

19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

11) N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 880 224

21) N° d'enregistrement national : 04 13893

51) Int Cl⁸ : H 04 L 27/26 (2006.01)

12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22) Date de dépôt : 23.12.04.

30) Priorité :

43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 30.06.06 Bulletin 06/26.

56) Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71) Demandeur(s) : FRANCE TELECOM Société anonyme — FR.

72) Inventeur(s) : JAVAUDIN JEAN PHILIPPE, SELLER OLIVIER et LEBRUN GUILLAUME.

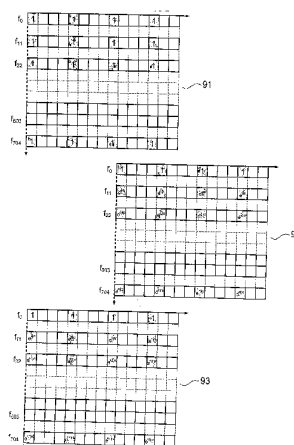
73) Titulaire(s) :

74) Mandataire(s) : CABINET PATRICE VIDON.

54) PROCÉDE ET DISPOSITIF D'ÉMISSION D'UN SIGNAL MULTIPOORTEUSE AVEC DÉCALAGE TEMPOREL D'UN SOUS-ENSEMBLE D'ÉLÉMENTS DE SYMBOLE, SIGNAL, PROCÉDE ET DISPOSITIF DE RÉCEPTION CORRESPONDANTS.

57) L'invention concerne un procédé d'émission d'un signal multiporteuse formé de symboles multiporteuses successifs, comprenant chacun au moins deux sous-porteuses modulées chacune par des éléments de données au cours d'intervalles de temps successifs appelés temps symboles. Une des, sous-porteuses modulée, au cours d'un temps symbole donné, par un des éléments de données, est appelée élément de symbole. Selon l'invention, on impose à un sous-ensemble d'éléments de symbole, un décalage temporel (Δt) spécifique à un point d'émission dudit signal, de façon que ledit point d'émission et au moins un point d'émission voisin soient associés chacun à un décalage temporel distinct. L'invention concerne également un procédé de réception simultanée d'une pluralité de signaux multiporteuses émis chacun selon le procédé d'émission précité. Selon l'invention, le procédé de réception comprend les étapes suivantes: filtrage des signaux reçus en fonction des décalages temporels spécifiques aux différents points d'émission, de façon à séparer les sous-ensembles d'éléments de symbole des différents signaux; traitement, de façon indépendante, de chacun des sous-ensembles d'éléments de symbole, de façon à obtenir au moins une information rela-

tive à chaque signal multiporteuse.



FR 2 880 224 - A1



Procédé et dispositif d'émission d'un signal multiporteuse avec décalage temporel d'un sous-ensemble d'éléments de symbole, signal, procédé et dispositif de réception correspondants.

1. Domaine de l'invention

5 Le domaine de l'invention est celui de la transmission et/ou de la diffusion d'informations numériques dans un réseau de radiocommunication cellulaire.

L'invention s'inscrit plus particulièrement dans le contexte de la transmission et de la diffusion d'informations numériques à haut débit, sur une bande de fréquences limitée, dans un environnement radio mobile.

10 Plus précisément, l'invention concerne une technique d'émission de signaux multiporteuses permettant, à la réception, une discrimination entre des sous-ensembles d'éléments de symbole (préférentiellement les jeux d'éléments de symbole pilotes) compris dans ces signaux. Une telle discrimination vise à permettre une estimation de canal indépendante pour chacun des signaux reçus par un même récepteur. Elle vise également à permettre une estimation de la puissance des différents signaux reçus par un

15 même récepteur.

D'une façon générale, la présente invention s'applique dans tous les cas où un récepteur reçoit plusieurs signaux multiporteuses transmis par plusieurs points d'émission dans une même bande de fréquence.

20 Elle s'applique donc aussi bien au sein d'un réseau de cellules (cas où chaque point d'émission est compris dans un émetteur, encore appelé station de base, associé à une cellule distincte) qu'au sein d'une seule et même cellule (cas où les différents points d'émission sont compris dans un même émetteur associé à cette cellule).

25 Chaque point d'émission peut comprendre une unique antenne ou bien plusieurs antennes. Dans le second cas, on suppose que toutes les antennes d'un même point d'émission émettent le même signal multiporteuse.

30 On rappelle qu'un signal multiporteuse est formé de symboles multiporteuses successifs, comprenant chacun une pluralité de sous-porteuses modulées chacune par des éléments de données au cours d'intervalles de temps successifs appelés temps symboles. Par élément de symbole on entend dans la présente description une des sous-porteuses modulée, au cours d'un temps symbole donné, par un des éléments de

données. Ainsi, chaque symbole multiporteuse (par exemple un symbole OFDM) est constitué d'autant d'éléments de symbole qu'il y a de sous-porteuses.

2. Art antérieur

5 Le déploiement de réseaux de transmission cellulaires, ou multicellulaires, permet d'assurer une transmission continue d'informations sur une zone géographique donnée, en découpant artificiellement cette zone en cellules adjacentes, associées chacune à un émetteur, encore appelé station de base. Un récepteur mobile en déplacement dans cette zone géographique reçoit un signal émis par un ou plusieurs de ces émetteurs, en fonction de sa position par rapport aux cellules du réseau.

10 On connaît plusieurs types de réseaux multicellulaires, qui présentent des caractéristiques de fonctionnement en fréquence distinctes.

Dans un premier type de réseau cellulaire, les émetteurs, ou stations de base, utilisent des fréquences porteuses différentes, de façon que les signaux qu'ils émettent n'interfèrent pas ou peu. Ce premier type de réseau cellulaire, qui est par exemple utilisé
15 dans le cadre de la norme GSM ("Groupe Spécial Mobile"), présente l'inconvénient de ne permettre qu'une très faible utilisation du spectre disponible.

Afin de résoudre ce problème, il a été proposé un second type de réseau, dans lequel tous les émetteurs fonctionnent dans une même bande de fréquence. Un exemple de ce second type de réseau est le réseau à fréquence centrale unique, ou SFN ("Single
20 Frequency Network"). La présente invention s'inscrit dans le cadre de ce second type de réseau, et donc notamment, mais non exclusivement, dans le cadre des réseaux SFN.

Le principe général d'un réseau SFN consiste à émettre un même signal depuis plusieurs émetteurs ou stations de base du réseau. Dans une première utilisation, un récepteur peut ainsi écouter plusieurs stations de base simultanément et sélectionner la
25 meilleure d'entre elles (c'est-à-dire celle d'où provient le signal que le récepteur reçoit avec la plus grande puissance). On améliore ainsi le transfert inter-cellulaire (« handover »). Dans une seconde utilisation, le récepteur combine les signaux provenant de différentes stations de base, de façon à accroître la qualité du signal reçu. Ainsi, un terminal mobile peut recevoir une même information de plusieurs émetteurs
30 simultanément, ce qui permet d'améliorer la fiabilité de la liaison : on parle alors de macro-diversité.

En outre, les réseaux SFN peuvent être utilisés conjointement aux techniques de modulation de type CDMA ("Code Division Multiple Access" pour "accès multiple par différence de code") ou OFDM ("Orthogonal Frequency Division Multiplexing", pour "multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence").

5 Les techniques de modulation de type CDMA sont assez bien adaptées à la réception par un même récepteur de plusieurs signaux au moins partiellement identiques provenant de différentes antennes. Ainsi, notamment, le récepteur peut écouter plusieurs stations de base simultanément, de façon à améliorer le transfert inter-cellulaire (handover).

10 Malheureusement, il n'en est pas de même pour les techniques de modulation à porteuses multiples, telles que l'OFDM ou le MC-CDMA (« Multi Carrier CDMA » pour "Accès multiple par division de code multiporteuse"), pour lesquelles les signaux au moins partiellement identiques (par exemple du fait qu'ils comprennent au moins des éléments de symbole pilotes identiques), en provenance des différentes antennes
15 (comprises dans un même émetteur ou dans plusieurs émetteurs) peuvent se recouvrir et se brouiller.

Ce brouillage des signaux, aussi appelé interférence entre émetteurs (ou cellules), est particulièrement gênant quand il a pour conséquence l'impossibilité de discriminer les jeux d'éléments de symbole pilotes contenus dans les différents signaux
20 multiporteuses. En effet, il devient alors difficile, voire impossible, d'effectuer une estimation de canal correcte pour les différents signaux multiporteuses reçus par un même récepteur, si ces signaux interfèrent entre eux. De même, il devient difficile, voire impossible, d'évaluer correctement la puissance reçue des différents signaux captés par un même récepteur.

25 Or, les transmissions à porteuses multiples, comme l'OFDM ou le MC-CDMA, présentent de nombreux avantages en environnement radiomobile, puisqu'elles permettent de combattre efficacement les échos induits par le canal de transmission. On rappelle en effet qu'en environnement radiomobile, l'onde émise subit, lors de son parcours, de multiples réflexions, et le récepteur reçoit donc une somme de versions retardées du signal émis. Chacune de ces versions est atténuée et déphasée de façon
30 aléatoire. Ce phénomène, connu sous le nom d'étalement des retards (en anglais "delay

spread"), génère de l'interférence entre symboles (IES). Par exemple, dans un environnement de type urbain, l'étalement des retards est de l'ordre de ou inférieur à quelques microsecondes. Le récepteur (par exemple le radiotéléphone mobile d'un automobiliste) étant supposé en mouvement, l'effet Doppler agit également sur chaque trajet, ce qui se traduit par un décalage en fréquence du spectre reçu, proportionnel à la vitesse de déplacement du récepteur. La conjugaison de ces effets se traduit par un canal de transmission non stationnaire, présentant des évanouissements profonds à certaines fréquences (on obtient donc un canal sélectif en fréquence). Des évanouissements apparaissent donc dans la bande de fréquence d'émission, c'est-à-dire qu'à un instant donné, certaines fréquences de la bande sont fortement atténuées.

Il est donc souhaitable de concevoir une technique de transmission d'informations numériques dans un réseau cellulaire (par exemple de type SFN), qui permette une discrimination entre les éléments de symbole pilotes compris dans différents signaux, pour les systèmes reposant sur une modulation à porteuses multiples comme l'OFDM ou le MC-CDMA.

