

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

(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international



(43) Date de la publication internationale  
25 janvier 2007 (25.01.2007)

PCT

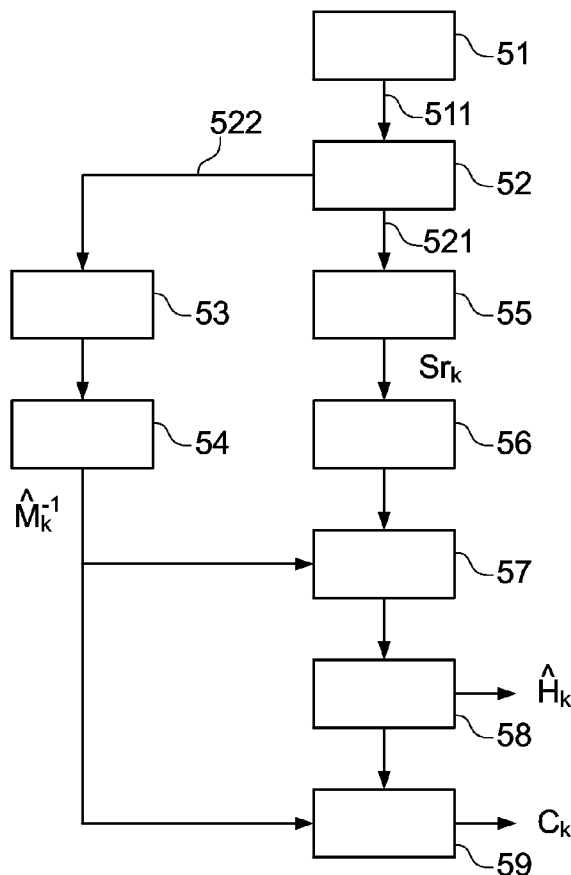
(10) Numéro de publication internationale  
**WO 2007/009864 A1**

- (51) Classification internationale des brevets :  
*H04H 1/00* (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/EP2006/063699
- (22) Date de dépôt international : 29 juin 2006 (29.06.2006)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :  
05/07857 22 juillet 2005 (22.07.2005) FR
- (71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : TDF  
[FR/FR]; 10, rue d'Oradour sur Glane, F-75732 Paris Cedex  
15 (FR).
- (72) Inventeurs; et
- (75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : JAHAN,  
Bruno [FR/FR]; 1, allée de la Rabine, F-35190 Tinteniac  
(FR). LOUIN, Pierrick [FR/FR]; 39 Square Fernand La-  
bori, F-35700 Rennes (FR). URCUN, Pierre [FR/FR]; 3,  
square Alain Fergent, F-35000 Rennes (FR).
- (74) Mandataire : BIORET, Ludovic; 16B, rue de Jouanet,  
BP 90333, F-35703 Rennes Cedex 7 (FR).
- (81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de  
protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT,  
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO,  
CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB,  
GD, GE, GH, GM, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,  
KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU,  
LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG,  
NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR RECEIVING A DIGITAL SIGNAL TRANSMITTED IN THE VICINITY OF AN ANALOG SIGNAL

(54) Titre : PROCÉDE ET DISPOSITIF DE RECEPTION D'UN SIGNAL NUMERIQUE TRANSMIS AU VOISINAGE D'UN SIGNAL ANALOGIQUE



(57) Abstract: The invention concerns a method for receiving a digital signal formed by data elements and transmitted in the vicinity of an analog signal bearing a source audio signal modulating the amplitude of an AM carrier. The invention is characterized in that said method includes a step of obtaining a masking signal representing a psychoacoustic masking curve of the source audio signal, and a step of equalizing (57) the digital signal based on the masking signal.

(57) Abrégé : L'invention concerne un procédé de réception d'un signal numérique formé d'éléments de données et transmis au voisinage d'un signal analogique portant un signal audio source modulant l'amplitude d'une porteuse AM. Selon l'invention, un tel procédé comprend une étape d'obtention d'un signal de masquage représentatif d'une courbe de masquage psycho-acoustique du signal audio source, et une étape d'égalisation (57) du signal numérique en fonction du signal de masquage.

WO 2007/009864 A1



SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,  
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA,  
GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**(84) États désignés** (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT,

**Publiée :**

— *avec rapport de recherche internationale*

*En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.*

## **Procédé et dispositif de réception d'un signal numérique transmis au voisinage d'un signal analogique.**

### **1. Domaine de l'invention**

Le domaine de l'invention est celui de la réception de signaux, qui peuvent être de type audio, émis notamment par des systèmes du type DAB (de l'anglais « Digital Audio Broadcasting » pour « radiodiffusion numérique »), ou DRM (pour « Digital Radio Mondiale »), dans des bandes de fréquences inférieures à 30 MHz.

Plus précisément, l'invention concerne la réception de signaux numériques transmis simultanément avec des signaux analogiques dans un même canal de propagation, et le traitement de ces signaux numériques dans un récepteur.

L'invention s'applique ainsi notamment, mais non exclusivement, à la réception de signaux numériques issus d'un signal « simulcast », correspondant à la diffusion simultanée, depuis le même point d'émission, d'un signal numérique de type DRM, mettant en œuvre une modulation de type OFDM, et d'un signal analogique portant un signal audio modulant l'amplitude d'une porteuse AM (« Amplitude Modulation » en anglais, « Modulation d'Amplitude » en français).

### **2. L'art antérieur**

#### **2.1. Rappel sur le principe de la modulation OFDM**

La modulation OFDM consiste à répartir dans l'espace temps/fréquence des symboles de durée  $T_u$  (dit temps-symbole utile) sur une pluralité de fréquences porteuses modulées indépendamment, par exemple en QPSK (de l'anglais « Quadrature Phase Shift Keying » pour « modulation à déplacement de phase en quadrature ») ou QAM (de l'anglais « Quadrature Amplitude Modulation » pour « Modulation d'amplitude en quadrature ») notamment à 16, 64, 256, ..., états. L'OFDM découpe ainsi le canal en cellules selon les axes du temps et des fréquences, comme illustré sur la figure 1. Chacune des porteuses est orthogonale à la précédente.

Le canal, de largeur prédéterminée, est décomposé en une suite de sous-bandes de fréquence et d'une suite de segments temporels (encore appelés intervalles de temps).

A chaque cellule temps/fréquence est attribuée une porteuse dédiée. On va donc répartir l'information à transporter sur l'ensemble de ces porteuses, modulée chacune à faible débit, par exemple par une modulation du type QPSK ou QAM. Un symbole OFDM comprend l'ensemble des informations portées par l'ensemble des porteuses à un instant t.

Cette technique de modulation est notamment efficace dans les situations où l'on rencontre des multitrajets. Ainsi, comme illustré sur la figure 2 qui présente un ensemble de symboles OFDM 21, une même suite de symboles arrivant à un récepteur par deux chemins différents se présente comme la même information arrivant à deux instants différents et qui s'additionnent. Ces échos provoquent deux types de défauts :

- l'interférence intra symbole : addition d'un symbole avec lui-même légèrement déphasé ;
- l'interférence inter symbole : addition d'un symbole avec le suivant et/ou le précédent légèrement déphasé.

Entre chaque symbole transmis, on insère une zone « morte » appelée intervalle de garde 22, dont la durée  $\Delta$  est choisie suffisamment grande par rapport à l'étalement des échos. Ces précautions vont limiter l'interférence inter-symbole (celle-ci étant absorbée par l'intervalle de garde). Ainsi chaque symbole OFDM 21 comprend un intervalle de garde 22 et des données 23.

A la réception, les porteuses peuvent avoir subi en outre soit une atténuation (échos destructifs), soit une amplification (échos constructifs) et/ou une rotation de phase.

Pour calculer la fonction de transfert du canal, en vue d'effectuer une égalisation du signal avant démodulation, on insère également des porteuses pilotes de synchronisation (d'amplitude souvent supérieure aux porteuses de données utiles), encore appelées pilotes de référence. La valeur et l'emplacement de ces pilotes de référence dans l'espace temps/fréquence sont prédéfinis et connus des récepteurs.

Après une interpolation en temps et en fréquence, on obtient une estimation de la réponse du canal, plus ou moins précise en fonction du nombre de

pilotes de référence et de leur répartition dans le domaine temps/fréquence.

Ainsi, les pilotes de référence insérés dans le signal multiporteuse sont utilisés pour estimer le canal de propagation. L'estimation du canal de propagation permet notamment de corriger les données reçues, encore appelées pilotes de données, au niveau du récepteur (égalisation), et d'obtenir la réponse impulsienne du canal de propagation. La réponse impulsienne obtenue peut alors être utilisée pour affiner la synchronisation temporelle du (ou des) récepteur(s).

## 2.2. Application dans les bandes AM (DRM)

La modulation OFDM est de plus en plus utilisée dans la diffusion numérique car elle très bien adaptée aux variations du canal radio, qui sont essentiellement liées aux échos et à l'effet Doppler. Elle a ainsi été sélectionnée pour la radiodiffusion numérique dans les bandes AM (DRM).

La figure 3 présente ainsi la structure OFDM en mode A d'un ensemble de symboles DRM, en illustrant la répartition des pilotes de référence 31 dans l'espace temps/fréquence. Cette structure est notamment décrite dans la norme DRM ETSI ES 201 980.

## 2.3. Diffusion d'un signal numérique DRM

La diffusion numérique, par exemple de type DRM, remplace progressivement la diffusion AM analogique dans les bandes de fréquence inférieures à 30MHz, ce qui nécessite, durant au moins une période de transition, la diffusion (éventuellement simultanée) de signaux numériques et analogiques portant une information similaire, depuis un même site d'émission.

La diffusion de ces deux signaux, portés par une même fréquence porteuse, dans un même canal de propagation, provoque une dégradation du signal audio restitué par les récepteurs analogiques. En effet, le signal numérique perturbe le signal analogique, et gêne sa démodulation.

