende Argumente erwähnenswert:

Vorteile:

- Einfache SHF-Umschaltung am Ausgang; am Eingang werden die Träger mit Kopplern zusammengeschaltet.
- Kein Zusammenschaltungs-Netzwerk am Verstärkerausgang.

den beiden Fällen, die Verstärkung wird durch Röhren mit progressivem Charakter erreicht.

Les avantages de l'amplification de porteuses simples sont les suivants:

- il est possible d'utiliser des tubes refroidis par air pour des puissances de saturation allant jusqu'à 3 kW; le service d'entretien est moins fréquent que dans le cas des tubes refroidis par liquide, nécessaires dans l'amplification de porteuses multiples;
- en cas de panne d'un amplificateur, une seule porteuse est affectée;
- la consommation d'énergie est beaucoup plus faible que dans l'amplification de porteuses multiples;
- une amplification qui se limite à des porteuses simples supprime les problèmes d'intermodulation.

Les inconvénients de l'amplification de porteuses simples sont les suivants:

- il est nécessaire de recourir à une commutation SHF compliquée et à un circuit logique complexe à l'entrée et à la sortie des amplificateurs;
 - il faut prévoir un circuit d'interconnexion à la sortie des amplificateurs;
 - pour émettre de nouvelles porteuses, il y a lieu d'installer des amplificateurs supplémentaires;
 - il est moins facile de surveiller l'amplificateur de secours que dans le cas de l'amplification de porteuses multiples.
- En ce qui concerne l'amplification de porteuses multiples, les arguments suivants méritent d'être relevés:

Avantages:

- La commutation SHF à la sortie est simple; à l'entrée, les porteuses sont réunies au moyen de coupleurs;
- on peut renoncer à un circuit d'interconnexion à la sortie de l'amplificateur;
- si l'on dispose d'une réserve de modulation suffisante, on peut augmenter sans difficultés le nombre des porteuses d'émission;
- il est simple de surveiller l'amplificateur de secours qui opère aux mêmes conditions que l'amplificateur de service.

Inconvénients:

- Le refroidissement par liquide pose beaucoup plus de problèmes que le refroidissement par air;
- en cas de panne d'un amplificateur, toutes les porteuses sont interrompues brièvement;
- la consommation d'énergie est beaucoup plus élevée que dans l'amplification de porteuses simples;
- pour satisfaire aux exigences d'intermodulation posées par l'Intelsat, il est nécessaire que la puissance de l'amplificateur soit maintenue à une valeur inférieure de 10 dB environ à la puissance de saturation.

- Ausreichende Aussteuerungsreserve vorausgesetzt, können weitere Sendeträger problemlos zugeschaltet werden.
- Überwachung des Reserveverstärkers ist einfach und erfolgt unter identischen Bedingungen wie beim Betriebsverstärker.

Nachteile:

- Flüssigkeitskühlung; wesentlich problematischer als Luftkühlung.
- Bei Verstärkerausfall sind alle Träger kurzzeitig unterbrochen.
- Energieverbrauch wesentlich höher als bei Einzelträgerverstärker.
- Damit die Intermodulationsforderungen der Intelsat-Vorschriften eingehalten werden können, muss die Aussteuerung des Verstärkers etwa 10 dB unterhalb seiner Sättigungsleistung liegen.

Das Hochleistungsverstärker-Subsystem der Station Leuk

Von seiner generellen Konzeption her ist dieses ein Einzelträgersystem. Der SHF-Zwischenverstärker ist mit einer 20 Watt Wanderfeldröhre von NEC bestückt; er entspricht in seinem Aufbau einer Richtstrahlsenderstufe für Weitverkehrs-Breitbandanlagen.

Der SHF-Leistungsverstärker wird mit der luftgekühlten 1-kW-Röhre vom Typ YH 1043 der *Siemens* bestückt sein. Die Spezifikationen schreiben vor, dass Speisegerät und Verstärkerschrank so gebaut sind, dass auch luftgekühlte 3-kW-Wanderfeldröhren japanischer und amerikanischer Herkunft eingesetzt werden können. Anfänglich werden nur drei Verstärker vorhanden sein. Die Ausbauflexibilität ist auf zwei Arten sichergestellt:

- Bei Kapazitätsvergrößerung der Träger können anstelle der 1-kW-Röhren solche von 3 kW eingesetzt werden.
- Bei Erhöhung der Anzahl Träger können zwei weitere Verstärker eingefügt werden. Sowohl die Umschaltmatrix am Eingang (T-SW 21 ... T-SW 26) und Ausgang (T-SW 11 ... T-SW 16) des Sendeverstärkers als auch die Steuerlogik sind für diese Erweiterung vorbereitet.

Im Erstausbau ist die Kanalkapazität des Global-Trägers und der SPADE-Ausrüstung verhältnismässig bescheiden, so dass beide Signale über einen Verstärker gegeben werden können.

Zusammenschaltung

Um eine möglichst grosse Flexibilität bei Trägerfrequenzwechsel zu gewährleisten, hat man sich für die breitbandige Zusammenschaltung mit Richtkopplern entschieden. Die dabei verwendeten Koppler sind im Bereich 1...

Le sous-ensemble d'amplification de puissance de la station de Loèche

La conception générale de cet ensemble est celle d'un système à porteuses simples. L'amplificateur intermédiaire SHF est équipé d'un tube à ondes progressives de 20 watts fabriqué par la maison NEC; sa structure correspond à celle des tubes utilisés dans les étages finals d'émetteurs à faisceaux hertziens à large bande prévus pour le trafic à longue distance.