On présente maintenant des techniques connues visant à créer une diversité d'éléments de symbole pilotes, par utilisation de séquences d'éléments de symbole pilotes planifiées pour la discrimination des stations de base (émetteurs) dans le cas de systèmes cellulaires reposant sur une modulation à porteuses multiples.

On rappelle qu'en OFDM, dans le cas d'une transmission radio monocellulaire, des éléments de symbole pilotes peuvent être transmis :

- sous forme de symboles multiporteuses de référence (aussi appelés préambules), correspondant chacun à un temps symbole particulier d'une trame temps-fréquence représentant le signal multiporteuse, chaque préambule étant formé intégralement d'éléments de symbole pilotes ; et/ou
- sous forme d'éléments de symbole pilotes répartis sur cette trame temps-fréquence.

L'invention s'applique quelle que soit la forme de transmission des éléments de symbole pilotes (préambules ou éléments de symbole pilotes répartis).

Dans le cas des éléments de symbole pilotes répartis, pour permettre de réaliser une estimation de canal correcte, l'espacement en temps et en fréquence des éléments de

symbole pilotes ne doit pas excéder le temps et la bande de cohérence du canal respectivement, et ce pour éviter un repliement de la réponse temps-fréquence du canal de propagation. Le nombre d'éléments de symbole pilotes à transmettre dans une trame possède donc une borne basse. De plus, si l'on augmente le nombre d'éléments de
5 symbole pilotes, il est possible par des méthodes de filtrage de réduire le bruit d'estimation du canal. Il est encore possible d'utiliser des méthodes de turbo-estimation de canal pour effectuer cette réduction de bruit sans avoir à augmenter le nombre d'éléments de symbole pilotes. L'avantage principal de l'estimation de canal par éléments de symbole pilotes répartis par rapport à l'estimation de canal par préambule
10 est que l'espacement en temps entre les éléments de symbole pilotes peut être beaucoup plus court dans le cas des éléments de symbole pilotes répartis et ainsi permettre d'accroître la vitesse de déplacement de l'utilisateur.

Une première technique connue de discrimination entre les éléments de symbole pilotes compris dans différents signaux est propre au W-CDMA ("Wideband-CDMA").
15 Un code est réservé au signal pilote : le C-PICH. D'une cellule à l'autre, ce code est multiplié par un code d'embrouillage (« scrambling ») permettant de discriminer les cellules et permettre d'effectuer une estimation de canal fiable des différentes cellules. De plus, le code C-PICH permet de mesurer les puissances moyennes reçues par les différentes stations de base pour pouvoir effectuer la sélection de la meilleure d'entre
20 elles (principe du Handover).

Une seconde technique connue de discrimination entre les éléments de symbole pilotes compris dans différents signaux a été proposée dans le cas de l'OFDM. Elle est décrite en détail dans la publication suivante : « Wavecom, "Different pilots shape
25 distribution for OFDM blocks" ("distribution de formes de pilotes différentes pour des blocs OFDM"), Tdoc R1-03-0674, 3GPP RAN1 Meeting #33, New York City, USA, August 25th – 29th 2003 ». Elle consiste à transmettre les éléments de symbole pilotes à des emplacements temps-fréquence différents d'un signal à l'autre. En d'autres termes, les éléments de symbole pilotes émis par un émetteur donné sont répartis dans la trame temps-fréquence selon un motif qui est spécifique à cet émetteur donné. Le récepteur
30 peut ainsi retrouver les éléments de symbole pilotes de la cellule courante, et ensuite

tester les différents emplacements de la trame temps-fréquence pour retrouver les éléments de symbole pilotes des cellules voisines.

Les **figures 1 et 2** illustrent deux modes de mise en œuvre de cette seconde technique connue. Sur chacune de ces figures, on a représenté trois trames temps-fréquence (référencées 11, 12 et 13 sur la figure 1, et 21, 22 et 23 sur la figure 2) correspondant à trois signaux multiporteuses transmis dans une même bande fréquence par trois antennes différentes. Chaque emplacement de l'une de ces trames correspond à un symbole. On distingue trois types d'éléments de symbole : les éléments de symbole pilotes, représentés chacun par un disque noir, les éléments de symbole informatifs, représentés chacun par un disque blanc, et les éléments de symbole d'énergie nulle (trous), représentés chacun par un carré blanc.

Dans le premier mode de mise en oeuvre (voir figure 1), les éléments de symbole pilotes d'une trame donnée sont décalés en temps et en fréquence par rapport aux éléments de symbole pilotes de chacune des autres trames. En outre, une trame donnée comprend un symbole d'énergie nulle à chaque emplacement temps-fréquence correspondant à un élément de symbole pilote dans l'une des autres trames. Enfin, chaque motif comprend des éléments de symbole informatifs aux emplacements temps-fréquence autres que ceux occupés par un élément de symbole pilote ou un élément de symbole d'énergie nulle.

Ce premier mode de mise en oeuvre présente des inconvénients. Tout d'abord, le nombre total (cumulé sur les différentes trames temps-fréquence correspondant aux différents signaux) d'emplacements temps-fréquence réservés pour les éléments de symbole pilotes est multiplié par le facteur de réutilisation des canaux de pilotes. Ce nombre total cumulé est égal au nombre d'éléments de symbole pilotes et de trous dans la trame temps-fréquence correspondant à l'un des signaux. Par ailleurs, pour que les zéros insérés dans la trame temps-fréquence d'une cellule géographique se trouvent aux emplacements des éléments de symbole pilotes des autres cellules, il faut que les stations de base associées aux cellules concernées soient toutes synchronisées en temps. Or cette hypothèse n'est pas toujours réalisée (notamment dans le cas du réseau cellulaire UMTS).

Dans le second mode de mise en oeuvre (voir figure 2), les éléments de symbole pilotes d'une trame donnée sont décalés seulement en fréquence par rapport aux éléments de symbole pilotes de chacune des autres trames. Tous les autres éléments de symbole sont des éléments de symbole informatifs (il n'y a donc pas d'élément de symbole d'énergie nulle).

Ce second mode de mise en oeuvre permet de limiter le nombre total cumulé d'emplacements temps-fréquence réservés pour les éléments de symbole pilotes (absence de trous). Il présente en revanche l'inconvénient majeur d'une forte interférence des éléments de symbole pilotes d'une cellule donnée avec les éléments de symbole informatifs (données) des cellules voisines. Or, dans les systèmes cellulaires, il n'est pas rare de recevoir deux, trois (voire plus...) signaux avec une puissance équivalente. Dans ce cas, le niveau d'interférence sur les éléments de symbole pilotes serait trop important pour permettre une estimation de canal fiable.

3. Objectifs de l'invention

L'invention a notamment pour objectif de pallier ces différents inconvénients de l'état de la technique.

Plus précisément, l'un des objectifs de la présente invention est de fournir une technique de discrimination permettant de séparer aisément, pour chaque signal d'une pluralité de signaux multiporteuses transmis dans une même bande de fréquence (par exemple dans un réseau cellulaire de type SFN), un sous-ensemble déterminé d'éléments de symbole parmi les éléments de symbole compris dans ce signal.

Ainsi, dans le cas particulier où le sous-ensemble d'éléments de symbole compris dans chaque signal multiporteuse est un jeu d'éléments de symbole pilotes, un objectif de l'invention est de fournir une technique de discrimination entre les jeux d'éléments de symbole pilotes de la pluralité de signaux multiporteuses identiques.

L'invention a également pour objectif, dans au moins un mode de réalisation, de fournir une technique ne nécessitant pas l'utilisation d'éléments de symbole d'énergie nulle (trous) à certains emplacements temps-fréquence.

Un autre objectif de l'invention, dans au moins un mode de réalisation, est de fournir une technique permettant de limiter le nombre total cumulé (cf. définition ci-dessus) d'emplacements temps-fréquence réservés pour les éléments de symbole pilotes.

Un objectif complémentaire de l'invention, dans au moins un mode de réalisation, est de fournir une technique permettant de limiter les interférences entre les éléments de symbole pilotes d'un signal et les éléments de symbole informatifs d'autres signaux transmis dans la même bande de fréquence.

5 Un objectif complémentaire de l'invention, dans au moins un mode de réalisation, est de fournir une technique permettant une estimation de canal fiable pour chacun des signaux multiporteuses transmis dans une même bande de fréquence.

Encore un autre objectif de l'invention, dans au moins un mode de réalisation, est de fournir une technique permettant d'améliorer l'estimation de la puissance avec laquelle est reçu chacun des signaux multiporteuses transmis dans une même bande de fréquence.

4. Caractéristiques essentielles de l'invention

Ces différents objectifs, ainsi que d'autres qui apparaîtront par la suite, sont atteints selon l'invention à l'aide d'un procédé d'émission d'un signal multiporteuse formé de symboles multiporteuses successifs, comprenant chacun au moins deux sous-
15 porteuses modulées chacune par des éléments de données au cours d'intervalles de temps successifs appelés temps symboles. Une des sous-porteuses modulée, au cours d'un temps symbole donné, par un des éléments de données, est appelée élément de symbole.

20 Selon l'invention, on impose à un sous-ensemble d'éléments de symbole, un décalage temporel spécifique à un point d'émission dudit signal, de façon que ledit point d'émission et au moins un point d'émission voisin soient associés chacun à un décalage temporel distinct.

Ainsi, l'invention repose sur une approche tout à fait nouvelle et inventive pour
25 effectuer une discrimination de certains éléments de symbole (aussi appelé appelés éléments de symbole discriminés par la suite, et qui sont préférentiellement les éléments de symbole pilotes), entre signaux multiporteuses transmis dans une même bande de fréquence (par exemple dans un réseau cellulaire de type SFN). En effet, contrairement aux solutions de l'art antérieur (cf figures 1 et 2), la discrimination selon l'invention
30 n'est pas basée sur des changements d'emplacements temps-fréquence, d'un signal à

l'autre, pour les éléments de symbole discriminés, mais sur des décalages temporels, d'un signal à l'autre, de ces éléments de symbole discriminés.

5 D'une façon générale, la présente invention s'applique à la discrimination, d'un signal à l'autre, de tout sous-ensemble d'éléments de symbole dont le traitement en réception permet d'obtenir une information d'intérêt relative au signal multiporteuse auquel appartient ce sous-ensemble d'éléments de symbole (par exemple une estimation du canal de transmission de ce signal, une évaluation de la puissance reçue de ce signal, etc.).

