

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: 52 (1974)

Heft: 3

Artikel: Amplification à faible bruit = Rauscharme Verstärkung

Autor: Humm, Bernhard

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-874752>

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 13.03.2026

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

Amplification à faible bruit Rauscharme Verstärkung

Bernhard HUMM, Berne

621.375.7:621.396.62:621.396.934
621.396.71.091.22:621.396.934:621.375.7

Zusammenfassung. Die Notwendigkeit der rauscharmen Verstärkung wird zuerst erläutert, und wichtige Definitionen bezüglich des Empfanges sind erklärt. Das Prinzip der parametrischen Verstärkung ist kurz dargelegt, bevor die rauscharmen und breitbandigen Verstärkungsanlagen der Station Leuk beschrieben werden.

Résumé. La nécessité de l'amplification à faible bruit est d'abord commentée, puis les définitions importantes concernant la réception sont rappelées. Le principe de l'amplification paramétrique est ensuite expliqué brièvement. Enfin, les installations à faible bruit et à large bande de la station de Loèche sont décrites.

Amplificazione a basso rumore

Riassunto. D'apprima si illustra la necessità dell'amplificazione a basso rumore e si spiegano le definizioni più importanti relative alla ricezione. Brevemente si espone quindi il principio dell'amplificazione parametrica, prima di passare alla descrizione degli impianti amplificatori a basso rumore e a larga banda della stazione di Leuk.

1. Introduction

Le système d'amplification à faible bruit d'une station terrienne reçoit, à la sortie de l'antenne, toute la bande de fréquences émise par le satellite, l'amplifie de 50...60 dB de façon à pouvoir alimenter jusqu'à 32 chaînes de réception en parallèle. Le niveau des signaux en provenance du satellite étant très bas, le bruit de fond propre du récepteur doit rester extrêmement faible. Seuls les amplificateurs de type paramétrique peuvent remplir les conditions qui conviennent à la réception des signaux des satellites du système Intelsat, quant au bruit de fond et à la largeur de bande utile.

2. Nécessité de l'amplification à faible bruit

Le critère principal de qualité d'une transmission téléphonique réside dans le niveau maximum admissible du bruit de fond, qui est en général de 10 000 pW pour un signal utile de 1 mW. Dans une liaison par satellite, vu la faiblesse de la puissance d'émission de ce dernier, on réserve une grande partie de cette puissance de bruit, soit environ 7800 pW, au trajet descendant et à la réception à la station terrienne. En haute fréquence, cette valeur correspond à un rapport signal sur bruit de 13 dB pour les satellites à couverture globale. Pour atteindre ce rapport avec la puissance en provenance du satellite, il faudrait avoir recours à une antenne de grand diamètre et à un récepteur à faible bruit. Or pour des raisons financières, il fallait maintenir le diamètre de l'antenne le plus petit possible, ce qui conduisit à développer des récepteurs à bruit très bas.

A cet effet, on employa au début des télécommunications par satellites des *Masers* refroidis à l'hélium liquide. Mais leur largeur de bande limitée à 60 ou 70 MHz aurait rendu l'exploitation d'un système commercial très difficile. En effet, pour atteindre une certaine souplesse dans les échanges il faut que le récepteur puisse amplifier toute la bande de fréquences de 500 MHz émise par le satellite entre 3,7 et 4,2 GHz.

3. Température de bruit d'un récepteur

La température de bruit T_r , exprimée en °K d'un récepteur est définie par la relation suivante:

1. Einleitung

Das rauscharme Verstärkungssystem einer Bodenstation empfängt am Ausgang der Antenne das ganze Frequenzband, das vom Satelliten gesendet wird, verstärkt dieses um 50...60 dB, so dass es danach möglich ist, bis 32 Empfangsketten parallel zu speisen. Da der Pegel der Signale vom Satelliten sehr niedrig ist, muss das eigene Rauschen des Empfängers äusserst schwach sein. Nur Verstärker des parametrischen Typs erreichen ein Rauschen und eine Bandbreite, die den Empfang der Satelliten des Intelsat-Systems ermöglichen.