L'étage de puissance SHF sera doté d'un tube refroidi par air de 1 kW du type YH 1043 de la maison *Siemens*. Les spécifications prescrivent que l'ensemble d'alimentation et l'armoire d'amplificateurs doivent être construits de manière à pouvoir être équipés de tubes à ondes progressives de 3 kW refroidis par air, de fabrication japonaise et américaine. Au départ, on ne disposera que de trois amplificateurs. La capacité d'extension est assurée de deux manières:

- on peut remplacer les tubes de 1 kW par des modèles à 3 kW, en cas d'augmentation de la capacité des porteuses;
- il est possible d'insérer deux émetteurs supplémentaires si l'on accroît le nombre des porteuses. Tant les matrices de commutation d'entrée (T-SW 21 ... T-SW 26) et de sortie (T-SW 11 ... T-SW 16) de l'amplificateur d'émission que le circuit logique de commande sont prévus pour cette extension.

Initialement, la capacité de la porteuse «Global» et de l'équipement SPADE sera restreinte à un nombre relativement modeste de voies, si bien que les deux signaux pourront être traités par un seul amplificateur.

Interconnexion

On a opté pour l'interconnexion à large bande au moyen de coupleurs directifs, en vue d'atteindre une flexibilité aussi grande que possible lors des changements de fréquences porteuses. Les coupleurs utilisés sont à réglage continu dans la gamme de 1...7,3 dB. Les lois de la physique créent évidemment une dépendance entre les deux chemins à coupler. Si l'affaiblissement croît dans une dérivation, elle diminue dans l'autre. Les commutateurs des guides d'ondes T-SW 1...3 pouvant être actionnés manuellement, il est possible de procéder à l'extension précitée sans interruption de service. Une entrée séparée, dotée d'un filtre combineur, est prévue, qui permettra au besoin, l'adjonction d'un amplificateur d'émission pour la télévision.

La régulation automatique de puissance

La puissance rayonnée nominale de chaque porteuse doit être maintenue dans les limites de $\pm 0,5$ dB. Une régulation automatique de puissance veille à ce que cette

7,3 dB stufenlos einstellbar. Natürlich sind aus physikalischen Gründen die beiden Kopplerwege miteinander verknüpft; eine Dämpfungsverminderung im einen Zweig hat eine Dämpfungserhöhung im anderen zur Folge. Die von Hand zu betätigenden Wellenleitschalter T-SW 1...3 ermöglichen den bereits erwähnten Ausbau praktisch ohne Betriebsunterbruch. Für einen allenfalls später notwendigen Sendeverstärker für das Fernsehen ist ein getrennter Eingang über einen sogenannten Filter-Combiner vorgesehen.

Die automatische Leistungsregulierung

Jeder Träger muss den Nominalwert der Strahlungsleistung innerhalb $\pm 0,5$ dB einhalten. Eine automatische Leistungsregulierung sorgt dafür, dass diese Intelsat-Vorschrift eingehalten wird. Ein Koppler am Ausgang der Zusammenschaltung koppelt einen Bruchteil des Sendesignals aus, das den Träger-Detektoren zugeführt wird, die je Träger ein seinem Pegel entsprechendes Gleichstromsignal erzeugen. Eine Schaltung vergleicht es mit dem Referenzsignal. Das resultierende Fehlersignal steuert den elektronischen Abschwächer am Ausgang des Sendeumsetzers; der Regelkreis schließt sich über den Sendeverstärker.

Während bei FM-Trägern – die Energie des Spektrums bleibt bei FM konstant – ein festes Referenzsignal verwendet werden kann, ist bei SPADE ein anderes Vorgehen nötig, da die Summenenergie dieses Signals von der augenblicklich gesendeten Zahl Kanalträger abhängt. Die Regulierung bei SPADE hält die *Verstärkung* vom Eingang des Sendeumsetzers bis zum Ausgang der Zusammenschaltung konstant.

Das Umschaltesystem

Normalerweise wird mit einem automatischen Umschaltesystem gearbeitet werden. Bei Ausfall eines Verstärkers gibt eine Logik alle nötigen Befehle für die Umschaltung auf den Reserveverstärker. Die Logik kann auch Prioritäten berücksichtigen. Fallen beide Betriebsverstärker aus – im Erstausbau sind insgesamt drei Verstärker eingesetzt – wird der wichtigere Spot-Träger auf den Reserveverstärker geschaltet.

Für die manuelle Umschaltung ist eine unabhängige, vorprogrammierbare Logik vorhanden. Als Programmier-elemente dienen die als Tasten ausgebildeten Anzeigeelemente der SHF-Schalterstellungen in den Blindschaltbildern. Ein solches Blindschaltbild ist sowohl in der Kontrollbuch des Betriebsgebäudes wie auch in unmittelbarer Nähe der Verstärker vorhanden. Im manuellen Betrieb kann man mit Hilfe der erwähnten Anzeigetasten eine bestimmte Schalterstellungskombination vorwählen. Erst beim Betätigen des Ausführungsbefehls gehen die Schalter gleichzeitig in die vorgewählte Position.

exigence de l'Intelsat soit respectée. A la jonction de sortie, un coupleur réglable prélève une partie de la porteuse d'émission et l'aiguille vers les détecteurs de porteuses qui élaborent, pour chaque porteuse, un signal proportionnel en courant continu. Ce dernier est comparé à un signal de référence dans un circuit approprié. Le signal d'erreur résultant commande l'atténuateur électronique connecté à la sortie de l'ensemble de transposition d'émission; la chaîne de régulation se boucle par l'amplificateur d'émission.

