**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens

**Herausgeber:** Association suisse des électriciens

**Band:** 52 (1961)

**Heft:** 14

**Artikel:** Nouvelles méthodes de la technique de l'émission et de la réception radiotélégraphique en Suisse

**Autor:** Loriol, F. de

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-1059066

**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:** 22.08.2025

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

# BULLETIN

DE L'ASSOCIATION SUISSE DES ELECTRICIENS

Organe commun de l'Association Suisse des Electriciens (ASE)
et de l'Union des Centrales Suisses d'électricité (UCS)

## Nouvelles méthodes de la technique de l'émission et de la réception radiotélégraphiques en Suisse

Par *F. de Loriol*, Berne

621.394.3(494) : 621.396(494)

*De nouveaux procédés de transmission radiotélégraphique sont décrits et leur emploi dans le service télégraphique suisse avec les pays d'outre-mer est illustré. Une grande capacité et une utilisation économique du spectre des fréquences dicte le choix des systèmes. Des mesures générales pour améliorer la qualité du service sont indiquées.*

*Neue Verfahren der radiotelegraphischen Übermittlung werden beschrieben und ihre Anwendungen im schweizerischen Übersee-Telegraphendienst besprochen. Grosse Kapazität und wirtschaftliche Ausnützung des Frequenzspektrums sind bei der Wahl von neuen Systemen ausschlaggebend. Technische Massnahmen zur Hebung der Betriebszuverlässigkeit werden erläutert.*

L'augmentation extraordinaire du trafic télégraphique, due au réjouissant développement du commerce avec l'étranger depuis la dernière guerre mondiale, exige l'emploi de méthodes de transmission modernes, encore plus efficaces (téléscripteurs, procédé multiplex à correction automatique des erreurs, télex). De même, de nouveaux moyens ont dû être mis en œuvre pour les radiotélécommunications. En outre, les exigences du public en ce qui concerne la rapidité et la sûreté (transmission sans erreurs) des communications télégraphiques ont conduit à améliorer la technique de la transmission sans fil en y apportant de profondes modifications. Tandis que le télescripteur remplaçait dans les stations terminales télégraphiques l'ancien système Morse, aujourd'hui pratiquement abandonné, les installations d'émission et de réception sans fil sont équipées maintenant de systèmes de manipulation par déplacement de fréquence et de systèmes multiplex, au lieu des anciens procédés de manipulation et de modulation. Le désir, voire la nécessité, d'utiliser toujours mieux les équipements d'émission et de réception, ainsi que le spectre des fréquences, ont évidemment joué un rôle essentiel dans ce développement. Un réseau radiotélégraphique moderne doit toutefois satisfaire à toute une série d'importantes exigences sur le plan de l'exploitation, notamment les suivantes:

*a) Sécurité* ou absence d'erreurs de la liaison (protection contre des effets parasites, tels qu'interférences par des émetteurs perturbateurs ou des bruits, par des perturbations atmosphériques et industrielles, etc.). Il s'agit donc d'augmenter la puissance et la stabilité de fréquence des émetteurs, d'améliorer encore la sensibilité et la stabilité des récepteurs, ainsi que leur sélectivité, de prendre des précautions particulières contre les phénomènes d'évanouissement et de diaphonie, d'utiliser des antennes directives à caractéristiques très marquées et des dispositifs de diversité.

b) *Continuité du service*: Malgré les commutations et les manipulations inévitables dans le service des installations d'émission, de réception et d'aériens, la liaison doit être maintenue en permanence, ce qui est indispensable pour le service télex et celui des voies louées. Cette exigence est satisfaite par l'utilisation simultanée de doubles ou triples équipements d'émission et de réception pour la même liaison radiotélégraphique, de manière que les changements de fréquences, les communications d'antennes, etc., puissent avoir lieu sans interruption du service.

c) *Sécurité de service des installations:* Les pannes de l'appareillage doivent être réduites au minimum par l'emploi d'éléments de construction sélectionnés (condensateurs, diodes, transistors, etc.), par des essais périodiques de ces éléments et par un contrôle systématique des signaux émis, toutes ces précautions contribuant à accroître la sécurité de service.

*d) Réserve de capacité et souplesse:* Les équipements d'émission et de réception doivent pouvoir s'adapter aux variations horaires et journalières du trafic. Ils doivent encore fonctionner économiquement aux faibles charges, tout en pouvant supporter les pointes de trafic.

Les systèmes modernes de transmission à haute fréquence ne répondent pas tous dans la même mesure aux différentes exigences de la technique et de l'exploitation. Parmi les nombreux procédés mis au point et éprouvés durant ces dernières années, Radio-Suisse a donc tenu à n'introduire que ceux d'entre eux qui présentent de nets avantages pour l'exploitation et permettent en outre une bonne utilisation du spectre des fréquences. Ce second critère est important non seulement pour pouvoir utiliser le plus parfaitement possible le spectre étroit des ondes décamétriques dans lequel la majeure partie du trafic radiotélégraphique avec les pays d'outre-mer se déroule encore actuellement mais aussi pour obtenir à la réception un rapport

signal/bruit favorable, et en fin de compte accroître la sécurité de la transmission. On a procédé par conséquent à une étude approfondie de la largeur de bande exigée par différents systèmes multivoies et contrôlé par des mesures les résultats de la théorie.