10 On notera que l'expression « décalage temporel » englobe le cas d'un décalage temporel nul. Il est clair en effet que si tous les points d'émission (comprenant chacun une ou plusieurs antennes) doivent avoir des décalages temporels différents les uns des autres, l'un des points d'émission peut avantageusement être associé à un décalage temporel nul.

15 On notera que, dans le cadre de l'invention, chacun des éléments de symbole non discriminés (typiquement les éléments de symbole informatifs, dans le cas où les éléments de symbole discriminés sont les éléments de symbole pilotes) peut être soit identique dans les différents signaux transmis dans la même bande de fréquence, soit différent dans chacun de ces signaux. Pour la totalité des éléments de symbole non discriminés, plusieurs cas peuvent être envisagés :

- 20 - tous les signaux comprennent le même jeu d'éléments de symbole non discriminés. Dans ce cas, les signaux sont identiques excepté le fait que les jeux d'éléments de symbole discriminés sont décalés temporellement ;
- chaque signal comprend des éléments de symbole non discriminés qui sont différents des éléments de symbole non discriminés compris dans les autres signaux ;
- 25 - chaque signal comprend d'une part des éléments de symbole non discriminés qui sont identiques à des éléments de symbole non discriminés compris dans les autres signaux, et d'autre part des éléments de symbole non discriminés qui sont différents des éléments de symbole non discriminés compris dans les autres signaux.
- 30

On distingue classiquement deux types d'éléments de symbole :

- les éléments de symbole pilotes, obtenus chacun par modulation d'une des sous-porteuses par un élément de données de référence, dont la valeur à l'émission est connue d'au moins un récepteur destiné à effectuer une réception du signal, et
- les éléments de symbole informatifs, obtenus chacun par modulation d'une des sous-porteuses par un élément de données informatif, dont la valeur à l'émission n'est pas connue a priori du ou des récepteur(s).

De façon préférentielle, le sous-ensemble d'éléments de symbole comprend au moins certains desdits éléments de symbole pilotes, de façon à permettre, à la réception, une discrimination des éléments de symbole pilotes.

Ainsi, l'invention permet une discrimination entre les jeux d'éléments de symbole pilotes des divers signaux multiporteuses identiques.

Si les éléments de symbole pilotes occupent les mêmes emplacements temps-fréquence, d'un signal à l'autre, on limite les interférences entre les éléments de symbole pilotes d'un signal et les éléments de symbole informatifs des autres signaux.

Si le nombre d'éléments de symbole pilotes sur la bande est suffisant, le décalage temporel distinct imposé à chaque jeu d'éléments de symbole pilotes permet, en réception, de séparer virtuellement les différentes réponses des canaux et de pouvoir les isoler. Dès lors, il est possible d'obtenir une estimation de canal fiable pour chacun des signaux. Il est également possible d'estimer la puissance de réception de chacun des signaux reçus.

Dans un mode de réalisation particulier de l'invention, ledit signal est émis par ledit point d'émission dans une bande de fréquence dans laquelle au moins un autre point d'émission émet un autre signal multiporteuse possédant une structure identique à celle dudit signal, chaque signal comprenant un sous-ensemble d'éléments de symbole auquel est appliqué un décalage temporel distinct. En outre, les sous-ensembles d'éléments de symbole des signaux sont tous répartis selon un même motif dans une trame temps-fréquence représentant chacun des signaux.

Le fait que les éléments de symbole discriminés occupent les mêmes emplacements temps-fréquence, d'un signal à l'autre, permet de limiter le nombre total (cumulé sur les divers signaux identiques transmis dans la même bande de fréquence) d'emplacements temps-fréquence occupés par les éléments de symbole discriminés.

Ceci permet également de ne nécessiter aucun éléments de symbole d'énergie nulle (trous).

Préférentiellement, pour chaque élément de symbole compris dans le sous-ensemble d'éléments de symbole, ledit premier décalage temporel est un décalage temporel cyclique au sein du temps symbole dudit élément de symbole..

De cette façon, sans créer d'interférence entre éléments de symbole, la plage dans laquelle sont choisis les différents décalages est grande puisque la valeur maximale de cette plage est un temps symbole (c'est-à-dire la durée d'un symbole). On peut donc choisir des décalages éloignés les uns des autres et/ou augmenter le nombre de décalages différents (c'est-à-dire le nombre de signaux identiques transmis dans la même bande de fréquence), tout en ayant la possibilité d'effectuer la discrimination d'éléments de symbole désirée.

Il est à noter que l'invention couvre également la variante selon laquelle on utilise des décalages temporels non cyclique sur un temps symbole. Cette variante est moins performante puisque la somme de la taille maximale du retard multi-trajet et du retard de canal ne doit pas dépasser la taille du préfixe cyclique (intervalle de garde entre deux symboles successifs), sous peine de créer de l'interférence entre symboles.

Avantageusement, pour chaque élément de symbole compris dans le sous-ensemble d'éléments de symbole, le décalage temporel n'affecte pas un intervalle de garde qui précède ou suit cet élément de symbole.

De façon avantageuse, pour chaque élément de symbole compris dans le sous-ensemble d'éléments de symbole, ledit décalage temporel est obtenu par décalage fréquentiel avant transformée de Fourier rapide inverse (IFFT).

Dans un premier mode de réalisation particulier de l'invention, ledit point d'émission et ledit au moins un point d'émission voisin sont compris chacun dans un émetteur distinct associé à une cellule géographique distincte.

Avantageusement, lesdits émetteurs appartiennent à un réseau de transmission et/ou de diffusion de données à fréquence centrale unique (SFN, « Single Frequency Network »).

Dans un second mode de réalisation particulier de l'invention, les ledit point d'émission et ledit au moins un point d'émission voisin sont compris dans un même

émetteur associé à une cellule géographique et mettant en œuvre un codage espace-temps de type MIMO (« Multiple Input Multiple Output », « entrées multiples sorties multiples »).

5 Selon une caractéristique avantageuse, le procédé d'émission comprend une étape de planification des décalages dans un réseau cellulaire comprenant une pluralité de cellules géographiques associées chacune à au moins un émetteur, de façon que deux émetteurs couvrant des cellules adjacentes comprennent des points d'émission dont les décalages temporels spécifiques associés sont différents d'une cellule à l'autre..

10 Cette planification permet de limiter le nombre de décalages temporels utilisés dans l'ensemble du réseau.

L'invention concerne également un signal multiporteuse formé de symboles multiporteuses successifs, comprenant chacun au moins deux sous-porteuses modulées chacune par des éléments de données au cours d'intervalles de temps successifs appelés
15 temps symboles. Une des sous-porteuses modulée, au cours d'un temps symbole donné, par un des éléments de données, est appelée élément de symbole. Selon l'invention, on impose à un sous-ensemble d'éléments de symbole, un décalage temporel spécifique à un point d'émission dudit signal, de façon que ledit point d'émission et au moins un point d'émission voisin soient associés chacun à un décalage temporel distinct.

L'invention concerne aussi un procédé de réception simultanée d'une pluralité de
20 signaux multiporteuses émis dans une même bande fréquence, chaque signal multiporteuse étant émis par un point d'émission différent et étant formé de symboles multiporteuses successifs, comprenant chacun au moins deux sous-porteuses modulées chacune par des éléments de données au cours d'intervalles de temps successifs appelés temps symboles. Une des sous-porteuses modulée, au cours d'un temps symbole donné,
25 par un des éléments de données, est appelée élément de symbole. Chaque signal comprend un sous-ensemble d'éléments de symbole auquel a été appliqué, à l'émission, un décalage temporel distinct, spécifique au point d'émission ayant émis ledit signal. Selon l'invention, ce procédé de réception comprend les étapes suivantes :

- filtrage des signaux reçus en fonction des décalages temporels spécifiques aux
30 différents points d'émission, de façon à séparer les sous-ensembles d'éléments de symbole des différents signaux ;

- traitement, de façon indépendante, de chacun des sous-ensembles d'éléments de symbole, de façon à obtenir au moins une information relative à chaque signal multiporteuse.

5 L'invention concerne encore un dispositif d'émission d'un signal multiporteuse formé de symboles multiporteuses successifs, comprenant chacun au moins deux sous-
porteuses modulées chacune par des éléments de données au cours d'intervalles de
temps successifs appelés temps symboles. Une des sous-porteuses modulée, au cours
d'un temps symbole donné, par un des éléments de données, est appelée élément de
10 symbole. Selon l'invention, le dispositif d'émission comprend des moyens de décalage,
permettant d'imposer à un sous-ensemble d'éléments de symbole, un décalage temporel
spécifique à un point d'émission dudit signal, de façon que ledit point d'émission et au
moins un point d'émission voisin soient associés chacun à un décalage temporel distinct.

L'invention concerne encore un dispositif de réception simultanée d'une pluralité
15 de signaux multiporteuses émis dans une même bande fréquence, chaque signal
multiporteuse étant émis par un point d'émission différent et étant formé de symboles
multiporteuses successifs, comprenant chacun au moins deux sous-porteuses modulées
chacune par des éléments de données au cours d'intervalles de temps successifs appelés
temps symboles. Une des sous-porteuses modulée, au cours d'un temps symbole donné,
par un des éléments de données, est appelée élément de symbole. Chaque signal
20 comprend un sous-ensemble d'éléments de symbole auquel a été appliqué, à l'émission,
un décalage temporel distinct, spécifique au point d'émission ayant émis ledit signal.
Selon l'invention, le dispositif comprend :

- des moyens de filtrage des signaux reçus en fonction des décalages temporels
spécifiques aux différents points d'émission, de façon à séparer les sous-
25 ensembles d'éléments de symbole des différents signaux ;
- traitement, de façon indépendante, de chacun des sous-ensembles d'éléments de
symbole, de façon à obtenir au moins une information relative à chaque signal
multiporteuse.