L'énergie du spectre des porteuses modulées en fréquence demeurant constante, on peut employer dans ce système un signal de référence fixe. Il n'en est pas ainsi dans le système SPADE, vu que la somme d'énergie produite par ces signaux dépend du nombre momentané des porteuses de voies émises. La chaîne de régulation du système SPADE a pour mission de maintenir l'amplification constante, de l'entrée de l'ensemble de transposition d'émission à la sortie du circuit de regroupement.

Le système de commutation

En règle générale, on se servira d'un système de commutation automatique. En cas de panne d'un amplificateur, un circuit logique transmet toutes les informations nécessaires à la commutation automatique sur un amplificateur de secours. Ce circuit peut aussi reconnaître des priorités. Si les deux amplificateurs de service tombent en panne – initialement il y en aura trois en exploitation – la porteuse «Spot», la plus importante, est commutée sur l'amplificateur de secours.

Un circuit logique indépendant, programmable d'avance, permet la commutation manuelle. La programmation est réalisée à l'aide des boutons lumineux qui indiquent les positions des commutateurs SHF sur les tableaux synoptiques. Un tel tableau synoptique existe tant dans la baie de contrôle du bâtiment d'exploitation qu'à proximité immédiate de l'amplificateur. En service manuel, on peut présélectionner une combinaison déterminée des positions de commutateurs à l'aide des boutons lumineux précités. Les commutateurs n'adoptent la position présélectionnée qu'une fois l'ordre d'exécution donné en pressant sur un bouton réservé à cet effet.

5.5 Equipement central de surveillance et de commande des installations techniques de télécommunication

La planification prévoyant que le bâtiment d'exploitation doit pouvoir abriter les équipements de trois antennes, on a réparti la place disponible dans le local des appareils en quatre secteurs. Le quatrième secteur recevra les équipements communs de modulation, les multiplexeurs et les installations futures qui serviront à la conversion analogique-numérique des signaux de télécommunication. Le

5.5 Zentrale Überwachung und Steuerung der fernmeldetechnischen Anlagen

Entsprechend der Planung, dass im Betriebsgebäude Anlagen für drei Antennen untergebracht werden sollen, ist der Platz im Apparateraum in vier Felder aufgeteilt, das vierte Feld ist für die gemeinsame Modulationsaufbereitung, wie Multiplexausrüstung, sowie später hinzukommende Anlagen für die Aufbereitung digitaler Fernmeldesignale reserviert. Eine räumliche Abtrennung zwischen Kontrollraum und Fernmeldegeräten ist nicht vorgesehen, da mit einem minimalen Personalbestand auszukommen ist.

Die zentrale Überwachung und Steuerung der Subsysteme ist in Kontrollbuchten untergebracht, die sich in der vordersten Gestellreihe der Fernmeldeausrüstung der betreffenden Antenne befinden. Wie bereits erläutert, wird im Störfall vorwiegend automatisch auf Reserveausrüstungen umgeschaltet. Bei Störungen in der Umschaltautomatik ist die Steuerung der Subsysteme, stromkreis-mässig weitgehend unabhängig, manuell vom entsprechenden Blindschema der Kontrollbucht aus möglich. Lokale manuelle Steuerung ist vom zweiten Blindschema aus, das sich in der Nähe des betreffenden Subsystems befindet, vorgesehen. Diese Steuerungsmöglichkeit wird vorwiegend bei Unterhaltsarbeiten benützt.

Wichtige Analogsignale (zum Beispiel Sendeleistung, Pilot- und Geräuschpegel der Empfangskanäle usw.) können registriert werden. Mit einer Matrix lassen sich von den 140 Registrierausgängen 16 freizügig auswählen und auf die 16 Analog-Registrierkanäle schalten.

Das Kontrollpult – in unmittelbarer Nähe der Gestellreihe mit den Kontrollbuchten aufgestellt – dient in erster Linie als Kommunikationszentrum. Es enthält die Bedienungsplätze für folgende Sprechverbindungen:

- Interkontinentales Dienstkanalnetz, das der Verständigung zwischen den Bodenstationen, den zugehörigen interkontinentalen Fernämtern und der technischen Koordinationsstelle COMSAT in den USA dient.
- Omnibus-Dienstkanalnetz für das SPADE-System, das der Verständigung zwischen den SPADE-Terminalausrüstungen der Bodenstationen dient und im Simplex-Betrieb arbeitet.
- Stationsinterne Gegensprech-Anlagen.
- Allfällige Dienstleitungen zu verschiedenen Verstärker-ämtern der Schweiz.
- Zugriff zum Haustelephon-Netz und den Amtsleitungen.

Im Kontrollpult werden für jedes Subsystem nur noch ein dringender und ein nichtdringender Sammelalarm zur Anzeige gebracht. Wenn ein solcher auftritt, kann die Bedienungsmannschaft den Fehler aufgrund der Messwerte und Zustandsanzeigen der entsprechenden Kontrollbucht analysieren.

local de contrôle ne sera pas séparé de celui des équipements, vu qu'un effectif de personnel réduit doit suffire à desservir la station.

L'équipement central de surveillance et de commande des sous-systèmes est installé dans des baies de contrôle qui sont logées dans la première rangée des bâtis de l'équipement de télécommunication de l'antenne correspondante. Comme déjà indiqué en cas de panne les équipements de secours sont commutés en grande partie automatiquement. Si la servo-commutation est affectée d'un dérangement, on peut commander manuellement les sous-systèmes par des circuits pratiquement indépendants à partir des tableaux synoptiques de la baie de contrôle. Il a été prévu d'effectuer la commande manuelle locale depuis le deuxième tableau synoptique qui se trouve près du sous-système correspondant. Cette possibilité de commande sera surtout utilisée lors des travaux d'entretien. On peut enregistrer les signaux analogiques importants tels que la puissance d'émission, les niveaux de pilote et de bruit des voies de réception, etc. Une matrice permet de connecter 16 sorties parmi les 140 prévues pour le relevé des données, aux canaux analogiques d'accès aux appareils d'enregistrement.