2. Notwendigkeit der rauscharmen Verstärkung

Das Qualitätsmerkmal einer Telefonleitung ist das höchstzulässige Rauschen, das im allgemeinen 10 000 pW für ein erwünschtes Signal von 1 mW beträgt. In Anbetracht der schwachen Sendeleistung des Satelliten schreibt man einen grossen Teil dieser Rauschleistungen, etwa 7800 pW, der absteigenden Verbindung und dem Empfang in der Bodenstation zu. Dieser Wert entspricht einem hochfrequenten Nutz-Störsignal-Verhältnis von 13 dB für Satelliten, die die ganze sichtbare Fläche der Erde bestrahlen. Um diesen Wert mit der vom Satelliten verfügbaren Energie zu erreichen, benötigt man eine Antenne mit grossem Durchmesser und einem rauscharmen Empfänger. Aus finanziellen Gründen musste jedoch der Antennendurchmesser so klein wie möglich gehalten werden. Dies führte zur Entwicklung von Empfängern mit sehr niedrigem Eigenrauschen.

Bei den ersten Fernmeldesatelliten benutzte man *Maser* mit flüssigem Helium gekühlt. Ihre jedoch auf 60...70 MHz begrenzte Bandbreite hätte den Betrieb eines wirtschaftlichen Systems sehr erschwert. Um in bezug auf die Betriebssicherheit die nötige Austauschbarkeit zu erreichen, soll der Empfänger das ganze vom Satelliten übertragene Frequenzband von 500 MHz – zwischen 3,7 und 4,2 GHz – verarbeiten können.

3. Rauschtemperatur eines Empfängers

Die Rauschtemperatur T_r , in °K ausgedrückt, ist durch die folgende Beziehung definiert:

$$P_{br} = k \cdot T_r \cdot B$$

avec P_{br} = puissance de bruit propre du récepteur, définie à son entrée [W]

k = constante de Boltzmann

$$= 1,38 \cdot 10^{-23} \left[\frac{\text{VA s}}{^\circ\text{K}} \right]$$

B = largeur de bande considérée [Hz]

4. Température de bruit d'un système de réception

La température de bruit T d'un système de réception est définie comme il suit:

$$T = T_a + T_r$$

avec T_a = température équivalente de bruit de l'antenne à l'entrée du récepteur

T_a est également définie par la relation

$$P_{ba} = k \cdot T_a \cdot B$$

avec P_{ba} = puissance de bruit en provenance de l'antenne mesurée à l'entrée du récepteur.

5. Facteur de qualité d'un système de réception

Nous avons:

$$\text{facteur de qualité} = G/T$$

avec G = gain de réception de l'antenne.

Dans le système Intelsat, pour que le bruit de fond dans le canal téléphonique le plus défavorisé ne dépasse pas 7800 pW, il faut que la condition ci-après soit respectée, à la fréquence de 4 GHz:

$$\frac{G}{T} \geq 40,7 \left[\frac{\text{dB}}{^\circ\text{K}} \right]$$

Dans le cas de la station terrienne de Loèche, l'antenne, de 29,6 m de diamètre, a un gain de 60,8 dB à 4 GHz. La température de bruit du système de réception ne doit donc ne dépasser 102 °K ou 20,1 dB (K). Comme une telle antenne a une température de bruit d'environ 45 °K à 5° d'élévation, a reste donc 57 °K pour la chaîne de réception.

6. Amplificateurs paramétriques refroidis

Seuls les amplificateurs paramétriques sont capables d'atteindre une température de bruit aussi basse pour toute la largeur de bande du satellite, à condition d'être convenablement refroidis.

Les amplificateurs paramétriques de la station terrienne suisse sont refroidis par un système cryogénique qui leur permet d'atteindre une température physique de 20 °K (−253° C) environ et une température de bruit de 15 °K. Actuellement, on trouve dans le commerce des amplificateurs paramétriques refroidis thermo-électriquement à −40 °C et dont la température de bruit est de 45 °K. Ce n'était malheureusement pas encore le cas à l'époque de la signature du contrat de fourniture des équipements et, de plus, l'antenne a un gain de 0,8 dB supérieur à la valeur spécifiée.