5. Liste des figures

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description suivante d'un mode de réalisation préférentiel de l'invention, donné à titre d'exemple indicatif et non limitatif, et des dessins annexés, dans lesquels :

- 5 - les figures 1 et 2, déjà décrites ci-dessus, illustrent deux modes de mise en œuvre d'une technique connue de discrimination entre les éléments de symbole pilotes compris dans différents signaux multiporteuses, dans le cas de l'OFDM ;
- la figure 3 présente un schéma bloc d'un émetteur selon un premier mode de réalisation particulier de l'invention, dans un contexte réseau multicellulaire ;
- la figure 4 illustre deux exemples de décalage temporel selon l'invention, entre
10 éléments de symbole pilotes compris dans deux signaux différents ;
- la figure 5 présente un schéma bloc d'un récepteur selon un premier mode de réalisation particulier de l'invention ;
- la figure 6A illustre la difficulté de séparer les réponses impulsionnelles de deux
15 signaux reçus de même puissance, lorsqu'aucun décalage temporel n'a été appliqué à l'émission sur les jeux d'éléments de symbole pilotes de ces deux signaux ;
- la figure 6B illustre la possibilité de séparer les réponses impulsionnelles de deux signaux reçus de même puissance, lorsque, selon l'invention, un décalage temporel a été appliqué à l'émission sur les jeux d'éléments de symbole pilotes
20 de ces deux signaux ;
- la figure 7 présente un exemple de planification des décalages, avec un motif à trois cellules ;
- la figure 8 présente un schéma bloc d'un émetteur selon un second mode de réalisation particulier de l'invention, dans un contexte de type MIMO ; et
- 25 - la figure 9 illustre un exemple de décalages entre trois jeux d'éléments de symbole pilotes compris dans trois signaux multiporteuse.

6. Description d'un mode de réalisation de l'invention

Le principe général de l'invention consiste, dans le contexte d'une transmission de plusieurs signaux multiporteuses dans une même bande de fréquence, à imposer un
30 décalage temporel à certains éléments de symbole, de façon à pouvoir les discriminer à la réception.

Dans la suite de la description, on considère uniquement le cas où le sous-ensemble d'éléments de symbole que l'on souhaite discriminer d'un signal à l'autre est le jeu des éléments de symbole pilotes. L'invention consiste alors à transmettre sur différents points d'émission (différents émetteurs, dans un contexte de réseau de cellules, ou différentes antennes d'un même émetteur, dans un contexte MIMO) des séquences d'éléments de symbole pilotes différentes (en ce qu'elles sont décalées temporellement les unes par rapport aux autres) pour pouvoir les séparer lors de la réception.

Il est clair cependant que la présente invention s'applique à tout sous-ensemble d'éléments de symbole pouvant être déterminé au sein de chacun des signaux multiporteuses, dès lors qu'il existe un intérêt technique à pouvoir traiter ce sous-ensemble de façon indépendante, en réception, pour obtenir des informations relatives à chaque signal reçu.

On présente, en relation avec la **figure 3**, un émetteur 30 selon un premier mode de réalisation particulier de l'invention, dans un contexte réseau multicellulaire.

On suppose que cet émetteur (ou station de base) est associé à une cellule géographique d'un réseau comprenant une pluralité de cellules associées chacune à un émetteur distinct.

De façon classique, un modulateur OFDM 34 est alimenté par une séquence d'éléments de données 33 (notés généralement c_0, c_1, \dots, c_{N-1}), qui sont par exemple des nombres complexes définis à partir d'éléments binaires par une constellation de modulation d'amplitude en quadrature (MAQ) à 2^q états. Physiquement, les éléments de données c_k (symboles numériques MAQ par exemple) sont les données dans l'espace fréquentiel.

Cette séquence d'éléments de données 33 est obtenue à partir d'une séquence d'éléments de données informatifs 31, dans laquelle un module 32 insère des éléments de référence 38. Les éléments de référence 38 sont fournis par un module 36 de détermination du jeu d'éléments de référence associé à cet émetteur.

Le modulateur OFDM 34 applique une transformation de Fourier rapide inverse (IFFT) à la séquence d'éléments de données 33, puis effectue une conversion numérique/analogique du résultat de cette IFFT. Le modulateur OFDM 34 délivre à une

antenne 310 un signal multiporteuse 35 comprenant des symboles multiporteuses successifs, comprenant chacun des éléments de symbole informatifs et des éléments de symbole pilotes.

On appelle élément de symbole informatif le résultat de la modulation d'une des sous-porteuses, au cours d'un temps symbole donné, par un élément de données informatif. De même, on appelle élément de symbole pilote le résultat de la modulation d'une des sous-porteuses, au cours d'un temps symbole donné, par un élément de données de référence. Ainsi, un élément de symbole (informatif ou pilote) peut d'écrire :

$$c_k * e^{2j\pi f t}, \text{ où } c_k \text{ est un élément de données et } f \text{ la fréquence d'une sous-porteuse.}$$

Selon l'invention, un module 37 de planification cellulaire des décalages fournit des informations de décalage 39 au module 36 de détermination du jeu d'éléments de données de référence. En fonction de ces informations de décalage 39, le module de détermination 36 applique à chacun des éléments de données de référence un décalage fréquentiel spécifique à cet émetteur 30. Ce décalage fréquentiel étant effectué avant la IFFT, il correspond sur le signal transmis à un décalage temporel (Δt) de chacun des éléments de symbole de référence.

Le décalage temporel appliqué à chaque élément de symbole pilote est par exemple obtenu grâce à la multiplication de l'élément de données de référence par une exponentielle complexe ($e^{j\omega t}$).

La **figure 4** illustre deux exemples de décalage temporel selon l'invention, entre éléments de symbole pilotes compris dans deux signaux différents.

La courbe référencée 41 représente l'amplitude $A_{f_1, S1}$ d'un élément de symbole pilote SPa compris dans un premier signal multiporteuse S1. Il est obtenu par modulation, pendant un temps symbole T, d'une sous-porteuse f_1 du signal S1 par un élément de données de référence c_1 .

La courbe référencée 42 représente l'amplitude $A_{f_1, S2}$ d'un élément de symbole pilote SPa' compris dans un second signal multiporteuse S2. Il est obtenu par modulation, pendant le temps symbole T, d'une sous-porteuse f_1' , avec $f_1' = f_1$, du signal S2 par un élément de données de référence c_1' (avec $c_1' = c_1$).

L'élément desymbole pilote SPa' présente un décalage temporel Δt par rapport à l'élément de symbole pilote SPa. Il s'agit d'un décalage temporel cyclique sur le temps symbole T.

5 La courbe référencée 43 représente l'amplitude $A_{f_2, S1}$ d'un élément de symbole pilote SPb compris dans le premier signal multiporteuse S1. Il est obtenu par modulation, pendant le temps symbole T, d'une sous-porteuse f_2 du signal S1 par un élément de données de référence c_2 . Dans cet exemple, on : $F2 = 2*f1$.

10 La courbe référencée 44 représente l'amplitude $A_{f_2, S2}$ d'un élément de symbole pilote SPb' compris dans le second signal multiporteuse S2. Il est obtenu par modulation, pendant le temps symbole T, d'une sous-porteuse f_2' , avec $f_2' = f_2$, du signal S2 par un élément de données de référence c_2' (avec $c_2' = c_2$).

L'élément de symbole pilote SPb' présente le même décalage temporel précité Δt par rapport à l'élément de symbole pilote SPb. Il s'agit à nouveau d'un décalage temporel cyclique sur le temps symbole T.

15 Préférentiellement, le décalage temporel cyclique est appliqué aux sous-porteuses avant insertion d'au moins un intervalle de garde entre deux temps symboles successifs du signal multiporteuse.

La **figure 5** présente un schéma bloc d'un récepteur 50 selon un premier mode de réalisation particulier de l'invention.

20 On suppose que le récepteur 50 reçoit, par l'intermédiaire de son antenne 52, un signal global correspondant à la combinaison d'une pluralité de signaux multiporteuses 51_1 à 51_n , du type de celui émis par l'émetteur 30 décrit ci-dessus en relation avec la figure 3.

25 De façon classique, dans un module référencé 53, chaque symbole OFDM du signal global est reçu, le préfixe cyclique est supprimé et le symbole subit une FFT pour obtenir les éléments de données avec lesquels ont été modulées les sous-porteuses du signal global. Selon l'invention, le signal résultant de cette FFT alimente n modules de filtrage 54_1 à 54_n permettant de séparer, en fréquence, les jeux d'éléments de données de référence (données dans l'espace fréquentiel) dont les éléments de symbole pilotes correspondants (données dans l'espace temporel) sont compris dans les différents
30 signaux multiporteuses reçus 51_1 à 51_n . Par abus de langage, on peut dire que l'invention

permet de séparer les jeux d'éléments de symbole pilotes des différents signaux multiporteuses reçus.

En effet, les jeux d'éléments de symbole pilotes des différents émetteurs se voyant imposer des décalages temporels différents (par exemple $\Delta t_1, \Delta t_2, \dots \Delta t_n$ pour n émetteurs différents), il est possible, en réception, d'effectuer une discrimination des différents jeux d'éléments de symbole pilotes. Ces décalages temporels permettent (si le nombre d'éléments de symbole pilotes est suffisant) de séparer virtuellement les différentes réponses des canaux et de pouvoir les isoler.

En réception, les décalages temporels que présentent les différents jeux d'éléments de symbole pilotes (compris dans les différents signaux reçus), correspondent après FFT à un décalage fréquentiel. Chaque décalage temporel sur le jeu d'éléments de symbole pilotes d'un signal multiporteuse transmis correspond donc d'une part, en émission, à un décalage fréquentiel avant IFFT et d'autre part, en réception, à un décalage fréquentiel après FFT. Ainsi, les éléments de symbole pilotes reçus sont tels que, après transformée de Fourier, ils présentent des spectres distincts (translatés les uns par rapport aux autres) permettant de les séparer par filtrage.

On décrit désormais plus en détail le fonctionnement des n modules de filtrage 54_1 à 54_n . Ils sélectionnent les éléments de données de référence (correspondant, dans l'espace fréquentiel, aux éléments de symbole pilotes) et remplacent tous les autres éléments de données, de type informatifs (correspondant, dans l'espace fréquentiel, aux éléments de symbole informatifs), par des zéros. Les éléments de données ainsi obtenus sont filtrés par une IFFT pour obtenir un nouveau symbole OFDM (décrit en temps).

Chacun des modules de filtrage 54_1 à 54_n sélectionne les échantillons temporels de ce nouveau symbole OFDM qui correspondent à la plage de retards présumés pour l'un des n points d'émission. Ces plages de retards sont obtenues par, d'une part, la connaissance des retards cycliques appliqués par les points d'émission et, d'autre part, une hypothèse de retard maximal des multitrajets, lequel retard maximal est couramment considéré comme étant inférieur à la longueur de l'intervalle de garde (ou préfixe cyclique). Par ailleurs, chacun des modules de filtrage 54_1 à 54_n remplace par des zéros les échantillons temporels non sélectionnés. Ainsi, chacun des modules de filtrage 54_1 à 54_n obtient un jeu d'échantillons temporels distinct.

