

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale
WO 2010/128057 A1

(43) Date de la publication internationale
11 novembre 2010 (11.11.2010)

PCT

(51) Classification internationale des brevets :
H04L 27/26 (2006.01)

MAHAFENO, Irène [FR/FR]; 65 avenue Aristide Briand, F-35000 Rennes (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2010/056053

(74) Mandataire : BIORET, Ludovic; Technopôle Atalante, 16B rue de Jouanet, F-35703 Rennes Cedex 7 (FR).

(22) Date de dépôt international :
4 mai 2010 (04.05.2010)

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
0952964 4 mai 2009 (04.05.2009) FR

(71) Déposants (pour tous les États désignés sauf US) :
INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES APPLIQUÉES DE RENNES [FR/FR]; 20 avenue des Buttes de Coësmes, CS 14315, F-35043 Rennes Cedex (FR). CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique) [FR/FR]; 3 rue Michel Ange, F-75794 Paris Cedex 16 (FR).

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : HELARD, Jean-François [FR/FR]; 5 rue Demange, F-35700 Rennes (FR). LOUET, Yves [FR/FR]; 4 allée de la Ferme, F-35830 Betton (FR). MASINJARA

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : PEAK-TO-AVERAGE POWER RATIO REDUCTION IN A MULTICARRIER SIGNAL

(54) Titre : REDUCTION DU RAPPORT PUISSANCE CRETE A PUISSANCE MOYENNE DANS UN SIGNAL MULTIPORTEUSE

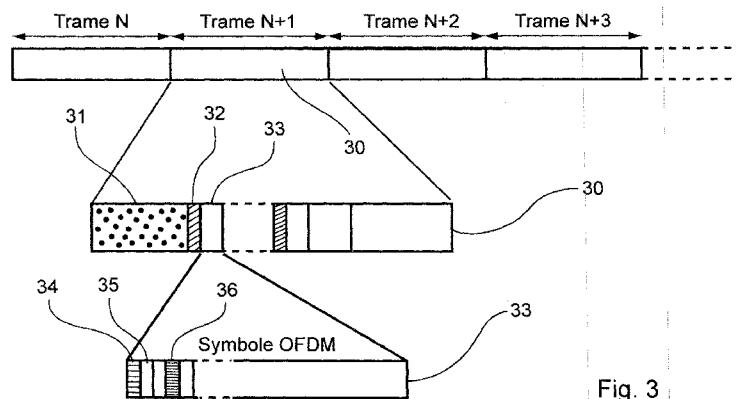


Fig. 3

(57) Abstract : The invention relates to a multicarrier transmission method including symbols (33) consisting of a set of subcarriers, including pilot subcarriers (36) dedicated to at least one processing for assisting and/or improving decoding in at least one receiver, and data subcarriers (35), the location in time-frequency space and a reference value of said pilot subcarriers being known to the receiver. Said method includes a phase of modifying, for a given symbol (33), the reference value of at least one subset of said pilot subcarriers, by a phase and/or amplitude correction datum for each of said pilot subcarriers of said subset, in order to minimise the peak-to-average power ratio, said correction data having at least three separate values, the transition between the values of two consecutive pilot subcarriers of said subset being constant on the frequency axis.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]

WO 2010/128057 A1

**Publiée :**

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

— avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues (règle 48.2.h)

L'invention concerne un procédé de transmission multiporteuse comprenant des symboles (33) constitués d'un ensemble de sous-porteuses, comprenant des sous-porteuses pilotes (36) dédiées à au moins un traitement d'aide au et/ou d'amélioration du décodage dans au moins un récepteur, et des sous-porteuses de données (35), l'emplacement dans l'espace temps-fréquence et une valeur de référence desdites sous-porteuses pilotes étant connus du récepteur. Ledit procédé comprend une phase de modification, pour un symbole donné (33), de la valeur de référence d'au moins un sous-ensemble desdites sous-porteuses pilotes, par une donnée de correction de la phase et/ou de l'amplitude pour chacune desdites sous-porteuses pilotes dudit sous-ensemble, afin de minimiser le rapport puissance crête à puissance moyenne, lesdites données de correction prenant au moins trois valeurs distinctes, la transition entre les valeurs de deux sous-porteuses pilotes successives dudit sous-ensemble selon l'axe fréquentiel étant constante.

REDUCTION DU RAPPORT PUISSANCE CRETE A PUISSANCE MOYENNE DANS UN SIGNAL
MULTIPORTEUSE

1. Domaine de l'invention

5 Le domaine de l'invention est celui de la transmission de signaux numériques, que ce soit sur les canaux de transmission à trajets multiples, ou sur des canaux dits « mono-trajet », comme ceux des liaisons satellites sans écho notamment.

Plus précisément, l'invention concerne les techniques de modulation multiporteuse, notamment de type OFDM (« *Orthogonal Frequency Division Multiplex* » en anglais, pour
10 « multiplexage par répartition orthogonale en fréquence »). La modulation OFDM est de plus en plus utilisée pour la transmission numérique, en particulier sur les canaux de transmission à trajets multiples. Cette technique de modulation multiporteuse permet notamment de s'affranchir de l'interférence entre symboles généralement observée lorsqu'on utilise une modulation monoporteuse sur un canal à trajets multiples.

15 Du fait de sa robustesse intrinsèque aux canaux sélectifs en fréquence, la modulation OFDM est notamment, mais non exclusivement, utilisée dans les réseaux locaux sans-fil (WiFi ou WiMAX), ou encore l'ADSL (de l'anglais « *Asymmetric Digital Subscriber Line* ») et l'HIPERLAN/2 (de l'anglais « *High Performance Radio Local Area Network* »), mais aussi pour des standards tels que ceux relatifs à la diffusion Audio Numérique (DAB pour « *Digital Audio*
20 *Broadcasting* » en anglais), la diffusion Vidéo Numérique (DVB pour « *Digital Video Broadcasting* » en anglais, notamment DVB-T (une norme de la télévision numérique terrestre) ou le nouveau standard DVB-T2 ou encore DVB-NGH (de l'anglais « *DVB - Next Generation Handheld* »), une norme de diffusion vidéo destinée à une réception sur terminal mobile).

2. Art antérieur

25 **2.1 Inconvénients de la modulation OFDM**

Un inconvénient majeur de la technique OFDM est inhérent aux fortes fluctuations en amplitude de l'enveloppe du signal modulé et donc aux variations importantes de la puissance instantanée.

Le rapport puissance crête à puissance moyenne (PAPR, pour « *Peak to Average Power Ratio* » en anglais) des signaux émis est ainsi généralement très élevé et il augmente avec le nombre de sous-porteuses N .

Les amplificateurs de puissance présentent des caractéristiques non-linéaires qui, couplées à l'amplification des signaux dits à fort PAPR conduisent à des distorsions : remontée spectrale du niveau des lobes secondaires, génération d'harmoniques, création d'interférences entre symboles non linéaires, création d'interférences entre porteuses. Ainsi, ces distorsions entraînent notamment des erreurs de transmission et une dégradation du taux d'erreur binaire (TEB).

2.2 Art antérieur pour la réduction du PAPR

Dans la littérature, de nombreuses techniques ont déjà été proposées pour pallier ce problème.

Une solution courante consiste à s'assurer que la plage de fonctionnement de l'amplificateur reste limitée à une zone d'amplification linéaire, ce qui limite malheureusement le rendement de l'amplificateur (quelques % au lieu de, classiquement, 50 %) et donc une augmentation importante de la consommation de l'émetteur. Ceci est une contrainte très forte pour l'utilisation de l'OFDM notamment dans les terminaux mobiles, sachant que la consommation de l'amplificateur de puissance peut représenter plus de 50% de la consommation totale d'un terminal.

Une deuxième approche est la technique de « *clipping* », ou limiteur, qui consiste à écrêter l'amplitude du signal lorsqu'il dépasse un seuil prédéfini. Mais cet écrêtage est par nature non linéaire et introduit une distorsion du signal émis se traduisant non seulement par un TEB dégradé mais également par une remontée des lobes secondaires de la DSP (Densité Spectrale de Puissance).

Une troisième technique, appelée « *Selected Mapping* », consiste à appliquer à chaque symbole de la séquence à transmettre une rotation de phase. Plusieurs motifs de rotation de phase peuvent être définis. Pour chaque motif appliqué à la séquence à transmettre, on effectue les opérations pour obtenir un signal OFDM correspondant, et on transmet celui présentant le plus faible PAPR. De nouveau cette technique n'apporte pas de distorsion, mais elle nécessite de communiquer au récepteur la séquence de rotation utilisée à l'émission avec une très grande fiabilité, ce qui conduit à une réduction de l'efficacité spectrale et une augmentation significative

de la complexité du système pour acheminer le numéro du motif utilisé via un canal dédié. En outre, si cette transmission est erronée, toute la trame OFDM sera perdue. Elle augmente également la complexité à l'émission, puisque plusieurs traitements doivent être effectués en parallèle, pour choisir ensuite le plus efficace. Les autres traitements ont été effectués inutilement, et ne sont pas exploités.

Une quatrième méthode, appelée communément « technique TR (*Tone Reservation*) », propose de réserver certaines sous-porteuses du multiplex OFDM, qui ne transportent pas d'informations mais des symboles optimisés à l'émission pour réduire le PAPR. L'optimisation de ces symboles peut être effectuée en utilisant par exemple un algorithme d'optimisation convexe de type SOCP (*Second Order Cone Programming*). Tout comme la méthode précédente, cette solution n'apporte pas de distorsion au signal émis, mais un inconvénient majeur de cette méthode réside dans le fait qu'un certain nombre de porteuses, doivent être réservées pour pouvoir réduire le PAPR de façon significative. Ces porteuses ne sont pas utilisées pour émettre des données d'informations utiles, ce qui conduit à une réduction de l'efficacité spectrale.

Cette réduction de l'efficacité spectrale peut être résolue par l'utilisation des porteuses dites « pilotes », initialement dédiées à l'estimation de canal, pour la réduction du PAPR, avec en réception une détection dite « en aveugle », comme proposé dans le document « *Peak Power Reduction for OFDM Systems With Orthogonal Pilot Sequences* » (M.J. Fernandez-Getino Garcia, O. Edfors, J.M. Paez-Borrillo, IEEE Transactions on Wireless Communications, Volume 5, Jan. 2006 Page(s): 47 – 51).

Ce document décrit une telle technique appliquée à des séquences de pilote orthogonales, en particulier des séquences de Walsh-Hadamard, ce qui impose en conséquence le choix de porteuses pilotes dans un ensemble de deux valeurs distinctes (-1 et 1) prédéfinies à l'émission, de façon que les séquences soient orthogonales entre elles.

Cependant l'efficacité d'une telle technique est limitée. En effet, cette technique impose à l'émission un choix limité de modifications de porteuses pilotes dans un ensemble de valeurs prédéfinies, limitant ainsi les performances de cette technique en termes de réduction du PAPR. En effet, les porteuses pilotes modifiées par cette technique sont celles qui réduisent au mieux le PAPR, parmi des valeurs prédéfinies, et non celles qui réduisent de façon optimale le PAPR.

3. Exposé de l'invention

L'invention propose une solution nouvelle qui ne présente pas l'ensemble de ces inconvénients de l'art antérieur, sous la forme d'un procédé de transmission multiporteuse d'un signal représentatif d'un signal source, comprenant des symboles constitués d'un ensemble de sous-porteuses, destinées à être émises simultanément et comprenant des sous-porteuses pilotes destinées à au moins un traitement d'aide au et/ou d'amélioration du décodage dans au moins un récepteur, et des sous-porteuses de données, l'emplacement dans l'espace temps-fréquence et une valeur de référence desdites sous-porteuses pilotes étant connus du ou des récepteurs.

Selon l'invention, le procédé comprend une phase de modification, pour un symbole donné, de la valeur de référence d'au moins un sous-ensemble desdites sous-porteuses pilotes, à l'aide d'une donnée de correction de la phase et/ou de l'amplitude pour chacune desdites sous-porteuses pilotes dudit sous-ensemble, de façon à minimiser le rapport puissance crête à puissance moyenne, lesdites données de correction prenant au moins trois valeurs distinctes, la transition entre les valeurs de deux sous-porteuses pilotes successives dudit sous-ensemble selon l'axe fréquentiel étant constante.

Le procédé selon l'invention peut notamment, mettre en œuvre une loi de transition multiplicative et/ou additive.