Une première technique de diffusion de tels signaux a été proposée par D. Schill et J. Wildhagen, dans le document EP 1 276 257. Selon cette technique, un signal numérique et un signal analogique sont combinés dans un signal dit simulcast, le signal numérique étant modulé sur une bande latérale d'une porteuse

du canal de propagation et un signal de correction étant modulé sur l'autre bande latérale.

Selon cette technique de l'art antérieur, le signal de correction est déterminé de sorte que l'enveloppe temporelle du signal reçu corresponde à l'enveloppe temporelle d'un signal analogique double bande.

Cette technique permet ainsi de diffuser dans un même canal un signal numérique et un signal analogique, en modifiant la partie analogique du signal simulcast pour que l'enveloppe globale de ce signal soit vue comme un signal AM double bande pour un récepteur analogique classique.

#### 2.4. Réception d'un signal numérique DRM

La réception de signaux diffusés dans le cadre d'une telle diffusion simulcast nécessite alors l'installation de récepteurs numériques capables de démoduler le signal simulcast reçu composé d'un signal analogique et d'un signal numérique portés par la même fréquence porteuse.

Lors de la réception numérique, les récepteurs utilisés pour la démodulation OFDM exploitent essentiellement la réponse du canal calculée à partir des pilotes de référence, après avoir séparé les parties numérique et analogique du signal « simulcast » reçu.

La précision de cette estimation dépend de la proportion de pilotes de référence insérés dans les symboles OFDM. Ainsi, la qualité de la restitution du signal audio par les récepteurs numériques est tributaire du nombre de pilotes de référence insérés dans les symboles OFDM.

#### 2.5. Inconvénients des techniques de l'art antérieur

Selon la technique présentée dans le document EP 1 276 257, le signal simulcast est obtenu, avant émission, par itérations successives, de sorte à conserver la modulation d'enveloppe du signal analogique, c'est-à-dire de sorte que le signal simulcast global soit assimilable à un signal AM double bande dans le domaine temporel.

Un récepteur démodulant l'enveloppe du signal n'est ainsi que peu perturbé par la partie numérique du signal simulcast.

Cependant, une telle technique itérative est non linéaire, et demande un

réglage fin des paramètres pour obtenir un résultat satisfaisant, notamment en termes de dégradation pour un signal audio démodulé. Par conséquent, cette technique requiert une puissance de calculs importante pour un traitement en temps réel.

- 5 Un autre inconvénient majeur de cette technique, en réception, est qu'elle n'est pas adaptée aux récepteurs mettant en œuvre une démodulation synchrone, notamment adaptée à la démodulation d'un signal à bande latérale unique (BLU).

### 3. Objectifs de l'invention

- 10 L'invention a notamment pour objectif de pallier ces inconvénients de l'art antérieur.

Plus précisément, un objectif de l'invention est de fournir une technique permettant d'optimiser la réception d'un signal numérique lors de la diffusion de ce signal numérique et d'un signal analogique dans un même canal de propagation.

- 15 Notamment, un objectif de l'invention est de fournir une telle technique permettant l'amélioration des performances de réception d'un signal numérique DRM dans le cadre d'une diffusion « simulcast ».

Un objectif supplémentaire de l'invention est de proposer une telle technique qui soit facile à mettre en œuvre.

- 20 Encore un autre objectif de l'invention est de fournir une telle technique permettant d'augmenter les variations d'un signal de masquage, afin d'améliorer l'inaudibilité du signal numérique en réception, c'est-à-dire d'améliorer la réception du signal audio porté par le signal analogique.

### 4. Caractéristiques principales de l'invention

- 25 Ces objectifs, ainsi que d'autres qui apparaîtront par la suite, sont atteints à l'aide d'un procédé de réception d'un signal numérique formé d'éléments de données et transmis au voisinage d'un signal analogique portant un signal audio source modulant l'amplitude d'une porteuse AM (de l'anglais « Amplitude Modulation », en français « Modulation d'Amplitude »).

- 30 Selon l'invention, un tel procédé comprend une étape d'obtention d'un signal de masquage représentatif d'une courbe de masquage psycho-acoustique du

signal audio source, et une étape d'égalisation du signal numérique en fonction du signal de masquage.

Ainsi l'invention propose de déterminer ou de récupérer, en réception, un signal de masquage, issu du signal analogique portant un signal audio, pris en  
5 compte lors de l'étape d'égalisation du signal numérique reçu pour améliorer la qualité du décodage.

Un tel signal de masquage représentatif d'une courbe de masquage psycho-acoustique du signal audio source peut également avoir été préalablement appliqué avant émission au signal numérique, pour masquer ce signal numérique  
10 dans le signal analogique portant un signal audio source modulant l'amplitude d'une porteuse AM lors d'une diffusion simulcast.

L'invention permet ainsi d'améliorer la réception d'un signal numérique modulé par un signal de masquage dans le cadre d'une diffusion simulcast.

L'invention est notamment remarquable en ce que les signaux numérique et analogique sont transmis dans un même canal de propagation et sont portés par  
15 la même fréquence porteuse AM.

Préférentiellement, l'invention comprend une étape de démodulation à la fréquence porteuse AM délivrant un signal complexe, et une étape de séparation du signal numérique et du signal analogique AM, à partir du signal complexe.

Lors de l'étape de démodulation, le signal simulcast est démodulé à la  
20 fréquence porteuse du signal analogique AM au niveau du récepteur, pour fournir un signal complexe composé du signal numérique et du signal analogique.

L'étape de séparation permet ensuite de traiter le signal complexe pour séparer le signal numérique, par exemple de type DRM, du signal analogique AM.

Selon un premier mode de réalisation de l'invention, l'étape d'obtention  
25 met en œuvre une étape de détermination du signal de masquage à partir de la courbe de masquage, et de filtrage passe-bas dans le domaine fréquentiel et/ou dans le domaine temporel.

Un tel filtrage passe-bas permet notamment de lisser la courbe de  
30 masquage, et donc d'améliorer (ou à tout le moins de ne pas dégrader)

l'estimation de canal mise en oeuvre en réception du signal numérique.

De façon préférentielle, la courbe de masquage est obtenue selon au moins une des étapes suivantes :

- 5 - transformation mathématique du signal audio source du domaine temporel vers le domaine fréquentiel ;
- détermination d'un masque absolu, correspondant à un seuil d'audition pour chacune des fréquences correspondant aux composantes délivrées par la transformation mathématique ;
- 10 - identification des composantes tonales et des composantes non-tonales parmi les composantes ;
- décimation des composantes, par suppression des composantes inférieures au masque absolu ;
- calcul de masques individuels pour un nombre prédéterminé de composantes ;
- 15 - calcul du signal de masquage correspondant à une somme linéaire des masques individuels.

Selon l'invention, la courbe de masquage est obtenue en adaptant la méthode classique à la bande passante du signal audio dans les bandes AM. Une courbe de masquage psycho-acoustique « classique » utilisable est notamment  
20 décrite dans les spécifications MPEG1 ou MPEG2.

Selon un second mode de réalisation de l'invention, l'étape d'obtention met en oeuvre une étape de récupération du signal de masquage transmis conjointement au signal analogique AM.

L'étape de récupération met notamment en oeuvre une étape de  
25 démodulation d'une voie en quadrature avec le signal analogique, portant le signal de masquage.

On peut ainsi transmettre le signal de masquage dans la bande allouée au signal analogique AM. Ainsi, il n'est plus nécessaire de recalculer la courbe de masquage psycho-acoustique. La récupération du signal de masquage est alors  
30 mise en oeuvre au niveau du récepteur.

Une telle transmission limite les manipulations effectuées sur le signal simulcast reçu au niveau du récepteur, mais rend plus complexe le signal d'émission.

De façon préférentielle, l'invention comprend une étape d'application d'un  
5 retard sur le signal numérique avant l'égalisation, de façon que les étapes d'égalisation et d'obtention du signal de masquage soient synchronisées.

La compensation du retard introduit lors de l'obtention du signal de masquage est appliquée sur le signal numérique de manière à ce que le signal de masquage et le signal numérique soient synchronisés. Le signal numérique extrait,  
10 par exemple de type DRM, est ensuite égalisé par le signal de masquage, en appliquant la fonction de transfert inverse du signal de masquage obtenu.

L'invention est notamment remarquable en ce qu'elle comprend une étape de calcul d'une confiance pour chaque élément de données du signal numérique en tenant compte du signal de masquage.

15 De façon préférentielle, l'invention comprend une étape de décodage de canal qui tient compte du calcul de confiances.

Préférentiellement, l'étape de décodage de canal met en œuvre un décodage multi-niveau (ou MLC en anglais pour Multi Level Coding).

L'étape de calcul d'une confiance, qui correspond à la puissance du canal  
20 en chaque point, est notamment mise en œuvre pour améliorer l'efficacité du décodeur de canal. Les variations introduites à l'émission par la courbe de masquage sont prises en compte dans ce calcul des confiances.

L'invention concerne également un dispositif de réception d'un signal numérique formé d'éléments de données correspondant.

25 Un tel dispositif comprend des moyens d'obtention d'un signal de masquage représentatif d'une courbe psycho-acoustique du signal audio source, et des moyens d'égalisation du signal numérique en fonction du signal de masquage.

Un tel dispositif de réception est notamment adapté à mettre en œuvre le procédé de réception tel que décrit précédemment.

30 L'invention concerne encore un programme d'ordinateur qui comprend

des instructions de code de programme pour l'exécution des étapes du procédé de réception d'un signal numérique selon l'invention lorsque ce programme est exécuté dans ou par un microprocesseur.