Deux méthodes de transmission se distinguent particulièrement par leurs caractéristiques techniques favorables et par leur sécurité. Il s'agit dans les deux cas de multiplex à haute fréquence, dont la capacité de transmission est considérable. L'un d'eux le «Twinplex» ou «Duoplex», permet de transmettre, avec des moyens techniques relativement simples, deux voies télégraphiques absolument indépendantes par la même porteuse à haute fréquence, tandis que l'autre équipement repose sur le principe de la transmission à bande latérale unique et possède une capacité bien plus grande, mais exige un appareillage plus important.

Ces deux procédés sont utilisés par Radio-Suisse et lui ont permis de faire face au rapide et important accroissement du trafic. Dans ce qui suit, nous décrirons brièvement le principe et les caractéristiques de ces systèmes.

## Le système duoplex

La manipulation par déplacement de fréquence, qui est à la base du système duoplex, diffère de la manipulation classique par le fait que les voies télégraphiques ne comprennent pas des paires de fréquences fixes pour les signaux de travail et de repos, mais que les fréquences correspondent aux quatre combinaisons possibles des états de travail des deux voies (tableau I).

*Code duoplex*

La fréquence émise prend l'une des quatre valeurs, selon le cas

Tableau I

| Fréquence | Voie A | Voie B |
|---|---|---|
| $F_1$ | Travail | Travail |
| $F_2$ | Travail | Repos |
| $F_3$ | Repos | Travail |
| $F_4$ | Repos | Repos |

Chaque fréquence, correspondant aux conditions de travail des deux voies, est transmise avec la pleine puissance d'émission, ce qui est un important avantage de ce procédé, par rapport à d'autres systèmes multiplex à division de fréquence, qui transmettent simultanément plusieurs fréquences. D'autres particularités sont en rapport direct avec l'emploi d'un procédé de manipulation par déplacement de fréquence: faible sensibilité à l'évanouissement sélectif, rapport signal/bruit favorable, fonctionnement sûr du contrôle automatique de gain et de la fréquence (la porteuse est toujours présente), etc.

Le système duoplex convient à la transmission de chaque code télégraphique (Morse, à cinq moments, à sept moments) et peut également être utilisé d'une manière mixte, par exemple avec code Morse sur la voie A et avec code de téléscripteur sur la voie B. Pour les grandes vitesses de transmission, on utilise toutefois le même code pour les deux voies.

Dans le service téléscripteur à la vitesse normale de 50 bauds, on dispose d'une capacité globale de 120 mots par minute. L'espacement normalisé internationalement par le CCIR [1]) entre les quatre fréquences des systèmes duoplex est de 400 Hz, c'est-à-dire de 1200 Hz entre les valeurs extrêmes. Il est donc relativement grand, de sorte que la largeur de bande utilisée est défavorable par rapport à la vitesse télégraphique (100 bauds), car elle atteint environ 1600 Hz, soit 800 Hz par voie de téléscripteur. Selon les recommandations du CCIR, la largeur de bande requise pour une voie de téléscripteur à manipulation par déplacement de fréquence ne devrait, en effet, pas dépasser 600 Hz.

La capacité globale de systèmes duoplex a été donc récemment accrue, les espacements entre fréquences ayant été maintenues, de sorte que la largeur de bande utilisée n'a pas augmenté dans la même proportion que la vitesse télégraphique. Cette meilleure utilisation des voies duoplex s'obtient de préférence en liaison avec l'emploi de systèmes multiplex dans le temps; à chaque voie duoplex est assigné un multiplex à répartition dans le temps à 2 ou 4 voies, de sorte que la capacité globale de la liaison passe de 2 à 4 ou 8 voies de téléscripteurs. La largeur de bande d'un tel système combiné à 8 voies ne dépasse pas 2200 à 2400 Hz, lorsque les signaux sont correctement arrondis. Si les multiplex à répartition dans le temps utilisés sont munis d'un système de correction automatique des erreurs, comme cela est aujourd'hui généralement le cas en radiotélégraphie, toutes les voies de téléscripteur du duoplex sont protégées contre des erreurs de transmission, aussi cette méthode est-elle de plus en plus appréciée. Pour ces systèmes à grande vitesse télégraphique, il faut toutefois que, dans les émetteurs, les deux voies duoplex soient alimentées en synchronisme.

Le système duoplex s'utilise également avec avantage pour l'exploitation en «Forking» (service simultané de deux stations correspondantes avec le même émetteur), chaque récepteur filtrant du mélange des signaux la voie duoplex qui lui est assignée. Dans ce cas également, la capacité du procédé duoplex peut être augmentée par une subdivision supplémentaire au moyen d'un multiplex à répartition dans le temps, à la condition que celui-ci ne repose pas sur un fonctionnement en synchronisme (Asynmux).