7. Principe de l'amplification paramétrique

Le principe de l'amplification paramétrique a été découvert en 1956 par *Manley* et *Rowe*, deux chercheurs américains, qui montrèrent qu'en faisant varier périodiquement la

$$P_{br} = k \cdot T_r \cdot B$$

mit P_{br} = eigene Rauschleistung des Empfängers, am Eingang definiert [W]

k = Boltzmannsche Konstante

$$= 1,38 \cdot 10^{-23} \left[\frac{\text{VA s}}{^\circ\text{K}} \right]$$

B = betrachtete Bandbreite [Hz]

4. Rauschtemperatur eines Empfangssystems

Die Rauschtemperatur T eines Empfangssystems ist wie folgt definiert:

$$T = T_a + T_r$$

wobei T_a = äquivalente Rauschtemperatur der Antenne am Empfängereingang

T_a wird auch wie folgt definiert:

$$P_{ba} = k \cdot T_a \cdot B$$

mit P_{ba} = Antennenrauschleistung am Eingang des Empfängers gemessen

5. Qualitätsfaktor eines Empfangssystems

Wir haben

$$\text{Qualitätsfaktor} = G/T$$

mit G = Empfangsgewinn der Antenne

Im Intelsat-System muss die Bedingung

$$\frac{G}{T} \geq 40,7 \left[\frac{\text{dB}}{^\circ\text{K}} \right]$$

bei 4 GHz erfüllt sein, damit das Rauschen im ungünstigsten Fall 7800 pW nicht überschreitet. Die Antenne der schweizerischen Bodenstation, mit einem Durchmesser von 29,6 m, weist einen Gewinn von 60,8 dB bei 4 GHz auf. Die Rauschtemperatur des Empfangssystems darf also 102 °K oder 20,1 dB (K) nicht überschreiten. Da die Rauschtemperatur einer solchen Antenne etwa 45 °K bei 5° Elevation beträgt, sind noch 57 °K für die Empfangskette zulässig.

6. Gekühlte parametrische Verstärker

Nur parametrische Verstärker sind in der Lage, eine derart niedrige Rauschtemperatur für die ganze Bandbreite des Satelliten zu erreichen, wenn sie entsprechend gekühlt sind.

Die parametrischen Verstärker der Bodenstation Leuk werden durch ein kryogenes System gekühlt, das das System auf eine physikalische Temperatur von etwa 20 °K (−253 °C) und eine Rauschtemperatur von 15 °K bringt.

Heute sind auf −40 °C thermoelektrisch gekühlte parametrische Verstärker, deren Rauschtemperatur 45 °K beträgt, im Handel erhältlich. Dies war leider noch nicht der Fall zur Zeit, als der Vertrag für die Lieferung der Einrichtungen unterzeichnet wurde. Zudem ist der Antennengewinn etwa 0,8 dB höher als spezifiziert.

7. Prinzip der parametrischen Verstärkung

Das Prinzip der parametrischen Verstärkung wurde 1956 theoretisch von den beiden amerikanischen Wissenschaftlern *Manley* und *Rowe* erfunden. Sie zeigten, dass wenn die Reaktanz eines Elementes in einem Schwingkreis periodisch geändert wird, dieser für gewisse Frequenzen eine negative Impedanz aufweisen kann. Es ist bekannt, dass sich die

réactance d'un élément dans un circuit résonnant, ce dernier pouvait présenter, pour certaines fréquences, une impédance négative. On sait qu'en faisant varier la tension aux bornes de certaines diodes, dans le domaine de blocage, leur capacité change. Ce type de diode, appelé *Varicap* ou *Varactor*, est employé dans les amplificateurs paramétriques en tant qu'élément à réactance variable. La tension utilisée pour faire varier périodiquement la capacité de la diode est appelée tension de pompage.

Si un signal est appliqué aux bornes d'une telle impédance négative, il est amplifié. Une petite complication technique provient du fait que l'entrée et la sortie du système sont confondues. Pour pallier cet inconvénient, on a en général recours à un circulateur. L'étage paramétrique comporte également un circuit pour la fréquence auxiliaire correspondant à la différence entre la fréquence de pompage et la fréquence du signal à amplifier. Les circuits résonnant et d'adaptation sont bien entendu en constantes réparties pour des fréquences de plusieurs GHz.

8. Chaîne d'amplification à faible bruit

Les amplificateurs paramétriques utilisés dans les télécommunications par satellites sont en général à trois étages refroidis, offrant chacun un gain de 10 dB ou plus. L'amplification atteinte ne suffit cependant pas dans la plupart des cas. Il y a lieu de prévoir en série d'autres amplificateurs à faible bruit, le plus souvent de type spécial à transistors. Le gain total de la chaîne d'amplification à large bande est généralement compris entre 50 et 60 dB. Il dépend de la longueur des guides d'ondes entre la sortie des premiers étages et le diviseur de puissance. Le signal est ensuite transposé en moyenne fréquence puis démodulé.