Le pupitre de contrôle, placé à proximité immédiate de la rangée de bâtis abritant les baies de contrôle, sert en premier lieu de centre de communication. Il comprend les positions de service des liaisons téléphoniques suivantes:

- le réseau intercontinental des voies de service, par lequel sont échangées les communications avec les stations terriennes, les centraux interurbains, intercontinentaux, qui y sont rattachés et le centre de coordination technique COMSAT aux Etats-Unis d'Amérique;
- le réseau omnibus des voies de service du système SPADE qui sert à échanger des renseignements entre les équipements terminaux SPADE des stations terriennes en service simplex;
- les installations d'interphone internes;
- les circuits de service éventuels en direction des diverses stations d'amplificateurs de Suisse;
- l'accès aux lignes du réseau téléphonique domestique et du réseau public.

Ne sont plus affichées au pupitre de contrôle qu'une alarme collective urgente et une alarme collective non urgente pour chaque sous-système. En cas de dérangement, l'équipe de service peut analyser le défaut en se fondant sur les valeurs et les états indiqués par les instruments de mesure et les voyants de la baie de contrôle correspondante.

Les alarmes collectives issues des parties d'installation communes, telles que l'alimentation en énergie électrique, l'installation de climatisation, le système d'alarme incendie, etc., sont également affichées au pupitre de contrôle.

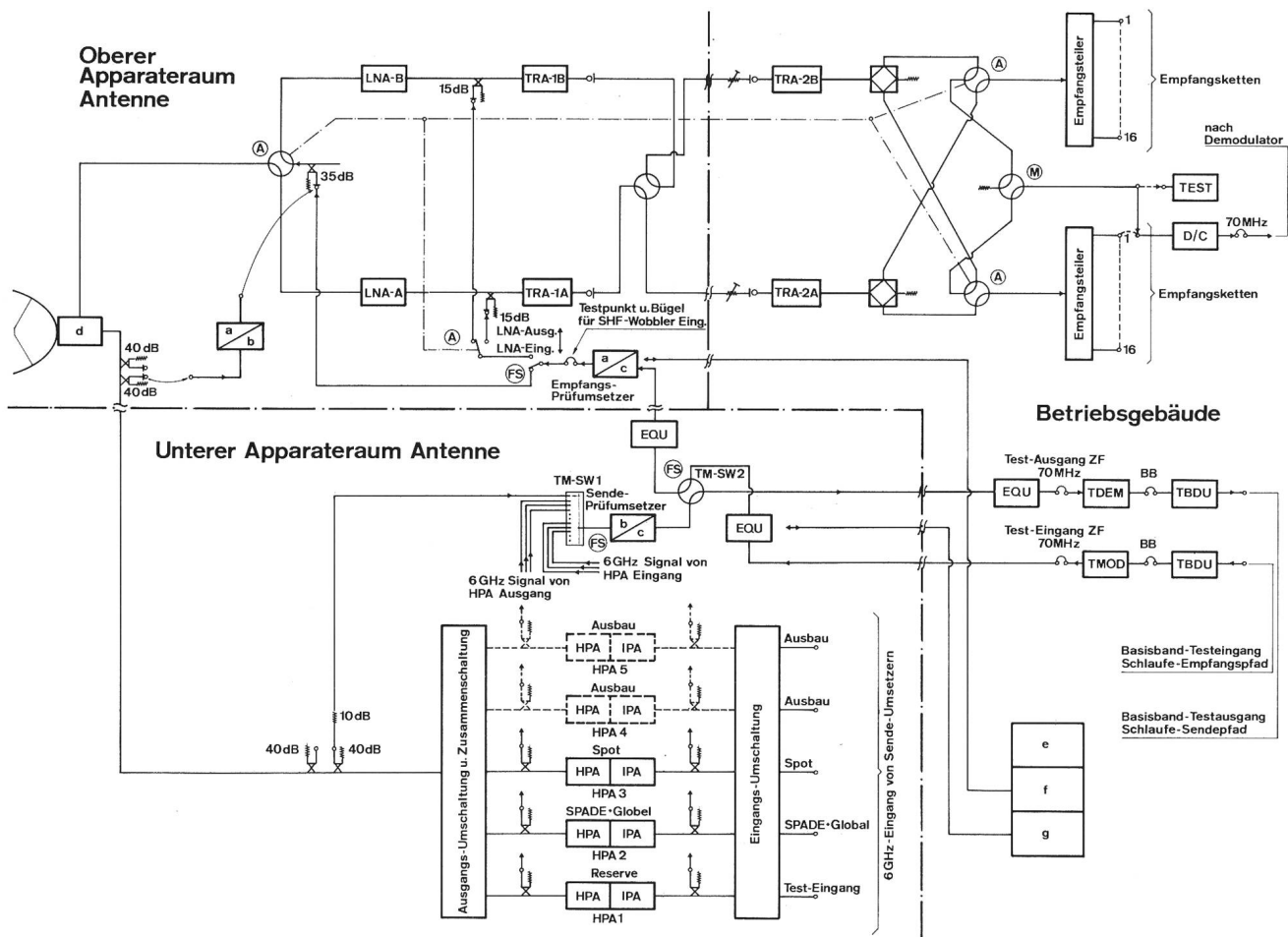


Fig. 10
Prüfgeschleifen – Boucles de test

Betriebsgebäude – Bâtiment d'exploitation

Empfangsketten – Chaînes de réception

Nach Demodulator – Vers le démodulateur

Empfangsteiler – Répartiteur de réception

Testausgang ZF 70 MHz – Sortie de test MF 70 MHz

Testeingang ZF 70 MHz – Entrée de test MF 70 MHz

Basisband-Testeingang Schleife-Empfangspfad – Test entrée de bande de base-circuit