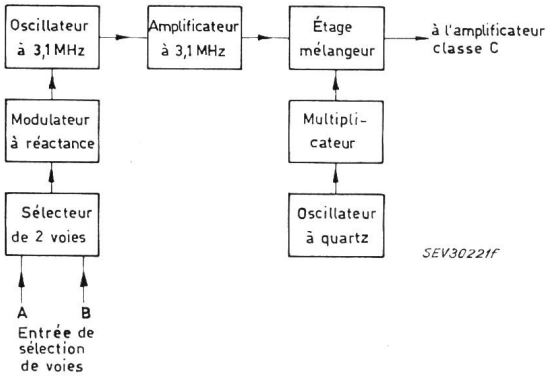


Fig. 1
**Etage de manipulation duoplex**

Pour la production et la démodulation de signaux duoplex, divers montages ont été mis au point. La fig. 1 représente un procédé de manipulation basé sur l'emploi d'un tube à réactance et la fig. 2 des étages de manipulation duoplex dans le centre émetteur de Prangins.

Dans le récepteur, la moyenne fréquence est conduite à un système de trois discriminateurs, après la deuxième transposition (fig. 3):

[1]) Comité Consultatif International des Radiocommunications.

Tandis que la sortie de la voie A est commandée directement par le discriminateur A, et que les fréquences $F_1$ et $F_2$ produisent un signal de travail, $F_3$ et $F_4$ un signal de repos, comme l'indique le tableau II,

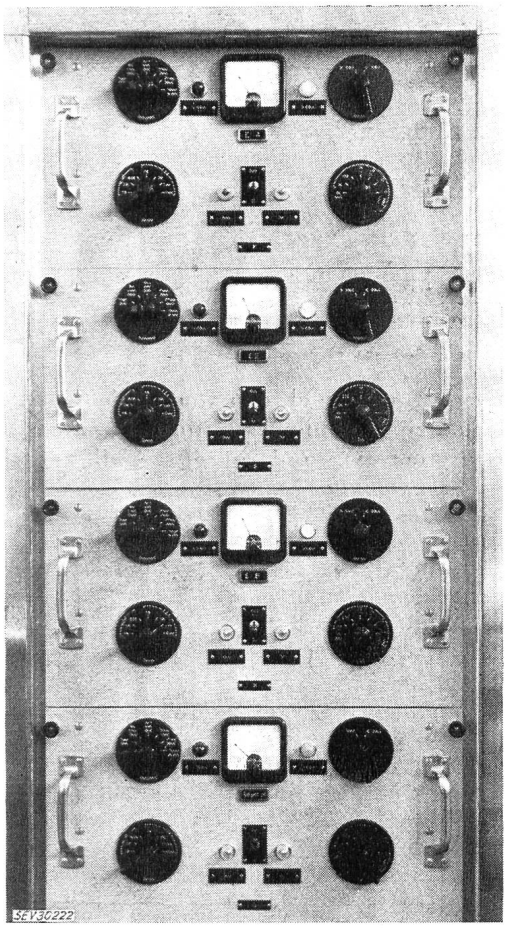


Fig. 2
**Etage de manipulation duoplex**
Centre émetteur de Prangins

la sortie de la voie B est commandée par deux discriminateurs, qui entrent alternativement en fonction, selon la polarité de la voie A. Dans le tableau II, les différents états de travail du système sont indiqués.

*Etats de travail des trois discriminateurs pour réception duoplex*

Tableau II

| Fréquence | Discriminateur A | Discriminateur $B_1$ | Discriminateur $B_2$ |
|---|---|---|---|
| $F_1$ | Travail | Travail | Inactif |
| $F_2$ | Travail | Repos | Inactif |
| $F_3$ | Repos | Inactif | Travail |
| $F_4$ | Repos | Inactif | Repos |

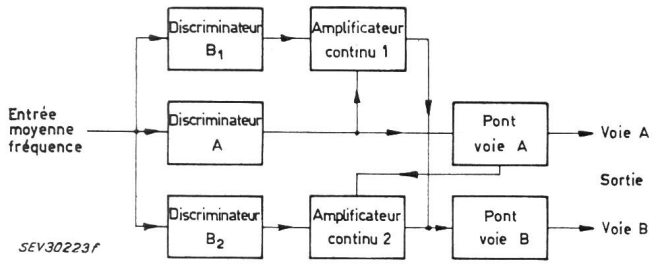


Fig. 3
**Circuit discriminateur de réception pour duoplex**

## Télégraphie à bande latérale unique

Le principe de la transmission à bande latérale unique en téléphonie est bien connu, de sorte que nous nous bornerons à signaler quelques particularités de son application à la radiotélégraphie.