9. Divers types d'amplificateurs paramétriques

La fréquence de sortie du signal amplifié par un amplificateur paramétrique peut être différente de la fréquence d'entrée. On a alors à faire à des amplificateurs mélangeurs, employés en radio-astronomie. Quand la fréquence de pompage est environ le double de celle du signal à amplifier, l'amplificateur est dit «dégénéré». Théoriquement, ses performances sont supérieures à celles d'un amplificateur non dé généré, mais comme la séparation du signal à amplifier et du signal auxiliaire (qui sont presque de même fréquence) présente certaines difficultés, les avantages dus à une telle technique sont pratiquement nuls.

10. Intermodulations

Un élément important dont il faut tenir compte est la distorsion due aux produits d'intermodulations de troisième ordre. Ce facteur ainsi que le critère de stabilité limitent le gain de l'étage paramétrique. Le signal reçu se compose de 45 porteuses environ, dont la puissance totale est de 200 pW à l'entrée de l'amplificateur paramétrique (système Intelsat IV). Il est bien entendu impossible de mesurer les produits d'intermodulation d'un tel signal. Cependant, on considère que la contribution de bruit de la chaîne d'amplification à large bande reste inférieure à 50 pW dans les canaux téléphoniques si les produits d'intermodulation ne dépassent pas -51 dB par rapport à deux signaux de -70 dBm chacun à l'entrée de ladite chaîne.

Kapazität gewisser Dioden ändert, wenn ihre Klemmenspannung im Sperrbereich variiert. Dieser Diodentyp wird *Varicap* oder *Varactor* genannt und ist in den parametrischen Verstärkern verwendet. Die für die periodische Änderung der Diodenkapazität benötigte Spannung wird als Pumpspannung bezeichnet. Legt man ein Signal an die Klemmen einer negativen Impedanz, wird es verstärkt. Bei den parametrischen Verstärkern ist jedoch eine technische Schwierigkeit zu überwinden, da Eingang und Ausgang des Systems identisch sind. Dieser Nachteil wird im allgemeinen durch die Anwendung eines Zirkulators behoben. Die parametrische Stufe enthält auch einen Kreis für die Hilfsfrequenz, die dem Unterschied zwischen der Pump- und der Signalfrequenz entspricht. Die verschiedenen Schwing- und Anpassungskreise bestehen aus verteilten Konstanten für Frequenzen von mehreren GHz.

8. Rauscharme Verstärkungskette

Die parametrischen Verstärker, die in den Verbindungen über Fernmeldesatelliten benutzt werden, weisen im allgemeinen drei gekühlte Stufen auf mit je einem Gewinn von 10 dB oder mehr. Die so erreichte Verstärkung genügt normalerweise nicht, weshalb man weitere rauscharme Verstärker – meistens spezielle Transistorverstärker – folgen lässt. Der Gesamtgewinn der Breitbandverstärkerkette liegt meistens zwischen 50 und 60 dB. Er ist von der Länge der Wellenleiter zwischen der ersten Stufe und dem Leistungsverteiler abhängig. Danach wird das Signal in die Zwischenfrequenz transponiert und demoduliert.

9. Verschiedene Arten von parametrischen Verstärkern

Die Ausgangsfrequenz eines parametrischen Verstärkers kann von der Eingangsfrequenz verschieden sein. Es handelt sich dann um einen Umsetzer-Verstärker, wie er in der Radio-Astronomie gebraucht wird. Wenn die Pumpfrequenz etwa zweimal grösser ist als jene des zu verstärkenden Signals, wird der Verstärker als entartet oder degeneriert bezeichnet. Theoretisch sind seine Eigenschaften besser als jene eines nichtdegenerierten Verstärkers; da aber die Trennung des Nutz- und des Hilfssignals von beinahe gleicher Frequenz gewisse Schwierigkeiten bringt, verliert man die Vorteile einer solchen Technik wieder.