## 5. Liste des figures

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

- 10 - les figures 1 et 2, précédemment décrites en préambule, illustrent le principe général de la modulation OFDM à partir d'une représentation temps/fréquence d'un canal OFDM ;
- la figure 3, également décrite en préambule, présente un exemple de structure OFDM pour un ensemble de symboles DRM en mode A ;
- la figure 4 illustre une diffusion simulcast d'un signal numérique et  
15 d'un signal analogique portant un signal audio, modulés sur une même fréquence porteuse ;
- la figure 5 présente l'algorithme de réception d'un signal DRM modulé selon un signal de masquage à l'aide d'un schéma bloc, selon un premier mode de réalisation de l'invention ;
- 20 - les figures 6A à 6D illustrent, dans le domaine fréquentiel, les différentes sous-étapes du calcul de la courbe de masquage intervenant dans la démodulation du signal numérique ;
- la figure 7 présente l'algorithme de réception d'un signal DRM modulé selon un signal de masquage à l'aide d'un schéma bloc, selon un  
25 second mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 8 illustre la structure simplifiée d'un dispositif de réception selon un mode de réalisation particulier de l'invention.

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

L'invention concerne donc la réception d'un signal simulcast  
30 correspondant à la transmission, dans un même canal de propagation, d'un signal

numérique et d'un signal analogique. Avantageusement, le signal numérique est modulé avant émission par un signal de masquage issu d'un signal analogique portant le signal audio.

5 Selon l'invention, un signal de masquage (qui peut correspondre à celui modulant le signal numérique avant émission) est obtenu en réception, soit en le calculant, soit en le récupérant lorsqu'il est transmis conjointement au signal analogique, et est pris en compte lors de l'égalisation du signal numérique, après séparation des composantes analogique et numérique du signal simulcast, pour optimiser le traitement du signal numérique.

10 On présente ci-après deux modes de réalisation de l'invention, selon lesquels le signal reçu par le dispositif de réception est un signal simulcast composé d'un signal numérique et d'un signal analogique portant le même signal audio source et transmis dans un même canal de propagation.

#### **A. Premier mode de réalisation de l'invention**

##### **15 A.1. Le signal émis**

La figure 4 illustre le signal simulcast tel qu'il a été émis. Le signal numérique 41 modulé en amplitude par un signal de masquage, et le signal analogique 42 sont diffusés simultanément (mode simulcast), et sont portés par la même fréquence porteuse 43, dans les bandes AM.

20 Ainsi, une première bande latérale 44 de la porteuse 43 porte le signal analogique, et l'autre bande latérale 45 porte le signal numérique modulé.

##### **A.2. Réception du signal**

Selon un premier mode de réalisation l'invention, la réception numérique d'un tel signal numérique modulé par le signal de masquage est mise en œuvre à  
25 partir du procédé de réception tel que présenté en relation avec la figure 5.

##### **A.2.1 Démodulation à la fréquence porteuse (51)**

Une première étape 51 de démodulation consiste à démoduler, à la fréquence porteuse 43 du signal analogique AM, le signal simulcast transmis au niveau du récepteur. Cette étape de démodulation fournit un signal complexe 511  
30 composé du signal numérique et du signal analogique.

##### **A.2.2 Séparation du signal DRM et du signal analogique AM (52)**

Après l'étape de démodulation 51 à la fréquence porteuse du signal simulcast, le signal complexe 511 est traité afin de séparer (52) le signal numérique de type DRM 521 du signal analogique AM 522.

L'étape de séparation 52 assure donc notamment l'extraction du signal numérique 521 à partir du signal complexe obtenu 511.

### A.2.3 Détermination de la courbe de masquage (53)

Une fois le signal numérique et le signal analogique séparés, une courbe de masquage global du signal analogique portant le signal audio source modulant l'amplitude de la porteuse AM est calculée au cours d'une troisième étape 53 de détermination d'un signal de masquage. On rappelle que la bande passante du signal audio est de 4,5 ou 5kHz.

On présente en relation avec les figures 6A à 6D les différentes sous-étapes du calcul de la courbe de masquage selon un mode de réalisation préférentiel.

Ce calcul repose sur une adaptation du modèle de courbe de masquage psycho-acoustique «classique » issu de la spécification MPEG1 ou MPEG2, pour s'adapter à la bande passante du signal audio dans les bandes AM.

Cette étape 53 de calcul de la courbe de masquage met donc en œuvre les sous-étapes suivantes :

- conversion temps-fréquence par transformée de Fourier;
- détermination du masque absolu ;
- mise en évidence des composantes tonales et non-tonales ;
- décimation des différentes composantes ;
- calcul des masques individuels ;
- calcul du masque global.

#### *Conversion temps-fréquence*

Le signal analogique portant un signal audio source modulant l'amplitude de la porteuse AM est tout d'abord transposé dans le domaine fréquentiel, à partir d'une transformation mathématique de type transformée de Fourier (FFT « Fast Fourier Transform).

Plus précisément, le calcul de la courbe de masquage nécessitant une estimation de la densité spectrale de puissance pour chacune des fréquences du signal audio, on met en œuvre une transformation de Fourier à 1024 échantillons pour une fréquence d'échantillonnage de 48kHz afin d'obtenir les différentes  
5 fréquences et leurs densités spectrale de puissance. La transformée est calculée à partir du signal analogique d'entrée auquel on applique une fenêtre de Hanning.

On rappelle ci-après la définition d'une fenêtre de Hanning, et l'expression de la densité spectrale de puissance :

- Fenêtre de Hanning :

$$10 \quad h(i) = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{8}{3}} \left[ 1 - \cos\left(2\pi \frac{i}{N}\right) \right] \quad 0 \leq i \leq N-1 ;$$

- Densité spectrale de puissance :

$$X(k) = 10 \log \left| \frac{1}{N} \sum_{l=0}^{N-1} h(l) s(l) e^{-2jk\pi l/N} \right|^2 \quad dB \quad k = 0, \dots, N/2 ;$$

où N correspond à la largeur de la bande passante (ici, N est égal à 9 ou 10 kHz), et l'indice k correspond à la position de la composante par rapport à la  
15 fréquence centrale AM de la bande passante.

#### ***Détermination du masque absolu***

La deuxième sous-étape du calcul de la courbe de masquage du signal analogique nécessite la détermination d'un masque absolu, correspondant au seuil d'audition pour chacune des fréquences correspondant aux composantes délivrées  
20 par la transformée de Fourier.

Les seuils d'audition pour les différentes fréquences, notés  $LT_q(k)$ , sont issus de la norme MPEG1, et présentés en annexe 1.

#### ***Mise en évidence des composantes tonales et non-tonales***

La troisième sous-étape met en œuvre une discrimination entre les  
25 composantes tonales et les composantes non-tonales.

En effet, la tonalité d'une composante a une influence sur la contribution de la composante dans le calcul de la courbe de masquage.

La séparation des composantes tonales et non-tonales s'effectue en plusieurs phases : détermination des maxima locaux, extraction des composantes tonales, et calcul de l'intensité des composantes non-tonales d'une bande critique.

(i) *Détermination des maxima locaux*

5 Par définition, une composante de la densité spectrale obtenue par la transformation de Fourier sera dite maximum local si :

$$X(k) > X(k-1) \text{ et } X(k) \geq X(k+1)$$

10 Selon le mode de réalisation préférentiel de l'invention, on analyse les composantes fréquentielles par paquet de trois, et si la composante centrale possède un niveau supérieur aux deux autres, elle est considérée comme un maximum local.

La figure 6A illustre notamment la technique de détermination des maxima locaux, à partir d'un exemple de spectre fréquentiel 61 du signal analogique.

15 On analyse tout d'abord les trois premières composantes fréquentielles (porteuses 1, 2 et 3) d'une portion 61 du spectre du signal analogique. Ici, la composante centrale (porteuse 2) possédant un niveau, c'est-à-dire une densité spectrale de puissance, supérieur aux deux autres (porteuses 1 et 3), elle est considérée comme un maximum local. On recommence ensuite cette analyse pour les autres composantes fréquentielles (porteuses 2, 3 et 4, puis porteuses 3, 4 et 5, 20 ...). Finalement, dans cet exemple, les maxima locaux correspondent aux porteuses 2, 5, 7, 13, 15 et 17.

(ii) *Extraction des composantes tonales*

Les composantes tonales correspondent au regroupement des raies contribuant à la même composante harmonique.

25 Par définition, un maximum local est considéré comme appartenant à la liste des composantes tonales si les conditions suivantes sont respectées :

$$X(k) - X(k+j) \geq 7 \text{ dB}$$

avec  $j$  tel que :

- si  $2 < k < 63$ , alors  $j \in \{-2, 2\}$  ;
- 30 - si  $62 < k < 127$ , alors  $j \in \{-3, -2, 2, 3\}$ .

En effet, pour tenir compte de la meilleure résolution fréquentielle de l'oreille dans la région des basses fréquences, on modifie la largeur de la bande d'analyse autour des maxima locaux déterminés en fonction de la position des maxima dans le spectre, ce qui implique que la valeur de  $j$  varie en fonction des valeurs de  $k$ .

Ainsi, comme définie dans la spécification MPEG1, la largeur d'analyse est modifiée de la façon suivante :

	$\Delta f$ (Hz)	Fréquence (kHz)
MPEG1	125	$0 < f \leq 4$
	187,5	$4 < f \leq 8$
	375	$8 < f \leq 15$

Si, à l'examen de ces différentes conditions, un maximum local correspond à une composante tonale, alors on calcule son niveau de pression acoustique  $X_{tm}(k)$ , et toutes les composantes de la densité spectrale ayant été utilisées pour la détermination dans la bande considérée sont mises à un niveau de  $-\infty$  dB.

Le niveau de pression acoustique  $X_{tm}(k)$  est déterminé par la relation suivante :

$$X_{tm}(k) = 10 \log \left[ \sum_{n=-l}^l 10^{X(k+n)/N} \right] \text{dB}$$

La figure 6B illustre notamment la détermination d'une composante tonale, à partir des maxima locaux tels que déterminés précédemment.