Etant donnée qu'il nécessite un appareillage relativement complexe, ce procédé n'est utilisé en télégraphie que lorsqu'il s'agit d'atteindre une capacité globale aussi élevée que possible. Il est par conséquent généralement employé en combinaison avec un multiplex à répartition dans le temps ou avec des voies téléphoniques et télégraphiques. C'est ainsi qu'une telle

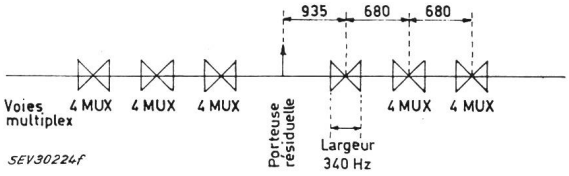


Fig. 4
**Répartition des voies d'un système à BLU**

liaison BLU avec des pays d'outre-mer comporte 6 multiplex à répartition dans le temps à quatre voies chacun, d'une capacité globale de 24 voies de téléscripteurs, disposées par paires sur les deux bandes latérales indépendantes d'un émetteur de 40 kW de puissance de pointe (fig. 4).

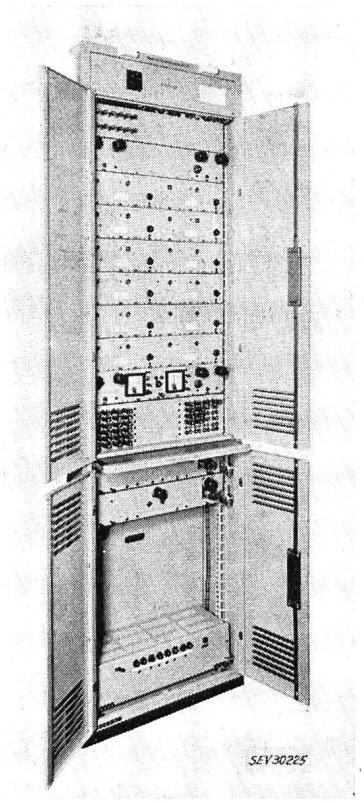


Fig. 5
**Système WTF**

Les différents groupes de voies apparaissent à l'entrée du système comme sous-porteuses à fréquence modulée avec une déviation de 340 Hz. Des espacements de 680 Hz entre les voies assurent une protection suffisante contre la diaphonie, pour une vitesse de manipulation de 180 bauds par voie. La capacité maxi-

male de 24 voies n'est pas constamment nécessaire dans le cas considéré, mais seulement durant les pointes de trafic, de sorte que le nombre de voies peut être adapté aux besoins en les connectant ou déconnectant. Lorsque les conditions de transmission sont difficiles, il est avantageux de réduire ainsi la capacité, ce qui permet de disposer d'une plus grande puissance pour les voies restantes.

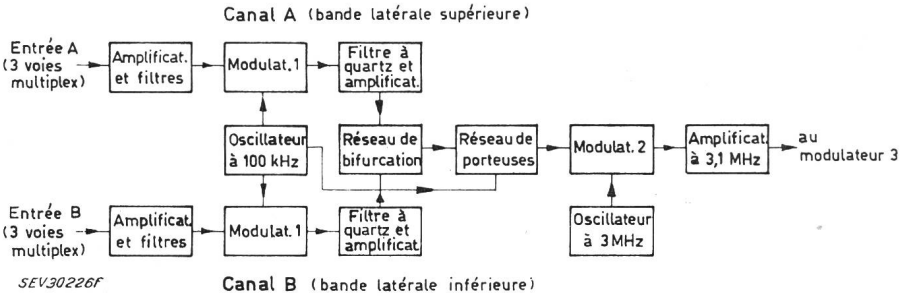


Fig. 6

**Générateur de bande latérale unique pour la préparation de six voies multiplex à division dans le temps**

Le système à BLU se distingue donc par sa grande réserve de capacité et par ses facultés d'adaptation. Comme dans le procédé duoplex, les différents groupes peuvent être, au besoin, répartis entre plusieurs liaisons; dans ce cas ils sont attribués à demeure aux stations correspondantes, qui les reçoivent sélectivement.

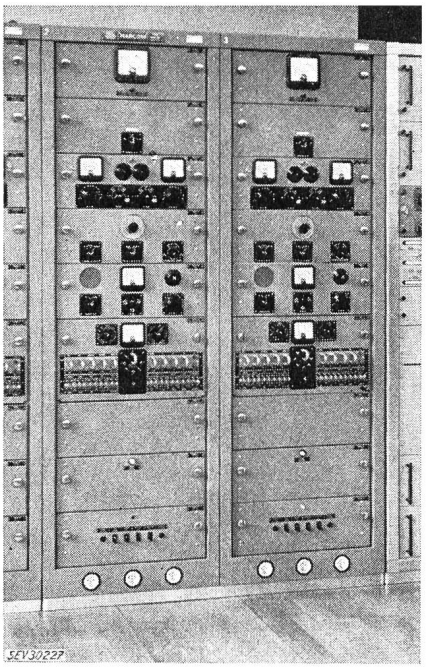


Fig. 7

**Générateurs de BLU**

Centre émetteur de Münchenbuchsee

La préparation des voies à basse fréquence s'opère déjà dans le bureau télégraphique (terminal de Radio-Suisse) à l'aide de systèmes WTF (fig. 5) reliés par des lignes télégraphiques à l'équipement BLU correspondant dans le centre émetteur. Les signaux y sont ensuite traités différemment, selon qu'il s'agit d'amplificateurs de classe B ou de classe C.