10. Intermodulationen

Ein wichtiger Faktor muss noch in Betracht gezogen werden. Es handelt sich um die von Intermodulationsprodukten dritter Ordnung verursachte Verzerrung. Diese und die Stabilitätseigenschaften des Systems begrenzen den Gewinn der parametrischen Stufe. Das Empfangssignal setzt sich aus 45 Trägern, mit einer Gesamtleistung von 200 pW am Eingang des parametrischen Verstärkers (Intelsat-IV-System), zusammen. Es ist wohl unmöglich, die Intermodulationsprodukte eines solchen Signals zu messen. Man nimmt jedoch an, dass der Rauschbeitrag der Breitbandverstärkerkette in den Telefonkanälen unterhalb 50 pW liegt, wenn die Intermodulationsprodukte -51 dB, bezogen auf zwei Signale von je -70 dBm am Eingang der erwähnten Kette, nicht übersteigen.

11. Description de l'amplificateur paramétrique

La figure 40 montre le schéma bloc de l'amplificateur. Les étages paramétriques (PA1, PA2 et PA3) sont situés dans l'enceinte refroidie à 20 °K ainsi que les circulateurs de découplage.

La source de pompage à 32,8 GHz se compose d'un oscillateur contrôlé par une cavité et de deux étages d'amplification. La puissance de sortie totale est de 150 mW. Le signal de la source de pompage est divisé en trois pour l'alimentation des étages paramétriques. Chaque branche contient un système de contrôle automatique du niveau. Cette distribution et l'amplificateur de sortie à transistors sont situés dans une enceinte dont la température est maintenue à 40 °C.

12. Description de la chaîne d'amplification à faible bruit et à large bande

Le système d'amplification à faible bruit et à large bande est illustré par la figure 41. Il est entièrement redondant avec commutation automatique en cas de panne de la chaîne en service. Les critères principaux de commutation sont les niveaux de deux pilotes situés aux extrémités de la bande de fréquences à amplifier. Les pilotes sont injectés avant les amplificateurs paramétriques et détectés après les derniers amplificateurs à transistors. La logique de décision empêche les commutations inutiles, par exemple en cas de panne d'un générateur de pilote.

Les gains et pertes des différents constituants de la chaîne d'amplification ainsi que les niveaux de puissance pour les différentes porteuses destinées à la station suisse sont indiqués dans la légende de cette figure. Les sources chaude et froide servent à la détermination de la température de bruit des chaînes.

13. Amplificateurs à transistors (SHF-Linie Amplifier)

Ils ont également une largeur de bande de 500 MHz et sont à trois étages. Les transistors utilisés sont du type n-p-n silicon epitaxial-planar à double diffusion. La largeur de bande est obtenue par une désadaptation des circuits intermédiaires aux fréquences basses où l'amplification est la plus élevée. La température de bruit de ces amplificateurs est inférieure à 900 °K ($F = 6$ dB).

14. Système cryogénique

Le système de refroidissement des étages paramétriques est composé d'une unité de réfrigération (figures 43 et 44), d'un compresseur, d'un cylindre d'adsorption, d'un panneau de contrôle et de conduites d'interconnexion. L'unité de réfrigération comprend deux chambres d'expansion en série, dans lesquelles les températures atteintes sont respectivement de 80 °K et de 20 °K.

Le gaz utilisé est l'hélium, vu sa température de liquéfaction très basse (4 °K à 1 atm.).

11. Der parametrische Verstärker

Figur 40 zeigt das Blockscha des Verstärkers. Die parametrischen Stufen (PA 1, PA 2 und PA 3) sowie die Entkopplungszirkulatoren befinden sich in dem auf 20 °K gekühlten Behälter.

Die 32-GHz-Pumpquelle setzt sich aus einem Oszillator, von einem Hohlraum gesteuert, und zwei Verstärkerstufen zusammen. Die gesamte Ausgangsleistung beträgt 150 mW. Zur Speisung der parametrischen Stufen wird das Pumpsignal in drei Zweige aufgeteilt. Jede Abzweigung enthält ein automatisches Pegelregelsystem. Diese Verteileinheit und der Ausgangstransistorverstärker befinden sich in einem Gehäuse, dessen Temperatur auf 40 °C gehalten wird.

