

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication : **2 967 320**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)
②1 N° d'enregistrement national : **11 60157**

⑤1 Int Cl⁸ : **H 03 M 13/41 (2012.01), H 04 H 20/86**

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 08.11.11.

③0 Priorité : 09.11.10 DE 102010043610.0.

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 11.05.12 Bulletin 12/19.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été établi à la date de publication de la demande.*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : ROBERT BOSCH GMBH — DE.

⑦2 Inventeur(s) : MAY THOMAS et SPREITZ GERALD.

⑦3 Titulaire(s) : ROBERT BOSCH GMBH.

⑦4 Mandataire(s) : CABINET HERRBURGER.

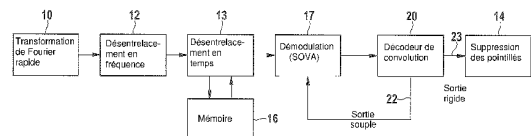
⑤4 PROCÉDE ET DISPOSITIF DE DECODAGE DE DONNEES RECUES DANS DES TRAMES.

⑤7 Procédé de décodage de données reçues dans des trames, * les données reçues dans les trames ayant une modulation différentielle et un codage de convolution.

Le procédé applique une démodulation turbo (17) et un désentrelacement (12, 13) ainsi qu'un décodage de convolution (20).

Le désentrelacement (12, 13) se fait dans le temps avant la démodulation turbo (17), la démodulation turbo (17) et le décodage de convolution (20) se faisant selon un traitement par itération.

Le décodage de convolution (20) applique au moins en partie un algorithme Viterbi à sortie souple.



FR 2 967 320 - A1



Domaine de l'invention

La présente invention se rapporte à un procédé et un dispositif de décodage de données reçues dans des trames.

Dans les systèmes de transmission radio numériques comme par exemple selon le standard DAB (Digital Audio Broadcasting ;
5 diffuision audionumérique), on utilise un procédé à porteuses multiples et chaque porteuse est modulée par une manipulation différentielle de quatre phases (4-DPSK). Une modulation par déplacement de phase (PSK) est une modulation de phase de signaux numériques. Selon ce
10 procédé, le signal a une fréquence constante et une amplitude constante. La phase du signal de porteuse varie de manière brusque au rythme du signal de modulation numérique. Pour une transmission en mode DAB, on réunit plusieurs flux audio avec des services de données pures, également possibles, pour avoir un ensemble à vitesse de données plus élevé. Le signal multiplex obtenu est modulé en mode OFDM
15 (modulation de signaux par répartition en fréquences orthogonales). Le mode OFDM est un procédé de modulation utilisant plusieurs signaux de porteuses orthogonales pour la transmission de données numériques. Chaque porteuse est modulée séparément.

En outre, selon le standard DAB, pour écarter les champs regroupés, on utilise un entrelaceur en fréquence et un entrelaceur de temps. Pour corriger les erreurs, on utilise un code de convolution pointillé. En outre, selon le standard DAB ETSI 300.401, on effectue dans le récepteur la démodulation par une démodulation dite
25 de décision souple et le décodage de convolution se fait à l'aide d'un décodeur Viterbi. L'utilisation d'un code de convolution permet l'autocorrection des erreurs. Ainsi, en introduisant une redondance, on arrive à une protection plus élevée contre les erreurs de transmission. Le procédé mathématique de convolution répartit ainsi la teneur en information des différentes positions de données utiles en plusieurs endroits du mot de code. Le décodage de convolution dans le récepteur utilisant un décodeur Viterbi est fondé sur le traitement des différentes
30 positions d'un mot de code avec des probabilités déterminées. L'algorithme Viterbi est un algorithme de programmation dynamique pour déterminer la séquence la plus probable d'état caché. Le décodeur
35

Viterbi peut traiter des séquences d'entrée binaire aussi bien que les séquences d'entrée continues.

Etat de la technique

5 Le document « C. Berrou, A. Gelavieux, P. Thitimajshima : Near Shannon limit error-correcting coding and decoding Proceedings of IEEE International Conference on Communications, 1993 : ICC 93, Geneve » décrit le principe du décodage turbo de codes de convolution imbriqués en parallèle.