Dans cet exemple, si on considère l'indice  $k$  égal à 7, les composantes du spectre ayant été utilisées pour la détermination des composantes tonales sont mises à un niveau infiniment bas : les composantes d'indice 4, 5, 6, 8, 9, 10 et 11 disparaissent.

(iii) *Calcul de l'intensité des composantes non-tonales*

Les composantes non-tonales correspondent au regroupement des raies n'ayant aucun lien avec des composantes harmoniques.

Comme illustré en figure 6C, on utilise toutes les composantes de densité spectrale subsistant après le calcul des composantes tonales pour déterminer le niveau des composantes non-tonales dans une bande critique.

On rappelle que les bandes critiques sont définies par E. Zwicker et al dans  
5 « *Audio Engineering and Psychoacoustics: Matching Signals to the Final Receiver, the Human Auditory System* » (Journal of Audio Engineering Society, vol. 39, No. 3, Mars 1991, pp. 115-126), et reprises à titre informatif en annexes 1 et 2.

Ainsi, dans chaque bande critique, on effectue une somme linéaire de la  
10 puissance des composantes spectrales restantes (après avoir mis à une puissance infiniment faible les composantes du spectre ayant été utilisées pour la détermination des composantes tonales) afin de déterminer le niveau de pression acoustique de la composante non-tonale  $X_{nm}(k)$  correspondant à cette bande critique.

15 Le niveau de pression acoustique de la composante non-tonale  $X_{nm}(k)$  est alors défini par la relation :

$$X_{nm}(k) = 10 \log \left( \sum_{i \in Bc} e^{(X(i)/10)} \right) ;$$

où Bc est la bande critique considérée, et  
k correspond à l'indice de la composante la plus proche du  
20 centre géométrique de la bande critique.

Finalement, la figure 6D présente la portion de spectre restant après extraction des composantes tonales et non-tonales, et détermination de leurs niveaux de pression acoustique.

#### *Décimation des différentes composantes*

25 La quatrième sous-étape du calcul de la courbe de masquage du signal analogique met en œuvre une réduction du nombre de composantes des masques individuels, en éliminant certaines composantes tonales et non-tonales du spectre restant en fonction des conditions suivantes :

- 5 - les composantes tonales et non-tonales sont conservées si leurs niveaux (c'est-à-dire leurs densités spectrales de puissance) sont supérieurs au masque absolu (où le masque absolu correspond au seuil d'audition pour les différentes composantes, et est présenté en annexe 1) :

$$X_{tm}(k) \geq LT_q(k) \text{ et } X_{nm}(k) \geq LT_q(k)$$

- 10 - seule la composante tonale de puissance la plus élevée sera conservée dans une bande de 0,5 bark à l'intérieur d'une bande critique. Cette opération nécessite l'utilisation d'une fenêtre glissante de largeur 0,5 bark.

On rappelle que E. Zwicker et al, dans « *Audio Engineering and Psychoacoustics: Matching Signals to the Final Receiver, the Human Auditory System* » (Journal of Audio Engineering Society, vol. 39, No. 3, Mars 1991, pp. 115-126), a défini une échelle pour représenter la largeur et la position des bandes critiques dans le spectre fréquentiel. Il s'agit d'une échelle non-linéaire des fréquences, variant de 0 à 24 barks, où chacune des 24 bandes critiques possède une largeur de 1 bark.

#### *Calcul des masques individuels*

20 De tous les échantillons calculés lors de la sous-étape de transformation de Fourier, seul un certain nombre est conservé pour le calcul du masque global (par exemple 72 ou 75 échantillons pour le niveau 1 de la spécification MPEG). Selon la spécification MPEG1, tous les échantillons des six premières sous-bandes sont utilisés, puis un sur deux pour les six sous-bandes suivantes, et enfin un sur quatre pour le reste du spectre audio de largeur 4,5 ou 5kHz.

25 On peut remarquer que chacune des composantes tonales et non-tonales, déterminée lors de la sous-étape d'extraction des composantes tonales et non-tonales, doit exister dans la nouvelle sélection (pour le calcul du masque global) avec un indice aussi proche que possible (voire identique) de l'indice original.

Après ces opérations de sélection, on obtient :

30 
$$LT_{tm}[z(j),z(i)] = X_{tm}[z(j)] + av_{tm}[z(j)] + vf[z(j),z(i)] \text{ dB}$$

$$LT_{nm}[z(j),z(i)] = X_{nm}[z(j)] + av_{nm}[z(j)] + vf[z(j),z(i)] \text{ dB}$$

où :

- $LT_{tm}$  et  $LT_{nm}$  sont les masques individuels (composantes tonale et non-tonale) de la composante masquante  $z(j)$  en  $z(i)$  ;
- $X_{tm}$  et  $X_{nm}$  sont les niveaux de pression acoustique des composantes tonales et non-tonales ;
- $av$  l'index de masquage de la composante en  $z(j)$  ;
- $vf$  la fonction de masquage de la composante en  $z(j)$ .

10 L'index  $av$  de masquage de la composante possède une valeur différente selon qu'il s'agisse d'une composante tonale ou d'une composante non-tonale.

Ainsi, dans le cas d'une composante tonale, on a :

$$av_{tm} = -6.025 - 0.275z(j) \text{ dB} ;$$

et dans le cas d'une composante non-tonale, on a :

$$15 \quad av_{nm} = -2.025 - 0.175z(j) \text{ dB}.$$

La fonction  $vf$  de masquage, identique pour les composantes tonales et non-tonales, est caractérisée par la distance, dans le domaine fréquentiel, entre la composante masquante (issue du signal analogique) et la composante masquée (issue du signal numérique) :  $\Delta z = z(i) - z(j)$ .

20 Ainsi, la fonction de masquage est égale à :

$$vf = 17(\Delta z + 1) - (0.4X[z(j)] + 6) \text{ dB} \quad \text{pour } -3 \leq \Delta z < -1 \text{ bark} ;$$

$$vf = (0.4X[z(j)] + 6)\Delta z \text{ dB} \quad \text{pour } -1 \leq \Delta z < 0 \text{ bark} ;$$

$$vf = -17\Delta z \text{ dB} \quad \text{pour } 0 \leq \Delta z < 1 \text{ bark} ;$$

$$vf = -(\Delta z - 1)(17 - 0.15X[z(j)]) - 17 \text{ dB} \quad \text{pour } 1 \leq \Delta z < 8 \text{ bark}.$$

25 Selon la spécification MPEG, le masquage issu des composantes situées à des valeurs supérieures à 8 barks ou inférieures à -3 barks de la composante masquée n'est pas utilisé, pour des raisons de complexité d'implémentation et de non pertinence, ces composantes étant trop éloignées de la composante masquante pour perturber sa densité spectrale de puissance.

### *Calcul du masque global*

Le masque sur l'échantillon  $i$ , noté  $LT_g(i)$ , est égal à la somme linéaire des masques individuels des échantillons situés dans la gamme [8;-3] barks et du masque absolu :

$$5 \quad LT_g(i) = 10 \log \left[ 10^{LT_q(i)/10} + \sum_{j=1}^m 10^{LT_{im}(i)/10} + \sum_{j=1}^{j=n} 10^{LT_{nm}[z(i),z(j)]/10} \right]$$

$LT_g(i)$  représente le niveau de la courbe de masquage pour l'échantillon  $i$  (pour le calcul du masque global, 72 ou 75 échantillons  $i$  sont utilisés, en fonction de la bande passante audio, selon la spécification MPEG1).

On rappelle notamment que les échantillons ne possèdent pas la même  
10 largeur en fréquence en fonction de leurs positions dans le spectre (de 62,5 à 250Hz selon la spécification MPEG1).

#### **A.2.4 Filtrage du masque global (54)**

Une fois la courbe de masquage calculée, un signal de masquage est obtenu par filtrage 54 dans le domaine fréquentiel et/ou temporel de la courbe de  
15 masquage correspondant au masque global.

En effet, en réception, un récepteur classique de type « à détection d'enveloppe » démodule le signal dit « simulcast » (signal analogique sur une première bande latérale, et signal numérique modulé en amplitude par le signal de masquage sur la seconde bande latérale), et délivre un signal de base  
20 correspondant à la somme des signaux modulateurs sur chacune des deux bandes latérales de la porteuse.

Selon les techniques présentées dans la spécification MPEG1, le masquage fréquentiel permet de rendre inaudible tout signal qui suit les variations en amplitude de la courbe de masquage.

25 Cependant, selon l'invention, si le masquage est appliqué directement en fréquence sur le signal numérique de type DRM, les variations en temps et en fréquence de la courbe de masquage seraient trop importantes pour le signal DRM, du fait de sa structure multiporteuse (OFDM). Il apparaît donc nécessaire de lisser la courbe de masquage.

L'invention propose ainsi de limiter ces variations en temps et en fréquence en mettant en œuvre un filtrage 54 passe-bas de la courbe de masquage dans les domaines temporel et fréquentiel délivrant le signal de masquage, selon un mode de réalisation préférentiel de l'invention, afin d'améliorer (ou à tout le moins de ne pas dégrader) l'estimation de canal mise en œuvre en réception du signal numérique. L'estimation de canal suit ainsi l'évolution du signal de masquage.

Il est alors possible d'augmenter les variations temporelles et fréquentielles du signal de masquage (c'est-à-dire de la courbe de masquage après filtrage) en augmentant la bande passante des filtres passe-bas à l'émission et à la réception.

#### A.2.5 Transposition dans le domaine fréquentiel (55)

En parallèle, une fois le signal numérique et le signal analogique séparés au cours de l'étape de séparation 52, le signal numérique 521 est transposé (55) dans le domaine fréquentiel à partir d'une transformation de type transformée de Fourier, par exemple sur 1024 points, telle que décrite au paragraphe A.2.3.