12. Die rauscharme Breitbandverstärkungskette

Das rauscharme Breitbandverstärkungssystem ist in Figur 41 dargestellt. Es ist vollredundant. Tritt eine Störung in der im Betrieb stehenden Kette auf, wird automatisch auf das noch funktionsfähige System umgeschaltet. Die hauptsächlichsten Umschaltkriterien sind die Pegel zweier Piloten, die an beiden Enden des zu verstärkenden Frequenzbandes gesendet werden. Diese Piloten werden vor den parametrischen Verstärkern eingespeist und nach den letzten Transistorverstärkern gemessen. Die Entscheidungslogik vermeidet unnötige Umschaltungen, zum Beispiel beim Ausfall eines Pilotengenerators.

Die Gewinne und Verluste der verschiedenen Komponenten der Verstärkungskette sowie die für die Schweizer Sta-

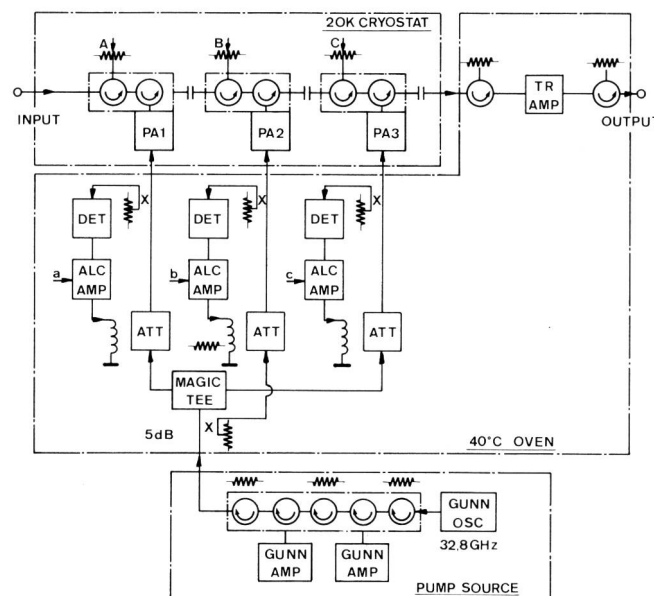
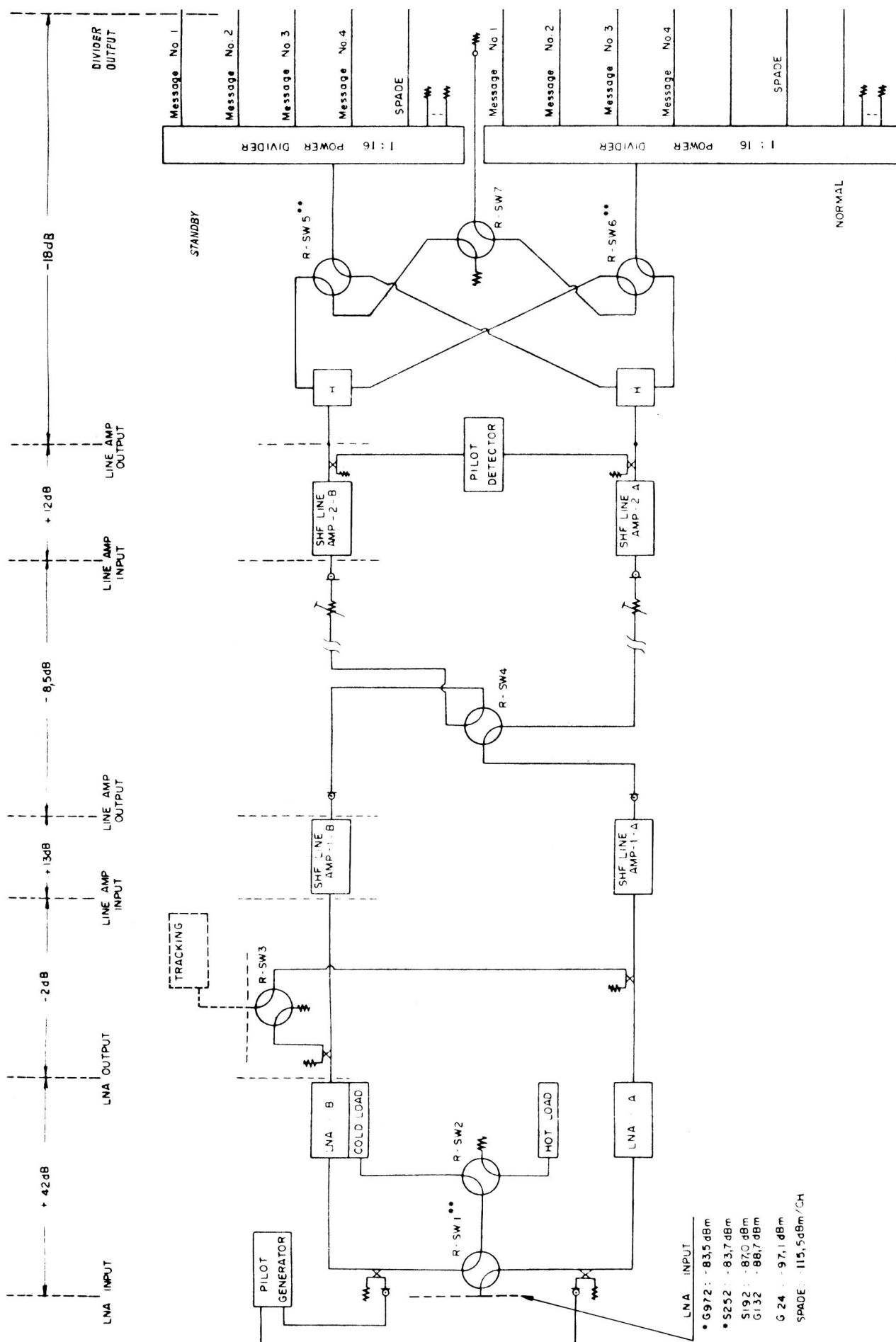