réception

Basisband-Testausgang Schleife-Sendepfad – Test sortie bande de base-circuit

émission

Oberer Apparateraum, Antenne – Local supérieur des appareils, antenne

LNA-Ausgang – Sortie LNA

LNA-Eingang – Entrée LNA

Testpunkt und Bügel für SHF-Wobbler-Eingang – Point de test et étriers pour l'entrée

du wobbler

Empfangsprüfumsetzer – Mélangeur de test de réception

Unterer Apparateraum, Antenne – Local inférieur des appareils, antenne

Sendeprüfumsetzer – Mélangeur de test d'émission

6-GHz-Signal von HPA-Eingang – Signal 6 GHz de l'entrée HPA

6-GHz-Signal von HPA-Ausgang – Signal 6 GHz de la sortie HPA

Ausgangsumschaltung und Zusammenschaltung – Commutation et groupement de sortie

Eingangsumschaltung – Commutation d'entrée

Ausbau – Extension

Reserve – Réserve

Testeingang – Entrée de test

6-GHz-Eingang von Sendeumsetzern – Entrée 6 GHz des mélangeurs d'émission

LNA Parametrischer Verstärker – Amplificateurs paramétriques

TRA Transistorverstärker – Amplificateurs transistorisés

TEST SHF-Testempfänger – Récepteur de test SHF

D/C Empfängerumsetzer – Mélangeur de réception

TBDU Testbasisband-Verteileinheit, Sendeseite bzw. Empfangsseite – Unité de test,

répartition de la bande de base, côté émission ou réception

TMOD Testmodulator – Modulateur de test

TDEM Testdemodulator – Démodulateur de test

EQU Kabelentzerrer – Équilibreur de câble

a 4 GHz

b 6 GHz

c 70 MHz

d Moden-Koppler-Diplexer – Coupleur de modes-diplexer

e Fernsteuerbuchst Prüfumssetzer – Baie de télécommande mélangeur de test

f Empfangsprüfumsetzer – Mélangeur de test de réception

Umschalter – Commutateur

Frequenz – Fréquence

Die Sammelalarme der gemeinsamen Anlageteile, wie Stromversorgung, Klimaanlage, Feuermeldesystem usw., sind ebenfalls überführt. Mit Hilfe des Anzeigeschirms des Spektrumanalysators kann das gesamte Empfangsspektrum vom Satelliten her (3700...4200 MHz) überwacht werden. Die wichtigsten meteorologischen Werte, wie Aussen-temperatur, relative Feuchtigkeit, Windgeschwindigkeit und Windrichtung, werden ebenfalls in der Kontrollkonsole angezeigt.

Prüfeschlaufen

Die Übertragungsqualität von Sende- und Empfangsketten kann mit fest verkabelten, ferngesteuerten Prüfeschlaufen vom Betriebsgebäude aus gemessen werden. *Figur 10* zeigt die verschiedenen Messmöglichkeiten.

Auf der *Sendeseite* sind am Eingang und Ausgang der Sendeverstärker sowie am Ausgang der Zusammenschaltung SHF-Messkoppler vorhanden. Mit dem ferngesteuerten Umschalter TM-SW1 kann die Schleife gewählt werden. Das 6-GHz-Signal wird im Sende-Prüfumsetzer auf 70 MHz transponiert und dem Test-Demodulator im Betriebsgebäude zugeführt. Der Sende-Prüfumsetzer arbeitet mit doppelter Umsetzung; bei Frequenzwechsel muss deshalb nur die Frequenz des ersten Lokaloszillators gewechselt werden. Letztere kann in Schritten von 1,25 MHz vom Betriebsgebäude her eingestellt werden.

Für die Empfangsketten wird ein 4-GHz-Prüfsignal entweder am Eingang des rauscharmen Verstärkers oder am Eingang des Leitungsverstärkers der redundanten Breitbandkette eingekoppelt: eine Verriegelung verhindert das irrtümliche Einspeisen in die im Übertragungspfad stehende Kette. Das 70-MHz-Prüfsignal kommt von einem Test-Modulator im Betriebsgebäude und wird durch den in der Nähe des rauscharmen Empfangsverstärkers befindlichen Empfangs-Prüfumsetzer auf 4 GHz transponiert. Der Empfangs-Prüfumsetzer arbeitet ebenfalls mit doppelter Umsetzung; bei Frequenzwechsel muss nur die zweite Lokaloszillator-Frequenz gewechselt werden. Die übrige Funktionsweise dieses Umsetzers ist analog wie auf der Sendeseite.

Mit dem Schalter TM-SW2 können die beiden Prüfumsetzer auf der 70-MHz-Ebene direkt in Serie geschaltet werden, was eine Umsetzung eines 6-GHz-Signals in ein 4-GHz-Signal ermöglicht. Allerdings ist dabei die Bandbreite auf 36 MHz begrenzt. Für künftige Bedürfnisse ist ein Breitband-Prüfumsetzer vorhanden, der das ganze 500 MHz breite Sendeband auf 4 GHz zu transponieren vermag. Dieser Umsetzer ist jedoch weder ferngesteuert noch fest angeschlossen.

Neben diesen Prüfeschlaufen sind auch solche auf der ZF- und Basisband-Ebene im Betriebsgebäude möglich, die von Fall zu Fall erstellt werden.