En cas d'amplification linéaire (fig. 6, 7 et 8), les mélanges de signaux à basse fréquence reçus du terminal sont conduits à un premier modulateur, où une porteuse à 100 kHz est modulée bilatéralement et indépendamment. Après une nouvelle transposition à 3,1 MHz, le signal BLU parvient au troisième modulateur logé dans l'émetteur et chargé du mélange du signal avec la fréquence d'émission proprement dite. L'amplification qui suit est obtenue par des amplificateurs classe A et B. Grâce à une contre-réaction (d'enveloppe et HF), on parvient à maintenir les produits d'intermodulation à une valeur acceptable, sur toute l'étendue des fréquences de 4 à 27 MHz. Les sorties d'émetteurs examinées avec l'analyseur de spectre, selon la méthode des deux sons (fig. 9 et 10), montrent une marge de 36 à 38 db entre $F_1$ ou $F_2$ et $(2F_1 - F_2)$,

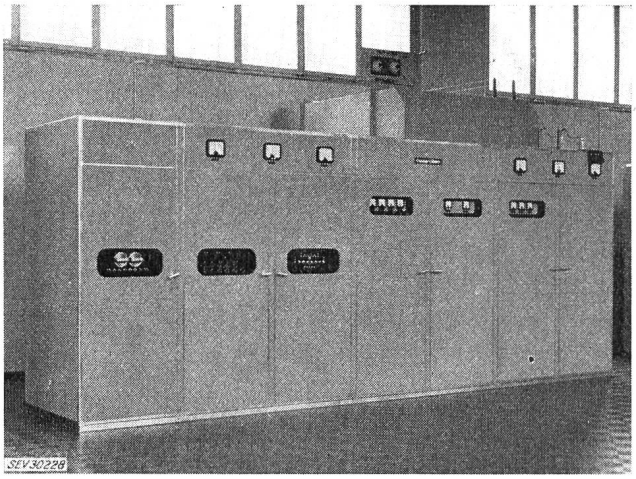


Fig. 8

**Amplificateur d'émission à BLU**

Centre émetteur de Münchenbuchsee

le produit de modulation de 3e ordre. Les recommandations du CCIR, qui spécifient une marge d'au moins 25 db, sont ainsi respectées.

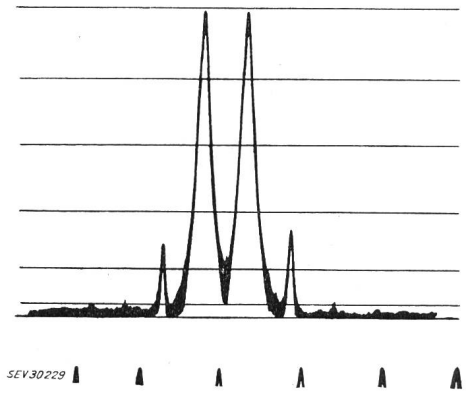


Fig. 9

**Enregistrement du spectre des hautes fréquences**

Mesure des produits de modulation, selon la méthode des deux sons. Au centre, les deux fréquences de référence; à gauche et à droite de celles-ci, les produits de modulation de 3e ordre. Distance entre lignes horizontales: 10 db. Tout en bas, les impulsions de marquage de la fréquence à 1 kHz

L'amplification d'un signal BLU, renfermant un mélange de signaux à basse fréquence, peut également s'opérer avec un amplificateur classe C, si l'on admet une distorision non linéaire légèrement plus élevée. Un

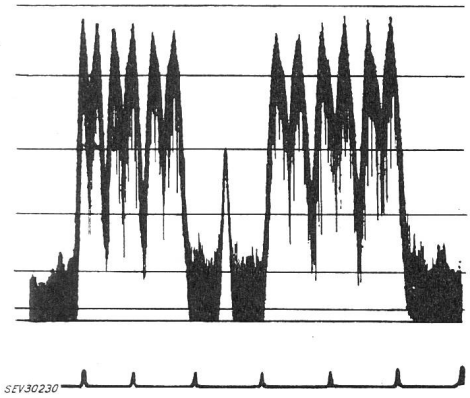


Fig. 10

**Enregistrement du spectre des hautes fréquences**

Enregistrement en service normal. Au centre, la porteuse réduite de part et d'autre de celle-ci, 3 voies multiplex à division dans le temps de 180 bauds, modulées en fréquence

procédé de ce genre, mis au point par les Kahn Laboratories, New York, est basé sur le principe de la séparation en phase et en amplitude du signal BLU produit à 500 kHz (fig. 11).