Ainsi, l'invention repose sur une approche nouvelle et inventive de la transmission d'un signal, visant à améliorer la technique de réservation de sous-porteuses appelée communément « technique TR » (de l'anglais « *Tone Reservation* »), sans ajout de sous-porteuses pilotes supplémentaires. Pour cela, l'invention utilise, pour la réduction du PAPR, des sous-porteuses pilotes par ailleurs déjà dédiées à une fonction propre, lesdites sous-porteuses pilotes étant modifiées de manière à optimiser cette réduction du PAPR, au moyen d'au moins trois valeurs distinctes de données de correction. Cette modification est apportée, bien sûr, de façon que les traitements d'aide au et/ou d'amélioration du décodage auxquels étaient initialement dédiées les sous-porteuses pilotes, tels que la synchronisation ou l'estimation de canal.

Par sous-porteuses pilotes, on entend ainsi, notamment, les sous-porteuses appartenant au groupe des :

- sous-porteuses pilotes dédiées à la synchronisation ;

- sous-porteuses pilotes dédiées à l'estimation de canal ;
- sous-porteuses de signalisation, dites "sous-porteuses TPS", ("*Transmission Parameters Signaling*" ou "signalisation des paramètres de transmission") qui sont des sous-porteuses particulières contenant des informations comprenant, entre autres, le type de modulation, le mode de transmission et le rendement de codage ;
- etc.

5

10

Selon un mode de réalisation du procédé de transmission, ledit sous-ensemble desdites sous porteuses pilotes comprend des sous-porteuses pilotes dédiées à l'estimation de canal. En d'autres termes, l'invention permet d'utiliser les mêmes (ou une partie des mêmes) sous-porteuses pilotes pour la réduction du PAPR et l'estimation du canal de transmission évitant ainsi une réservation supplémentaire de sous-porteuses autres que les sous-porteuses pilotes existantes.

Selon d'autres modes de réalisation possibles, d'autres sous-porteuses pilotes dédiées à une fonction différente de l'estimation de canal peuvent également être utilisées.

15

La méthode selon l'invention propose en outre de déterminer des données de correction dans un ensemble de valeurs non prédéfinies, calculées par un algorithme d'optimisation visant à réduire le PAPR pour l'émission de chaque symbole OFDM à émettre et non connus du récepteur.

20

Ainsi, à l'encontre des habitudes de l'Homme du Métier, l'invention propose d'utiliser au moins trois valeurs distinctes de données de correction de la phase et/ou de l'amplitude pour chacune desdites sous-porteuses pilotes dédiées à l'estimation de canal et non des séquences de pilotes qui imposent le choix de sous-porteuses pilotes dans un ensemble de deux valeurs distinctes (-1 et 1) prédéfinies à l'émission.

En d'autres termes, l'invention vise à augmenter de manière optimale le gain en réduction du PAPR, en ne se limitant pas à des séquences de pilotes de puissance constante.

25

Par ailleurs, la méthode mise en œuvre peut également ne pas s'appliquer à toutes les sous-porteuses pilotes dédiées à l'estimation de canal, mais un sous-ensemble desdites sous-porteuses pilotes dédiées à l'estimation de canal. Par exemple, on peut appliquer une correction à une sous-porteuse pilote, les deux suivantes dans le spectre fréquentiel restant invariantes.

De façon préférentielle, le procédé comprend également les étapes suivantes :

- détermination desdites données de correction, comprenant au moins, pour un symbole donné :
 - une sous-étape de calcul d'un paramètre de correction initial appliqué à une première sous-porteuse pilote dédiée à l'estimation de canal P_0 selon l'axe fréquentiel dudit sous-ensemble desdites sous-porteuses pilotes dédiées à l'estimation de canal, et/ou
 - une sous-étape de calcul d'un paramètre de transition définissant la valeur de transition d'une sous-porteuse pilote dédiée à l'estimation de canal P_i à la sous-porteuse pilote dédiée à l'estimation de canal suivante P_{i+1} selon l'axe fréquentiel dudit sous-ensemble desdites sous-porteuses pilotes dédiées à l'estimation de canal, ledit paramètre de correction initiale et ledit paramètre de transition étant choisis de façon à minimiser le rapport puissance crête à puissance moyenne ;
 - une sous-étape d'obtention desdites données de correction à partir dudit paramètre de correction initiale et dudit paramètre de transition ;
- modification de la valeur de référence desdites sous-porteuses pilotes dédiées à l'estimation de canal en fonction desdites données de correction, fournissant des valeurs corrigées destinées à moduler lesdites sous-porteuses pilotes, dédiées à l'estimation de canal, dudit sous-ensemble.

Avantageusement, ladite sous-étape d'obtention détermine lesdites données de correction en fonction dudit paramètre de correction initiale pour la sous-porteuse pilote dédiée à l'estimation de canal de fréquence la plus faible, et en fonction de la modification appliquée à la sous-porteuse pilote dédiée à l'estimation de canal précédente selon l'axe des fréquences et dudit paramètre de transition, pour les autres sous-porteuses pilotes dédiées à l'estimation de canal.

Selon un mode de réalisation particulier, lesdites données de correction, ledit paramètre de correction initiale et/ou ledit paramètre de transition sont définis avec un pas prédéterminé et/ou choisis parmi un ensemble de valeurs prédéterminées.

Ainsi, si l'on considère des données de correction de la phase desdites sous-porteuses pilotes dédiées à l'estimation de canal, on peut envisager un ensemble de valeurs de correction

discrètes variant par exemple de 5° en 5° , ou encore que cet ensemble est choisi dans un ensemble de valeurs entières.

Selon l'invention, ladite transition entre deux desdites sous-porteuses met en œuvre une loi de transition appartenant au groupe comprenant :

- 5
- les lois de transition multiplicative,
 - les lois de transition additive.

Il est également possible de mettre en œuvre une loi de transition sous la forme d'une combinaison de lois de transition multiplicative et/ou additive.

10 Selon un mode de réalisation préférentiel, l'émetteur et le récepteur peuvent fonctionner avec une unique loi de transition prédéterminée (ladite loi de transition additive et/ou multiplicative), ne nécessitant pas la mise en œuvre d'une étape préalable de choix de ladite loi de transition.

15 Selon un autre mode de réalisation, l'invention met en œuvre, de manière facultative une étape préalable de choix de ladite loi de transition, pour un symbole donné ou une série de symboles donnée.

Ladite étape préalable de choix de ladite loi de transition délivre une information binaire de choix, et le procédé de l'invention met en œuvre une étape de transmission de ladite information de choix.

20 Plus précisément, une loi de transition multiplicative détermine la modification à appliquer à ladite sous-porteuse pilote dédiée à l'estimation de canal P_{i+1} par multiplication d'un paramètre de correction C_i appliqué à ladite précédente sous-porteuse pilote dédiée à l'estimation de canal P_i selon l'axe fréquentiel par ledit paramètre de transition.

25 En d'autres termes, selon cette première approche, l'invention met en œuvre une loi de transition multiplicative consistant à multiplier ledit paramètre de correction initial C_0 appliqué à la première sous-porteuse pilote dédiée à l'estimation de canal P_0 selon l'axe fréquentiel, par une valeur d'optimisation complexe Δ_m représentant une variation d'amplitude et/ou de phase, délivrant un paramètre de correction C_1 appliquée à la deuxième sous-porteuse pilote dédiée à l'estimation de canal P_1 . La sous-porteuse pilote dédiée à l'estimation de canal P_2 étant à son tour calculée par

multiplication de C_l par Δ_m , et ainsi de suite pour les sous-porteuses pilotes dédiées à l'estimation de canal suivantes selon l'axe fréquentiel.

Par ailleurs, la loi de transition additive détermine la modification à appliquer à ladite sous-porteuse pilote dédiée à l'estimation de canal P_{i+l} par addition d'un paramètre de correction C_i appliqué à ladite précédente sous-porteuse pilote dédiée à l'estimation de canal P_i selon l'axe fréquentiel par ledit paramètre de transition.

Cette deuxième approche met en œuvre une loi de transition additive consistant à additionner ledit paramètre de correction initial C_0 appliqué à la première sous-porteuse pilote dédiée à l'estimation de canal P_0 selon l'axe fréquentiel, à une valeur d'optimisation complexe Δ_a représentant une variation d'amplitude et de phase, délivrant un paramètre de correction C_l appliquée à la deuxième sous-porteuse pilote dédiée à l'estimation de canal P_l . La sous-porteuse pilote dédiée à l'estimation de canal P_2 étant à son tour calculée par addition de C_l et de Δ_a , et ainsi de suite pour les sous-porteuses pilotes suivantes selon l'axe fréquentiel.

L'invention concerne également un dispositif de transmission multiporteuse d'un signal représentatif d'un signal source, comprenant des symboles constitués d'un ensemble de sous-porteuses, destinées à être émises simultanément et comprenant des sous-porteuses pilotes dédiées à au moins un traitement d'aide au et/ou d'amélioration du décodage dans au moins un récepteur, et des sous-porteuses de données, l'emplacement dans l'espace temps-fréquence et une valeur de référence desdites sous-porteuses pilotes étant connus du ou des récepteurs.

Selon l'invention, le dispositif de transmission comprend des moyens de modification, pour un symbole donné, de la valeur de référence d'au moins un sous-ensemble desdites sous-porteuses pilotes, à l'aide d'une donnée de correction de la phase et/ou de l'amplitude pour chacune desdites sous-porteuses pilotes dudit sous-ensemble, de façon à minimiser le rapport puissance crête à puissance moyenne, lesdites données de correction prenant au moins trois valeurs distinctes, la transition entre les valeurs de deux sous-porteuses pilotes successives dudit sous-ensemble selon l'axe fréquentiel étant constante.

Le dispositif de transmission selon l'invention peut notamment, mettre en œuvre une loi de transition multiplicative et/ou additive.

Un tel dispositif de transmission est notamment apte à mettre en œuvre le procédé de transmission selon l'invention tel que décrit précédemment.

L'invention concerne également un signal multiporteuse obtenu par le procédé selon l'invention comprenant des symboles constitués d'un ensemble de sous-porteuses, destinées à être émises simultanément et comprenant des sous-porteuses pilotes dédiées à au moins un traitement d'aide au et/ou d'amélioration du décodage dans au moins un récepteur et des sous-porteuses de données, l'emplacement dans l'espace temps-fréquence et une valeur de référence desdites sous-porteuses pilotes étant connus du ou des récepteurs.

Selon l'invention, un tel signal est tel que, pour un symbole donné, la valeur de référence d'au moins un sous-ensemble de sous-porteuses pilotes est modifiée, à l'aide d'un paramètre de correction de la phase et/ou de l'amplitude de chacune desdites sous-porteuses pilotes dudit sous-ensemble, de façon à minimiser le rapport puissance crête à puissance moyenne, lesdits paramètres de correction prenant au moins trois valeurs distinctes, la transition entre les valeurs de deux sous-porteuses pilotes successives dudit sous-ensemble selon l'axe fréquentiel étant constante.

L'obtention du signal selon l'invention peut notamment, mettre en œuvre une loi de transition multiplicative et/ou additive.

Selon un mode de réalisation préférentiel, l'émetteur et le récepteur peuvent fonctionner avec une unique loi de transition prédéterminée (additive ou multiplicative pour l'ensemble des symboles) ne nécessitant pas la transmission d'information supplémentaire.

Selon un autre mode de réalisation, un tel signal comprend, de manière facultative, au moins une information d'aide à la réception, parmi les informations appartenant au groupe comprenant :

- une information représentative dudit paramètre de correction initiale ;
- une information représentative dudit paramètre de transition ;
- une information binaire représentative du choix d'une loi de transition entre deux desdites sous-porteuses pilotes dédiées à l'estimation de canal dudit sous-ensemble.

Ainsi, selon ce mode de réalisation particulier le signal peut par exemple comprendre uniquement ladite information binaire représentative du choix d'une loi de transition entre deux desdites sous-porteuses pilotes dédiées à l'estimation de canal dudit sous-ensemble, si l'on vise

notamment une estimation « aveugle » à la réception. Le récepteur détermine, sans information supplémentaire transmise, les données de correction des porteuses pilotes.

Selon un mode de réalisation différent, on peut considérer une unique loi de transition prédéterminée au sein de l'émetteur comme du récepteur, ne nécessitant pas de transmission d'une
5 information binaire représentative du choix d'une loi de transition entre deux desdites sous-
porteuses pilotes dédiées à l'estimation de canal dudit sous-ensemble, et d'un paramètre de
transition fixé à l'émission. Deux variantes de ce mode de réalisation sont possibles, l'une mettant
en œuvre un récepteur connaissant de manière intrinsèque la valeur dudit paramètre de transition,
l'autre mettant en œuvre la transmission d'un signal contenant une information représentative dudit
10 paramètre de transition.

De manière similaire, un autre mode de réalisation peut consister à considérer un paramètre de correction initiale fixe et une unique loi de transition prédéterminée au sein de l'émetteur comme du récepteur, et peut être réalisé sous la forme de deux variantes mettant en œuvre ou non la transmission d'une information représentative dudit paramètre de correction initiale.