L'écran de visualisation de l'analyseur de spectre permet de surveiller l'ensemble du spectre reçu par l'intermédiaire du satellite (3700...4200 MHz). Les données météorologiques les plus importantes, à savoir la température extérieure, la vitesse et la direction du vent, sont également indiquées.

Boucles d'essai

La qualité de transmission des chaînes de réception et d'émission peut être mesurée au bâtiment d'exploitation par le biais de boucles d'essai installées à demeure et télécommandées. La *figure 10* montre l'éventail des mesures possibles. *Du côté émission*, on a disposé des coupleurs de mesure à l'entrée et à la sortie de l'amplificateur d'émission ainsi qu'à la sortie du circuit de regroupement. Le commutateur télécommandé TM-SW 1 permet de choisir la boucle. Le signal à 6 MHz est converti en une fréquence de 70 MHz dans l'ensemble d'essai de transposition d'émission puis amené au démodulateur de test du bâtiment d'exploitation. L'ensemble d'essai de transposition d'émission est à double conversion; dès lors, il n'est nécessaire de modifier que la fréquence du premier oscillateur local lorsqu'on change de fréquence. Celle-ci peut être réglée pas à pas à partir du bâtiment d'exploitation; l'écart entre les pas est de 1,25 MHz.

Dans le cas de la chaîne de réception, on injecte un signal de test à 4 GHz soit à l'entrée de l'amplificateur à faible bruit, soit à l'entrée de l'amplificateur du link de la chaîne à large bande redondante; un verrouillage empêche que l'on insère par erreur ce signal dans la chaîne qui transmet la porteuse modulée. Le signal d'essai à 70 MHz provient d'un modulateur de test situé dans le bâtiment d'exploitation; un ensemble d'essai de transposition de réception installé à proximité de l'amplificateur de réception à faible bruit convertit ce signal en une fréquence de 4 GHz. L'ensemble de transposition d'essai du côté réception recourt aussi à la double conversion. Il n'est nécessaire de modifier que la fréquence du deuxième oscillateur local lorsqu'on change de fréquence. Au reste, cet ensemble de transposition opère de la même manière que celui qui est utilisé côté émission. Le commutateur TM-SW 2 permet de connecter directement en série les deux ensembles de transposition d'essai au niveau de 70 MHz, ce qui permet de convertir un signal de 6 GHz en un signal de 4 GHz. Dans ce cas toutefois, la largeur de bande est limitée à 36 MHz. Pour des besoins futurs, on dispose d'un ensemble de transposition d'essai à large bande qui permet de convertir toute la bande d'émission d'une largeur de 500 MHz à 4 GHz.

Cet ensemble de transposition n'est ni télécommandé ni connecté à demeure.

En plus de ces boucles d'essai, d'autres peuvent être réalisées dans le bâtiment d'exploitation, soit au niveau de