Fig. 40

Schéma bloc de l'amplificateur à faible bruit — Blockscha des rauscharmen Verstärkers

Input	Entrée — Eingang
Output	Sortie — Ausgang
PA	Etage paramétrique — Parametrische Stufe
TR AMP	Amplificateur à transistors — Transistor-Verstärker
DET	Détecteur de puissance de pompage — Pumpleistungsdetektor
ALC AMP	Oscillateur à diodes Gunn — Gunndiode-Oszillator
ATT	Amplificateur de tension de régulation automatique — Verstärker der automatischen Regelspannung
GUNN OSC	Atténuateur asservi — Geregeltes Dämpfungsglied
GUNN AMP	Amplificateur à diodes gunn — Gunndiode-Verstärker
20 K CRYOSTAT	Enceinte refroidie à 20 °K — Auf 20 °K gekühltes Gehäuse
40 °C OVEN	Enceinte maintenue à 40 °C — Gehäuse mit Innentemperatur 40 °C
MAGIC TEE	Diviseur — Verteiler
a, b, c	Régulation du point de travail de la diode — Manuelle Regelung des Diodenarbeitspunktes
A, B, C	Régulation de la puissance de pompage — Manuelle Regelung der Pumpleistung



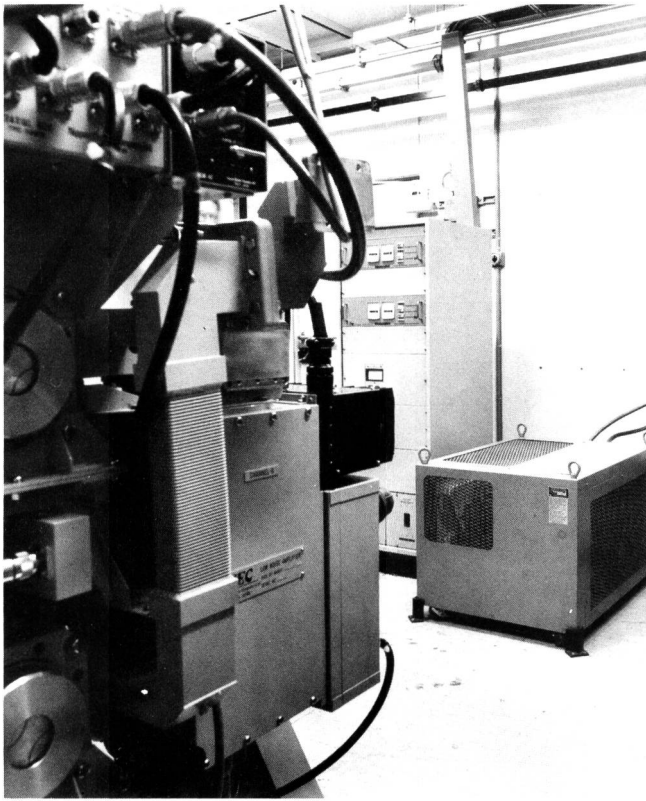


Fig. 42
Coup d'œil dans la cabine supérieure de l'antenne. A gauche, les équipements d'amplification à faible bruit, au fond, un compresseur et le bâti de commande de l'ensemble de refroidissement — Blick in den oberen Antennenraum. Links die Einrichtungen für die rauscharme Verstärkung, hinten ein Kompressor und die Steuerung des Kühlsystems

Fig. 41
Chaîne de réception à faible bruit et à large bande — Rauscharme Breitband-Empfangskette (Page 111 — Seite 111)

LNA Low Noise Amplifier — Amplificateur à faible bruit — Rauscharmer Verstärker
Line Amp(lifier) — Amplificateur de ligne — Leitungsverstärker
Tracking — Poursuite — Nachführung