15 De nombreux autres modes de réalisation, combinant différents modes de réalisations précédemment cités peuvent également être mis en œuvre selon le procédé de l'invention.

L'invention concerne encore un produit programme d'ordinateur téléchargeable depuis un réseau de communication et/ou enregistré sur un support lisible par ordinateur et/ou exécutable par un processeur. Selon l'invention, ledit produit programme d'ordinateur comprend des instructions
20 de code de programme pour la mise en œuvre du procédé de transmission décrit ci-dessus, lorsqu'il est exécuté sur un ordinateur.

L'invention concerne également un procédé de réception d'un signal décrit précédemment, émis par au moins un émetteur via un canal de transmission, ledit signal étant formé d'une succession temporelle de symboles constitués d'un ensemble de sous-porteuses, destinées à être
25 émises simultanément et comprenant des sous-porteuses pilotes dédiées à au moins un traitement d'aide au et/ou d'amélioration du décodage dans au moins un récepteur et des sous-porteuses de données, l'emplacement dans l'espace temps-fréquence et une valeur de référence desdites sous-porteuses pilotes étant connus du ou des récepteurs, la valeur de référence d'au moins un sous-ensemble desdites sous-porteuses pilotes étant modifiée, pour un symbole donné, à l'aide d'un

paramètre de correction de la phase et/ou de l'amplitude de chacune desdites sous-porteuses pilotes dudit sous-ensemble, de façon à minimiser le rapport puissance crête à puissance moyenne, lesdits paramètres de correction prenant au moins trois valeurs distinctes, la transition entre les valeurs de deux sous-porteuses pilotes successives dudit sous-ensemble selon l'axe fréquentiel étant constante.

Le procédé de réception selon l'invention peut notamment, mettre en œuvre une loi de transition multiplicative et/ou additive.

Selon l'invention, le procédé de réception met en œuvre les étapes suivantes :

- extraction des informations reçues modulant chacune des sous-porteuses dudit sous-ensemble de porteuses ;
- analyse de l'ensemble desdites informations reçues, de façon à déterminer une estimation desdites données de correction ;
- estimation du canal de transmission à partir desdites données de correction.

Ainsi l'invention permet en réception, une estimation dite « à l'aveugle », ne nécessitant pas la transmission d'information supplémentaire selon un mode de réalisation préférentiel de l'invention. L'invention évite ainsi une réduction de l'efficacité spectrale due à la « réservation » de sous-porteuses uniquement dédiées à la réduction du PAPR

Selon l'une, parmi l'ensemble des variantes de mode de réalisation précédemment citées, l'invention permet en réception, une estimation dite « à l'aveugle », ne nécessitant pas la transmission d'information supplémentaire outre l'information binaire représentative du choix d'une loi de transition entre deux desdites sous-porteuses pilotes dudit sous-ensemble.

De manière optionnelle, le procédé de réception, selon un mode de réalisation particulier, met en œuvre à la suite desdites étapes d'extraction, d'analyse, de modification et d'estimation du canal, l'étape suivante :

- évaluation de l'erreur d'estimation de la modification appliquée audit sous-ensemble desdites sous-porteuses pilotes mettant en œuvre un calcul de l'erreur quadratique moyenne.

Ce mode de réalisation particulier permet essentiellement d'évaluer les performances du procédé en réception. Par ailleurs, on peut considérer la transmission d'un symbole dit « nul », afin

d'évaluer la valeur exacte de la réponse fréquentielle du canal, et intégrer l'erreur d'estimation pour l'estimation de canal du symbole suivant.

Préférentiellement, ladite étape d'analyse comprend :

- 5 - une étape de détermination d'un paramètre de transition définissant la valeur de transition d'une sous-porteuse pilote dédiée à l'estimation de canal P_i à la sous-porteuse pilote dédiée à l'estimation de canal suivante P_{i+1} selon l'axe fréquentiel dudit sous-ensemble desdites sous-porteuses pilotes dédiées à l'estimation de canal, par analyse de l'ensemble des transitions ; et/ou
- 10 - une étape de détermination d'un paramètre de correction initiale C_0 appliqué à la première sous-porteuse pilote dédiée à l'estimation de canal P_0 selon l'axe fréquentiel dudit sous-ensemble desdites sous-porteuses pilotes, en fonction de la valeur d'au moins une desdites sous-porteuses pilotes dédiées à l'estimation de canal dudit sous-ensemble desdites sous-porteuses pilotes et du paramètre de transition ;
- 15 - une étape de détermination des paramètres de correction appliqués à toutes les autres sous-porteuses pilotes $P_i, i \neq 0$ dédiées à l'estimation de canal selon l'axe fréquentiel dudit sous-ensemble desdites sous-porteuses pilotes dédiées à l'estimation de canal, en fonction de la valeur du paramètre de correction initiale C_0 appliqué à la première sous-porteuse pilote dédiée à l'estimation de canal P_0 et de celle du paramètre de transition.

En outre, au moins une desdites étape de détermination met en œuvre un moyennage.

- 20 Selon un mode de réalisation particulier du procédé de réception, tel que pour au moins une desdites étape de détermination, ledit paramètre de correction initiale et/ou ledit paramètre de transition est défini avec un pas prédéterminé et/ou choisi parmi un ensemble de valeurs prédéterminées.

- 25 Ainsi, de manière avantageuse, l'analyse de l'ensemble desdites informations reçues serait simplifiée et accélérée en déterminant par exemple des données de correction de la phase desdites sous-porteuses pilotes dédiées à l'estimation de canal, en envisageant un ensemble de valeurs de correction discrètes variant de 5° en 5° , ou encore un ensemble choisi dans un ensemble de valeurs entières.

Selon un mode de réalisation préférentiel, l'émetteur et le récepteur peuvent fonctionner

avec une unique loi de transition prédéterminée (additive ou multiplicative pour l'ensemble des symboles), ne nécessitant pas la transmission d'information supplémentaire.

Selon un mode de réalisation particulier, le procédé de réception selon l'invention, comprend une étape préalable de décodage d'au moins une des informations appartenant au groupe
5 comprenant :

- une information représentative dudit paramètre de correction initiale ;
- une information représentative dudit paramètre de transition ;
- une information binaire représentative du choix d'une loi de transition entre deux desdites sous-porteuses pilotes dudit sous-ensemble.

10 L'invention concerne également un dispositif de réception d'un signal transmis selon le procédé de transmission de l'invention, émis par au moins un émetteur via un canal de transmission, ledit signal étant formé d'une succession temporelle de symboles constitués d'un ensemble de sous-porteuses, destinées à être émises simultanément et comprenant des sous-
15 porteuses pilotes dédiées à au moins un traitement d'aide au et/ou d'amélioration du décodage dans au moins un récepteur, et des sous-porteuses de données, l'emplacement dans l'espace temps-
fréquence et une valeur de référence desdites sous-porteuses pilotes étant connus du ou des récepteurs, la valeur de référence d'au moins un sous-ensemble desdites sous-porteuses pilotes étant modifiée, pour un symbole donné, à l'aide d'un paramètre de correction de la phase et/ou de
20 l'amplitude de chacune desdites sous-porteuses pilotes dudit sous-ensemble, de façon à minimiser le rapport puissance crête à puissance moyenne, lesdits paramètres de correction prenant au moins trois valeurs distinctes, la transition entre les valeurs de deux sous-porteuses pilotes successives dudit sous-ensemble selon l'axe fréquentiel étant constante.

Ce dispositif comprend :

- des moyens d'extraction des informations reçues modulant chacune des sous-porteuses
25 dudit sous-ensemble de porteuses ;
- des moyens d'analyse de l'ensemble desdites informations reçues, de façon à déterminer une estimation desdites données de correction ;
- des moyens d'estimation du canal de transmission à partir desdites données de correction.

Le dispositif de réception selon l'invention peut notamment, mettre en œuvre une loi de

transition multiplicative et/ou additive.

L'invention concerne encore un produit programme d'ordinateur téléchargeable depuis un réseau de communication et/ou enregistré sur un support lisible par ordinateur et/ou exécutable par un processeur. Selon l'invention, ledit produit programme d'ordinateur comprend des instructions
5 de code de programme pour la mise en œuvre du procédé de réception selon l'invention, lorsqu'il est exécuté sur un ordinateur.

4. Liste des figures

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description suivante d'un mode de réalisation particulier, donné à titre de simple
10 exemple illustratif et non limitatif, et des dessins annexés, parmi lesquels :

- la figure 1 illustre le schéma général de traitement d'un signal OFDM ;
- la figure 2 illustre les principales étapes d'un procédé de transmission selon l'invention ;
- la figure 3 illustre le signal selon l'invention ;
- la figure 4 illustre les principales étapes d'un procédé de réception selon l'invention.

15 4. Description d'un mode de réalisation de l'invention

4.1 Principe général

L'invention repose donc sur l'utilisation d'au moins trois valeurs distinctes de données de correction de sous-porteuses pilotes de façon à réduire de façon optimale le rapport puissance crête à puissance moyenne, ou PAPR, lesdites sous-porteuses pilotes étant déjà dédiées à une autre
20 fonction, telle que l'estimation de canal. Par ailleurs, le procédé de réception correspondant permet notamment une estimation du canal dite à « l'aveugle ».

On décrit ci-après en relation avec la figure 1, le schéma général de traitement d'un signal OFDM visant à réduire le PAPR. Un signal OFDM est, selon le mode de réalisation tel que décrit par le schéma général en relation avec la figure 1, traité selon une succession d'étapes :

25 à l'émission :

- génération 101 de données source ;
- codage et entrelacement 102 desdites données délivrant des données entrelacées ;
- modulation desdites données entrelacées 103 par exemple selon une modulation QAM ;

- modulation OFDM 104 mettant notamment en œuvre une transformée de Fourier rapide inverse (IFFT de l'anglais « *Inverse Fast Fourier Transform* ») délivrant des symboles OFDM;
 - correction 105 des symboles OFDM visant à réduire le PAPR ;
 - 5 - insertion 106 d'un intervalle garde dudit signal OFDM constitués desdits symboles ;
 - amplification 107 dudit signal OFDM ;
 - transmission 108 dudit signal OFDM sur un canal de transmission ;
- et à la réception :
- réception 109 et extraction de l'intervalle de garde délivrant un signal dit reçu ;
 - 10 - démodulation 110 OFDM dudit signal reçu mettant en œuvre une transformée de Fourier rapide (FFT pour « *Fast Fourier Transform* » en anglais) délivrant un signal reçu transformé;
 - détermination 111 des porteuses pilotes dudit signal reçu transformé;
 - estimation de canal 112 ;
 - 15 - démodulation 113 dudit signal reçu transformé délivrant un signal démodulé ;
 - désentrelacement et décodage 114 dudit signal démodulé.

Plus précisément, on utilise, selon un mode de réalisation particulier adapté par exemple à un système de télévision numérique terrestre européen DVB-T, dans le cas où chaque symbole OFDM est composé de $N = 2048$ sous-porteuses (mode $2K$). L'ensemble de ces 2048 porteuses

20 constituant le symbole OFDM comprend des sous-porteuses dites « non-utilisées » respectant un masque selon un standard de transmission et des sous-porteuses utiles telles que le nombre de sous-porteuses utiles est $N = 1705$, les sous-porteuses utiles faisant référence aux sous-porteuses de données et aux sous-porteuses pilotes. Chacune des sous-porteuses pilotes réservées à la réduction du PAPR aura une puissance maximale telle qu'elle soit égale à 10 fois la puissance d'une sous-

25 porteuse de donnée ($\Gamma_{max} = 10 \text{ dB} + \Gamma_0$ où Γ_0 correspond à la puissance d'une sous-porteuse de donnée). L'emplacement dans l'espace temps-fréquence et une valeur de référence desdites sous-porteuses pilotes sont connus et propres à l'application visée, par exemple, de manière illustrative et non limitative, le mode 2K de la norme DVB-T.

Par ailleurs, une modulation d'amplitude en quadrature 16-QAM est utilisée pour les données d'information. Un facteur de suréchantillonnage $L = 4$ est appliqué. Par ailleurs un amplificateur non linéaire de type SSPA (*Solid State Power Amplifier*) peut par exemple être considéré utilisant le modèle de Rapp.

5 On peut par exemple définir les symboles complexes $X = [X_0 \dots X_{N-1}]_{1 \times N}^T$ représentant les données d'information émises. On note $x = [x_0 \dots x_{N-1}]_{1 \times N}^T$ leurs transformées de Fourier inverse.