Dès lors, le signal numérique DRM peut s'écrire sous la forme mathématique proposée ci-après :

$$Sr_k = H_k \cdot M_k \cdot Se_k + W_k$$

avec :

$H_k$  : la fonction de transfert liée au canal de propagation,

$M_k$  : la fonction de transfert liée à la courbe de masquage appliquée à l'émission,

$Se_k$  : le signal émis (DRM)

#### A.2.6 Compensation du retard (56)

Une compensation 56 du retard introduit lors du traitement parallèle de détermination du signal de masquage 53, 54 des différentes fonctions est ensuite appliquée sur le signal numérique DRM, pour que ce signal soit synchronisé avec le signal de masquage déterminé afin de réaliser l'égalisation du signal numérique extrait.

### A.2.7 Egalisation du signal numérique par le signal de masquage déterminée (57)

Une fois le retard compensé, le signal numérique peut être égalisé au cours d'une étape 57 en fonction du signal de masquage déterminé au cours de l'étape 54 de filtrage telle que décrite au paragraphe précédent.

L'étape d'égalisation 57 du signal numérique reçu peut se mettre sous la forme mathématique suivante :

$$Sr_k \cdot \hat{M}_k^{-1} = H_k \cdot (M_k \cdot \hat{M}_k^{-1}) \cdot Se_k + W_k \cdot \hat{M}_k^{-1}$$

où  $\hat{M}_k^{-1}$  est la fonction de transfert inverse du signal de masquage déterminé.

### 10 A.2.8 Estimation de canal (58)

Cette étape 58 repose par exemple sur une analyse, connue en soi, des pilotes de référence du signal OFDM.

Si le produit  $M_k \cdot \hat{M}_k^{-1}$  est sensiblement égal à 1, pour tout k avec k entier, alors l'estimation de canal 58 classique ( $\hat{H}_k$ ) basée sur les pilotes de référence de la structure OFDM suivra les variations du canal de propagation.

### 15 A.2.9 Calcul des confiances en utilisant les données du signal de masquage (59)

Afin d'obtenir une bonne efficacité lors de l'utilisation d'un décodeur de canal multi niveau (ou MLC en anglais pour « Multi Level Coding »), une étape 20 59 de calcul des confiances  $C_k$  est mise en oeuvre. Ces confiances correspondent à la puissance du canal en chaque point, et peuvent s'écrire sous la forme suivante :

$$C_k = \hat{H}_k^2 \text{ avec k entier}$$

On introduit donc les variations introduites à l'émission par la courbe de 25 masquage. Chaque confiance peut alors s'écrire sous la forme mathématique suivante en tenant compte du signal de masquage :

$$C_k = \hat{H}_k^2 \cdot \hat{M}_k^2$$

## B. Second mode de réalisation de l'invention

Selon un second mode de réalisation, le signal simulcast émis peut porter 30 lui-même le signal de masquage. En particulier, le signal de masquage est

transmis conjointement avec le signal analogique 42, ce qui permet de simplifier la réception puisqu'il n'est plus nécessaire de calculer la courbe de masquage.

Cette technique de transmission du signal de masquage conjointement avec le signal analogique s'applique notamment à la technique de diffusion telle que décrite dans la demande de brevet français n°04 12546 déposée le 25  
5 novembre 2004 au nom du même déposant (« *Procédé de diffusion d'un signal numérique transmis au voisinage d'un signal analogique, dispositif de diffusion et signal numérique correspondants* »).

Plus précisément, selon cette technique de transmission, le signal de  
10 masquage représentatif d'une courbe de masquage psycho-acoustique du signal audio source modulant le signal numérique est transmis en quadrature avec le signal analogique portant le signal audio source.

Ainsi, le signal simulcast émis comprend le signal numérique modulé en amplitude par le signal de masquage, et le signal analogique et le signal de  
15 masquage transmis en quadrature.

Bien entendu, le signal en quadrature peut porter d'autres informations, et non uniquement le signal de masquage (par exemple une partie du signal numérique DRM, des informations annexes – images, titre, données de rehaussement, notamment pour améliorer la qualité du signal, ...).

20 La figure 7 illustre notamment la réception d'un tel signal simulcast comprenant le signal de masquage.

Les étapes 51, 52 et 55 à 59, identiques à celles du premier mode de réalisation et déjà décrites en relation avec la figure 5, ne sont pas détaillées plus amplement.

25 Selon ce second mode de réalisation, une fois le signal analogique et le signal numérique séparés au cours de l'étape 52, le signal de masquage est récupéré au cours d'une étape 71 de récupération du signal masquage.

Plus précisément, le signal de masquage transmis conjointement au signal analogique, est récupéré à partir de la partie analogique AM 522 extraite du signal  
30 complexe 511, après une transposition dans le domaine fréquentiel à partir d'une

transformation de type transformée de Fourier, par exemple sur 1024 points, telle que décrite au paragraphe A.2.3.

Cette étape de récupération 71 du signal de masquage, transmis conjointement au signal analogique AM, est réalisée au niveau du récepteur.

- 5 Un des avantages d'une telle transmission conjointe du signal de masquage et du signal analogique AM selon ce second mode de réalisation de l'invention, un est de simplifier la complexité des récepteurs, et notamment de supprimer les étapes de détermination (53) et de filtrage (54) de la courbe de masquage.

10 Cela ne complexifie pas, ou peu, l'émission, puisque la courbe de masquage a déjà été calculée, et ne perturbe pas le débit utile, puisque aucune information n'était transmise en quadrature avec le signal analogique

L'invention propose ainsi une technique de réception d'un signal numérique DRM modulé par un signal de masquage dans le cadre d'une diffusion simulcast, reposant sur des étapes principales de séparation du signal numérique et du signal analogique, d'obtention d'un signal de masquage, représentatif d'une courbe de masquage psycho-acoustique du signal audio source par calcul de la courbe de masquage ou récupération du signal de masquage transmis conjointement au signal analogique.

20 L'invention apporte ainsi une amélioration de la réception d'un signal DRM issu d'une diffusion simulcast (correspondant à la transmission d'un signal numérique de type DRM et d'un signal analogique portant un signal audio modulant l'amplitude d'une porteuse AM dans un même canal de propagation de 9 ou 10 kHz de bande passante, ce qui correspond à la bande passante allouée par l'ITU (de l'anglais « International Telecommunication Union », en français  
25 « Union Internationale des Télécommunications ») pour la radiodiffusion AM dans les bandes de fréquences inférieures à 30 MHz), en estimant la modulation introduite à l'émission.

Pour une bonne réception du signal numérique, il est cependant nécessaire de limiter les variations de la courbe de masquage en fonction de la structure du signal numérique (par exemple en fonction des symboles OFDM d'un signal DRM). Il est donc nécessaire de trouver un compromis entre le masquage du  
30

signal numérique et les performances de la réception analogique ou numérique vis-à-vis du canal de propagation.

Bien entendu, la présente invention ne se limite pas aux détails des formes de réalisation décrits ici à titre d'exemple, mais s'étend au contraire aux  
5 modifications à la portée de l'homme de l'art, sans sortir du cadre de l'invention.

On notera d'ailleurs que l'invention ne se limite pas à une implantation purement matérielle mais qu'elle peut aussi être mise en œuvre sous la forme d'une séquence d'instructions d'un programme informatique ou toute forme mixant une partie matérielle et une partie logicielle. Dans le cas où l'invention  
10 serait implantée partiellement ou totalement sous forme logicielle, la séquence d'instructions correspondante pourra être stockée dans un moyen de stockage amovible (tel que par exemple une disquette, un CD-ROM ou un DVD-ROM) ou non, ce moyen de stockage étant lisible partiellement ou totalement par un ordinateur ou un microprocesseur.

### 15 C. Structure simplifiée du dispositif de réception

On présente finalement, en relation avec la figure 8, la structure simplifiée d'un dispositif de réception mettant en œuvre une technique de réception selon un des modes de réalisation décrits ci-dessus.

Un tel dispositif de réception comprend une mémoire 81, une unité de  
20 traitement 82, équipée par exemple d'un microprocesseur  $\mu$ P, et pilotée par un programme d'ordinateur 83, mettant en œuvre le procédé de réception selon l'invention.

A l'initialisation, les instructions de code du programme d'ordinateur 83 sont par exemple chargées dans une mémoire RAM avant d'être exécutées par le  
25 processeur de l'unité de traitement 82. L'unité de traitement 82 reçoit en entrée un signal numérique formé d'éléments de données et transmis au voisinage d'un signal analogique portant un signal audio source modulant l'amplitude d'une porteuse AM. Le microprocesseur de l'unité de traitement 82 met en œuvre les étapes du procédé de réception décrit précédemment, selon les instructions du  
30 programme d'ordinateur 83. Pour cela, le dispositif de réception comprend des

moyens d'obtention d'un signal de masquage représentatif d'une courbe de masquage psycho-acoustique du signal audio source, et des moyens d'égalisation du signal numérique en fonction du signal de masquage. Ces moyens sont pilotés par le microprocesseur de l'unité de traitement 82.

- 5           Finalement, l'unité de traitement 82 délivre en sortie le signal numérique égalisé.