10 Le document « Dr. Ing. Thomas May : Differentielle Modulation und Kanalkodierung in breitbandigen OFDM-Funkübertragungssystemen ; Dissertation ; TU Hamburg-Harburg » décrit la combinaison d'une modulation différentielle et d'un simple code de convolution, qui correspond formellement à un code de convolution concaténé et permet ainsi d'appliquer le principe du décodage turbo.

15 Le document EP 1 284 548 A2 décrit un procédé et un dispositif d'association par un index de données reçues dans des trames. Cela permet une association dynamique des données à un canal dans une mémoire.

But de l'invention

20 La présente invention a pour but de développer un procédé et un dispositif de décodage de données reçues dans des trames telles que par exemple des données reçues par des signaux radio numériques en améliorant ces moyens de façon que pour un même rapport signal/bruit, on aura un taux d'erreur moindre ou encore que pour un rapport réduit, on reste en dessous du taux d'erreur maximum.

Exposé et avantages de l'invention

30 A cet effet, l'invention a pour objet un procédé de décodage du type défini ci-dessus caractérisé en ce qu'on applique au moins une démodulation turbo et un désentrelacement ainsi qu'un décodage de convolution,

* le désentrelacement étant fait dans le temps avant la démodulation turbo,

35 * la démodulation turbo et le décodage de convolution se faisant selon un traitement par itération,

* le décodage de convolution appliquant au moins en partie un algorithme Viterbi à sortie souple.

La démodulation turbo désigne ici un procédé de décodage avec plusieurs décodeurs en parallèle ou en série. Pour cela, des informations statistiques sont échangées entre les décodeurs et le procédé de décodage se fait par itération. L'expression « désentrelacement » désigne le « débrouillage ». Pour cela, les données qui ont été brouillées du côté de l'émetteur pour réduire les erreurs de salve, sont de nouveau remises dans leur ordre correct. Les étapes supplémentaires de décodage des données à modulation différentielle et à codage par convolution sont également prévues selon l'état de la technique. Il s'agit par exemple d'une transformation de Fourier telle que la transformation de Fourier rapide FFT ou la transformation de Fourier discrète DFT pour transformer chaque symbole dans la plage de fréquence correspondante. Une telle transformation de Fourier est par exemple appliquée comme l'une des premières étapes essentielles du procédé de décodage des données.

Selon l'invention, on a transformé l'organisation dans le temps de la démodulation turbo, du désentrelacement et du décodage de convolution pour effectuer le désentrelacement avant la démodulation turbo. Le désentrelacement peut être la combinaison d'un désentrelacement en fréquence et d'un désentrelacement en temps.

Le procédé de décodage selon l'invention est en outre caractérisé en ce que la démodulation turbo et le décodage de convolution sont effectués dans une boucle de traitement par itération. Le décodage de convolution est alors fondé au moins en partie sur l'algorithme Viterbi à sortie souple (algorithme SOVA). L'algorithme SOVA génère en plus du décodage des différents bits, également des informations concernant la fiabilité. L'algorithme SOVA est un algorithme Viterbi modifié. Dans l'algorithme SOVA, pour chaque bit d'information, on calcule la probabilité d'erreur et par la sortie souple, on fournit la probabilité pour le bit de décision pour le procédé de décision souple en aval.

Grâce à cette organisation chronologique spéciale des étapes du procédé, on peut également utiliser le principe de décodage turbo pour des données à modulation différentielle ou à codage par

convolution également dans des systèmes tels que des systèmes de diffusion radiophonique numérique sans qu'il soit nécessaire d'avoir une plus grande capacité de mémoire ou de calcul. Ainsi, pour un même rapport signal-bruit, on aura un taux d'erreur moindre. En outre, pour un rapport signal-bruit moindre, par exemple de 2,5 dB, on passera en dessous du taux d'erreur maximum. Cela se traduit par un gain dans le canal AWGN (bruit blanc gaussien) allant jusqu'à 2,5 dB. L'abréviation AWGN désigne le bruit blanc gaussien qui est un bruit blanc dont l'amplitude du signal a une répartition gaussienne et dont la densité spectrale de puissance de bruit est constante.