Le signal OFDM équivalent en bande de base s'écrit :

$$x(t) = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{k=0}^{N-1} X_k e^{\frac{j2\pi kt}{TN}} \quad 0 \leq t < NT, \quad (1)$$

où $j = \sqrt{-1}$, N représente le nombre de porteuses orthogonales et T la durée du symbole 10 complexe. En pratique, on considère uniquement NL échantillons équidistants de $x(t)$, avec L , le facteur de suréchantillonnage tel que décrit ci-dessus. Le signal suréchantillonné est représenté par :

$$x_n(t) = \frac{1}{\sqrt{NL}} \sum_{k=0}^{N-1} X_k e^{\frac{j2\pi nk}{NL}}, \quad \forall n \in [0, \dots, NL-1] \quad (2)$$

Pour une valeur de L suffisamment grande le PAPR d'un signal OFDM est donné par la relation suivante :

$$15 \quad PAPR\{x(t)\} \approx PAPR\{x_L, L \geq 4\} = \frac{\max_{0 \leq n \leq NL-1} |x_n|^2}{E\{|X_L|^2\}} \quad (3)$$

$$\text{avec } x_L = Q_L X_L, \quad (4)$$

où $E\{.\}$ désigne l'espérance mathématique, $X_L = \left[X_0 \dots X_{\frac{N}{2}-1} \underbrace{0 \dots 0}_L X_{\frac{N}{2}} \dots X_{N-1} \right]_{1 \times NL}^T$ et Q_L est la

matrice de transformée de Fourier discrète inverse ou IFFT (de l'anglais « *Inverse Fast Fourier Transform* »), définie par la relation :

$$20 \quad Q_L = \frac{1}{\sqrt{N}} \begin{bmatrix} 1 & 1 & \vdots & 1 \\ 1 & e^{\frac{j2\pi}{NL} 1,1} & \vdots & e^{\frac{j2\pi}{NL} 1,(NL-1)} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & e^{\frac{j2\pi}{NL} (NL-1),1} & \vdots & e^{\frac{j2\pi}{NL} (NL-1),(NL-1)} \end{bmatrix}_{NL \times NL} \quad (5)$$

On présente en relation avec la figure 2 les principales étapes du procédé de transmission selon l'invention.

Le procédé de transmission mis en œuvre par l'invention vise à réduire le PAPR, et met en œuvre une approche nouvelle et inventive de l'étape 105 en relation avec la figure 1.

Son principe consiste à ajouter au signal temporel original x , un signal correcteur c permettant de réduire son PAPR. Ainsi le signal résultant vérifie la relation
 5 $PAPR(x+c) < PAPR(x)$. Il peut s'écrire comme suit :

$$x_n + c_n = \frac{1}{\sqrt{NL}} \sum_{k=0}^{N-1} (X_k + C_k) e^{\frac{j2\pi nk}{NL}} \quad \forall n \in [0, \dots, NL-1] \quad (6)$$

Le signal c est calculé en se basant sur les caractéristiques du signal x et en utilisant une technique d'optimisation.

Ainsi la technique de correction selon l'invention met en œuvre une étape 20 de modification, pour un symbole donné, de la valeur de référence d'au moins un sous-ensemble des sous-porteuses pilotes, ledit sous-ensemble correspondant dans le cas de la norme DVB-T à un sous-ensemble des sous-porteuses pilotes dédiées à l'estimation de canal, à l'aide d'une donnée de correction c de la phase et/ou de l'amplitude pour chacune des sous-porteuses pilotes dudit sous-ensemble de façon à minimiser le PAPR.

15 En relation avec la figure 2A, cette étape 20 de modification est composée d'une étape 21 de détermination des données de correction et d'une étape de modification 22 de la valeur de référence des sous-porteuses pilotes dudit sous-ensemble.

Soit $R = \{0, \dots, N-1\}$ l'ensemble des indices de toutes les porteuses (porteuses de données et porteuses pilotes), $R_d = \{0, \dots, N_d-1\} \subset R$ celui des porteuses de données et
 20 $R_p = \{0, \dots, N_p-1\} \subset R$ celui des sous-porteuses pilotes. On a donc $N = N_d + N_p$.

Par ailleurs, on définit le sous-ensemble des sous-porteuses pilotes dédiées simultanément à la réduction du PAPR et à l'estimation de canal par les indices de R_r tel que $R_r = \{0, \dots, N_r-1\} \subset R_p$.

L'étape 21 consiste à minimiser le $PAPR(x+c)$ sous la contrainte que le signal temporel c ,
 25 ou bien l'information fréquentielle C soient optimisés de manière à pouvoir être détectés « aveuglément » à la réception. Plus précisément, cette étape consiste à résoudre le problème d'optimisation convexe suivant :

Minimiser β

$$\begin{aligned} \text{sous contrainte } \|x_n + q_{n,L}^{row} C\| &\leq \beta, & 0 \leq n \leq NL - 1 & \quad (7) \\ \|C_k\| &\leq \sqrt{\Gamma_{\max}}, & k \in R_r & \\ C_{k+1} &= f(C_k), & k \in R_r, & \end{aligned}$$

où la fonction $f(.)$ définit une loi déterministe, et $\Gamma_{\max} = 10 \text{ dB}$.

- 5 Selon un mode de réalisation, la technique d'optimisation met en œuvre un algorithme d'optimisation convexe de type SOCP (de l'anglais « *Second Order Cone Programming* »). Les outils de simulation Yalmip et Tomlab sont par exemple (de manière non limitative) des outils que l'on peut utiliser sous le logiciel Matlab (marque déposée).

Cet algorithme met en œuvre les sous-étapes suivantes :

- 10 - une sous-étape de calcul d'un paramètre de correction initial C_0 appliqué à la première sous-porteuse pilote dédiée à l'estimation de canal P_0 de N_r selon l'axe fréquentiel dudit sous-ensemble desdites sous-porteuses pilotes dédiées à l'estimation du canal, et/ou
- une sous-étape de calcul d'un paramètre de transition Δ , définissant la valeur de transition d'une sous-porteuse pilote dédiée à l'estimation de canal P_i à la sous-porteuse pilote dédiée à l'estimation de canal suivante P_{i+1} selon l'axe fréquentiel dudit sous-ensemble desdites sous-porteuses pilotes dédiées à l'estimation du canal,
- 15 ledit paramètre de correction initiale C_0 et ledit paramètre de transition Δ , étant choisis de façon à minimiser le PAPR,
- 20 - une sous-étape d'obtention desdites données de correction, l'ensemble des C_k , à partir dudit paramètre de correction initiale C_0 et dudit paramètre de transition Δ , de façon à ce que lesdites données de correction prennent au moins trois valeurs distinctes, la transition Δ entre les valeurs de deux sous-porteuses pilotes dédiées à l'estimation de canal successives selon l'axe fréquentiel étant constante.
- 25

La modification des porteuses pilotes visant à réduire le PAPR est ensuite effectuée (22) et consiste à affecter aux porteuses pilotes dudit sous-ensemble desdites sous-porteuses pilotes dédiées à l'estimation du canal, les données de correction pouvant réduire le PAPR. L'opération s'effectue sous forme d'ajout de signal dans le domaine temporel.

La figure 2B décrit la mise en œuvre de l'étape 21 selon deux modes indépendants de réalisation particuliers.

En effet, la transition entre deux desdites sous-porteuses pilotes dédiées à l'estimation de canal successives selon l'axe fréquentiel est constante et met en œuvre la fonction $f(.)$ définissant une loi déterministe de transition appartenant au groupe comprenant :

- les lois de transition multiplicative,
- les lois de transition additive.

Il est également possible de mettre en œuvre une loi de transition sous la forme d'une combinaison de lois de transition multiplicative et/ou additive.

Une étape 210 est préalablement mise en œuvre, déterminant ladite loi de transition appliquée pour un symbole de donnée ou une série de symboles de donnée.

Selon un mode de réalisation préférentiel, l'émetteur et le récepteur peuvent fonctionner avec une unique loi de transition prédéterminée (additive ou multiplicative pour l'ensemble des symboles), ne nécessitant pas la transmission d'information supplémentaire.

L'étape 210 délivre de manière facultative 211 une information binaire de choix I_b qui pourra être transmise au sein du signal, selon le mode de réalisation particulier représenté sur la figure 2B.

4.2 Description d'un mode de réalisation particulier mettant en œuvre une loi de transition multiplicative.

On décrit ci-après un mode de réalisation particulier de l'invention mettant en œuvre une loi de transition multiplicative. Selon ce mode de réalisation, la fonction $f(.)$ (équation (7)), définit une relation entre les données de correction C_k appliquées aux sous porteuses pilotes dédiées à l'estimation de canal, telle que :

$$C_{k+1} = C_k \times \Delta, \quad k \in R_r \quad (8)$$

Le problème d'optimisation représenté par l'équation (7) devient alors :

$$\begin{aligned} & \text{Minimiser} && \beta \\ \text{sous contrainte} & \left\| x_n + q_{n,L}^{row} C \right\| \leq \beta, && 0 \leq n \leq NL - 1 \\ & \left\| C_k \right\| \leq \sqrt{\Gamma_{\max}}, && k \in R_r \\ & C_{k+1} = C_k \times \Delta, && k \in R_r, \end{aligned} \quad (9)$$

Ainsi en relation avec la figure 2B, une fois le choix 210 de la loi de transition multiplicative effectuée, l'algorithme d'optimisation est mis en œuvre (212).

L'algorithme calcule et délivre 214 le paramètre de correction initial C_0 appliqué à la première sous-porteuse pilote dédiée à l'estimation de canal P_0 de N_r selon l'axe fréquentiel dudit sous-ensemble desdites sous-porteuses pilotes dédiées à l'estimation de canal d'une part, et calcule et délivre 215 le paramètre de transition Δ , définissant la valeur de transition d'une sous-porteuse pilote dédiée à l'estimation de canal P_i à la sous-porteuse pilote dédiée à l'estimation de canal suivante P_{i+1} selon l'axe fréquentiel dudit sous-ensemble desdites sous-porteuses pilotes dédiées à l'estimation de canal d'autre part.

Une fois ces deux paramètres de correction obtenus, l'ensemble des C_k est calculé 218, ce qui marque la fin de l'étape de détermination des paramètres de correction 21.

La modification des porteuses pilotes dédiées à l'estimation de canal visant à réduire le PAPR est ensuite effectuée (22).

La variable de transition Δ est constante pour un symbole OFDM donné et peut représenter une variation appartenant au groupe :

- variation d'amplitude ;
- variation de phase ;
- variation de phase et d'amplitude.

4.3 Description d'un mode de réalisation particulier mettant en œuvre une loi de transition additive.

On décrit ci-après un mode de réalisation particulier de l'invention mettant en œuvre une loi de transition additive. Selon ce mode de réalisation, la fonction $f(.)$ (équation (7)), définit une relation entre les données de correction C_k appliquées aux sous porteuses pilotes dédiées à l'estimation de canal, telle que :

$$C_{k+1} = C_k + \Delta, \quad k \in R_r \quad (8 \text{ bis})$$

Le problème d'optimisation représenté par l'équation (7) devient alors :

$$\begin{aligned} & \text{Minimiser} && \beta \\ \text{sous contrainte} & \left\| x_n + q_{n,L}^{row} C \right\| \leq \beta, && 0 \leq n \leq NL - 1 && (9 \text{ bis}) \\ & \left\| C_k \right\| \leq \sqrt{\Gamma}, && k \in R_r \end{aligned}$$

$$C_{k+1} = C_k + \Delta, k \in R_r,$$

Ainsi en relation avec la figure 2B, une fois le choix 210 de la loi de transition additive effectuée, l'algorithme d'optimisation est mis en œuvre (213).

L'algorithme calcule et délivre 216 le paramètre de correction initial C_0 appliqué à la
 5 première sous-porteuse pilote dédiée à l'estimation de canal P_0 de N_r selon l'axe fréquentiel dudit sous-ensemble desdites sous-porteuses pilotes dédiées à l'estimation de canal d'une part, et calcule et délivre 217 le paramètre de transition Δ , définissant la valeur de transition d'une sous-porteuse pilote dédiée à l'estimation de canal P_i à la sous-porteuse pilote dédiée à l'estimation de canal suivante P_{i+1} selon l'axe fréquentiel dudit sous-ensemble desdites sous-porteuses pilotes dédiées à
 10 l'estimation de canal d'autre part.

Une fois ces deux paramètres de correction obtenus, l'ensemble des C_k est calculé 219, ce qui marque la fin de l'étape de détermination des paramètres de correction 21.

La modification des porteuses pilotes dédiées à l'estimation de canal visant à réduire le PAPR est ensuite effectuée (22).

15 *4.4 Description d'autres variantes de réalisation du procédé de transmission.*

D'autres variantes peuvent être mises en œuvre, par exemple on peut considérer que l'un des paramètres de correction (C_0 ou Δ) est fixé avant de lancer l'algorithme d'optimisation.