Pilot Generator — Générateur de pilote — Pilot Generator
Pilot Detektor — Détecteur de pilote — Pilot Detektor
Cold Load — Charge froide — Kalte Last
Hot Load — Charge chaude — Warme Last
Message N° 1 — Porteuse de téléphonie N° 1 — Telefonieträger Nr. 1
* G Global Beam
* S Spot Beam
972, 252 Nombre de canaux — Anzahl Kanäle
** R-SW 1, 5, 6 Commutation automatique — Automatische Umschaltung

tion bestimmten Leistungspegel der verschiedenen Träger sind in Figur 42 angegeben. Die warme und die kalte Quelle dienen der Feststellung der Rauschtemperatur der Ketten.

13. Transistorverstärker (SHF-Linie Amplifier)

Sie sind ebenfalls für 500 MHz Bandbreite bestimmt und dreistufig. Die benützten Transistoren sind n-p-n- silicon epitaxialplanare Elemente mit doppelter Diffundierung. Die Bandbreite wird durch eine Nichtanpassung der Zwischenkreise der tiefen Frequenzen, in welchen die Verstärkung grösser ist, erreicht. Die Rauschtemperatur dieser Verstärker ist kleiner als 900 °K (F = 6 dB).

14. Kryogenes System

Das Kühlsystem der parametrischen Stufen setzt sich aus einer Kühleinheit (Fig. 42 und 43), einem Kompressor, einem Adsorptionszylinder, einer Steuertafel und den Verbindungsrohren zusammen. Die Kühleinheit enthält zwei aufeinanderfolgende Ausdehnungskammern, in denen die Temperaturen 80 °K beziehungsweise 20 °K erreicht werden.

Als Gas wird Helium benützt, da es eine sehr niedrige Verflüssigungstemperatur aufweist (4 °K bei 1 atm).

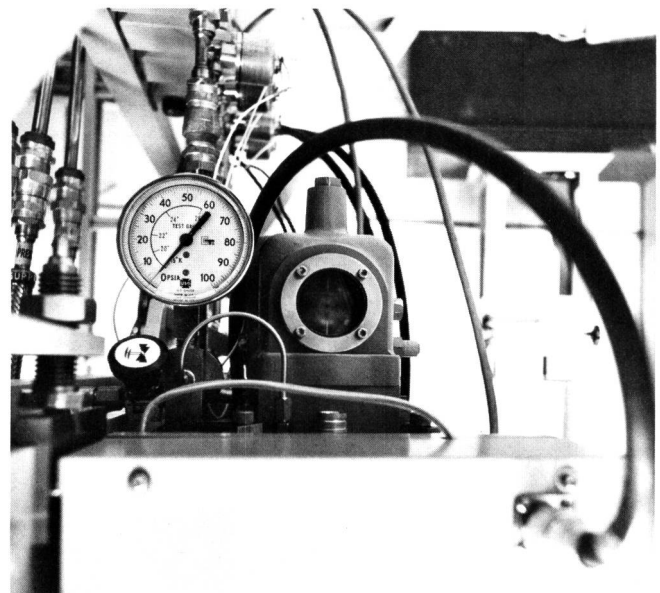


Fig. 43
Tête de réfrigération de l'amplificateur à faible bruit — Kühlkopf des rauscharmen Verstärkers