Pour la reconstruction du signal multiplex, il est préférable d'associer les données, notamment d'associer la partie réelle et la partie imaginaire d'un bit à l'aide d'index ainsi que d'une mémoire d'entrelacement. Ce concept d'index permet de placer les données qui se correspondent comme par exemple la partie réelle d'un bit et sa partie imaginaire se trouvant à des endroits différents et même dans des mots de code différents, pour de nouveau les associer de manière garantie. Cette solution a l'avantage que les données peuvent rester à leur emplacement dans la mémoire et l'association se fait uniquement par un index qui se trouve dans un tableau dans la mémoire.

De manière préférentielle, le procédé selon l'invention est appliqué à une chaîne de réception d'un récepteur radio numérique fonctionnant selon un système de radio numérique tel que DAB, DAB+ et DMB. Le procédé peut en outre être utilisé comme procédé de transmission appliquant une modulation différentielle comme par exemple DAB, DAB+ et DMB. Le procédé peut s'appliquer à tous les services des procédés de transmission prévus selon les standards.

De manière préférentielle, on génère des sorties souples par l'algorithme SOVA seulement pour des emplacements non en pointillés dans le code de convolution. Comme le démodulateur ne peut utiliser les emplacements en pointillés des sorties souples générées par la boucle de traitement par itération du décodeur de convolution, on peut ainsi réduire les moyens mis en œuvre grâce à cette mesure préférentielle. Les sorties souples indiquent la probabilité qu'un bit soit « 0 » ou « 1 ». En revanche, les sorties rigides sont des bits décidés. A chaque

sortie rigide est ainsi associée une sortie souple. Les positions en pointillés sont les positions de bit d'un mot de code qui a été supprimé côté émetteur par un « pointillé ». Grâce au pointillé côté émetteur, on conçoit les longueurs de mot de code précisément sur une longueur définie de trame pour la transmission ultérieure des données. Du côté de la réception, on a prévu une suppression des pointillés.

En outre, de manière préférentielle, dans les sorties souples du démodulateur, les positions en pointillés sont remplacées par des positions zéro. Ainsi, on ne supprime absolument pas les pointillés des sorties souples du démodulateur mais on introduit à chaque position de pointillés, un zéro par le décodeur de convolution ou l'algorithme SOVA sans utiliser les valeurs de sortie souple de la mémoire. Cela permet une économie de mémoire pour les positions en pointillés jusqu'au décodage final du code de convolution. De manière préférentielle, ce n'est qu'après la dernière itération que l'on supprime les pointillés dans l'émission des sorties rigides.

En outre, de manière préférentielle, on utilise les valeurs des sorties souples comme critères d'arrêt de la boucle de traitement par itération. Dès que la valeur d'une sortie souple dépasse une valeur limite prédéfinie, le résultat du décodage est considéré comme suffisamment fiable et on arrête le traitement par itération. De manière préférentielle, après un nombre maximum d'itérations définies initialement, si après ce nombre maximum d'itérations, on a toujours de très faibles quantités de sorties souples, cela indique que l'on a utilisé un décodage dit « d'effacement » d'un code extérieur ou un confinement d'erreur. Ces moyens sont nécessaires pour éviter d'endommager éventuellement le signal reconstruit par des positions d'erreur dans des informations particulièrement sensibles. Comme une modulation différentielle dans le sens du temps permet de démoduler indépendamment l'une de l'autre les sous-porteuses OFDM, on peut réduire encore plus le traitement par itération démoulant de nouveau par itération seulement les sous-porteuses dont le décodeur de convolution fournit des sorties souples avec de très petites amplitudes car cela implique une évaluation particulièrement incertaine. Cela permet d'économiser une

nouvelle démodulation de bits qui ont déjà été décidés de manière certaine.

Le dispositif de décodage selon l'invention de données reçues dans des trames comporte un démodulateur et un décodeur de convolution. Le démodulateur sert à démoduler les données à modulation différentielle et selon l'invention, il est réalisé comme démodulateur turbo. En outre, le dispositif de décodage comporte au moins un désentrelacement formé de deux des entrelaceurs distincts, d'un désentrelaceur en temps et d'un désentrelaceur en fréquence. Le décodeur de convolution selon l'invention est un décodeur SOVA et forme avec le démodulateur, une boucle de traitement par itération pour les données reçues pour effectuer la démodulation.

De manière avantageuse, le dispositif comporte une mémoire d'entrelacement pour reconfigurer le signal multiplex. Cette mémoire de désentrelacement permet d'utiliser un concept d'index pour associer par exemple la partie réelle d'un bit et sa partie imaginaire se trouvant à des emplacements différents et même dans des mots de code différents.