Par ailleurs, il est également possible de mettre en œuvre une loi de transition sous la forme d'une combinaison de lois de transition multiplicative et/ou additive.

20 Par ailleurs, une autre variante consiste à imposer une contrainte supplémentaire au problème d'optimisation de manière à ce que lesdites données de correction, ledit paramètre de correction initiale et/ou ledit paramètre de transition soient définis avec un pas prédéterminé et/ou choisi parmi un ensemble de valeurs prédéterminées.

Par exemple, si l'on considère des données de correction de la phase desdites sous-
 25 porteuses pilotes dédiées à l'estimation de canal, on peut envisager un ensemble de valeurs de correction discrètes variant de 5° en 5° , ou encore que cet ensemble est choisi dans un ensemble de valeurs entières.

L'annexe A, qui fait partie intégrante de la présente description, propose un exemple pratique de mode de réalisation de l'invention selon que l'on choisit une loi de transition additive

ou multiplicative, et que l'on fixe ou non l'un des paramètres de correction. Dans chacun des cas illustrés, au moins trois valeurs distinctes de C_k sont obtenues.

4.5 Description du signal selon l'invention

La figure 3 illustre un exemple de trame 30 du signal multiporteuse transmis selon un mode de réalisation particulier de l'invention. Une telle trame comprend un ou plusieurs en-tête 31 contenant des informations connues du récepteur et de l'émetteur (par exemple de taille équivalente à 2 symboles) et des symboles multiporteuse 33. Ces symboles utiles 33 sont chacun précédés d'un intervalle de garde 32.

Ainsi :

- 10 - à un instant t , le premier symbole de l'en-tête 31 est émis, puis
 - à un instant $t + T_0$, le deuxième symbole de l'en-tête 31 est émis, puis
 - à un instant $t + 2T_0$, le premier symbole utile 33 accompagné de l'intervalle de garde 32 est émis, puis
 - à un instant $t + 3T_0$, le deuxième symbole utile 33 accompagné de l'intervalle de garde 32
 - 15 est émis,
 - etc,
- avec T_0 la durée d'un symbole multiporteuse en sortie du modulateur.

Par ailleurs, chaque symbole multiporteuse 33 est composé d'un ensemble de sous-porteuses, l'ensemble des sous-porteuses utiles étant composé des sous-porteuses de données 35 et de sous-porteuses pilotes 36.

Selon un mode de réalisation préférentiel, non représenté sur la figure 3, l'émetteur et le récepteur peuvent fonctionner avec une unique loi de transition prédéterminée (additive ou multiplicative pour l'ensemble des symboles), ne nécessitant pas la transmission d'information supplémentaire au sein du signal.

25 De plus, selon un mode particulier de réalisation de l'invention, le symbole OFDM détaillé en figure 3 peut contenir facultativement une information binaire 34 de choix de la loi de transition choisie à l'émission.

Par ailleurs, selon des variantes de mode de réalisation, non représentées, le signal peut également contenir au moins une information appartenant au groupe comprenant :

- une information représentative dudit paramètre de correction initiale ;
- une information représentative dudit paramètre de transition ;
- une information binaire représentative du choix d'une loi de transition entre deux desdites sous-porteuses pilotes dédiées à l'estimation de canal dudit sous-ensemble.

5 Par exemple, si l'on considère le deuxième cas de l'annexe A qui utilise une loi de transition multiplicative, la transmission d'un signal contenant pour un symbole donné Δ et l'information binaire représentative du choix d'une loi de transition entre deux desdites sous-porteuses pilotes dudit sous-ensemble peut être optionnellement envisagée pour accélérer le traitement en réception.

10 Cependant, l'invention met en œuvre un procédé de réception capable d'exécuter une estimation dite « à l'aveugle » des données de correction affectées aux pilotes dédiées à l'estimation de canal.

4.6 Description du procédé de réception selon l'invention

15 La figure 4 illustre les principales étapes du procédé de réception d'un signal multiporteuse formé d'une succession temporelle de symboles multiporteuses.

Au cours d'une première étape 41, les informations modulant chacune des sous-porteuses sont extraites après une FFT et peuvent être exprimées par la relation suivante :

$$Y = \sum_{k \in R_d} H_k X_k + \sum_{k \in R_p | k \notin R_r} H_k Z_k + \sum_{k \in R_r} H_k C_k + \sum_{k \in R} W_k \quad (10)$$

20 où les $(H_k)_{k=0, \dots, N-1}$ représentent les coefficients fréquentiels du canal de transmission et les $(W_k)_{k=0, \dots, N-1}$ désignent les composantes du bruit blanc additif gaussien ou AWGN (de l'anglais « Additive White Gaussian Noise »), et $(Z_k)_{k \in R_p | k \notin R_r}$ les sous-porteuses pilotes non modifiées à l'émission.

En effectuant l'extraction des porteuses réservées à la réduction du PAPR qui sont également les porteuses pilotes dédiées à une fonction d'estimation de canal par exemple, on obtient les composantes du vecteurs Y suivantes :

$$Y_k = \sum_{k \in R_r} H_k C_k + W_k \quad (11)$$

Selon un mode de réalisation préférentiel, l'émetteur et le récepteur peuvent fonctionner avec une unique loi de transition prédéterminée (additive ou multiplicative pour l'ensemble des

symboles), ne nécessitant pas alors l'existence de l'information binaire représentative du choix d'une loi de transition.

Selon un autre mode de réalisation, on effectue une étape de décodage facultative 410 d'au moins l'information binaire représentative du choix d'une loi de transition.

5 Ensuite, au cours d'une étape 42 d'analyse de l'ensemble des informations reçues, on détermine une estimation des données de correction appliquées à l'émission.

Pour estimer cette contrainte on effectue par exemple un calcul selon la relation suivante appliquée à une loi de transition multiplicative :

$$\sum_{k \in R_r} \frac{Y_{k+1}}{Y_k} = \frac{H_1 f(C_0)}{H_0 C_0 + W_0} + \frac{H_2 f(C_1)}{H_1 C_1 + W_1} + \dots + \frac{H_{N_r-1} f(C_{N_r-2})}{H_{N_r-2} C_{N_r-2} + W_{N_r-2}} + \sum_k \tilde{W}_k \quad (12)$$

10 où les (\tilde{W}_k) sont des composantes de bruit, on note également par la suite $\Delta = \frac{f(C_k)}{C_k}$ le

paramètre de transition.

On note $\tilde{\Delta}$ la valeur estimée de Δ , telle que :

$$\tilde{\Delta} = \Delta + \varepsilon \quad (13)$$

où ε représente l'erreur d'estimation de Δ . L'équation (12) peut alors être réécrite sous la

15 forme :

$$\sum_{k \in R_r} \frac{Y_{k+1}}{Y_k} = \frac{H_1}{H_0} \tilde{\Delta}_0 + \frac{H_2}{H_1} \tilde{\Delta}_1 + \dots + \frac{H_{N_r-1}}{H_{N_r-2}} \tilde{\Delta}_{N_r-2} + \sum_k \tilde{W}_k \quad (14)$$

On peut en déduire une valeur estimée de Δ en calculant la moyenne (420) comme suit :

$$\frac{1}{N_r - 1} \sum_{k \in R_r} \frac{Y_{k+1}}{Y_k} = \tilde{\Delta} \left(\frac{1}{N_r - 1} \sum_{k \in R_r} \frac{H_{k+1}}{H_k} \right) + \frac{1}{N_r - 1} \sum_k \tilde{W}_k \quad (15)$$

Une fois Δ estimé, les composantes C_k peuvent à leur tour être estimées (421 et 422), en utilisant

20 les relations suivantes :

$$(\tilde{C}_k)_{k=0} = \frac{\sum_{k \in R_r} Y_k}{1 + \tilde{\Delta} + \tilde{\Delta}^2 + \dots + \tilde{\Delta}^{N_r-1}} \quad (16)$$

$$(\tilde{C}_k)_{k \in R_r, k \neq 0} = \tilde{C}_{k-1} \tilde{\Delta} \quad (17)$$

Le paramètre de correction initial \tilde{C}_0 appliqué à la première sous-porteuse pilote est obtenu selon l'étape 421 mettant en œuvre l'équation (16). A partir de \tilde{C}_0 et $\tilde{\Delta}$, l'ensemble des

paramètres de correction appliqués à toutes les autres sous-porteuses pilotes $(\tilde{C}_k)_{k \in R_r, k \neq 0}$ est ensuite obtenu selon l'étape 422 mettant en œuvre l'équation (17).

Pour estimer cette contrainte on peut également effectuer un calcul selon la relation suivante appliquée à une loi de transition additive :

$$5 \quad \sum_{k \in R_r} (Y_{k+1} - Y_k) = (C_1 - C_0) + \dots + (C_{N_r-1} - C_{N_r-2}) + (W_1 - W_0) + \dots + (W_{N_r-1} - W_{N_r-2})$$

$$= (N_r - 1)\Delta + \sum_k \tilde{W}_k \quad (12 \text{ bis})$$

où les (\tilde{W}_k) sont des composantes de bruit.

On note également $\tilde{\Delta}$ la valeur estimée de Δ , telle que :

$$\tilde{\Delta} = \Delta + \varepsilon \quad (13 \text{ bis})$$

10 où ε représente l'erreur d'estimation de Δ . On peut en déduire une valeur estimée de Δ en calculant la moyenne (420), l'équation (12 bis) peut alors être réécrite sous la forme :

$$\Delta \approx \tilde{\Delta} = \frac{1}{N_r - 1} \left(\sum_{k \in R_r} (Y_{k+1} - Y_k) \right) \quad (15 \text{ bis})$$

On peut écrire cette relation si la moyenne des composantes du bruit tend vers zéro, c'est-à-dire si

$$\frac{1}{N_r - 1} \left(\sum_k \tilde{W}_k \right) \approx 0.$$

15 Une fois Δ estimé, les composantes C_k peuvent à leur tour être estimées (421 et 422), en utilisant les relations suivantes :

$$\tilde{C}_0 = \frac{\left(\sum_{k \in R_r} Y_k \right) - \tilde{\Delta} \sum_{k=1}^{N_r-1} k}{N_r} \quad (16 \text{ bis})$$

$$\tilde{C}_k = \tilde{C}_{k-1} + \tilde{\Delta} \quad \forall k \in R_r, k \neq 0 \quad (17 \text{ bis})$$

20 Le paramètre de correction initial \tilde{C}_0 appliqué à la première sous-porteuse pilote est obtenu selon l'étape 421 mettant en œuvre l'équation (16 bis). A partir de \tilde{C}_0 et $\tilde{\Delta}$, l'ensemble des paramètres de correction appliqués à toutes les autres sous-porteuses pilotes $(\tilde{C}_k)_{k \in R_r, k \neq 0}$ est ensuite obtenu selon l'étape 422 mettant en œuvre l'équation (17 bis).

25 Une fois ces paramètres obtenus on peut appliquer une technique d'estimation de canal 43 en utilisant les $(\tilde{C}_k)_{k \in R_r, k \neq 0}$ et l'équation (11).

De manière optionnelle, non représentée, le procédé de réception, selon un mode de réalisation particulier, met en œuvre à la suite desdites étapes d'extraction, d'analyse, de modification et d'estimation de canal, une étape d'évaluation de l'erreur d'estimation de la modification appliquée audit sous-ensemble desdites sous-porteuses pilotes mettant en œuvre un calcul de l'erreur quadratique moyenne.

Ce mode de réalisation particulier permet essentiellement d'évaluer les performances du procédé en réception. Par ailleurs, on peut considérer la transmission d'un symbole dit « nul », afin d'évaluer la valeur exacte de la réponse fréquentielle du canal, et intégrer l'erreur d'estimation pour l'estimation de canal du symbole suivant.

L'annexe A, qui fait partie intégrante de la présente description, propose un exemple pratique de mode de réalisation de l'invention selon que l'on choisit une loi de transition additive ou multiplicative, et que l'on fixe ou non l'un des paramètres de correction. Cette annexe illustre également les étapes et les résultats obtenus à la réception.

De nombreux autres modes de réalisation, combinant différents modes de réalisations précédemment cités peuvent également être mis en œuvre selon le procédé de l'invention.

