

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 80 01898

(54) Système de transmission radioélectrique en diversité, de structure simple et économique, et réseau de télécommunication comportant de tels systèmes.

(51) Classification internationale (Int. Cl. ³). H 04 B 7/02, 3/00.

(22) Date de dépôt 29 janvier 1980.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande B.O.P.I. — « Listes » n° 31 du 31-7-1981.

(71) Déposant : Société dite : THOMSON-CSF, société anonyme, résidant en France.

(72) Invention de : Claude Collin.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Michel Pierre, Thomson-CSF, SCPI,
173, bd Haussmann, 75360 Paris Cedex 08.

La présente invention concerne les systèmes de transmission radioélectrique en diversité, entre deux stations terminales, de signaux à haute fréquence modulés par l'information à transmettre, et en particulier
5 les réseaux de télécommunication comportant de tels systèmes dont les deux stations ne sont généralement pas en visibilité, la liaison étant assurée, le plus souvent, par propagation en diffraction tropo ou ionosphérique.

De telles liaisons présentent une atténuation
10 de propagation très variable en fonction du temps. Pour assurer en permanence la transmission des informations, il n'est pas économiquement rentable et même, dans bien des cas, il est pratiquement impossible de mettre en oeuvre des équipements ayant une marge de transmission
15 suffisante pour assurer une qualité de communication minimale donnée lors d'une atténuation de propagation maximale rencontrée pendant un très faible pourcentage de temps. Il est alors constitué plusieurs voies de transmission en parallèle, dont les caractéristiques sont
20 suffisamment distinctes pour ne pas être affectées simultanément par une même atténuation de propagation, on obtient ainsi un fonctionnement en diversité où les signaux de chaque voie sont combinés, après des pondérations automatiquement ajustées, afin d'obtenir à chaque
25 instant une qualité au moins égale à celle de la voie présentant la meilleure qualité.

Il est connu de mettre en oeuvre, isolément ou en combinaison, les modes de diversité angulaire, d'espace, de fréquence, etc..., et plus récemment la diversité
30 temporelle, appliquée généralement aux transmissions numériques, qui assure une redondance dans la transmission de l'information, à des instants suffisam-

ment éloignés pour bénéficier de conditions de propagation différentes.

Bien entendu, il en résulte un accroissement important des équipements utilisés et donc du coût des installations.

La diversité en fréquence à laquelle se rapporte plus particulièrement l'invention, est un des modes le plus communément utilisé.

Pour mettre en oeuvre un ordre N de diversité de fréquence, il doit être prévu, par liaison, selon l'art connu, outre N récepteurs, N émetteurs d'une même puissance P , et de fréquence porteuse distincte. Ces N émetteurs peuvent comporter un seul amplificateur de puissance, mais sa puissance crête doit être égale à $N^2 P$ avec une linéarité suffisante pour éviter des niveaux excessifs de produits d'intermodulation.

La présente invention a pour but un système de transmission en diversité comportant une structure de mise en oeuvre en diversité de fréquence beaucoup plus simple et économique, utilisée seule, ou associée avec les autres modes de diversité, y compris la diversité de fréquence en structure classique.

Selon l'invention, un système de transmission radioélectrique, entre deux stations terminales, à travers plusieurs voies de propagation en diversité, de signaux à haute fréquence modulée par l'information à transmettre, chaque station comportant respectivement au moins un émetteur et un récepteur superhétérodyne, est caractérisé en ce que l'émetteur comprend : un générateur de signal porteur modulé en fréquence par un signal discret de fréquence F , selon un indice déterminé de manière à obtenir une amplitude aussi voisine que possible entre N parmi les raies du spectre créé par cette modulation, N étant un entier positif supérieur à 1 ; un dispositif de modulation des raies de ce spec-

tre par des signaux d'information dont la fréquence la plus élevée est inférieure à F ; et un amplificateur d'au moins une partie du spectre délivré par le dispositif de modulation, suivi d'un filtre passe bande de largeur
5 de bande légèrement supérieure à $(N-1)F$.

L'invention sera mieux comprise et d'autres caractéristiques apparaîtront à l'aide de la description ci-après et des dessins s'y rapportant sur lesquels :

- la figure 1 est un schéma de principe d'un
10 émetteur du système de transmission selon l'invention ;
- la figure 2 est une variante de la figure 1 applicable à la modulation en fréquence par les signaux d'information ;
- la figure 3 est un exemple de schéma de principe
15 d'un récepteur du système de transmission selon l'invention.