Dessins

La présente invention sera décrite ci-après de manière plus détaillée à l'aide d'exemples de procédé de décodage de données représentés schématiquement dans les dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est un schéma par blocs d'une chaîne de réception connue dans un système DAB (ETSI 300.401),
- la figure 2 est un schéma par blocs du principe de turbo décodage pour DPSK et le code de convolution connu selon l'état de la technique « Dr. Ing. Thomas May : Differenzielle Modulation und Kanalkodierung in breitbandigen OFDM-Funkübertragungssystemen »,
- la figure 3 est un schéma par bloc du procédé et du dispositif selon l'invention, de décodage de données reçues dans des trames,
- la figure 4 montre un autre schéma par blocs du procédé et du dispositif selon l'invention de décodage de données reçues dans des trames.

Description de modes de réalisation de l'invention

La figure 1 montre une chaîne de réception caractéristique d'un système DAB comme celui connu par exemple selon le standard ETSI 300.401 pour des systèmes de radio numériques. La chaîne de réception traite les données reçues dans des trames par une transmission OFDM, à modulation différentielle des données et codage par convolution, par une transformation de Fourier 10 pour les transformer de façon qu'en retour chaque symbole soit transformé en retour dans la plage de fréquence correspondante. Par une démodulation différentielle 11 consécutive, on récupère les états des signaux complexes. Comme selon le standard DAB appliqué dans l'émetteur, les données ont été soumises à un entrelacement en fréquence et en temps pour étaler les défauts de faisceau, les données démodulées dans le récepteur sont ensuite soumises à la démodulation 11 dans le désentrelaceur composé d'un désentrelaceur en fréquence 12 et d'un désentrelaceur en temps 13. Ensuite, la chaîne de réception DAB, caractéristique, prévoit une suppression des pointillés 14 et une démodulation de décision souple par un décodeur Viterbi 15 approprié.

La figure 2 montre le principe du décodage turbo pour des signaux à modulation différentielle PSK (DPSK) et codage par convolution. Le document « Dr. Ing. Thomas May : Differenzielle Modulation und Kanalkodierung in breitbandigen OFDM-Funkübertragungssystemen » indique par exemple que la combinaison d'une modulation différentielle et d'un code de convolution simple correspond formellement à un code de convolution avec concaténation et permet ainsi d'appliquer le principe de décodage turbo. Pour cela, on réunit un démodulateur SOVA 17, un décodeur de convolution 20, un désentrelaceur ou un désentrelaceur en fréquence 12 et un désentrelaceur en temps 13 ainsi qu'un entrelaceur 19 dans une boucle de traitement par itération. Toutefois, l'application pratique de ce principe à un système DAB est très compliquée. Dans le montage de la figure 2, l'entrelaceur en mode de transmission DAB 1 passerait par exemple sur 288 symboles OFDM. En combinaison avec le désentrelaceur de fréquence, cela nécessiterait une forte capacité de mémoire et une puissance de calcul importante.

Pour éviter un tel besoin de capacité de mémoire importante et de puissance de calcul élevée pour le décodage turbo de la figure 2, on réalise le désentrelacement à l'aide du désentrelaceur en fréquence 12 et du désentrelaceur en temps 13 avant la démodulation 17. Cela est possible car la prescription d'entrelacement de fréquence se rapporte à la position de la porteuse et elle ne sera pas modifiée par la démodulation. La prescription de désentrelacement dans le temps se répète tous les 16 bits.

Les bits modulés sur la partie réelle et la partie imaginaire d'une sous-porteuse sont séparés par une configuration. Ces bits sont mis dans des positions du mot de code qui diffèrent par le nombre de porteuses. Comme dans le système DAB, dans tous les modes, le nombre de porteuses est un multiple de 16, on applique aux bits de la partie réelle et ceux de la partie imaginaire la même prescription d'entrelacement dans le temps. Cela permet de mettre le désentrelaceur de temps 13 avant la démodulation. Une telle disposition dans laquelle le démodulateur 17 est en aval de la transformation de Fourier 10, du désentrelaceur en fréquence 12 et du désentrelaceur en temps 13 est représentée à la figure 3. La boucle de traitement par itération pour la démodulation turbo comme le montre également la figure 3 est réalisée par les blocs fonctionnels de démodulation SOVA 17 avec un décodeur de convolution SOVA 20 ainsi que le dispositif de suppression de pointillés 14 et une unité de réalisation de pointillés pour les pointillés 21 des sorties souples 22. Pour simplifier la répétition des pointillés 21 et la suppression de pointillés 14, dans la boucle itérative, les sorties souples démodulées 22 ne sont complétées dans leur forme qu'une seule fois à la suppression des pointillés 14, en remplaçant alors les pointillés aux emplacements par des zéros. Lors des étapes de démodulation ultérieures, les sorties souples 22 sont surscrites directement aux emplacements corrects.