ANNEXE A

Exemples pratiques de mode de réalisation

5 *1^{er} cas : choix d'une loi de transition additive : on considère que Δ et les C_k sont tous des variables d'optimisation.*

*2^{ème} cas : choix d'une loi de transition multiplicative : on considère que Δ est fixé et égal à $e^{j2\pi/(2*Nb_p)}$ où Nb_p est le nombre de porteuses pilotes dédiées à la réduction du PAPR et dédiées à l'estimation de canal (ici par exemple 8) et seuls les C_k sont des variables d'optimisation.*

10 *1^{er} cas : la loi de transition additive mise en œuvre pour deux symboles multiporteuse (OFDM)*

Paramètres de simulation

=====

Canal de type AWGN (canal à bruit blanc gaussien)

Modulation : 16QAM

15 L : 4

Mode FFT : 2 k

Intervalle de Garde : 1/4

Nombre de sous-porteuses de données : 1512

Γ_{max} : 10 dB

20 Modèle de l'amplificateur : SSPA : p=100, IBO=8.50 dB

Rapport signal sur bruit Eb/N0 : 7 dB

Symbole 1

A l'émission,

25 =====

Index de 8 sous-porteuses pilotes dédiés à la réduction du PAPR :

828 840 852 864 876 900 912 924

Valeur des données de correction C_k obtenues pour chaque sous-porteuse pilote dédiée à l'estimation de canal =

-1.0924 - 2.6039i
 -0.6897 - 1.5143i
 5 -0.2870 - 0.4248i
 0.1157 + 0.6648i
 0.5184 + 1.7544i
 0.9211 + 2.8440i
 1.3237 + 3.9336i
 10 1.7264 + 5.0232i

$$\Delta = 0.4027 + 1.0896i$$

PAPR du signal avant correction = 9.9245 dB

PAPR du signal après correction selon le procédé de l'invention = 8.6922 dB

15

A la réception,

=====

$$\tilde{\Delta} = 0.4088 + 1.1122i$$

$$\tilde{C}_k =$$

20 -1.1165 - 2.7549i
 -0.7076 - 1.6427i
 -0.2988 - 0.5305i
 0.1100 + 0.5817i
 0.5189 + 1.6939i
 25 0.9277 + 2.8061i
 1.3365 + 3.9183i
 1.7454 + 5.0304i

$$\varepsilon \text{ (erreur d'estimation de } \Delta \text{ telle que } \varepsilon = \Delta - \tilde{\Delta} \text{)} = -0.0061 - 0.0226i$$

$|e|^2$ (erreur quadratique moyenne) = 5.4797e-004

Symbole 2

A l'émission,

5 =====

Index de 8 sous-porteuses pilotes dédiés à la réduction du PAPR :

828 840 852 864 876 900 912 924

Valeur des données de correction C_k obtenues pour chaque sous-porteuse pilote dédiée à

10 l'estimation de canal =

-1.0526 - 0.2000i

-1.0982 - 0.7397i

-1.1439 - 1.2794i

-1.1895 - 1.8191i

15 -1.2351 - 2.3589i

-1.2807 - 2.8986i

-1.3263 - 3.4383i

-1.3719 - 3.9780i

20 $\Delta = -0.0456 - 0.5397i$

PAPR du signal avant correction = 9.4141 dB

PAPR du signal après correction selon le procédé de l'invention = 8.0749 dB

A la réception,

25 =====

$\tilde{\Delta} = -0.0524 - 0.5338i$

$\tilde{C}_k =$

-1.0605 - 0.2518i

-1.1129 - 0.7856i

-1.1653 - 1.3194i

-1.2177 - 1.8532i

-1.2701 - 2.3870i

-1.3225 - 2.9208i

5 -1.3749 - 3.4546i

-1.4273 - 3.9884i

ε (erreur d'estimation de Δ telle que $\varepsilon = \Delta - \tilde{\Delta}$) = 0.0068 - 0.0059i

$|\varepsilon|^2$ (erreur quadratique moyenne) = 8.1050e-005

10

2^{ème} cas : la loi de transition multiplicative mise en œuvre pour deux symboles multiporteuse

*(OFDM), avec Δ est fixé et égal à $e^{j2\pi/(2*8)}$*

Paramètres de simulation

15

=====
Canal de type AWGN (canal à bruit blanc gaussien)

Modulation : 16QAM

L : 4

Mode FFT : 2 k

20

Intervalle de Garde : 1/4

Nombre de sous-porteuses de données : 1512

Γ_{\max} : 10 dB

Modèle de l'amplificateur : SSPA : p=100, IBO=8.50 dB

Rapport signal sur bruit Eb/N0 : 7 dB

25

Symbole 1

A l'émission,

=====

Index de 8 sous-porteuses pilotes dédiés à la réduction du PAPR :

828 840 852 864 876 900 912 924

 Valeur des données de correction C_k obtenues pour chaque sous-porteuse pilote dédiée à

l'estimation de canal =

- 5 -2.4861 + 1.8234i
- 2.7941 + 1.3033i
- 2.9947 + 0.7332i
- 3.0802 + 0.1349i
- 3.0473 - 0.4686i
- 10 -2.8973 - 1.0541i
- 2.6360 - 1.5991i
- 2.2734 - 2.0826i

Δ (fixé à l'émission) = 0.9808 + 0.1951i

- 15 PAPR du signal avant correction = 10.2969 dB
- PAPR du signal après correction selon le procédé de l'invention = 9.2792 dB

A la réception,

- =====
- 20 $\tilde{\Delta}$ (le récepteur ne le connaissant pas, il le retrouve par moyennage)= 0.9762 + 0.1974i
 - \tilde{C}_k =
 - 2.5136 + 1.8617i
 - 2.8212 + 1.3212i
 - 3.0148 + 0.7329i
 - 25 -3.0876 + 0.1204i
 - 3.0378 - 0.4919i
 - 2.8684 - 1.0798i
 - 2.5869 - 1.6203i
 - 2.2055 - 2.0923i

ε (erreur d'estimation de Δ telle que $\varepsilon = \Delta - \tilde{\Delta}$) = 0.0046 - 0.0023i

$|\varepsilon|^2$ (erreur quadratique moyenne) = 2.6450e-005

5

Symbole 2

A l'émission,

=====

Index de 8 sous-porteuses pilotes dédiés à la réduction du PAPR :

10 828 840 852 864 876 900 912 924

Valeur des données de correction C_k obtenues pour chaque sous-porteuse pilote dédiée à

l'estimation de canal =

1.7448 + 0.9890i

15 1.5183 + 1.3104i

1.2335 + 1.5814i

0.9013 + 1.7917i

0.5344 + 1.9331i

0.1470 + 2.0002i

20 -0.2460 + 1.9904i

-0.6296 + 1.9042i

Δ (fixé à l'émission) = 0.9808 + 0.1951i

PAPR du signal avant correction = 9.7290 dB

25 PAPR du signal après correction selon le procédé de l'invention = 8.9491 dB

A la réception,

=====

$\tilde{\Delta}$ (le récepteur ne le connaissant pas, il le retrouve par moyennage)= $0.9681 + 0.2029i$

$\tilde{C}_k =$

$$1.8883 + 0.8936i$$

$$1.6468 + 1.2481i$$

5 $1.3410 + 1.5423i$

$$0.9853 + 1.7651i$$

$$0.5958 + 1.9086i$$

$$0.1896 + 1.9685i$$

$$-0.2158 + 1.9441i$$

10 $-0.6033 + 1.8382i$

ε (erreur d'estimation de Δ telle que $\varepsilon = \Delta - \tilde{\Delta}$) = $0.0127 - 0.0078i$

$|\varepsilon|^2$ (erreur quadratique moyenne) = $2.2213e-004$

REVENDICATIONS

1. Procédé de transmission multiporteuse d'un signal représentatif d'un signal source, comprenant des symboles (33) constitués d'un ensemble de sous-porteuses, destinées à être émises
5 simultanément et comprenant des sous-porteuses pilotes dédiées à au moins un traitement d'aide au et/ou d'amélioration du décodage dans au moins un récepteur, et des sous-porteuses de données, l'emplacement dans l'espace temps-fréquence et une valeur de référence desdites sous-porteuses pilotes étant connus du ou des récepteurs, caractérisé en ce que le procédé comprend une phase de modification (20), pour un symbole donné
10 (33), de la valeur de référence d'au moins un sous-ensemble desdites sous-porteuses pilotes, à l'aide d'une donnée de correction de la phase et/ou de l'amplitude pour chacune desdites sous-porteuses pilotes dudit sous-ensemble, de façon à minimiser le rapport puissance crête à puissance moyenne, lesdites données de correction prenant au moins trois valeurs distinctes, la transition entre les
15 valeurs de deux sous-porteuses pilotes successives dudit sous-ensemble selon l'axe fréquentiel étant constante.
2. Procédé de transmission selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit sous-ensemble desdites sous-porteuses pilotes comprend des sous-porteuses pilotes appartenant à au moins une des catégories suivantes :
- 20
- sous-porteuses pilotes dédiées à la synchronisation ;
 - sous-porteuses pilotes dédiées à l'estimation de canal ;
 - sous-porteuses de signalisation, contenant des informations relatives notamment au type de modulation, au mode de transmission et/ou au rendement de codage.
3. Procédé de transmission selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'au moins certaines
25 desdites sous-porteuses pilotes sont dédiées à l'estimation de canal, et en ce qu'il met en œuvre les étapes suivantes :
- détermination (21) desdites données de correction, comprenant au moins pour un symbole donné :

- une sous-étape de calcul d'un paramètre de correction initial (214, 216) appliqué à une première sous-porteuse pilote dédiée à l'estimation de canal P_0 selon l'axe fréquentiel dudit sous-ensemble desdites sous-porteuses pilotes dédiées à l'estimation de canal, et/ou
- 5 - une sous-étape de calcul d'un paramètre de transition (215, 217) définissant la valeur de transition d'une sous-porteuse pilote dédiée à l'estimation de canal P_i à la sous-porteuse pilote dédiée à l'estimation de canal suivante P_{i+1} selon l'axe fréquentiel dudit sous-ensemble desdites sous-porteuses pilotes dédiées à l'estimation de canal,
- 10 ledit paramètre de correction initiale et ledit paramètre de transition étant choisis de façon à minimiser le rapport puissance crête à puissance moyenne,
- une sous-étape d'obtention desdites données de correction (218, 219) à partir dudit paramètre de correction initiale et dudit paramètre de transition ;
- modification (22) de la valeur de référence desdites sous-porteuses pilotes dédiées à l'estimation de canal en fonction desdites données de correction, fournissant des valeurs corrigées destinées à moduler lesdites sous-porteuses pilotes, dédiées à l'estimation de canal, dudit sous-ensemble.
- 15
- 4. Procédé de transmission selon la revendication 3, caractérisé en ce que ladite sous-étape d'obtention détermine lesdites données de correction en fonction dudit paramètre de correction
- 20 initiale pour la sous-porteuse pilote dédiée à l'estimation de canal de fréquence la plus faible, et en fonction de la modification appliquée à la sous-porteuse pilote dédiée à l'estimation de canal précédente selon l'axe des fréquences et dudit paramètre de transition, pour les autres sous-porteuses pilotes dédiées à l'estimation de canal.
- 5. Procédé de transmission selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce
- 25 que lesdites données de correction, ledit paramètre de correction initiale et/ou ledit paramètre de transition sont définis avec un pas prédéterminé et/ou choisi parmi un ensemble de valeurs prédéterminées.
- 6. Procédé de transmission selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que ladite transition entre deux desdites sous-porteuses pilotes dédiées à l'estimation du canal met

en œuvre une loi de transition appartenant au groupe comprenant :

- les lois de transition multiplicative,
- les lois de transition additive.

7. Procédé de transmission selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'il met en œuvre une
- 5 étape préalable (210) de choix de ladite loi de transition, pour un symbole donné ou une série de symboles donnée.
8. Procédé de transmission selon la revendication 7, caractérisé en ce que ladite étape préalable de choix de ladite loi de transition délivre (211) une information binaire de choix, et caractérisé en ce qu'il met en œuvre une étape de transmission de ladite information de choix.
- 10 9. Procédé de transmission selon l'une quelconque des revendications 6 à 8, caractérisé en ce qu'une loi de transition multiplicative détermine la modification à appliquer à ladite sous-porteuse pilote dédiée à l'estimation de canal P_{i+1} par multiplication d'un paramètre de correction C_i appliqué à ladite précédente sous-porteuse pilote dédiée à l'estimation de canal P_i selon l'axe fréquentiel par ledit paramètre de transition.
- 15 10. Procédé de transmission selon l'une quelconque des revendications 6 à 8, caractérisé en ce qu'une loi de transition additive détermine la modification à appliquer à ladite sous-porteuse pilote dédiée à l'estimation de canal P_{i+1} par addition d'un paramètre de correction C_i appliqué à ladite précédente sous-porteuse pilote dédiée à l'estimation de canal P_i selon l'axe fréquentiel par ledit paramètre de transition.
- 20 11. Dispositif de transmission multiporteuse d'un signal représentatif d'un signal source, comprenant des symboles constitués d'un ensemble de sous-porteuses, destinées à être émises simultanément et comprenant des sous-porteuses pilotes dédiées à au moins un traitement d'aide au et/ou d'amélioration du décodage dans au moins un récepteur et des sous-porteuses de données, l'emplacement dans l'espace temps-fréquence et une valeur de référence desdites sous-porteuses
- 25 pilotes étant connus du ou des récepteurs, caractérisé en ce que le dispositif comprend des moyens de modification, pour un symbole donné, de la valeur de référence d'au moins un sous-ensemble desdites sous-porteuses pilotes, à l'aide d'une donnée de correction de la phase et/ou de l'amplitude pour chacune desdites sous-porteuses pilotes dudit sous-ensemble, de façon à minimiser le rapport puissance crête à puissance moyenne,

lesdites données de correction prenant au moins trois valeurs distinctes, la transition entre les valeurs de deux sous-porteuses pilotes successives dudit sous-ensemble selon l'axe fréquentiel étant constante.