Chacun des modules de filtrage 54_1 à 54_n filtre par une FFT le jeu d'échantillons temporel qu'il a obtenu, et obtient ainsi une estimation des éléments de données de référence (correspondant, dans l'espace fréquentiel, aux éléments de symbole pilotes) émis par l'un des points d'émission.

5 Après séparation, les jeux d'éléments de données de référence (correspondant, dans l'espace fréquentiel, aux jeux d'éléments de symbole pilotes) sont traités séparément, dans n modules de traitement référencés 55_1 à 55_n .

10 Chaque module de traitement 55_1 à 55_n permet par exemple d'effectuer une estimation de canal, par interpolation, pour l'un des signaux reçus (information référencée 56_1 à 56_n). Dans ce cas, les estimations de canal entre le point d'émission et le point de réception sont disponibles sur quelques sous-porteuses, à quelques temps symbole donnés. Ils sont interpolés, par le module de traitement, en fréquence et/ou en temps afin d'obtenir une estimation du canal sur chaque sous-porteuse, à chaque temps-
15 symbole. Ainsi des estimations du canal entre le point d'émission et le point de réception sont disponibles pour chaque élément de données (c'est-à-dire pour chaque élément de
15 symbole, dans l'espace fréquentiel).

Une fois les différents canaux estimés, la réception sera différente selon le mode de transmission choisi.

20 Chacun des modules de traitement 55_1 à 55_n peut également permettre, en évaluant la puissance reçue dans la partie du spectre correspondant à un émetteur particulier, d'estimer la puissance totale reçue de cet émetteur (information référencée 57_1 à 57_n). Ceci permet de sélectionner l'émetteur dont la puissance reçue est la plus importante (possibilité d'améliorer le transfert inter-cellulaire (Handover) dans le réseau.

25 La **figure 6A** illustre la difficulté, voir l'impossibilité, de séparer les réponses impulsionnelles 61 , 62 de deux signaux reçus de même puissance, lorsqu'aucun décalage temporel n'a été appliqué à l'émission sur les jeux d'éléments de symbole pilotes de ces deux signaux. En effet, même avec un filtrage (fenêtre de filtrage référencée 65), seul le bruit thermique (occupant l'ensemble de la bande) est réduit. La
30 **figure 6B** illustre au contraire la possibilité de séparer les réponses impulsionnelles 63 , 64 de deux signaux reçus de même puissance, lorsque, selon l'invention, un décalage temporel a été appliqué à l'émission sur les jeux d'éléments de symbole pilotes de ces

deux signaux. Chacune des fenêtres de filtrage 66 et 67 est spécifique à l'un des signaux. Grâce à cette séparation des réponses impulsionnelles des deux signaux reçus, on peut estimer indépendamment et sans interférence les deux réponses impulsionnelles.

La **figure 7** illustre le principe de la planification des décalages à l'échelle du réseau cellulaire 70.

Les décalages sont choisis de façon à maximiser le nombre de sources (émetteurs) discriminables en tout point du réseau 70. A cet effet, on effectue une planification des décalages, en s'assurant que deux cellules voisines du réseau 70 appliquent toujours aux jeux d'éléments de symbole pilotes des décalages temporels distincts.

Dans l'exemple illustré sur la figure 7, on utilise une planification de réseau utilisant trois valeurs de décalages temporels distinctes Δt_1 , Δt_2 et Δt_3 . Deux cellules adjacentes du réseau 70 appliquent toujours aux éléments de symbole pilotes des décalages Δt_i différents. Ainsi par exemple, aucune des cellules voisines de la cellule 71 n'applique aux éléments de symbole pilotes émis le décalage temporel Δt_3 affecté à la cellule 71, mais plutôt le décalage Δt_2 ou Δt_1 .

Dans les réseaux comprenant de nombreuses stations de base, et tels qu'un récepteur est capable de recevoir du signal d'un grand nombre de stations de base, on peut utiliser une planification à sept décalages par exemple.

On peut également faire coexister au sein d'un même réseau cellulaire un motif à trois décalages avec un motif à sept décalages par exemple, de façon à s'adapter aux contraintes d'exploitation du réseau. Une telle coexistence de motifs distincts peut limiter légèrement la diversité, sans que cela ne soit cependant gênant pour le fonctionnement global du réseau.

On notera que les valeurs de trois ou sept décalages sont données ici à titre de simples exemples numériques, et que l'invention ne se limite nullement à ces exemples particuliers : tout autre nombre de décalages temporels distincts peut être affecté aux différentes cellules du réseau.

La **figure 8** présente un schéma bloc d'un émetteur selon un second mode de réalisation particulier de l'invention, dans un contexte de type MIMO.

Il est à noter que dans le cas du MIMO, on a la certitude que les émetteurs sont synchronisés donc que les éléments de symbole pilotes d'une transmission se retrouvent aux mêmes emplacements de la trame temps-fréquence pour les différents signaux reçus.

L'émetteur illustré sur la figure 8 comprend deux antennes d'émission 81 et 82, et mettant en œuvre une technique MIMO, par exemple selon le principe du schéma d'Alamouti (pour plus d'informations sur ce point, on pourra se référer au document suivant : Alamouti S. M., "A Simple Transmitter Diversity Scheme for Wireless Communications", IEEE JSAC, oct 1998, p. 1457-1458). L'Homme du Métier étendra sans difficulté cet exemple d'émetteur à un émetteur comprenant plus de deux antennes d'émission.

On considère un jeu 80 d'ensemble de données référencés $80_1, 80_2$ à 80_m , qui alimentent chacun un codeur/modulateur 83_1 à 83_m . Les sorties en parallèle de ces codeurs/modulateurs 83_1 à 83_m alimentent à leur tour un bloc 84 de multiplexage OFDMA ou MC-SS-MA. Le signal multiplexé délivré en sortie de ce bloc 84 subit un codage espace-temps 85, qui est effectué en parallèle sur chaque sous-porteuse de la modulation OFDM. Le codage espace-temps 85 génère deux signaux distincts mais liés par la matrice de codage espace-temps, qui alimentent chacun l'une des deux voies d'émission 81 et 82. Sur chacune de ces voies : le signal subit une transformation de Fourier rapide inverse IFFT $86_1, 86_2$; puis, on impose un décalage temporel cyclique $87_1, 87_2$ (Δt_1 ou Δt_2) aux éléments de symbole pilotes (ce décalage est différent sur chaque voie) ; on ajoute ensuite un préfixe cyclique $88_1, 88_2$; enfin, on réalise une modulation analogique $89_1, 89_2$ et on émet le signal résultant sur l'une des antennes d'émission 81, 82.

On notera que, comme expliqué plus haut, le décalage temporel cyclique des éléments de symbole pilotes peut être réalisé, avant IFFT, par décalage fréquentiel des éléments de données de référence.

La **figure 9** illustre un exemple de décalages entre trois jeux d'éléments de symbole pilotes compris dans trois signaux multiporteuse.

Les éléments de symbole pilotes sont répartis selon un même motif dans chacune des trois trames temps-fréquence 91, 92 et 93 représentant les trois signaux. En d'autres termes, ils occupent les mêmes emplacements temps-fréquences d'une trame à l'autre.

Sur la figure 9, chaque élément de symbole pilote est représenté par une case grisée (une case correspond à un emplacement de la trame temps-fréquence) dans laquelle est indiquée le coefficient de décalage fréquentiel (exponentielle complexe) par lequel est multiplié l'élément de données de référence associé à cet élément de symbole pilote (c'est-à-dire l'élément de données de référence qui en modulant une sous-porteuse donnée va donner cet élément desymbole pilote).

La trame temps-fréquence référencée 91 représente un premier signal multiporteuse, celui d'une cellule de référence. Tous les éléments de symbole pilotes de cette première trame 91 ont un coefficient de décalage égal à 1 ($= e^0$), ce qui correspond à un décalage nul.

La trame temps-fréquence référencée 92 représente un second signal multiporteuse. Les éléments de symbole pilotes de cette seconde trame sont décalés temporellement par rapport à ceux de la première trame 91, comme l'indiquent les coefficients de décalage de la forme $e^{-jk\alpha}$, avec k prenant l'une des valeurs $\{0, 1, 2, \dots, n\}$ pour chacune des sous-porteuses (par exemple f_{11}, f_{22}, \dots) véhiculant des éléments de symbole pilotes, et α un angle compris entre 0 et 2π .

La trame temps-fréquence référencée 93 représente un troisième signal multiporteuse. Les éléments de symbole pilotes de cette troisième trame sont décalés temporellement par rapport à ceux des première et seconde trames 91, 92, comme l'indiquent les coefficients de décalage de la forme $e^{+jk\alpha}$, avec les paramètres k et α précités.

Le choix des valeurs du paramètre α dépend de l'étalement des retards dans chaque réponse impulsionnelle reçue par les récepteurs (mobiles) dans le réseau, ainsi que de l'espacement fréquentiel choisi entre deux éléments de symbole pilotes consécutifs. En effet, utiliser un décalage de α radians entre deux éléments de symbole pilotes séparés de Δf Hz introduit un décalage temporel de $\alpha / 2\pi\Delta f$ secondes de la réponse impulsionnelle estimée.

Si l'on veut discriminer les éléments de symbole pilotes de K_{cell} émetteurs distincts, la durée de la réponse impulsionnelle de chacun d'entre eux doit être inférieure au décalage temporel introduit par le paramètre α .

On notera que si les décalages fréquentiels des séquences d'éléments de symbole pilotes sont les multiples de α , il est possible d'introduire $K_{cell_max} = (2\pi/\alpha)$ décalages. Il est alors possible d'estimer (au maximum) en simultané K_{cell_max} réponses de canal distinctes.

5 On présente maintenant un récepteur selon un second mode de réalisation particulier de l'invention.

On suppose que ce récepteur reçoit une pluralité de signaux multiporteuses et que le sous-ensemble d'éléments de symbole que l'on souhaite discriminer d'un signal à l'autre comprend non seulement le jeu des éléments de symbole pilotes (cas des
10 exemples décrits ci-dessus) mais aussi des éléments de symbole informatifs. En d'autres termes, chaque point d'émission transmet un signal multiporteuse dont les éléments de symbole pilotes et certains éléments de symboles informatifs ont subi un même décalage temporel spécifique à ce point d'émission.