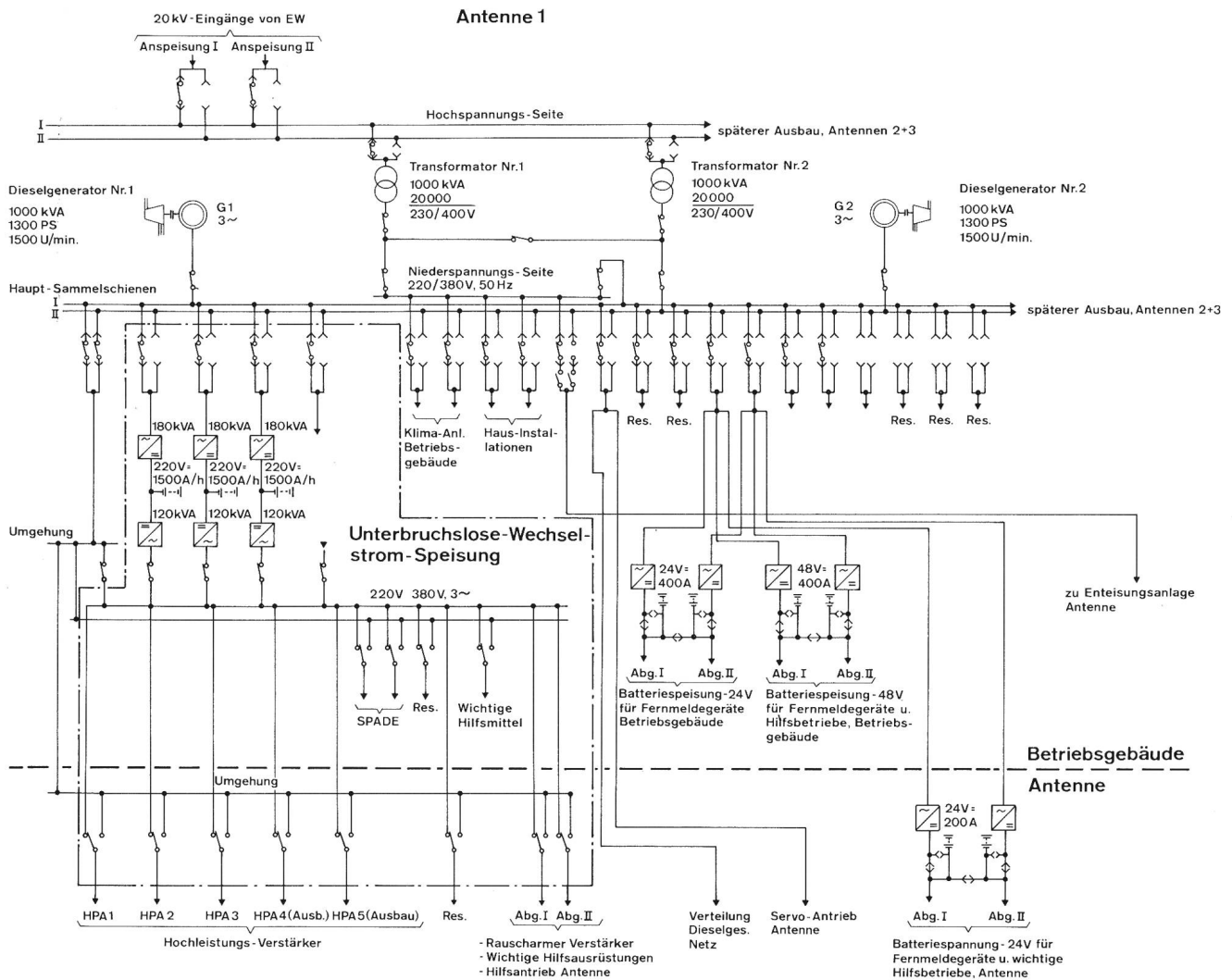


Fig. 11

Vereinfachtes Blockscheina der Stromversorgung – Schéma-bloc simplifié de l'installation d'énergie

Betriebsgebäude – Bâtiment d'exploitation

20-kV-Eingänge von EW – Entrées 20 kV de l'usine électrique

Anspeisung 1, 11 – Alimentation 1, 11

Hochspannungsseite – Côté haute tension

Späterer Ausbau Antennen 2 und 3 – Extension ultérieure antennes 2 et 3

Dieseldieselgenerator Nr. 1, 2 – Générateur diesel N° 1, 2

Transformator Nr. 1, 2 – Transformateur N° 1, 2

Niederspannungsseite – Côté basse tension

Hauptsammelschienen – Barres collectrices principales

Klimaanlage Betriebsgebäude – Installation de climatisation bâtiment d'exploitation

Hausinstallationen – Installations intérieures

Res. – Reserve – Réserve

Batteriespeisung 24 V für Fernmeldegeräte Betriebsgebäude – Alimentation batterie 24 V pour appareils de télécommunication bâtiment d'exploitation

Batteriespeisung 48 V für Fernmeldegeräte und Hilfsbetriebe Betriebsgebäude – Alimentation batterie 48 V pour appareils de télécommunication et auxiliaires bâtiment d'exploitation

Abg. 1, 11 – Abgang 1, 11 – Départs 1, 11

Zu Enteisungsanlage Antenne – Vers l'installation de dégivrage antenne

Unterbrechungslose Wechselstromspeisung – Installation d'alimentation sans coupure

Wichtige Hilfsausrüstung – Equipements auxiliaires importants

Hochleistungs-Verstärker – Amplificateurs de puissance

Rauscharmer Verstärker – Amplificateur à faible bruit

Hilfsantrieb Antenne – Entraînement auxiliaire antenne

Verteilung Dieselgesichertes Netz – Distribution réseau assuré par diesel

Servomotor Antenne – Servo-entraînement antenne

5.6 Die Stromversorgungsanlage (Fig. Nr. 11)

Generell werden an die Stromversorgungsanlage einer Bodenstation bezüglich Zuverlässigkeit sehr hohe Anforderungen gestellt. Störungen in diesem Bereich beeinflussen zwangsläufig die Fernmeldeausrüstung. Die Subsysteme des Nachrichtenpfads werden deshalb mit Energie aus unterbrochlosen Speisungen versorgt.

Anspeisung

Zwei 20-kV-Kabel mit getrennten Trassees speisen im Normalbetrieb die Station. Die Kabel sind maximal mit 4000 kVA belastbar. Die Transformatoren – im Erstausbau deren zwei – haben eine Nennleistung von je 1 MVA und arbeiten normalerweise im Parallelbetrieb auf die Niederspannungs-Sammelschiene I.

Notstromgruppen und Niederspannungs-Verteilung

Bei Netzausfall startet die auf die Betriebssammelschiene I geschaltete Notstromgruppe automatisch und kann die Last in ungefähr 10 Sekunden übernehmen. Die zweite Gruppe dient als Reserve oder, falls bei Netzunterbruch die Enteisungsanlage der Antenne in Betrieb ist, auf die Transformatorengruppe dieser Einrichtung. Das dieselgesicherte Netz speist nebst dem Hauptantrieb der Antenne auch den unbedingt notwendigen Teil der Beleuchtung, sowie alle übrigen Hilfsbetriebe, die zur Funktion der Station unerlässlich und bei denen kurzzeitige Unterbrüche zulässig sind. Natürlich sind die unterbrochlosen Speisungen ebenfalls an das dieselgesicherte Netz angeschlossen.

Die frei zur Verfügung stehende Anschlussleistung jeder Notstromgruppe – nach Abzug der Leistungen für Hilfsbetriebe der Dieselgruppe, wie: Kühlventilatoren, Pumpen usw. – beträgt etwa 850 kW.

Unterbrochlose Stromversorgungen

Für die Fernmeldegeräte und die Hilfsbetriebe, bei denen Unterbrüche in der Speisung nicht zulässig sind, werden unterbrochlose Stromversorgungen eingerichtet.

Wechselstrom-Verbraucher

Eine aus drei am Ausgang parallel geschalteten Wechselrichtermodulen bestehende Stromversorgung speist die Drehstrom- und Wechselstromverbraucher. Jeder Wechselrichtermodul ist für eine Nennleistung von 120 kVA aus-

la moyenne fréquence, soit à celui de la bande de base. Elles sont établies dans chaque cas particulier.