12. Signal multiporteuse obtenu par le procédé de transmission selon l'une quelconque des revendications 2 à 10, comprenant des symboles (33) constitués d'un ensemble de sous-porteuses, destinées à être émises simultanément et comprenant des sous-porteuses pilotes dédiées à au moins un traitement d'aide au et/ou d'amélioration du décodage dans au moins un récepteur et des sous-porteuses de données, l'emplacement dans l'espace temps-fréquence et une valeur de référence desdites sous-porteuses pilotes étant connus du ou des récepteurs, caractérisé en ce que, pour un symbole donné (33), la valeur de référence d'au moins un sous-ensemble de sous-porteuses pilotes dédiées à l'estimation de canal est modifiée, à l'aide d'un paramètre de correction de la phase et/ou de l'amplitude de chacune desdites sous-porteuses pilotes dudit sous-ensemble, de façon à minimiser le rapport puissance crête à puissance moyenne, lesdits paramètres de correction prenant au moins trois valeurs distinctes, la transition entre les valeurs de deux sous-porteuses pilotes successives dudit sous-ensemble selon l'axe fréquentiel étant constante.

13. Signal selon la revendication 12, caractérisé en ce qu'il comprend au moins une information d'aide à la réception, parmi les informations appartenant au groupe comprenant :
- une information représentative dudit paramètre de correction initiale ;
 - une information représentative dudit paramètre de transition ;
 - une information binaire représentative du choix d'une loi de transition entre deux desdites sous-porteuses pilotes dédiées à l'estimation de canal dudit sous-ensemble.

14. Produit programme d'ordinateur téléchargeable depuis un réseau de communication et/ou enregistré sur un support lisible par ordinateur et/ou exécutable par un processeur, caractérisé en ce qu'il comprend des instructions de code de programme pour la mise en œuvre du procédé de transmission selon l'une au moins des revendications 1 à 10, lorsqu'il est exécuté sur un ordinateur.

15. Procédé de réception d'un signal selon l'une quelconque des revendications 12 et 13, émis par au moins un émetteur via un canal de transmission,

ledit signal étant formé d'une succession temporelle de symboles constitués d'un ensemble de sous-porteuses, destinées à être émises simultanément et comprenant des sous-porteuses pilotes dédiées à au moins un traitement d'aide au et/ou d'amélioration du décodage dans au moins un récepteur et des sous-porteuses de données,

5 l'emplacement dans l'espace temps-fréquence et une valeur de référence desdites sous-porteuses pilotes étant connus du ou des récepteurs,

la valeur de référence d'au moins un sous-ensemble desdites sous-porteuses pilotes dédiées à l'estimation de canal étant modifiée, pour un symbole donné, à l'aide d'un paramètre de correction de la phase et/ou de l'amplitude de chacune desdites sous-porteuses pilotes dudit sous-ensemble, de

10 façon à minimiser le rapport puissance crête à puissance moyenne,

lesdits paramètres de correction prenant au moins trois valeurs distinctes, la transition entre les valeurs de deux sous-porteuses pilotes successives dudit sous-ensemble selon l'axe fréquentiel étant constante,

caractérisé en ce qu'il met en œuvre les étapes suivantes :

- 15 - extraction (41) des informations reçues modulant chacune des sous-porteuses dudit sous-ensemble de sous-porteuses ;
- analyse (42) de l'ensemble desdites informations reçues, de façon à déterminer une estimation desdites données de correction ;
- estimation (43) du canal de transmission à partir desdites données de correction.

20 16. Procédé de réception selon la revendication 15, caractérisé en ce que ladite étape d'analyse comprend :

- une étape de détermination (421) d'un paramètre de transition définissant la valeur de transition d'une sous-porteuse pilote dédiée à l'estimation de canal P_i à la sous-porteuse pilote dédiée à l'estimation de canal suivante P_{i+1} selon l'axe fréquentiel dudit sous-ensemble desdites sous-porteuses pilotes dédiées à l'estimation de canal, par analyse de
- 25 l'ensemble des transitions ; et/ou
- une étape de détermination (422) d'un paramètre de correction initiale C_0 appliqué à la première sous-porteuse pilote dédiée à l'estimation de canal P_0 selon l'axe fréquentiel dudit sous-ensemble desdites sous-porteuses pilotes dédiées à l'estimation de canal, en fonction

de la valeur d'au moins une des dites sous-porteuses pilotes dudit sous-ensemble des dites sous-porteuses pilotes dédiées à l'estimation de canal et du paramètre de transition ;

- une étape de détermination (423) des paramètres de correction appliqués à toutes les autres sous-porteuses pilotes dédiées à l'estimation de canal $P_i, i \neq 0$ selon l'axe fréquentiel dudit sous-ensemble des dites sous-porteuses pilotes dédiées à l'estimation de canal, en fonction de la valeur du paramètre de correction initiale C_0 appliqué à la première sous-porteuse pilote dédiée à l'estimation de canal P_0 et de celle du paramètre de transition.

17. Procédé de réception selon la revendication 16, caractérisé en ce qu'au moins une des dites étape de détermination met en œuvre un moyennage.

10 18. Procédé de réception selon l'une quelconque des revendications 16 et 17, caractérisé en ce que, pour au moins une des dites étape de détermination, ledit paramètre de correction initiale et/ou ledit paramètre de transition est défini avec un pas prédéterminé et/ou choisi parmi un ensemble de valeurs prédéterminées.

15 19. Procédé de réception selon l'une quelconque des revendications 15 à 18, caractérisé en ce qu'il comprend une étape préalable de décodage d'au moins une des informations appartenant au groupe comprenant :

- une information représentative dudit paramètre de correction initiale ;
- une information représentative dudit paramètre de transition ;
- une information binaire représentative du choix d'une loi de transition entre deux des dites sous-porteuses pilotes dédiées à l'estimation de canal dudit sous-ensemble.

20 20. Dispositif de réception d'un signal selon l'une quelconque des revendications 12 et 13, émis par au moins un émetteur via un canal de transmission,

ledit signal étant formé d'une succession temporelle de symboles constitués d'un ensemble de sous-porteuses, destinées à être émises simultanément et comprenant des sous-porteuses pilotes dédiées à au moins un traitement d'aide au et/ou d'amélioration du décodage dans au moins un

25 récepteur et des sous-porteuses de données, l'emplacement dans l'espace temps-fréquence et une valeur de référence des dites sous-porteuses pilotes étant connus du ou des récepteurs,

la valeur de référence d'au moins un sous-ensemble desdites sous-porteuses pilotes dédiées à l'estimation de canal étant modifiée, pour un symbole donné, à l'aide d'un paramètre de correction de la phase et/ou de l'amplitude de chacune desdites sous-porteuses pilotes dudit sous-ensemble, de façon à minimiser le rapport puissance crête à puissance moyenne,

5 lesdits paramètres de correction prenant au moins trois valeurs distinctes, la transition entre les valeurs de deux sous-porteuses pilotes successives dudit sous-ensemble selon l'axe fréquentiel étant constante,

caractérisé en ce qu'il comprend :

- 10 - des moyens d'extraction des informations reçues modulant chacune des sous-porteuses dudit sous-ensemble de porteuses ;
- des moyens d'analyse de l'ensemble desdites informations reçues, de façon à déterminer une estimation desdites données de correction ;
- des moyens d'estimation du canal de transmission à partir desdites données de correction.

21. Produit programme d'ordinateur téléchargeable depuis un réseau de communication et/ou
15 enregistré sur un support lisible par ordinateur et/ou exécutable par un processeur, caractérisé en ce qu'il comprend des instructions de code de programme pour la mise en œuvre du procédé de réception selon l'une au moins des revendications 15 à 19, lorsqu'il est exécuté sur un ordinateur.