Ce récepteur met en œuvre une méthode de réception qui a pour but d'exploiter
15 la diversité introduite par les points d'émission (décalages temporels d'un sous-ensemble d'éléments de symboles par chacun des points d'émission). On rappelle que le récepteur selon le premier mode de réalisation de l'invention, décrit ci-dessus en relation avec la figure 5, a un but différent, à savoir estimer séparément les différents canaux entre les points d'émission et le récepteur (point de réception).

20 Cette méthode de réception comprend les étapes suivantes :

- a) un symbole OFDM est reçu (il s'agit d'une combinaison d'une pluralité de symboles OFDM émis par les points d'émission), le préfixe cyclique est supprimé et le symbole subit une FFT pour obtenir les éléments de données avec lesquels ont été modulées les sous-porteuses ;
- 25 b) les éléments de données de référence (correspondant, dans l'espace fréquentiel, aux éléments de symbole pilotes) sont estimés. Du fait de la diversité introduite à l'émission sur un sous-ensemble d'éléments de symbole comprenant notamment les éléments de symbole pilotes, chaque élément de données de référence reçu est une combinaison d'une pluralité d'éléments de données de référence émis.
- 30 Chaque élément de données de référence estimé permet l'estimation du canal

global (somme des canaux provenant de chaque point d'émission) sur une porteuse, à un temps symbole donné ;

5 c) les estimations de canal global disponibles sur quelques porteuses, à quelques temps symbole donnés sont interpolées en fréquence et/ou en temps afin d'obtenir une estimation du canal global sur chaque porteuse, à chaque temps symbole ;

10 d) les éléments de données informatifs concernés par la diversité (c'est-à-dire ceux auxquels correspondent dans l'espace fréquentiel des éléments de symboles informatifs compris dans le sous-ensemble d'éléments de symboles précité) sont estimés en utilisant les estimations de canal global fournies par les étapes a), b) et c) précédentes. Du fait de la diversité introduite à l'émission, chacun des éléments de données informatifs concernés par la diversité est, en réception, une combinaison d'une pluralité d'éléments de données informatifs émis. On peut donc supposer que l'estimation du canal global, qui reflète la façon dont se
15 combinent une pluralité d'éléments de symbole pilote décalés entre eux, reflète également la façon dont se combinent une pluralité d'éléments de symbole informatifs décalés entre eux de la même manière.

REVENDEICATIONS

1. Procédé d'émission d'un signal multiporteuse formé de symboles multiporteuses successifs, comprenant chacun au moins deux sous-porteuses modulées chacune par des éléments de données au cours d'intervalles de temps successifs appelés temps symboles, une des sous-porteuses modulée, au cours d'un temps symbole donné, par un des éléments de données, étant appelée élément de symbole, caractérisé en ce qu'on impose à un sous-ensemble d'éléments de symbole, un décalage temporel (Δt) spécifique à un point d'émission dudit signal, de façon que ledit point d'émission et au moins un point d'émission voisin soient associés chacun à un décalage temporel distinct.
2. Procédé d'émission selon la revendication 1, les éléments de symbole comprenant :
- des éléments de symbole pilotes, obtenus chacun par modulation d'une des sous-porteuses par un élément de données de référence, dont la valeur à l'émission est connue d'au moins un récepteur destiné à effectuer une réception du signal, et
 - des éléments de symbole informatifs, obtenus chacun par modulation d'une des sous-porteuses par un élément de données informatif, dont la valeur à l'émission n'est pas connue a priori du ou des récepteur(s),
- caractérisé en ce que le sous-ensemble d'éléments de symbole comprend au moins certains desdits éléments de symbole pilotes, de façon à permettre, à la réception, une discrimination des éléments de symbole pilotes.
3. Procédé d'émission selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que ledit signal est émis par ledit point d'émission dans une bande de fréquence dans laquelle au moins un autre point d'émission émet un autre signal multiporteuse possédant une structure identique à celle dudit signal, chaque signal comprenant un sous-ensemble d'éléments de symbole auquel est appliqué un décalage temporel distinct, et en ce que les sous-ensembles d'éléments de symbole des signaux sont tous répartis selon un même motif dans une trame temps-fréquence (91 à 93) représentant chacun des signaux.
4. Procédé d'émission selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que, pour chaque élément de symbole compris dans le sous-ensemble d'éléments

de symbole, ledit décalage temporel (Δt) est un décalage temporel cyclique au sein du temps symbole (T) dudit élément de symbole.

5 **5.** Procédé d'émission selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que, pour chaque élément de symbole compris dans le sous-ensemble d'éléments de symbole, ledit décalage temporel est obtenu par décalage fréquentiel avant transformée de Fourier rapide inverse.

10 **6.** Procédé d'émission selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que ledit point d'émission (310) et ledit au moins un point d'émission voisin sont compris chacun dans un émetteur distinct (30) associé à une cellule géographique distincte.

7. Procédé d'émission selon la revendication 6, caractérisé en ce que lesdits émetteurs appartiennent à un réseau de transmission et/ou de diffusion de données à fréquence centrale unique.

15 **8.** Procédé d'émission selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que les ledit point d'émission (81) et ledit au moins un point d'émission voisin (82) sont compris dans un même émetteur associé à une cellule géographique et mettant en œuvre un codage espace-temps de type MIMO.

20 **9.** Procédé d'émission selon l'une quelconque des revendications 6 à 8, caractérisé en ce qu'il comprend une étape de planification des décalages dans un réseau cellulaire comprenant une pluralité de cellules géographiques associées chacune à au moins un émetteur, de façon que deux émetteurs couvrant des cellules adjacentes comprennent des points d'émission dont les décalages temporels spécifiques associés (Δt_1 , Δt_2 , Δt_3) sont différents d'une cellule à l'autre.

25 **10.** Signal multiporteuse formé de symboles multiporteuses successifs, comprenant chacun au moins deux sous-porteuses modulées chacune par des éléments de données au cours d'intervalles de temps successifs appelés temps symboles, une des sous-porteuses modulée, au cours d'un temps symbole donné, par un des éléments de données, étant appelée élément de symbole, caractérisé en ce qu'on impose à un sous-ensemble d'éléments de symbole, un décalage
30 temporel (Δt) spécifique à un point d'émission dudit signal, de façon que ledit point

d'émission et au moins un point d'émission voisin soient associés chacun à un décalage temporel distinct.

5 **11.** Procédé de réception simultanée d'une pluralité de signaux multiporteuses émis dans une même bande fréquence, chaque signal multiporteuse étant émis par un point d'émission différent et étant formé de symboles multiporteuses successifs, comprenant
chacun au moins deux sous-porteuses modulées chacune par des éléments de données au
cours d'intervalles de temps successifs appelés temps symboles,
une des sous-porteuses modulée, au cours d'un temps symbole donné, par un des
éléments de données, étant appelée élément de symbole,
10 chaque signal comprenant un sous-ensemble d'éléments de symbole auquel a été
appliqué, à l'émission, un décalage temporel distinct (Δt), spécifique au point d'émission
ayant émis ledit signal,

caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

15 - filtrage (54_1 à 54_n) des signaux reçus en fonction des décalages temporels
spécifiques aux différents points d'émission, de façon à séparer les sous-
ensembles d'éléments de symbole des différents signaux ;
- traitement (55_1 à 55_n), de façon indépendante, de chacun des sous-ensembles
d'éléments de symbole, de façon à obtenir au moins une information relative à
chaque signal multiporteuse.

20 **12.** Procédé de réception selon la revendication 11, les éléments de symbole compris
dans chaque signal comprenant :

25 - des éléments de symbole pilotes, obtenus chacun par modulation d'une desdites
sous-porteuses par un élément de données de référence, dont la valeur à
l'émission est connue d'au moins un récepteur destiné à effectuer une réception
dudit signal, et
- des éléments de symbole informatifs, obtenus chacun par modulation d'une
desdites sous-porteuses par un élément de données informatif, dont la valeur à
l'émission n'est pas connue a priori du ou desdits récepteur(s),

30 caractérisé en ce que ladite étape de traitement comprend, pour au moins un des signaux
multiporteuses, une étape d'estimation de la fonction de transfert du canal de

transmission dudit signal multiporteuse, en tenant compte uniquement dudit sous-ensemble d'éléments de symbole compris dans ledit signal multiporteuse.

13. Procédé de réception selon la revendication 11, les éléments de symbole compris dans chaque signal comprenant :

- 5 - des éléments de symbole pilotes, obtenus chacun par modulation d'une des sous-porteuses par un élément de données de référence, dont la valeur à l'émission est connue d'au moins un récepteur destiné à effectuer une réception du signal, et
- des éléments de symbole informatifs, obtenus chacun par modulation d'une des sous-porteuses par un élément de données informatif, dont la valeur à l'émission
- 10 n'est pas connue a priori du ou des récepteur(s),

caractérisé en ce que ladite étape de traitement comprend, pour au moins un des signaux multiporteuses, une étape d'estimation de la puissance avec laquelle est reçu ledit signal multiporteuse, en tenant compte uniquement dudit sous-ensemble d'éléments de symbole compris dans ledit signal multiporteuse.

14. Dispositif d'émission d'un signal multiporteuse formé de symboles multiporteuses successifs, comprenant chacun au moins deux sous-porteuses modulées chacune par des éléments de données au cours d'intervalles de temps successifs appelés

15 temps symboles,

une des sous-porteuses modulée, au cours d'un temps symbole donné, par un des

20 éléments de données, étant appelée élément de symbole,

caractérisé en ce qu'il comprend des moyens (36 ; 87₁, 87₂) de décalage, permettant d'imposer à un sous-ensemble d'éléments de symbole, un décalage temporel spécifique à un point d'émission dudit signal, de façon que ledit point d'émission et au moins un point d'émission voisin soient associés chacun à un décalage temporel distinct.

15. Dispositif de réception simultanée d'une pluralité de signaux multiporteuses émis dans une même bande fréquence, chaque signal multiporteuse étant émis par un point d'émission différent et étant formé de symboles multiporteuses successifs, comprenant chacun au moins deux sous-porteuses modulées chacune par des éléments

25 de données au cours d'intervalles de temps successifs appelés temps symboles,

une des sous-porteuses modulée, au cours d'un temps symbole donné, par un des

30 éléments de données, étant appelée élément de symbole,

chaque signal comprenant un sous-ensemble d'éléments de symbole auquel a été appliqué, à l'émission, un décalage temporel distinct, spécifique au point d'émission ayant émis ledit signal,

caractérisé en ce qu'il comprend :

- 5 - des moyens (54₁ à 54_n) de filtrage des signaux reçus en fonction des décalages temporels spécifiques aux différents points d'émission, de façon à séparer les sous-ensembles d'éléments de symbole des différents signaux ;
 - des moyens (55₁ à 55_n) de traitement, de façon indépendante, de chacun des sous-ensembles d'éléments de symbole, de façon à obtenir au moins une
- 10 information relative à chaque signal multiporteuse.