Le signal est décomposé en phase et en amplitude à l'aide de limiteurs et de démodulateurs, les composantes ainsi obtenues passant ensuite dans des chaînes d'amplification séparées. La composante de phase, libérée de la modulation d'amplitude, peut être conduite à un amplificateur classe C, tandis que l'enveloppe du signal est amenée séparément au niveau voulu, par un amplificateur basse fréquence. Finalement, l'enveloppe est remodulée avec un modulateur de grande puissance sur la composante de phase amplifiée. Afin que la sortie donne une image fidèle du signal d'entrée, les délais de transfert des deux chaînes d'amplification doivent être compensés (cor-

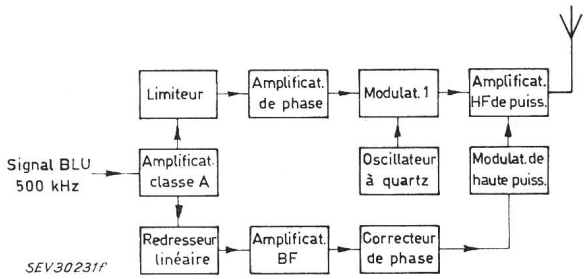


Fig. 11

**Amplification à bande latérale unique, selon Kahn**

recteur de phase dans la chaîne BF). L'ajustage de ce membre correcteur est critique et influence les produits d'intermodulation qui sont nettement plus importants, même avec 32 db, que dans le cas de l'amplification en classe B, bien qu'ils soient encore admissibles.

Cette méthode de l'amplification d'un signal BLU se distingue par sa simplicité et par un appareillage peu compliqué, aussi une installation de ce genre (Kahn-Adapter) a-t-elle été prévue dans le centre émetteur de Münchenbuchsee de Radio-Suisse (fig. 12). En liaison avec un émetteur télégraphique de 10 kW, elle correspond, au point de vue de la puissance, à un amplificateur classe B d'une puissance de pointe de 40 kW.

A la réception, les groupes de voies modulées en fréquence peuvent être extraits d'un mélange de signaux BLU de deux manières:

Dans le premier procédé, on utilise les propriétés sélectives des récepteurs, qui sont maintenant très poussées pour le service commercial et permettent de séparer des voies à des intervalles de 400 Hz ou moins, en haute fréquence. Ces récepteurs (fig. 13) doivent naturellement

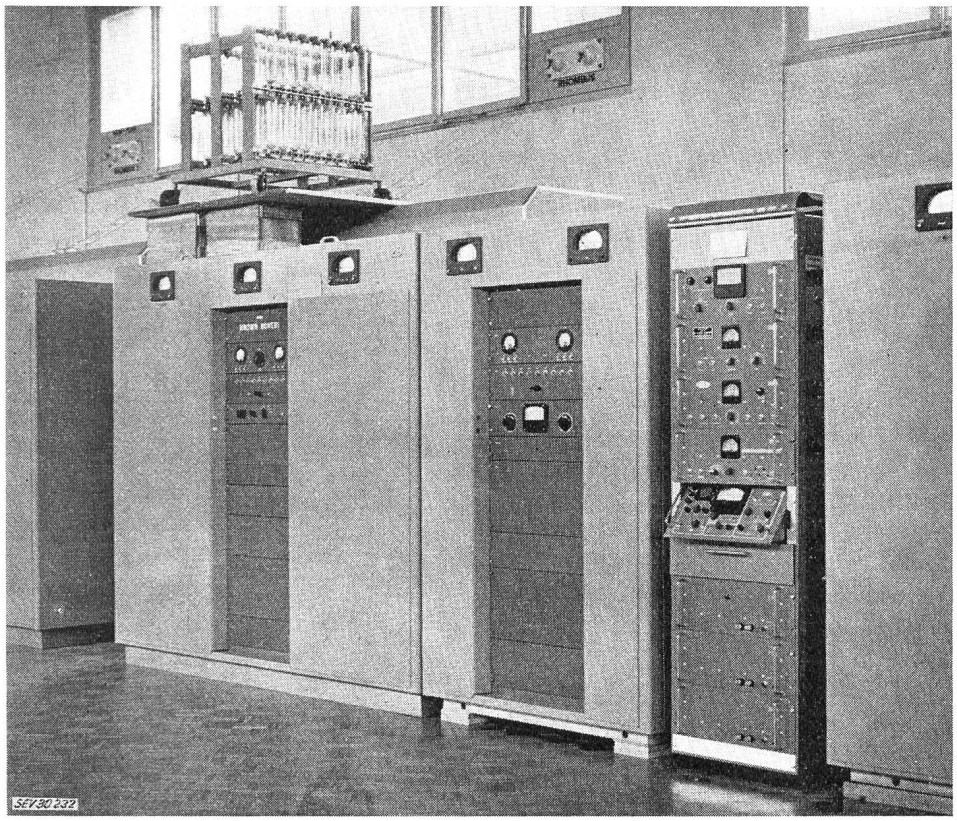


Fig. 12

**Emetteur télégraphique de 10 kW, avec modulateur**

Tout à droite, le Kahn-Adapter

Centre émetteur de Münchenbuchsee

présenter une parfaite stabilité de fréquence. Pour cette méthode de réception, seules des récepteurs pilotés par des quartz entrent en considération; ils doivent en outre être équipés d'un contrôle automatique de la fréquence, de manière à suivre les variations éventuelles de la fréquence de l'émetteur (fig. 14).