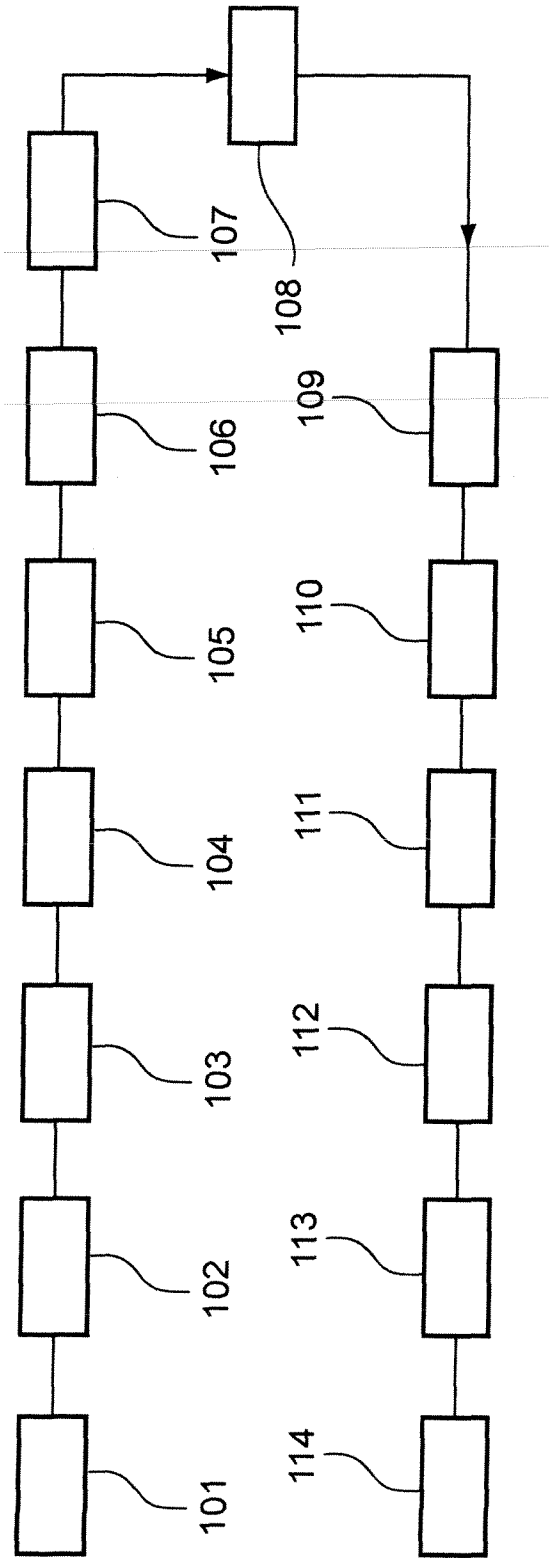


Fig. 1

2/4

Fig. 2A

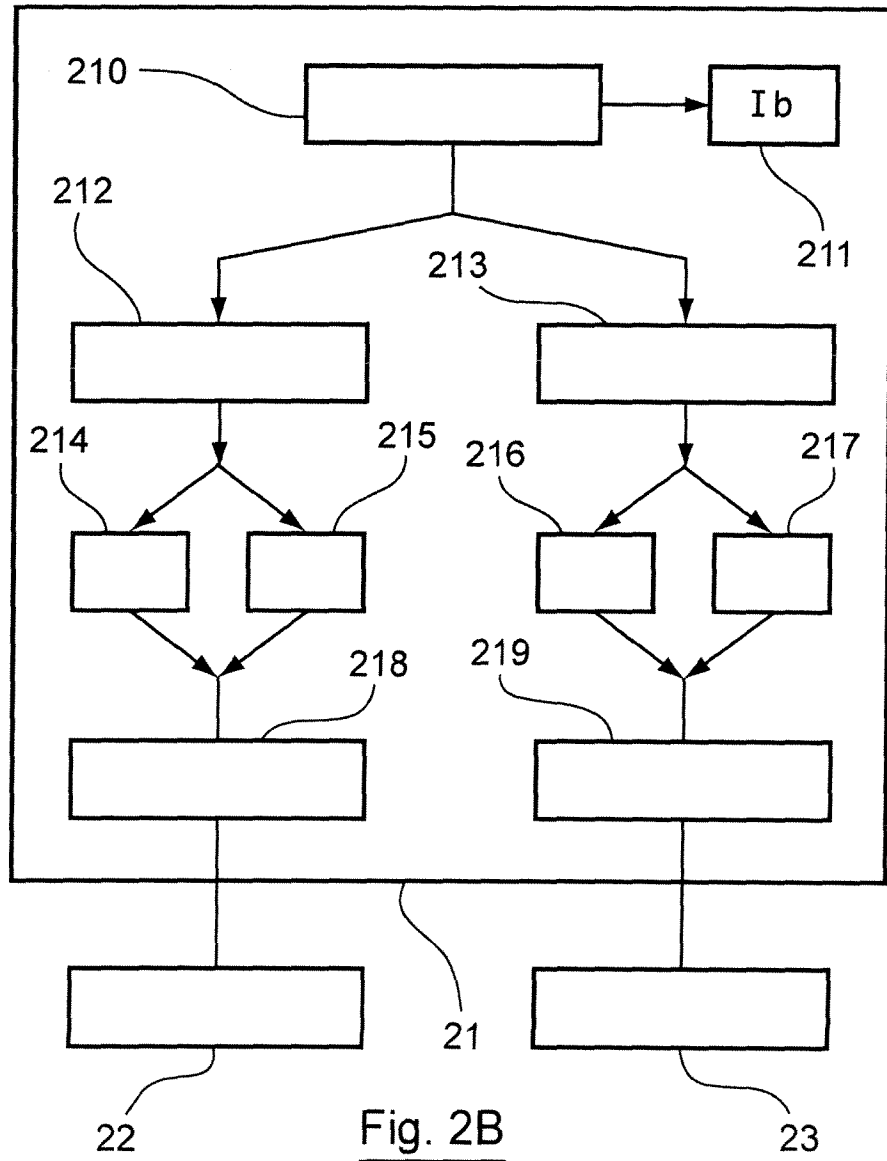
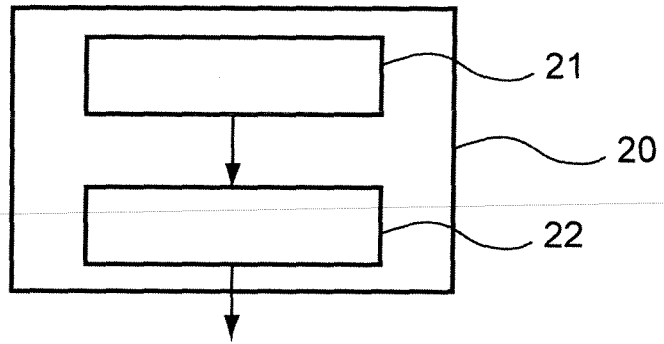


Fig. 2B

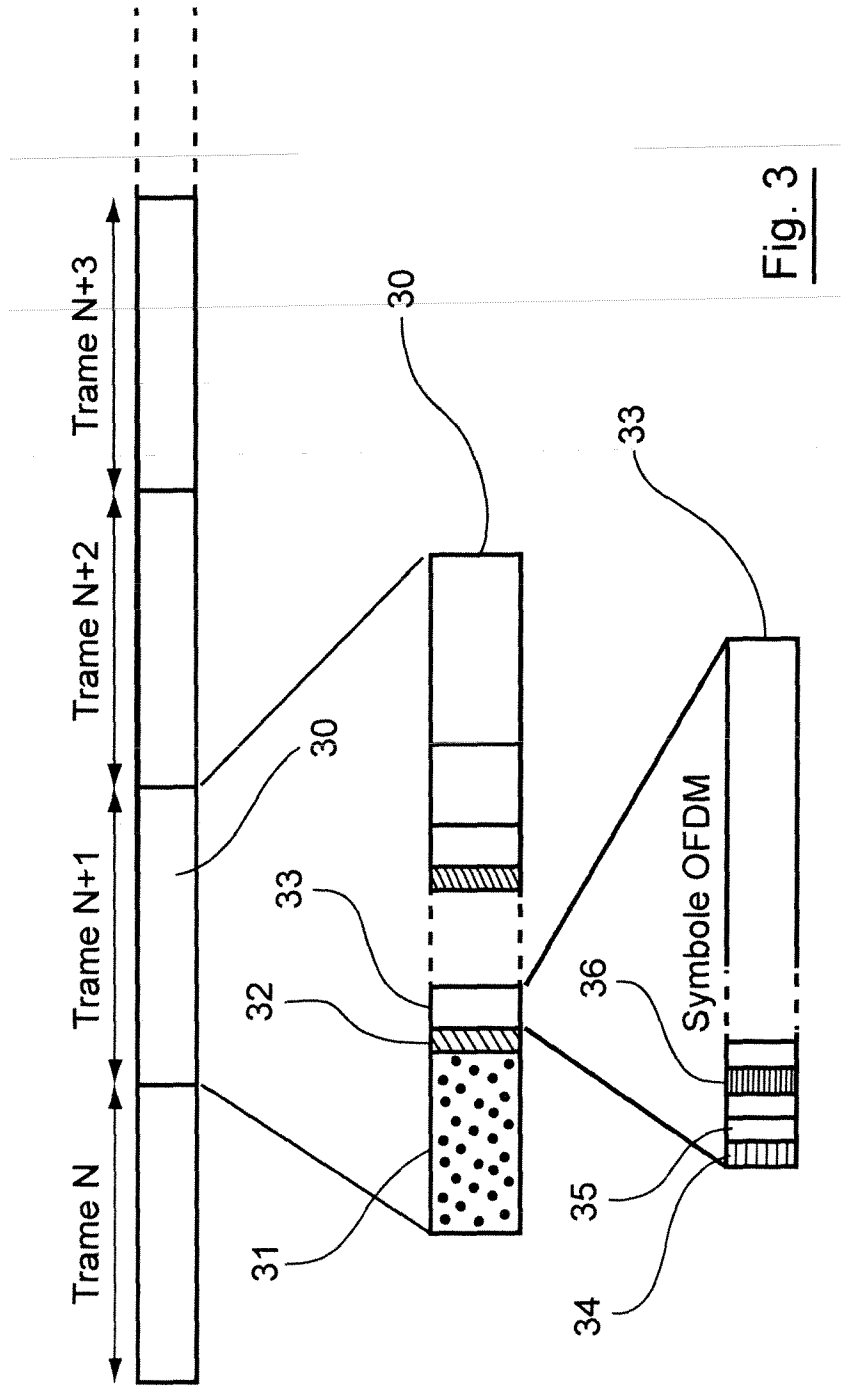


Fig. 3

4/4

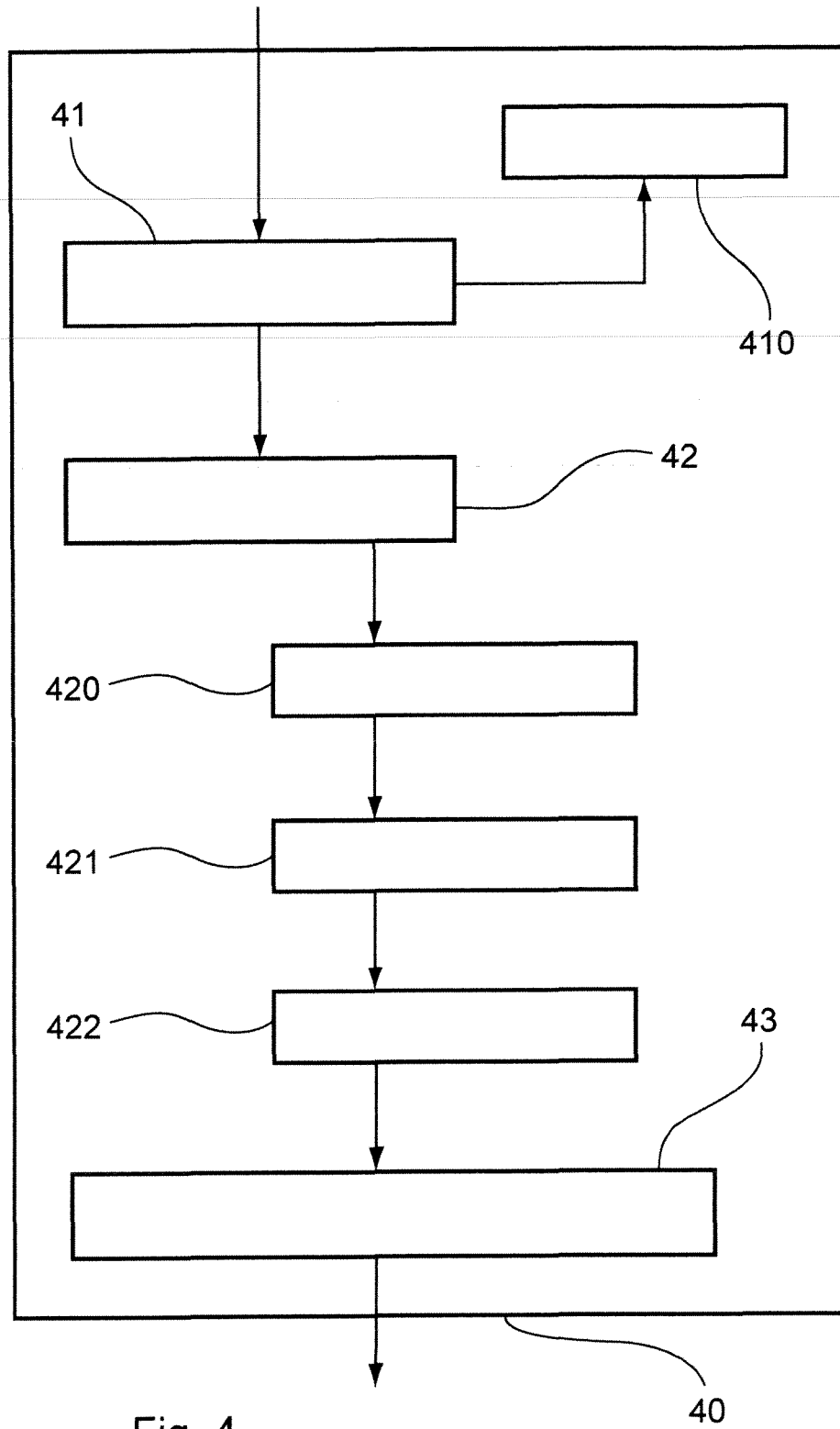


Fig. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2010/056053

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H04L27/26
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H04L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>MAHAFENO I M ET AL: "PAPR reduction method for OFDM systems using dedicated subcarriers: a proposal for the future DVB-T standard" BROADBAND MULTIMEDIA SYSTEMS AND BROADCASTING, 2008 IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, 31 March 2008 (2008-03-31), pages 1-3, XP031268626 ISBN: 978-1-4244-1648-6 page 2, paragraph 3</p> <p style="text-align: center;">----- -/--</p>	<p>1, 11, 12, 14, 15, 20, 21</p>

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

27 August 2010

Date of mailing of the international search report

03/09/2010

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Farese, Luca

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No PCT/EP2010/056053

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>YVES LOUET ET AL: "PMEPR mitigation using adjacent bands of standards under spectrum mask constraint"</p> <p>WIRELESS CONFERENCE, 2008. EW 2008. 14TH EUROPEAN, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, 22 June 2008 (2008-06-22), pages 1-4, XP031320056</p> <p>ISBN: 978-3-8007-3102-2</p> <p>Sect. III, IV</p> <p align="center">-----</p>	<p>1,11,12, 14,15, 20,21</p>

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°
PCT/EP2010/056053

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. H04L27/26 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE		
Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) H04L		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	MAHAFENO I M ET AL: "PAPR reduction method for OFDM systems using dedicated subcarriers: a proposal for the future DVB-T standard" BROADBAND MULTIMEDIA SYSTEMS AND BROADCASTING, 2008 IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, 31 mars 2008 (2008-03-31), pages 1-3, XP031268626 ISBN: 978-1-4244-1648-6 page 2, alinéa 3 <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">----- -/--</div>	1, 11, 12, 14, 15, 20, 21
<input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents <input type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités:		
"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée	"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets	
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale	
27 août 2010	03/09/2010	
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Farese, Luca

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°
PCT/EP2010/056053

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	<p>YVES LOUET ET AL: "PMEPR mitigation using adjacent bands of standards under spectrum mask constraint" WIRELESS CONFERENCE, 2008. EW 2008. 14TH EUROPEAN, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, 22 juin 2008 (2008-06-22), pages 1-4, XP031320056 ISBN: 978-3-8007-3102-2 Sect. III, IV</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	<p>1,11,12, 14,15, 20,21</p>