## ANNEXES

Annexe 1 : Tableau des masques absolus en fonction des fréquences audio

Fréquence (Hz)	Taux bande critique (z)	Masque Absolu $LT_q$ (dB)	Fréquence (Hz)	Taux bande critique (z)	Masque absolu $LT_q$ (dB)
62.50	0.617	33.44	2312.50	14.027	-1.73
125.00	1.232	19.20	2375.00	14.193	-2.04
187.50	1.842	13.87	2437.50	14.354	-2.34
250.00	2.445	11.01	2500.00	14.509	-2.64
312.50	3.037	9.20	2562.50	14.660	-2.93
375.00	3.618	7.94	2625.00	14.807	-3.22
437.50	4.185	7.00	2687.50	14.949	-3.49
500.00	4.736	6.28	2750.00	15.087	-3.74
562.50	5.272	5.70	2812.50	15.221	-3.98
625.00	5.789	5.21	2875.00	15.351	-4.20
687.50	6.289	4.80	2937.50	15.478	-4.40
750.00	6.770	4.45	3000.00	15.602	-4.57
812.50	7.233	4.14	3125.00	15.841	-4.82
875.00	7.677	3.86	3250.00	16.069	-4.96
937.50	8.103	3.61	3375.00	16.287	-4.97
1000.00	8.511	3.37	3500.00	16.496	-4.86
1062.50	8.901	3.15	3625.00	16.697	-4.63
1125.00	9.275	2.93	3750.00	16.891	-4.29
1187.50	9.632	2.73	3875.00	17.078	-3.87
1250.00	9.974	2.53	4000.00	17.259	-3.39
1312.50	10.301	2.32	4125.00	17.434	-2.86
1375.00	10.614	2.12	4250.00	17.605	-2.31
1437.50	10.913	1.92	4375.00	17.770	-1.77
1500.00	11.199	1.71	4500.00	17.932	-1.24
1562.50	11.474	1.49	4625.00	18.089	-0.74
1625.00	11.736	1.27	4750.00	18.242	-0.29
1687.50	11.988	1.04	4875.00	18.392	0.12
1750.00	12.230	0.80	5000.00	18.539	0.48
1812.50	12.461	0.55			
1875.00	12.684	0.29			
1937.50	12.898	0.02			
2000.00	13.104	-0.25			
2062.50	13.302	-0.54			
2125.00	13.493	-0.83			
2187.50	13.678	-1.12			
2250.00	13.855	-1.43			

Annexe 2 : Tableau des fréquences centrales des bandes critiques établies par E.  
Zwicker

Numéro de la bande	Fréquence centrale (Hz)	Largeur de la bande (Hz)
1	50	80
2	150	100
3	250	100
4	350	100
5	450	100
6	570	120
7	700	140
8	840	150
9	1000	160
10	1170	190
11	1370	210
12	1600	240
13	1850	280
14	2150	320
15	2500	380
16	2900	450
17	3400	550
18	4000	700
19	4800	900
20	5800	1100
21	7000	1300
22	8500	1800
23	10500	2500
24	13500	3500

## REVENDICATIONS

1. Procédé de réception d'un signal numérique formé d'éléments de données et transmis au voisinage d'un signal analogique portant un signal audio source modulant l'amplitude d'une porteuse AM,  
5 caractérisé en ce qu'il comprend une étape d'obtention d'un signal de masquage représentatif d'une courbe de masquage psycho-acoustique dudit signal audio source, et une étape d'égalisation (57) dudit signal numérique en fonction dudit signal de masquage.
- 10 2. Procédé de réception selon la revendication 1, caractérisé en ce que lesdits signaux numérique et analogique AM sont transmis dans un même canal de propagation et sont portés par la même fréquence porteuse AM.
3. Procédé de réception selon l'une quelconque des revendications 1 à 2, caractérisé en ce qu'il comprend une étape de démodulation à ladite  
15 fréquence porteuse AM délivrant un signal complexe, et une étape de séparation dudit signal numérique et dudit signal analogique AM, à partir dudit signal complexe.
4. Procédé de réception selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que ladite étape d'obtention met en œuvre une étape de  
20 détermination dudit signal de masquage à partir de ladite courbe de masquage, et de filtrage passe-bas dans le domaine fréquentiel et/ou dans le domaine temporel.
5. Procédé de réception selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que ladite courbe de masquage est obtenu selon au moins  
25 une des étapes suivantes :
  - transformation mathématique dudit signal audio source du domaine temporel vers le domaine fréquentiel ;
  - détermination d'un masque absolu, correspondant à un seuil d'audition pour chacune des fréquences correspondant aux composantes délivrées  
30 par ladite transformation mathématique ;

- identification des composantes tonales et des composantes non-tonales parmi lesdites composantes ;
  - décimation desdites composantes, par suppression des composantes inférieures audit masque absolu ;
- 5
- calcul de masques individuels pour un nombre prédéterminé de composantes ;
  - calcul dudit signal de masquage correspondant à une somme linéaire desdits masques individuels.
6. Procédé de réception selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que ladite étape d'obtention met en œuvre une étape de récupération dudit signal de masquage transmis conjointement audit signal analogique AM.
- 10
7. Procédé de réception selon la revendication 6, caractérisé en ce que ladite étape de récupération comprend une étape de démodulation d'une voie en quadrature avec ledit signal analogique, portant ledit signal de masquage.
- 15
8. Procédé de réception selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce qu'il comprend une étape d'application d'un retard sur ledit signal numérique avant ladite égalisation, de façon que lesdites étapes d'égalisation et d'obtention du signal de masquage soient synchronisées.
- 20
9. Procédé de réception selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce qu'il comprend une étape de calcul d'une confiance pour chaque élément de données dudit signal numérique tenant compte dudit signal de masquage.
10. Procédé de réception selon la revendication 9, caractérisé en ce qu'il comprend une étape de décodage de canal tenant compte dudit calcul de confiances.
- 25
11. Procédé de réception selon la revendication 10, caractérisé en ce que ladite étape de décodage canal met en œuvre un décodage multi niveau MLC.
12. Dispositif de réception d'un signal numérique formé d'éléments de données et transmis au voisinage d'un signal analogique portant un signal audio source modulant l'amplitude d'une porteuse AM,
- 30

caractérisé en ce qu'il comprend des moyens d'obtention d'un signal de masquage représentatif d'une courbe de masquage psycho-acoustique dudit signal audio source, et des moyens d'égalisation dudit signal numérique en fonction dudit signal de masquage.

- 5    **13.** Programme d'ordinateur comprenant des instructions de code de programme pour l'exécution des étapes du procédé de réception d'un signal numérique formé d'éléments de données et transmis au voisinage d'un signal analogique portant un signal audio source modulant l'amplitude d'une porteuse AM selon l'une quelconque des revendications 1 à 11,  
10 lorsque ledit programme est exécuté dans ou par un microprocesseur.