1/5

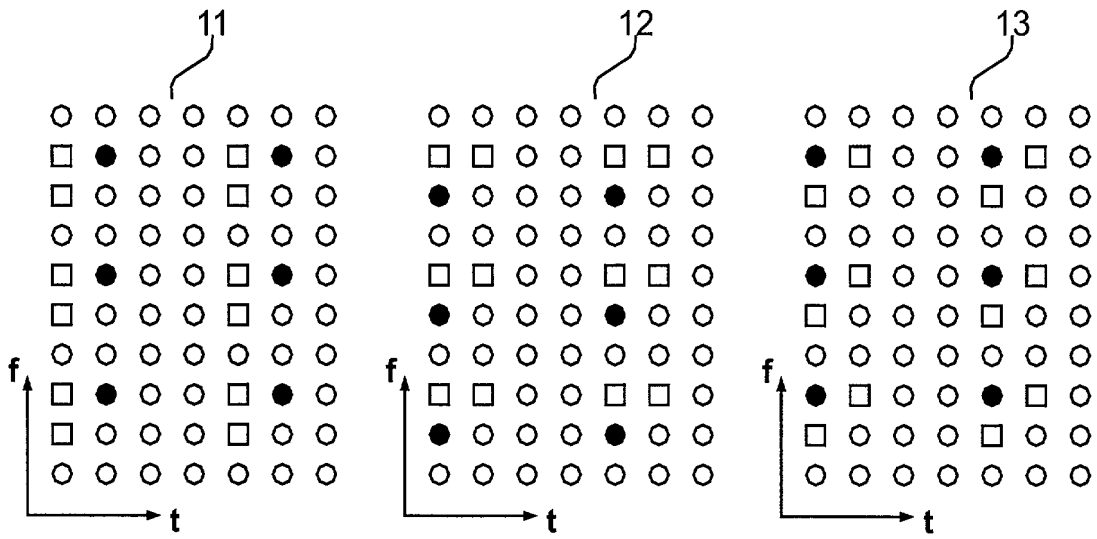


Fig. 1

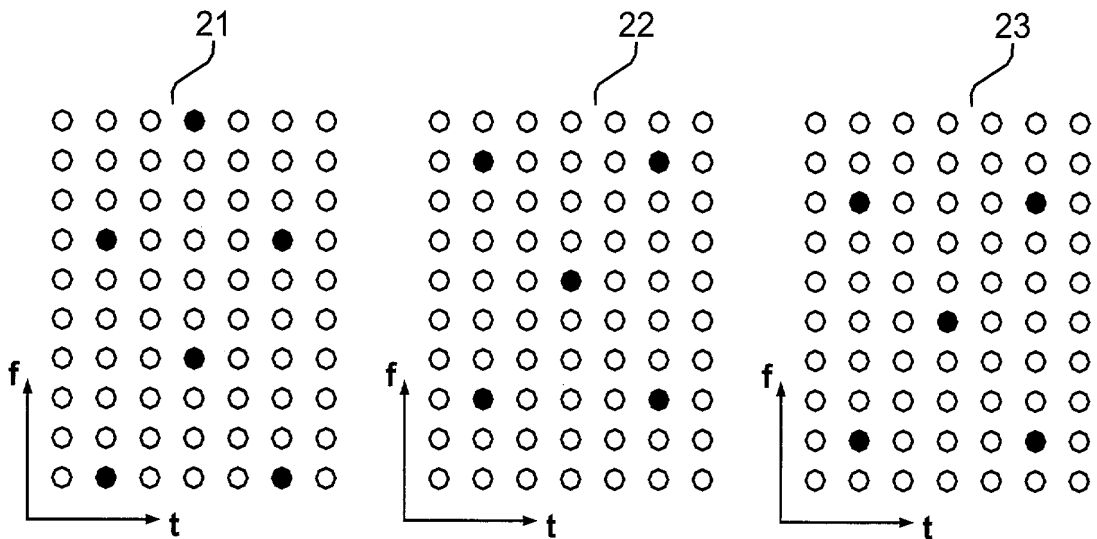
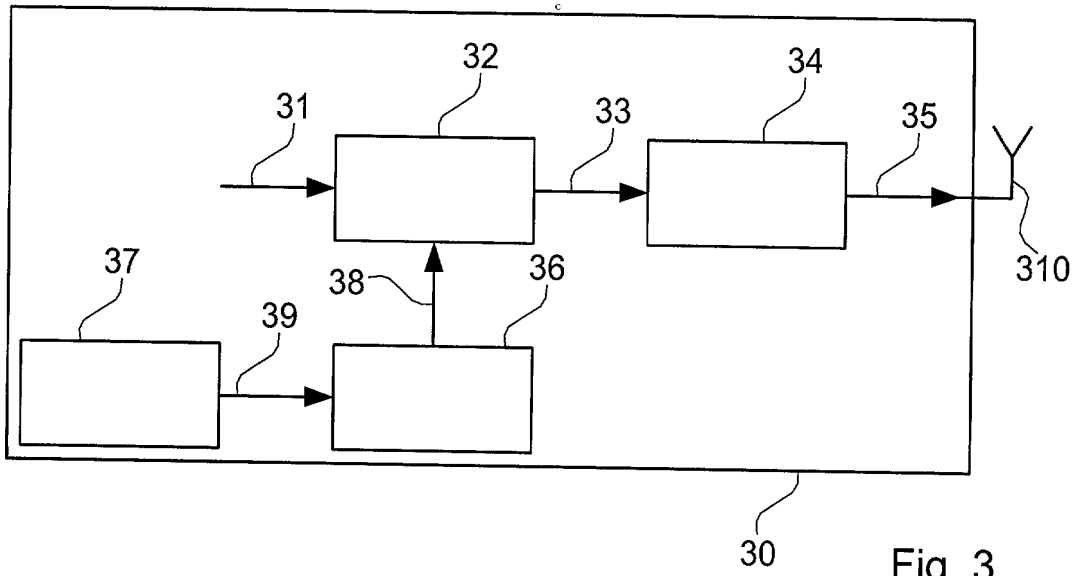
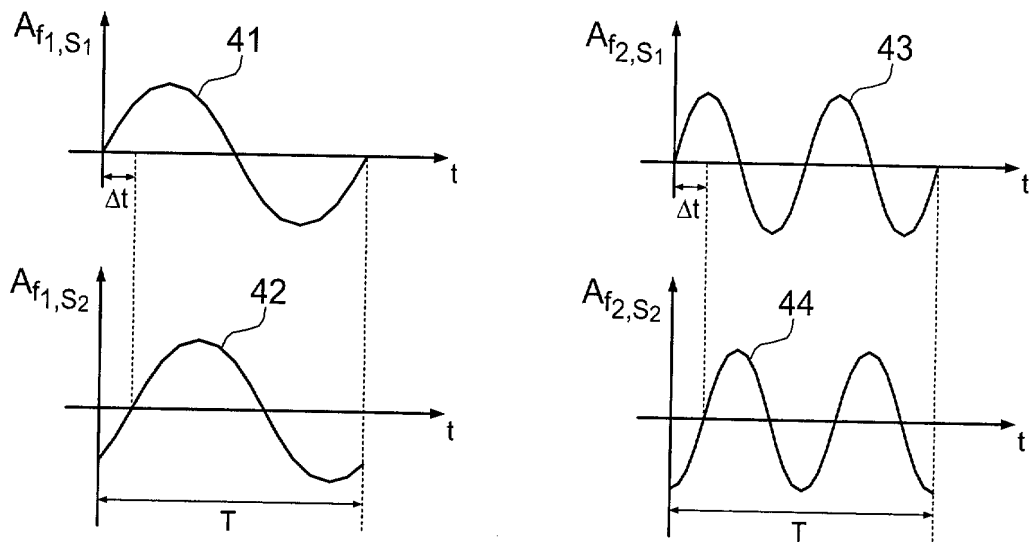
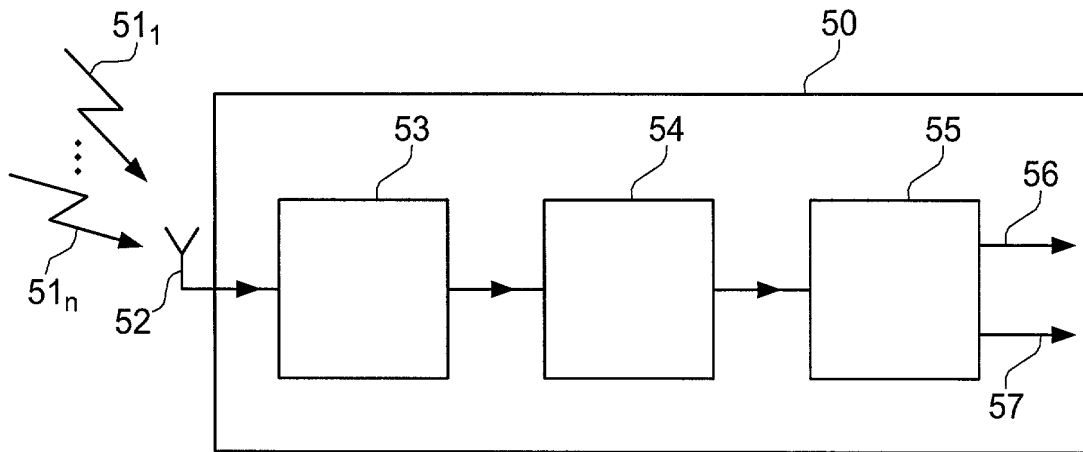
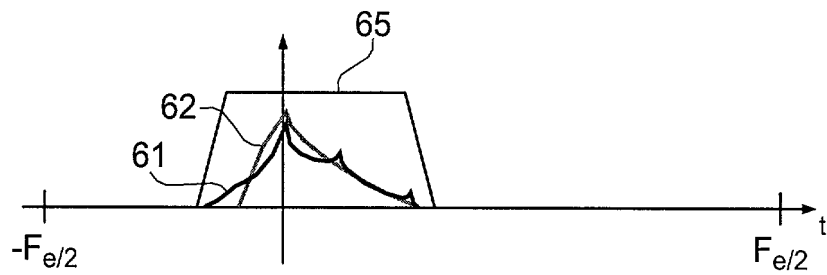
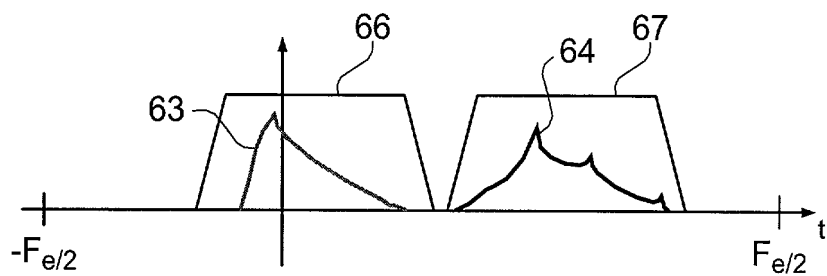