Pour l'autre mode de réception on utilise des récepteurs BLU spéciaux, équipés pour la réception télé-

graphique. La porteuse réduite et les deux bandes latérales indépendantes sont amplifiées, transposées et démodulées (fig. 15), puis les différentes voies sont extraites, en basse fréquence, du mélange des signaux, par un certain nombre d'équipements de voies. Un seul récepteur peut ainsi sélectionner jusqu'à 6 groupes de canaux modulés en fréquence. Ces récepteurs sont toutefois complexes et coûteux, de sorte que leur emploi n'est économique qu'en cas d'utilisation intégrale, c'est-à-dire lorsqu'un grand nombre de voies sont transmises par la même porteuse.

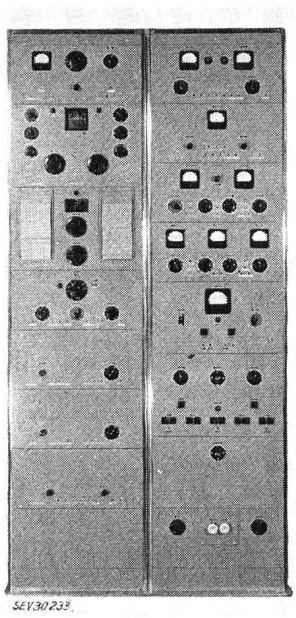


Fig. 13
**Récepteur R-6**
Station réceptrice de Riedern

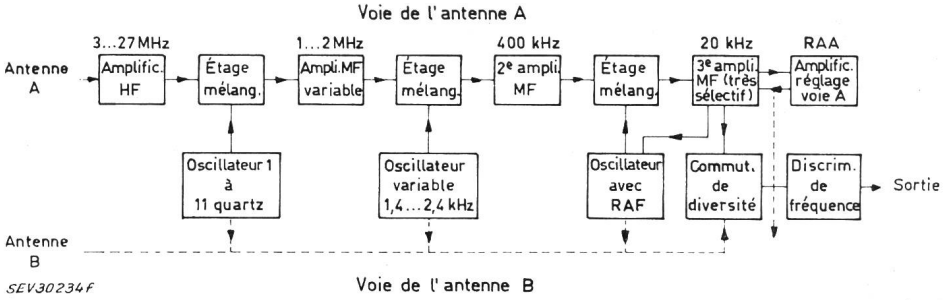


Fig. 14
**Récepteur R-6 à haute sélectivité pour réception double**

## Stabilité de la fréquence

Le maintien de la fréquence attribuée à l'émission et à la réception est de plus en plus décisif pour la sécurité d'une liaison radiotélégraphique. En raison de l'occupation très dense du spectre des fréquences, un écart même très faible de la fréquence prescrite est non seulement gênant, mais il provoque souvent des interférences qui empêchent pratiquement toute réception. Dans un centre d'émission moderne, on attache par conséquent une extrême importance à la production et au maintien d'une fréquence aussi pure que possible. La stabilité des oscillateurs pilotés par des quartz ne doit pas être influencée par des effets extérieurs (phénomènes de couplage), par exemple par des étages de puissance ou autres sources perturbatrices.

Dans le centre émetteur de Münchenbuchsee, ce problème a été parfaitement résolu, en éloignant les émetteurs-pilotes et la préparation