5.6 L'installation d'énergie (fig. 11)

D'une manière générale, les exigences auxquelles doit satisfaire l'installation d'énergie d'une station terrienne sont très élevées, en ce qui concerne la fiabilité. Les perturbations qui affectent cette source influencent inmanquablement les équipements de télécommunication. Pour cette raison, les sous-systèmes de transmission prioritaires sont alimentés par une source sans coupure.

Alimentation

En service normal, deux câbles à 20 kV empruntant des tracés différents alimentent la station. Ils peuvent supporter une charge maximale de 4000 kVA. Initialement, on disposera de deux transformateurs ayant une puissance nominale de 1 MVA et qui seront normalement branchés en parallèle sur la barre collectrice à basse tension I.

Groupes électrogènes de secours et réseau de distribution basse tension

En cas de panne du réseau, le groupe électrogène de secours connecté sur la barre collectrice de service I démarre automatiquement et peut reprendre la charge après 10 secondes environ. Le deuxième groupe tient lieu de réserve ou peut être branché sur le groupe de transformateurs qui alimente le dispositif de dégivrage de l'antenne, si celui-ci est en service lors d'une panne de courant. Le réseau assuré par le groupe diesel alimente, outre le dispositif d'entraînement principal de l'antenne, les circuits d'éclairage absolument nécessaires ainsi que toutes les installations accessoires dont le fonctionnement est indispensable au service de la station et qui supportent des interruptions de courte durée. Bien entendu, l'alimentation sans coupure est également connectée au réseau assuré par le groupe diesel.

La puissance disponible — sans celle qui est absorbée par les installations accessoires du groupe diesel, telles que les ventilateurs de refroidissement, les pompes, etc. — est de 850 kW environ.

Sources d'énergie sans coupure

Les équipements de télécommunication et les installations accessoires dont l'alimentation ne supporte aucune interruption sont raccordés à des sources d'énergie sans coupure.

Consommateurs de courant alternatif

Un ensemble d'alimentation consistant en trois onduleurs dont la sortie est branchée en parallèle alimente les consommateurs de courant triphasé et de courant alternatif. Chaque onduleur est capable de fournir une puis-

gelegt und kurzzeitig mit 180 kVA belastbar. Die elektronische Parallelschalteneinrichtung am Ausgang trennt einen defekten Wechselrichter innerhalb $200 \mu\text{s}$ ab, ohne dass am Ausgang eine unzulässige Spannungsschwankung auftritt. Die Batteriekapazität sichert im Erstausbau eine Autonomie von ungefähr zwei Stunden; dieser Wert sinkt im Endausbau auf eine Stunde. Eine längere Autonomie wäre wirtschaftlich nicht vertretbar.

Die hauptsächlichsten Verbraucher dieser Stromversorgung sind: Sendeverstärker (HPA), rauscharmer Empfangsverstärker mit Tiefstköhlapparatur, Hilfsantrieb Antenne und SPADE-Terminal.

Gleichstrom-Verbraucher

Diese Stromversorgungen sind gleich aufgebaut wie jene für Richtstrahlstationen und Mehrzweckanlagen.

Im Betriebsgebäude ist eine 48-V- und eine 24-V-Stromversorgung notwendig. Der von NEC gebaute, batteriegespeiste Teil der Fernmeldeausrüstung ist für eine Speisung von 24 V ausgelegt; ein Umbau auf 48 V wäre mit erheblichen Mehrkosten und grösserem Platzbedarf für die Anlagen verbunden gewesen.

Für die Verbraucher in der Antenne – ausschliesslich Geräte von NEC – ist im Antennensockel eine weitere 24-V-Batteriespeisung untergebracht. Eine Speisung aus dem Betriebsgebäude wäre der Leitungslänge wegen nicht wirtschaftlich, zudem könnten sich Probleme mit Potentialdifferenzen ergeben.

Bibliographie

[1] Dokumente Nr. ESPS-100-8 (GB), ESPS-100-23 (USA) des INTELSAT Earth Station Performance Seminars (Washington, Oktober 1971).

sance nominale de 120 kVA et peut supporter une charge brève de 180 kVA. A la sortie, un dispositif électronique de connexion en parallèle met un convertisseur défectueux hors circuit en l'espace de $200 \mu\text{s}$, sans qu'il en résulte une fluctuation inadmissible de la tension disponible. Initialement, la capacité de la batterie d'accumulateurs assure une autonomie de quelque deux heures; au stade final, cette valeur sera ramenée à une heure. Des considérations de rentabilité interdisent une autonomie de plus longue durée. Les principaux consommateurs de cette source d'énergie sont: l'amplificateur d'émission (HPA), l'amplificateur de réception à faible bruit et les circulateurs cryogéniques, le dispositif d'entraînement auxiliaire et l'équipement terminal SPADE.

Consommateurs de courant continu

Les installations d'énergie à courant continu sont constituées de la même manière que celles des stations à faisceaux hertziens et des installations à usages multiples.

Le bâtiment d'exploitation doit disposer d'une source de courant de 48 V et d'une autre de 24 V. L'équipement de télécommunication alimenté par batteries, construit par la maison NEC, doit être relié à une source de courant de 24 V; une transformation en une alimentation à 48 V eût été liée à des dépenses supplémentaires considérables et à une augmentation de l'encombrement dû aux appareils.

L'infrastructure d'antenne abrite une seconde batterie d'accumulateurs à 24 V destinée à alimenter uniquement les équipements de la maison NEC utilisés en corrélation avec l'antenne. Il n'aurait pas été rentable, vu la distance, de tirer une ligne d'alimentation à partir du bâtiment d'exploitation, d'autant moins que des problèmes de différence de potentiel auraient pu se poser.

[2] J. G. Chaffee: The Application of Negative Feedback to Frequency Modulation System. (Proc. of the I.R.E., May 1939).