1/5

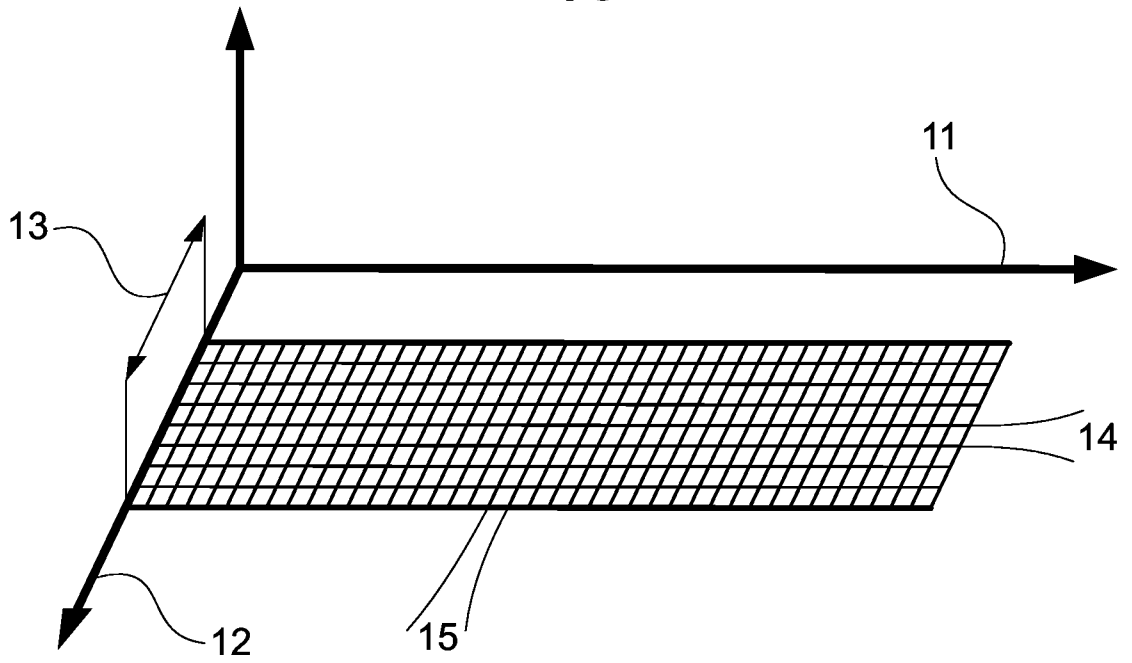


Fig. 1

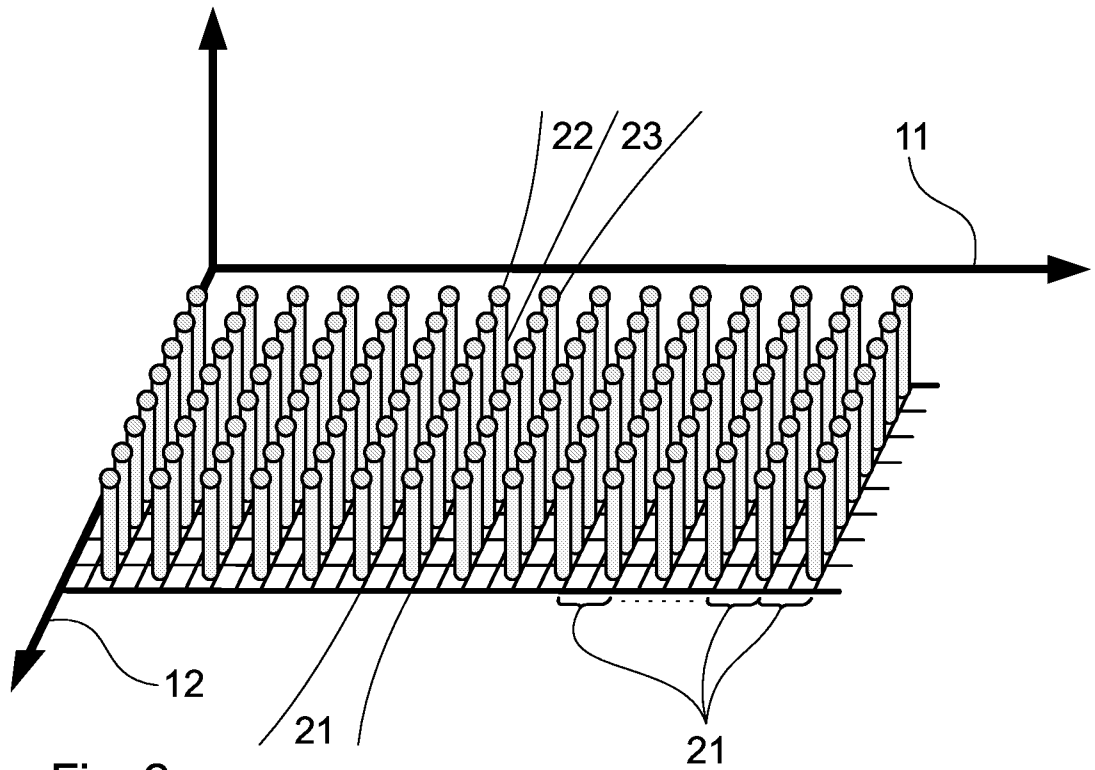


Fig. 2

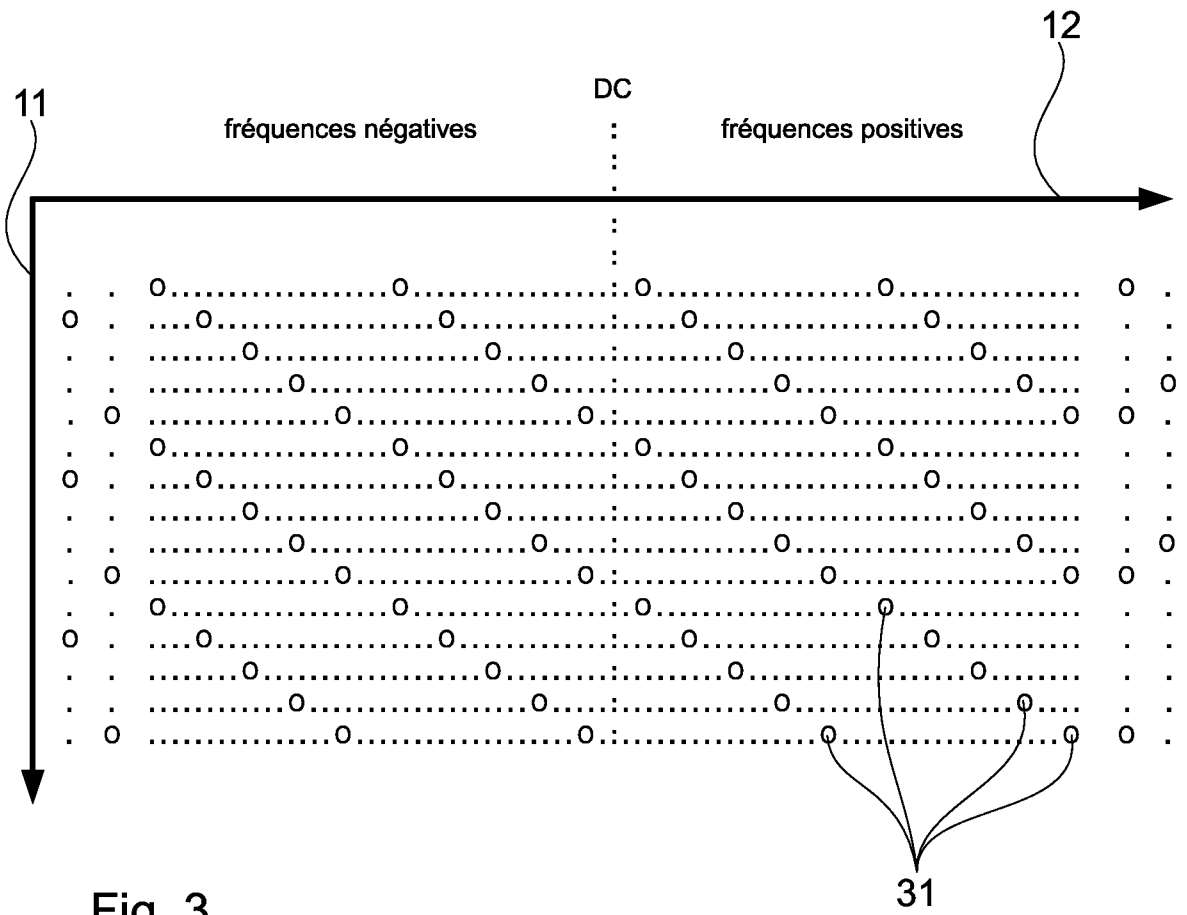


Fig. 3

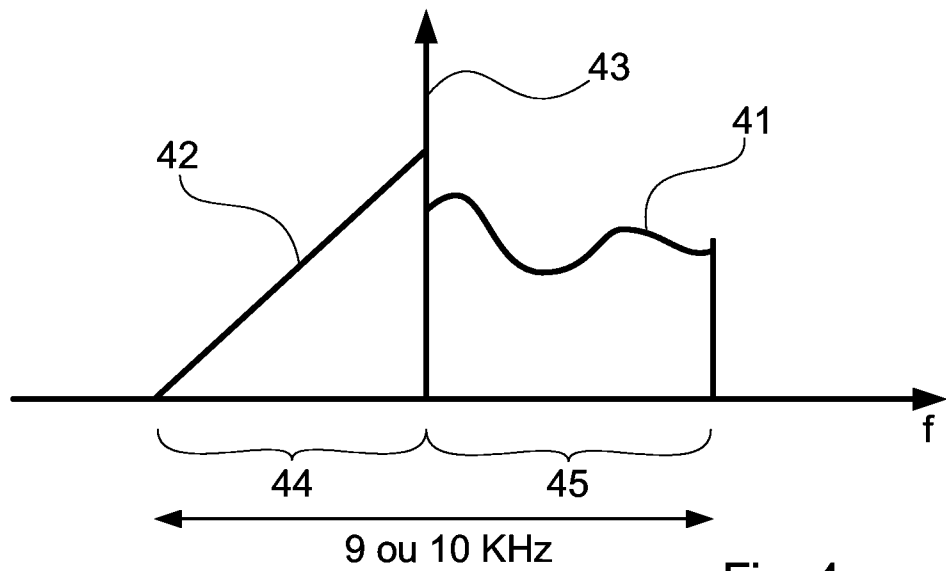


Fig. 4

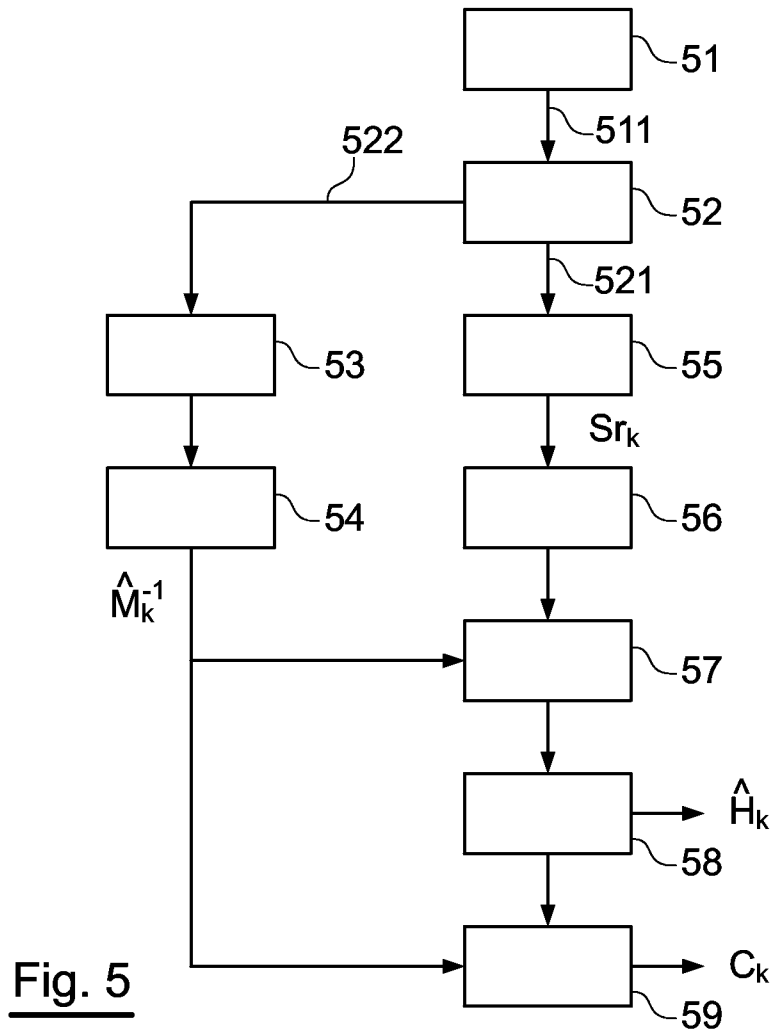


Fig. 5

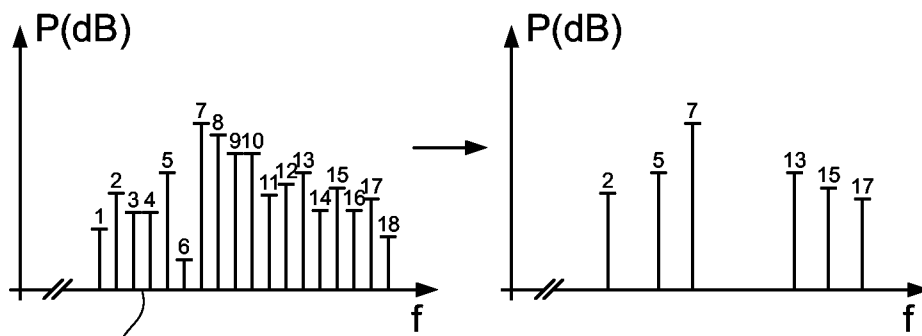


Fig. 6A

4/5

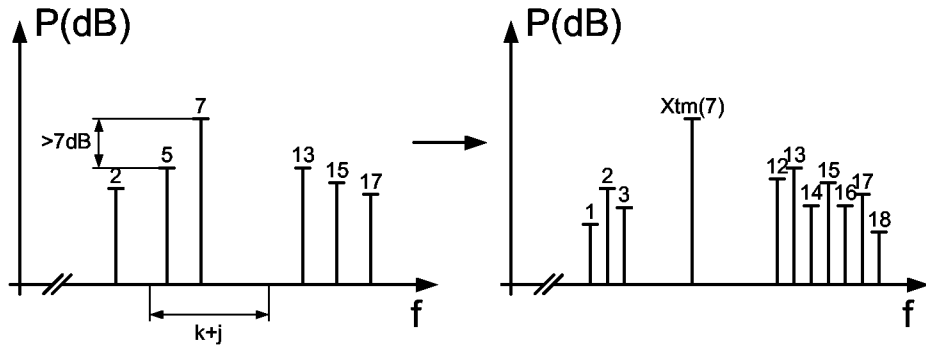


Fig. 6B

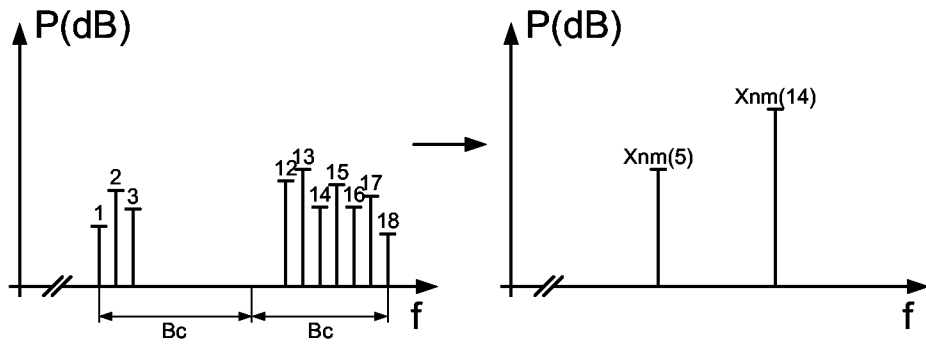


Fig. 6C

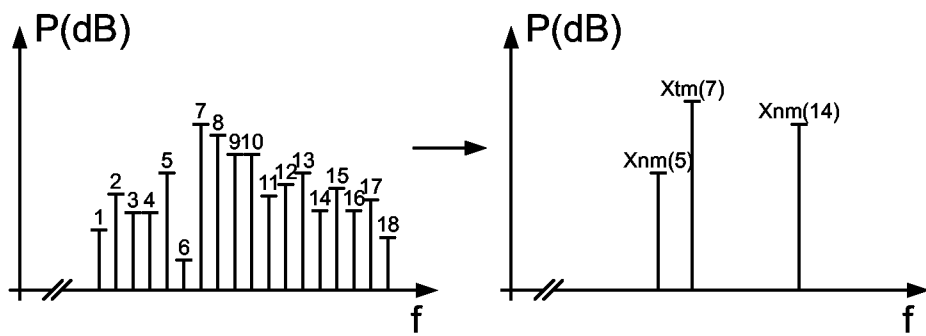


Fig. 6D

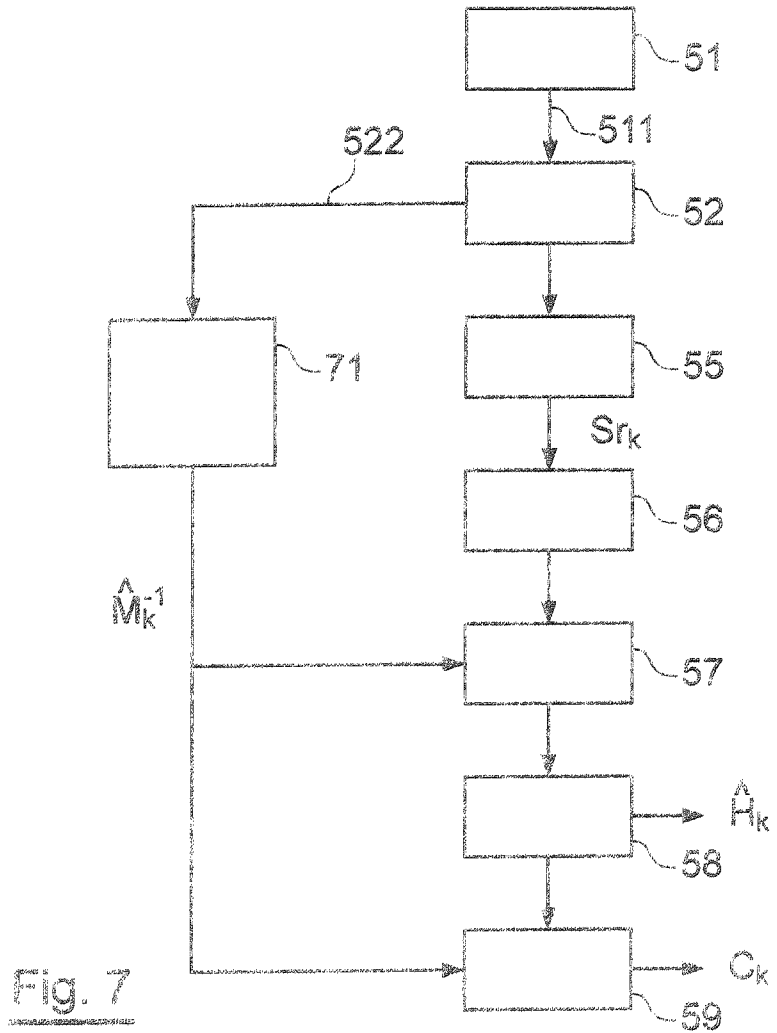


Fig. 7

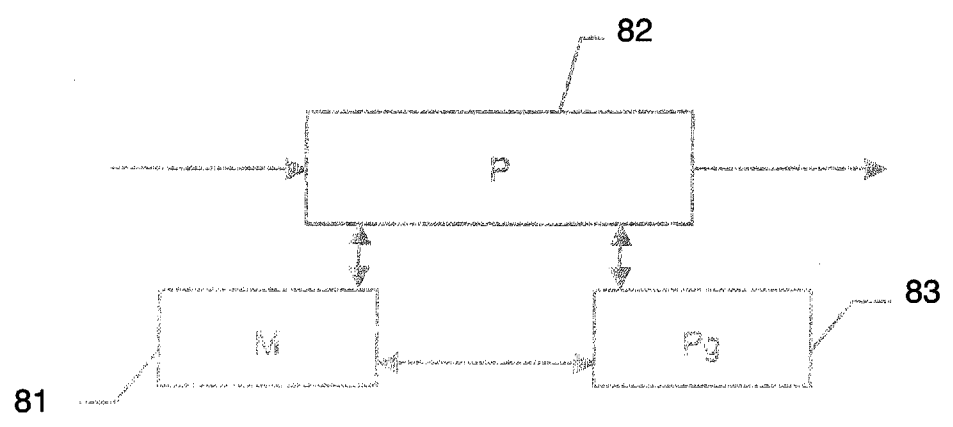


Fig. 8

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2006/063699A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. H04H1/00

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)  
H04H 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, INSPEC

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 825 736 A (LUCENT TECHNOLOGIES INC) 25 February 1998 (1998-02-25) page 8, line 49 - page 9, line 11 figures 3,4,8	1,4,12, 13
A	US 5 301 363 A (HINDERKS ET AL) 5 April 1994 (1994-04-05) abstract column 4, line 67 - column 5, line 58 figures 7,10	1,12
A	EP 1 370 017 A (SONY INTERNATIONAL GMBH) 10 December 2003 (2003-12-10) the whole document	1,12,13

 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

1 September 2006

Date of mailing of the international search report

08/09/2006

Name and mailing address of the ISA/  
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Masche, C

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2006/063699