Fig. 2

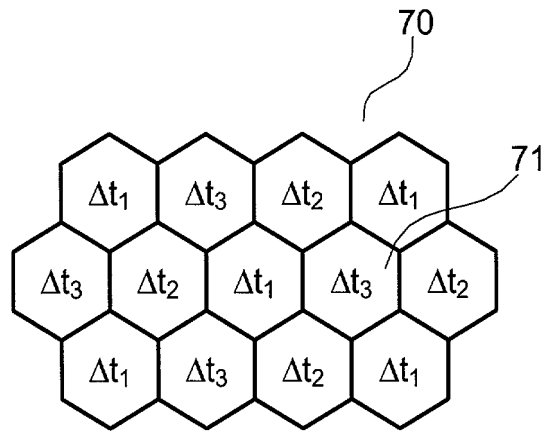
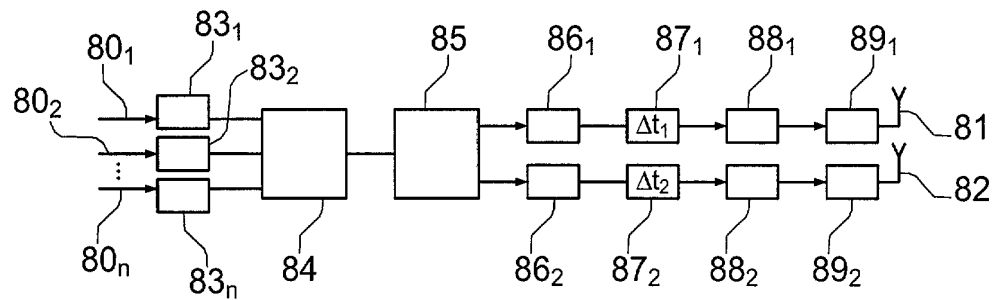
2/5

Fig. 3Fig. 4

3/5

Fig. 5Fig. 6AFig. 6B

4/5

Fig. 7Fig. 8

5/5

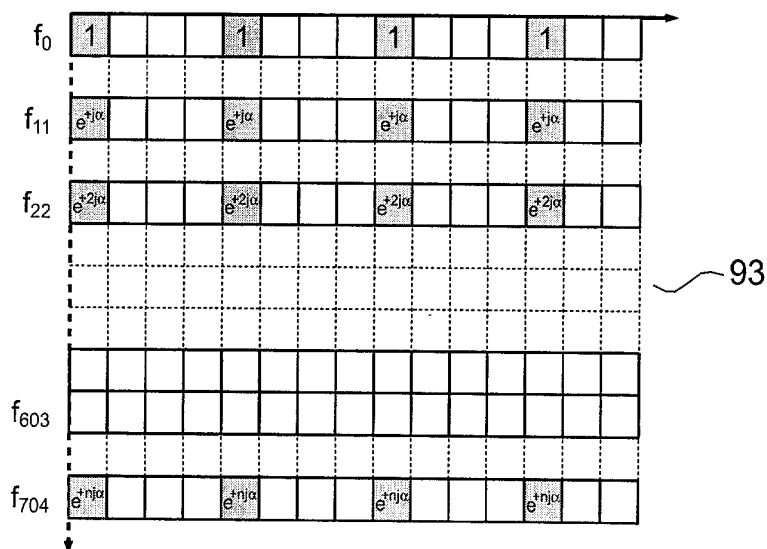
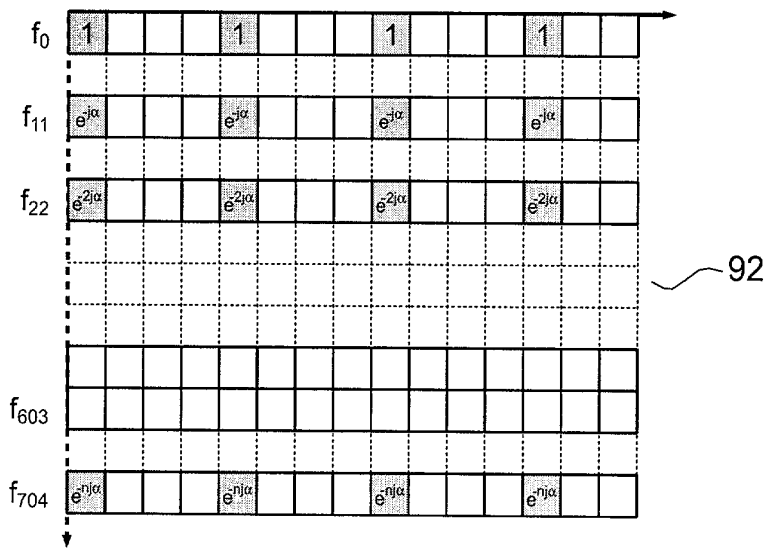
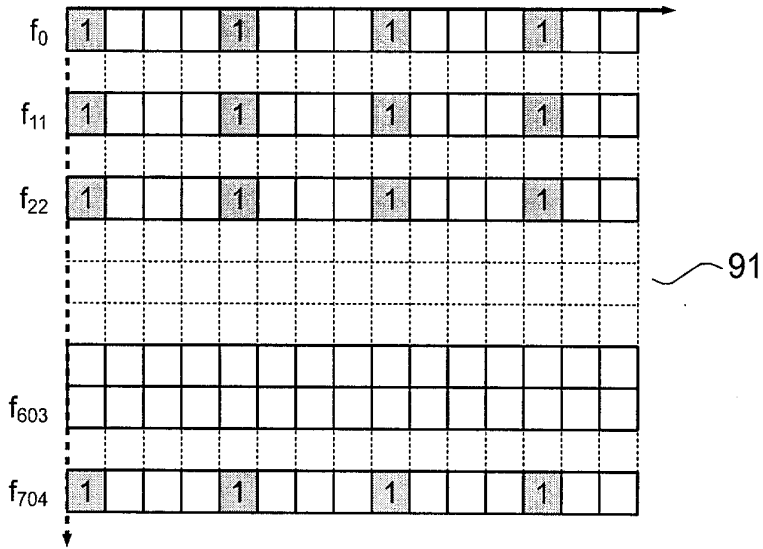


Fig. 9



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**
établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 659308
FR 0413893

| DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS | | Revendication(s) concernée(s) | Classement attribué à l'invention par l'INPI |
|---|--|--|--|
| Catégorie | Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes | | |
| X | AUER G: "Channel estimation for OFDM with cyclic delay diversity" 15TH IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PERSONAL, INDOOR AND MOBILE RADIO COMMUNICATIONS, 2004. PIMRC 2004. BARCELONA, SPAIN 5-8 SEPT. 2004, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, 5 septembre 2004 (2004-09-05), pages 1792-1796, XP010754249 ISBN: 0-7803-8523-3 * paragraphe II * * paragraphe III.B * * figures 1,2 * ----- | 1-15 | H04B7/02 H04L27/26 |
| X | WO 02/25857 A (TELEFONAKTIEBOLAGET L M ERICSSON) 28 mars 2002 (2002-03-28) * page 9, ligne 11 - ligne 18 * * page 12, ligne 9 - page 13, ligne 7 * ----- | 1-15 | |
| X | DAMMANN A ET AL: "Beamforming in combination with space-time diversity for broadband OFDM systems" ICC 2002. 2002 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMMUNICATIONS. CONFERENCE PROCEEDINGS. NEW YORK, NY, APRIL 28 - MAY 2, 2002, IEEE, NEW YORK, NY, USA, vol. 1, 28 avril 2002 (2002-04-28), pages 165-171, XP010589479 ISBN: 0-7803-7400-2 Paragraphe III.A.1 Paragraphe IV.B ----- -/-- | 1-15 | |
| | | | DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7) H04L |
| | | Date d'achèvement de la recherche 23 août 2005 | Examineur Orozco Roura, C |
| <p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> | | <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p> | |

1
EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**
établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 659308
FR 0413893

| DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS | | Revendication(s) concernée(s) | Classement attribué à l'invention par l'INPI |
|---|--|--|--|
| Catégorie | Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes | | |
| A | <p>OLOFSSON H ET AL: "Transmitter diversity with antenna hopping for wireless communication systems" IEEE 47TH VEHICULAR TECHNOLOGY CONFERENCE, 1997, PHOENIX, AZ, USA 4-7 MAY 1997, IEEE, NEW YORK, NY, USA, vol. 3, 4 mai 1997 (1997-05-04), pages 1743-1747, XP010229066 ISBN: 0-7803-3659-3 * page 1744, colonne de gauche, ligne 8 - colonne de droite, ligne 5 * -----</p> | 1-15 | <p>DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7)</p> |
| Date d'achèvement de la recherche | | Examineur | |
| 23 août 2005 | | Orozco Roura, C | |
| <p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> | | <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p> | |

1
EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0413893 FA 659308**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 23-08-2005

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

| Document brevet cité au rapport de recherche | Date de publication | Membre(s) de la famille de brevet(s) | Date de publication |
|---|------------------------|---|------------------------|
| WO 0225857 A | 28-03-2002 | US 6842487 B1 | 11-01-2005 |
| | | AU 8036201 A | 02-04-2002 |
| | | CA 2421768 A1 | 28-03-2002 |
| | | CN 1476695 A | 18-02-2004 |
| | | EP 1319278 A1 | 18-06-2003 |
| | | JP 2004509556 T | 25-03-2004 |
| | | WO 0225857 A1 | 28-03-2002 |
| ----- | | | |