La figure 4 montre un schéma par blocs fondé sur la disposition de la figure 3 et dont la suppression de pointillés 14 est après le décodeur de convolution SOVA 20. Ainsi, dans la boucle d'itération, on économise la suppression de pointillés 14 et les pointillés 21. Cela permet de réduire la puissance de calcul nécessaire. Dans ce cas, on

peut également économiser la mémoire pour les emplacements en pointillés jusqu'au décodage définitif du code de convolution. Dans ce cas, on ne supprime pas les pointillés des sorties souples 22 du démodulateur 17. Le décodeur de convolution SOVA 20 remplace toujours les positions en pointillés par un zéro sans accéder à la mémoire des valeurs de sorties souples. Ce n'est qu'après la dernière itération que l'on supprime les pointillés 14 pour émettre les sorties rigides 23.

N O M E N C L A T U R E

	10	Transformation de Fourier rapide
	11	Démodulation différentielle
5	12	Désentrelacement en fréquence
	13	Désentrelacement en temps
	14	Suppression des pointillés
	15	Décodeur Viterbi
	16	Mémoire
10	17	Démodulation SOVA
	18	Désentrelacement
	19	Entrelacement
	20	Décodeur de convolution
	21	Pointillés/mise en place de pointillés
15	22	Sortie souple
	23	Sortie rigide

RE V E N D I C A T I O N S

- 1°) Procédé de décodage de données reçues dans des trames,
* les données reçues dans les trames ayant une modulation différentielle et un codage de convolution,
5 procédé caractérisé en ce qu'
- on applique au moins une démodulation turbo (17) et un désentrelacement (12, 13) ainsi qu'un décodage de convolution (20),
* le désentrelacement (12, 13) étant fait dans le temps, avant la démodulation turbo (17),
10 * la démodulation turbo (17) et le décodage de convolution (20) se faisant selon un traitement par itération,
* le décodage de convolution (20) appliquant au moins en partie un algorithme Viterbi à sortie souple.
- 15 2°) Procédé selon la revendication 1,
caractérisé par
une association dynamique des données par des index,
* l'association servant notamment à associer la partie réelle et la partie imaginaire d'un bit.
- 20 3°) Procédé selon la revendication 1,
caractérisé en ce que
les données reçues dans les trames sont reçues sous forme de signaux radio numériques.
- 25 4°) Procédé selon la revendication 1,
caractérisé en ce qu'
avec l'algorithme SOVA, on ne génère que des sorties souples (22) pour les positions sans pointillés dans le code de convolution.
- 30 5°) Procédé selon la revendication 1,
caractérisé en ce que
dans les sorties souples (22) du démodulateur (17), on remplace les positions en pointillés par des zéros.
- 35

6°) Procédé selon la revendication 1,
caractérisé en ce que
la suppression de pointillés (14) n'est faite que pour émettre les sorties
rigides (23).

5

7°) Procédé selon la revendication 1,
caractérisé en ce que
les valeurs des sorties souples (22) servent également de critères d'arrêt
du traitement par itération.

10

8°) Dispositif de décodage de données transmises dans des trames,
le dispositif ayant un démodulateur (17) pour les données à modulation
différentielle ainsi qu'un décodeur de convolution (20),
dispositif caractérisé en ce que

15

le démodulateur (17) est un démodulateur turbo (17),
* au moins un désentrelaceur (12, 13) précède le démodulateur turbo
(17),
* le décodeur de convolution est un décodeur SOVA (20).

20

9°) Dispositif selon la revendication 8,
caractérisé en ce qu'
il comporte une mémoire réalisée comme mémoire d'entrelacement.