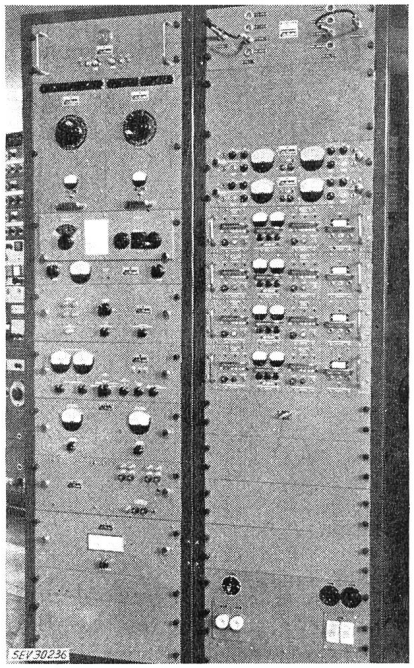


Fig. 16
**Récepteur BLU (RCA)**
Station réceptrice de Riedern

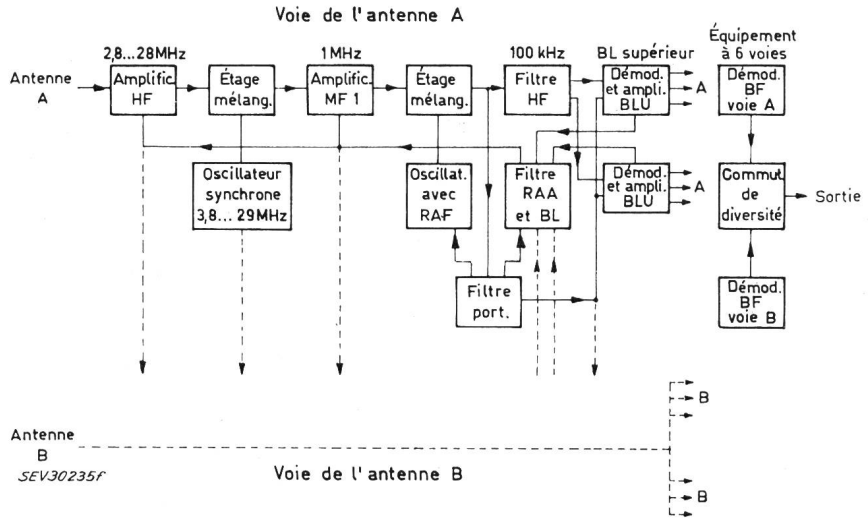


Fig. 15
**Récepteur BLU (RCA, type R3), pour réception double**

des signaux des étages de puissance et en les centralisant à un emplacement réservé à cet effet (fig. 17). Les circuis délicats sont ainsi à l'abri des puissants champs à haute fréquence et, d'autre part, les mesures de service (surveillance) effectuées à un niveau plus bas sont nettement facilitées, donc plus précises. Le signal produit qu'il s'agisse de différentes fréquences ou d'un signal manipulé ou modulé à 3,1 MHz, est conduit aux émetteurs, qui n'assument alors plus que la fonction d'amplificateurs de puissance à plusieurs étages.

Fig. 17
**Cabine de contrôle**
Centre émetteur de Münchenbuchsee

La plupart des récepteurs de la station réceptrice de Riedern sont pilotés par des quartz et équipés de système CAF. Pour faciliter les changements de fréquences, le récepteur du type R6 a toutefois été équipé d'un oscillateur-pilote universel à 11 quartz et d'un premier amplificateur MF variable (fig. 14), qui permet de couvrir entièrement et avec une bonne stabilité la bande désirée de 3 à 27 MHz. Il n'est donc pas nécessaire de changer les quartz de l'oscillateur lors d'un changement de la fréquence, ce qui prend toujours beaucoup de temps.

La continuité du service qui gagne encore en importance par l'introduction de liaisons directes entre clients (service télex, location de voies), est assurée par des mesures telles que l'émission simultanée avec 2 ou 3 fréquences, la réception en diversité, le changement automatique de la fréquence, etc.

Quant à la *sécurité du service,* elle est satisfaite par l'emploi d'éléments de construction de plus en plus parfaits et robustes. Les récepteurs sont tous équipés de tubes électroniques de longue durée et les filtres particulièrement stables sont contrôlés périodiquement (fig. 18), de sorte que les interruptions dues à des appareils défectueux sont devenues très rares. Une surveillance attentive des installations, ainsi qu'un service des prévisions étendu, qui renseigne sur l'utilisation la plus favorable des fréquences, contribuent grandement à la réputation méritée dont jouit le réseau radiotélégraphique de Radio-Suisse, dans notre pays comme à l'étranger.

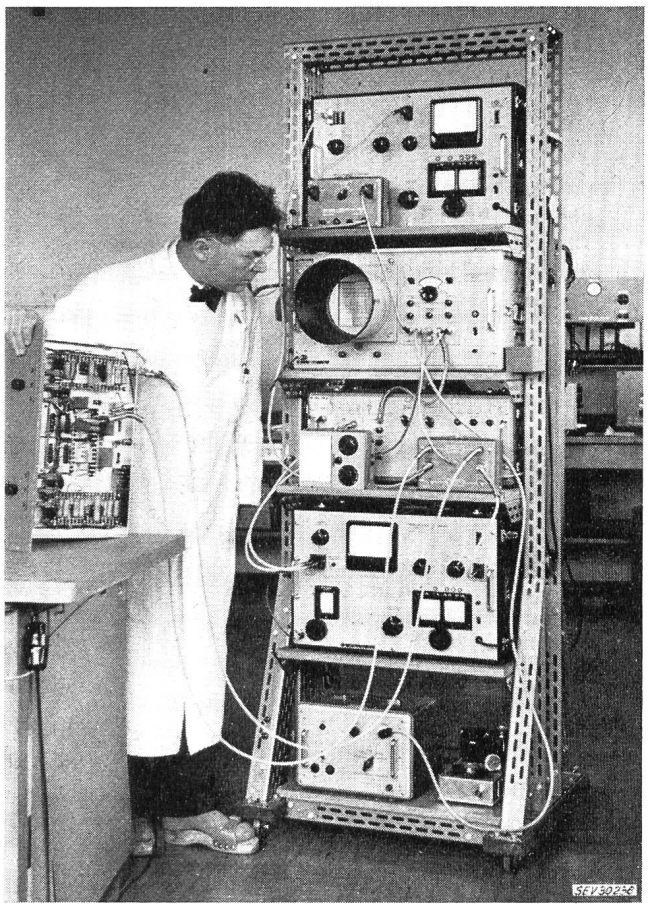


Fig. 18
**Equipement de mesure à wobbulateur**
Station réceptrice de Riedern

**Adresse de l'auteur:**
*F. de Loriol,* ingénieur en chef à la S. A. Radio-Suisse, Viktoria-Platz 1, Berne.