Sur la figure 1, un oscillateur 1 de fréquence f , est modulé, en fréquence, par un générateur 2 d'un signal sinusoïdal de fréquence F ; sa sortie 3 est connectée à une entrée de porteuse d'un dispositif de modulation 10 dont l'entrée de modulation 4 reçoit les in-
20 formations à transmettre et la sortie 5 est reliée à une antenne 6 à travers une chaîne d'amplification 7 suivie d'un filtre passe bande 8.

25 L'indice de modulation en fréquence du générateur 1 est choisi égal à 1,435 dans cet exemple, il en résulte à sa sortie 3 un spectre de raies de Bessel A dont la raie centrale f et celles du premier jeu de bande latérale symétrique ($f \pm F$) sont de même amplitude et
30 concentrent, dans une bande égale à $2F$, 90% de la puissance fournie par le générateur 1.

Le dispositif de modulation comporte un modulateur de phase numérique classique, 10, l'information à transmettre lui étant appliquée sous forme de trains
35 binaires dont la fréquence du rythme est nettement

inférieure à F.

L'expérience montre que, en sortie du modulateur 10, chacune des raies du spectre de Bessel est modulée comme si elle était seule, pour constituer le spectre B, sans modifier la relation de phase privilégiée qui existe entre elles de sorte que l'amplificateur 7 se comporte avec ce spectre de raies modulées comme avec un signal unique modulé en fréquence.

C'est ainsi que, dans cet exemple, l'amplificateur 10 délivre une puissance moyenne P, somme des puissances de chacune de trois raies égales approximativement à $\frac{P}{3}$, avec une puissance de crête égale à 2P alors qu'elle serait égale à 6P si chaque raie résultait de générateurs différents et était donc décorellée en phase.

15 Le filtre passe bande 8 a pour but de limiter le rayonnement de l'antenne 6 aux seules trois raies utiles, il a donc une largeur de bande légèrement supérieure à 2F.

Tout ce qui vient d'être dit s'applique également 20 ment à un dispositif de modulation comportant un modulateur en amplitude ou en fréquence de tout type connu ; dans ces deux derniers cas également, chaque raie du spectre de Bessel est modulée comme si elle était seule. Ce fait d'expérience est vérifié par le calcul, dans 25 le cas de la modulation de fréquence, à partir du développement mathématique de l'expression d'une onde modulée en fréquence par la somme de deux signaux sinusoïdaux qui peut se mettre sous la forme de la somme des raies du spectre de Bessel relatif à un des signaux, 30 chacune d'elles étant modulée en fréquence par l'autre signal.

La figure suivante montre un exemple d'émission en modulation de fréquence appliquant cette propriété.

Sur la figure 2, où les repères identiques à 35 ceux de la figure 1 concernent les mêmes organes, le

générateur 2 est couplé à l'oscillateur 1 à travers un sommateur 11 recevant sur une deuxième entrée 14 les informations à transmettre.

Un exemple de récepteur permettant de recevoir
5 les signaux ainsi émis est montré par la figure suivante.

Sur la figure 3, une antenne 31 alimente à travers un filtre de bande 32, un mélangeur 33 couplé à un générateur d'oscillation locale 35 et dont la sortie
10 36 est reliée, à travers un amplificateur 37 suivi d'un filtre 38, aux entrées de trois dispositifs de filtrage et de démodulation 39 à 41 dont les sorties respectives sont connectées à un combineur de diversité 42 dont la sortie 43 restitue l'information transmise.

15 Les organes 32 à 38 sont ceux d'un récepteur classique où les signaux à fréquence intermédiaire sont amplifiés dans une bande déterminée par le filtre 38 et de largeur choisie, à titre d'exemple, un peu supérieure à $2F$, bande du spectre transmis par les émet-
20 teurs précédemment décrits.

Les dispositifs 39 et 41 isolent et démodulent chacune des composantes du spectre C des trois porteuses reçues avec des amplitudes relatives variables, fonction des atténuations de propagation distinctes
25 qui les affectent. Afin de faciliter le filtrage, il est prévu un filtre identique pour chaque dispositif précédé d'un convertisseur de fréquence, la largeur de bande de ce filtre étant un peu supérieure au spectre de chaque raie.

30 Le combineur 43 est de type classique, il additionne en permanence les trois signaux reçus avec une pondération relative de leurs niveaux en fonction de leur qualité.