25

10°) Produit programme d'ordinateur comportant des parties de pro-
gramme pour exécuter le procédé selon au moins l'une des revendica-
tions précédentes 1 à 7 et structure de données lisibles par une
machine, notamment un ordinateur, générée par un procédé selon au
moins l'une des revendications 1 à 7 et/ou avec au moins un produit
programme d'ordinateur ainsi que support de données lisibles par une
30 machine, notamment support de données lisibles par un ordinateur
comportant au moins un produit programme d'ordinateur inscrit et/ou
mémorisé et/ou mis à disposition avec au moins une structure de don-
nées.

11°) Application d'un dispositif selon les revendications 8 et 9 à un récepteur radio pour décoder des signaux radio numériques dans des données reçues dans des trames.

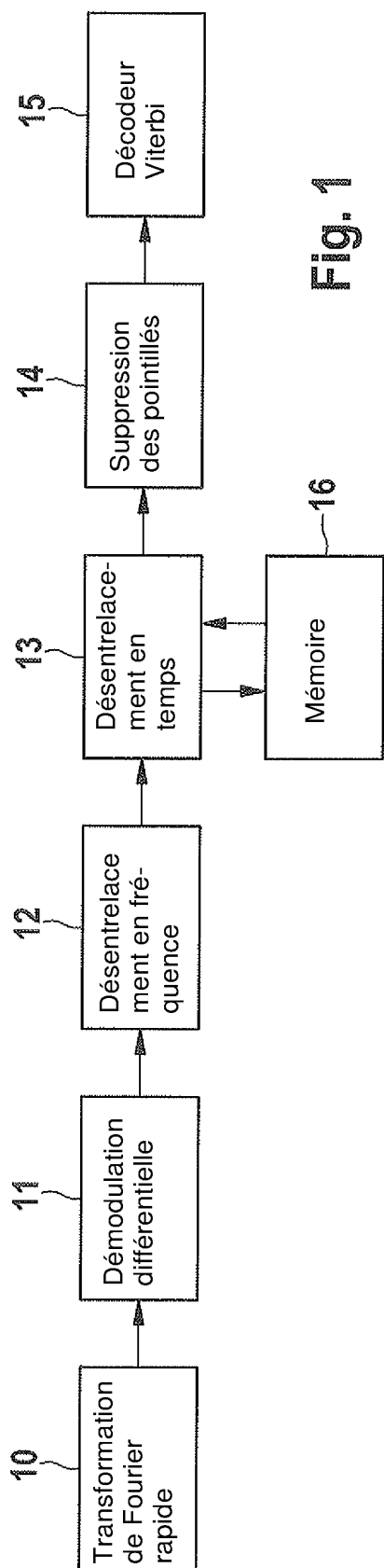


Fig. 1

(ETAT DE LA TECHNIQUE)

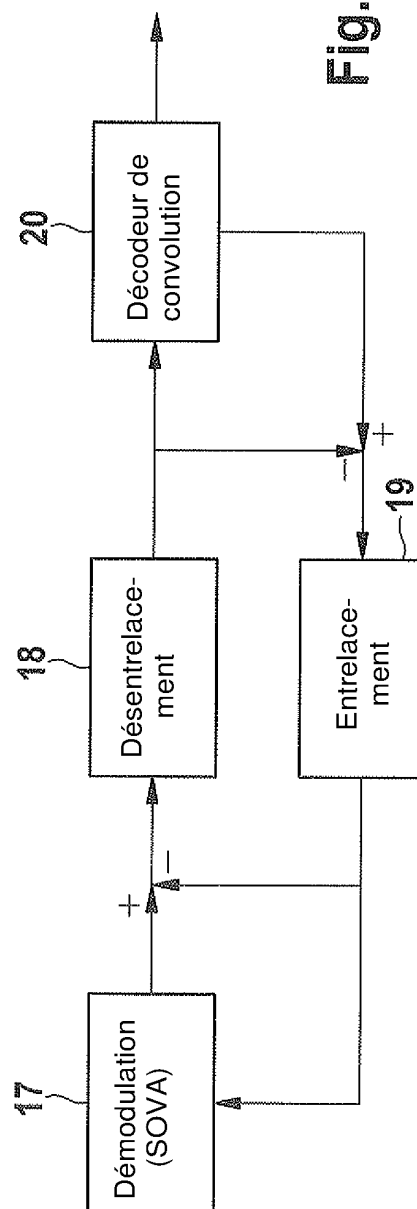


Fig. 2

(ETAT DE LA TECHNIQUE)