---

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0825736	A	25-02-1998	CA 2208830 A1 JP 10093516 A US 6144705 A
US 5301363	A	05-04-1994	NONE
EP 1370017	A	10-12-2003	CN 1474524 A US 2003227985 A1

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°  
PCT/EP2006/063699

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE  
INV. H04H1/00

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)  
H04H 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, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	EP 0 825 736 A (LUCENT TECHNOLOGIES INC) 25 février 1998 (1998-02-25) page 8, ligne 49 - page 9, ligne 11 figures 3,4,8	1,4,12, 13
A	US 5 301 363 A (HINDERKS ET AL) 5 avril 1994 (1994-04-05) abrégé colonne 4, ligne 67 - colonne 5, ligne 58 figures 7,10	1,12
A	EP 1 370 017 A (SONY INTERNATIONAL GMBH) 10 décembre 2003 (2003-12-10) le document en entier	1,12,13

Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

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

1 septembre 2006

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

08/09/2006

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, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Masche, C

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2006/063699

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0825736	A	25-02-1998	CA 2208830 A1	22-02-1998
			JP 10093516 A	10-04-1998
			US 6144705 A	07-11-2000
US 5301363	A	05-04-1994	AUCUN	
EP 1370017	A	10-12-2003	CN 1474524 A	11-02-2004
			US 2003227985 A1	11-12-2003