L'émetteur et le récepteur décrits ci-dessus
35 constituent un système de transmission en diversité de

fréquence particulièrement simple et économique car il contient peu d'organes supplémentaires par rapport à une liaison classique monoporteuse.

5 L'ordre de diversité N , égal à 3 dans cet exemple décrit, peut être quelconque, et en particulier égal à 5 avec un indice de modulation par la fréquence F égal à 1,8 environ.

10 Bien entendu, un tel système suppose, en pratique, qu'il soit utilisé pour lutter contre des perturbations de propagation décorellées pour des écarts de fréquence porteuse relativement réduits, si non le système devient difficilement réalisable et perd de son intérêt. Mais les études accomplies récemment dans ce
15 qui peuvent maintenant calculer au plus juste l'écart de fréquence minimal nécessaire et tirer un profit maximal des dispositifs décrits.

Un exemple particulièrement intéressant d'application concerne les liaisons à propagation ionosphérique, en bande décamétrique notamment où de fréquents
20 évanouissements sélectifs sont décorellés à des écarts de fréquence souvent inférieurs à la largeur de bande d'une voie téléphonique.

La simplicité de ce système permet de l'appliquer également aux radiocommunications à partir de véhicules mobiles.
25

En diffusion troposphérique où un ordre de diversité élevé est fréquemment utilisé, le système décrit permet, par sa simple substitution aux jeux d'émetteurs-récepteurs de tout système de transmission
30 comportant un ou plusieurs types de diversité, de multiplier par N l'ordre de diversité initial afin d'augmenter la qualité de la liaison ou de permettre, à qualité égale, de réduire les performances des autres
35 organes, tels que la puissance des émetteurs ou le gain

des antennes afin d'optimiser le coût des équipements.
Il est à noter que le système décrit est compatible
avec la diversité en fréquence classique à condition de
prévoir un écart de fréquence suffisant pour cette
5 dernière.

Ce système de transmission en diversité de fréquence, est bien adapté aux liaisons par diffusion utilisant une seule antenne par terminal.

REVENDEICATIONS

1. Système de transmission radioélectrique, entre deux stations terminales, à travers plusieurs voies de propagation en diversité, de signaux à haute fréquence modulés par l'information à transmettre, chaque station comportant respectivement au moins un émetteur et un récepteur superhétérodyne, caractérisé en ce que l'émetteur comprend : un générateur de signal porteur modulé en fréquence par un signal discret de fréquence F , selon un indice déterminé de manière à obtenir une amplitude aussi voisine que possible entre N parmi les raies du spectre créé par cette modulation, N étant un entier positif supérieur à 1 ; un dispositif de modulation des raies de ce spectre par des signaux d'information dont la fréquence la plus élevée est inférieure à F ; et un amplificateur d'au moins une partie du spectre délivré par le dispositif de modulation, suivi d'un filtre passe bande de largeur de bande légèrement supérieure à $(N-1)F$.

2. Système de transmission selon la revendication 1 caractérisé en ce que le récepteur comporte, en série, un amplificateur à fréquence intermédiaire ayant une largeur de bande légèrement supérieure à $(N-1)F$; N circuits, filtrant, amplifiant et démodulant respectivement chacune des N raies ; et un combineur de diversité couplé aux sorties des N circuits.

3. Système de transmission selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que le dispositif de modulation est un dispositif de modulation en fréquence.

4. Système de transmission selon la revendication 3, caractérisé en ce que le dispositif de modulation comporte un circuit additionneur du signal discret et des signaux d'information.

5. Système de transmission selon la revendica-

tion 3, caractérisé en ce que l'émetteur comporte en outre un mélangeur, inséré entre le générateur et l'amplificateur, et un oscillateur hétérodyne couplé au mélangeur, le dispositif de modulation étant un circuit
5 de modulation en fréquence de l'oscillateur hétérodyne.

6. Système de transmission selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que le dispositif de modulation est un dispositif de modulation de phase numérique.

10 7. Système de transmission selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que le dispositif de modulation est un modulateur d'amplitude.

8. Système de transmission selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que l'indice est
15 sensiblement égal à $1,435$, N étant égal à 3.

9. Système de transmission selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que l'indice est sensiblement égal à $1,8$, N étant égal à 5.

20 10. Réseau de télécommunication, caractérisé en ce qu'il comprend au moins un système de transmission selon l'une des revendications 1 à 9.