2/2

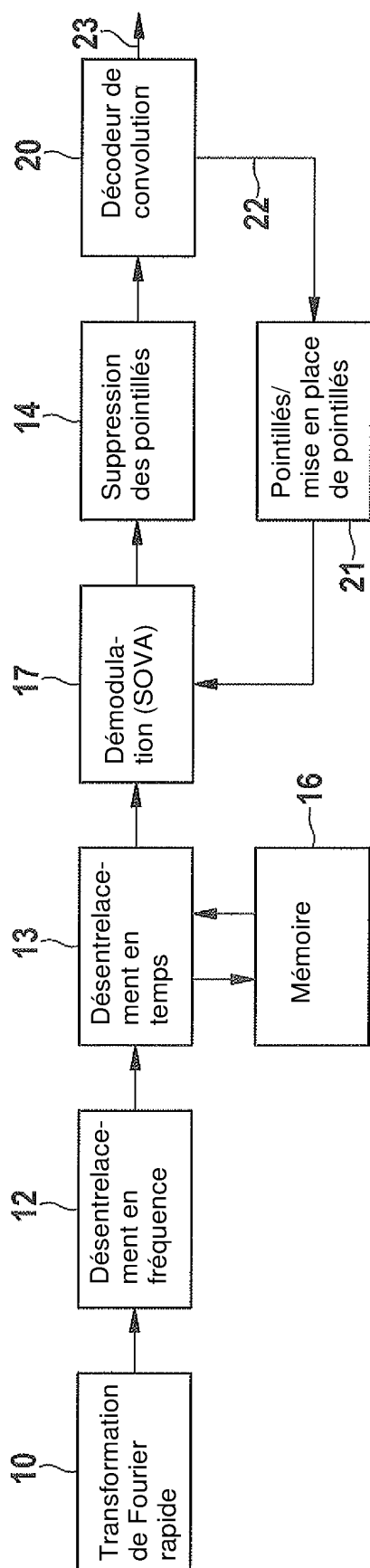


Fig. 3

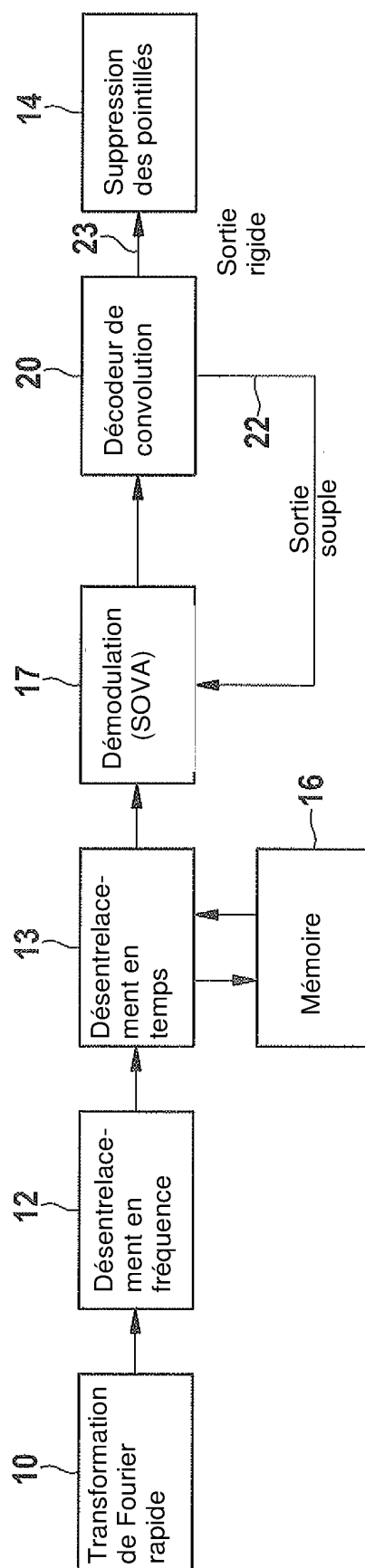


Fig. 4