

19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

11) N° de publication : **2 919 085**  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

21) N° d'enregistrement national : **07 05157**

51) Int Cl<sup>8</sup> : **G 06 F 17/14 (2006.01), H 04 L 27/26**

12) **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

**A1**

22) Date de dépôt : 17.07.07.

30) Priorité :

43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 23.01.09 Bulletin 09/04.

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

60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71) Demandeur(s) : *THALES Société anonyme* — FR.

72) Inventeur(s) : DE LIGNY PAUL.

73) Titulaire(s) :

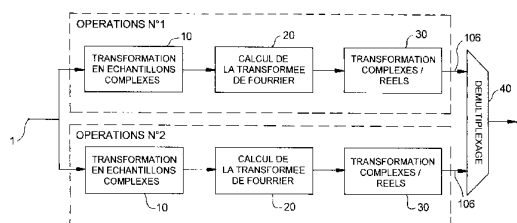
74) Mandataire(s) : MARKS & CLERK FRANCE.

54) **PROCEDE ET DISPOSITIF D'ANALYSE FREQUENTIELLE DE SIGNAUX RADIOELECTRIQUES EN TEMPS REEL.**

57) L'invention concerne un procédé d'analyse fréquentielle d'un signal en entrée comportant des échantillons réels. Le procédé comporte au moins deux groupes d'opérations s'appliquant à un sous-ensemble d'échantillons réels du signal en entrée, chacun desdits sous-ensembles d'échantillons réels se recoupant partiellement. Chaque groupe d'opérations comporte :

- une première étape de transformation des échantillons réels du signal en entrée (1) en échantillons complexes;
- une deuxième étape de calcul de la transformée de Fourier complexe sur les échantillons complexes, le calcul de la transformée de Fourier étant décomposé en calculs de radix;
- une troisième étape de transformation des résultats de la transformée de Fourier complexe pour retrouver les résultats de la transformée de Fourier réelle du signal en entrée (1).

Les résultats obtenus par chaque groupe d'opérations sont dé-multiplexés en un signal en sortie. L'invention a aussi pour objet un dispositif d'analyse fréquentielle de signaux radioélectriques en temps réel. En particulier, l'invention s'applique aux récepteurs numériques.



**FR 2 919 085 - A1**



## **Procédé et dispositif d'analyse fréquentielle de signaux radioélectriques en temps réel.**

L'invention concerne un procédé et un dispositif d'analyse fréquentielle de signaux radioélectriques en temps réel. En particulier, l'invention s'applique aux récepteurs numériques.

5 L'opération mathématique dite « Transformée de Fourier » est souvent mise en œuvre au sein des dispositifs d'analyse de signaux présents dans une bande de fréquences instantanée, correspondant à la voie de réception. L'implémentation couramment employée de la transformée de Fourier repose sur le procédé dénommé « Transformée de Fourier Rapide »,  
10 ou selon l'expression anglo-saxonne « Fast Fourier Transform ». La Transformée de Fourier Rapide comporte principalement deux paramètres. Le premier paramètre est le nombre de points employé auquel correspond une résolution fréquentielle. Ainsi plus le nombre de points est élevé, meilleure est la résolution fréquentielle. Le second paramètre correspond à la  
15 longueur du support temporel auquel correspond une résolution temporelle. Ainsi moins ce support est long, c'est-à-dire moins le nombre de points est élevé, meilleure est la résolution temporelle. L'utilisation de la Transformée de Fourier Rapide implique donc un compromis entre la résolution temporelle et la résolution fréquentielle, qui se traduit donc par un choix du nombre de  
20 points utilisés.

Lorsque la bande instantanée est importante (plusieurs centaines de Mégahertz par exemple), la puissance de calcul nécessaire à la mise en œuvre en temps réel de la Transformée de Fourier Rapide augmente  
25 considérablement et se heurte aux contraintes d'encombrement et de consommation électrique, typiques notamment des systèmes embarqués.

L'implémentation de la Transformée de Fourier Rapide est typiquement mise en œuvre par des dispositifs comportant des calculateurs  
30 à base de composants de type ASIC (Application Specific Integrated Circuit) et/ou à logique programmable de type FPGA (Field Programmable Gate Array). Le compromis entre la résolution temporelle et la résolution fréquentielle évoqué précédemment doit alors prendre aussi en compte les

## 2

contraintes technologiques, en particulier le nombre de portes logiques disponibles.

La Transformée de Fourier Rapide est typiquement implémentée de manière récursive ou de manière parallèle. Dans le cas d'une implémentation récursive, les calculs sont effectués par rebouclage sur un seul radix de petite taille (généralement radix 2). Le signal est mémorisé à chaque étape de calcul. Or cette implémentation ne permet pas d'atteindre des performances de calcul suffisantes pour des bandes instantanées qui dépassent 100 MHz. Dans le cas d'une implémentation parallèle, les calculs sont parallélisés et permettent d'atteindre des performances de calcul optimales pour une technologie donnée. Toutefois, cette implémentation est peu modulaire et difficilement programmable. En particulier, elle demande un effort important de re-conception à chaque évolution technologique, notamment à chaque changement de dispositif matériel.

L'invention a notamment pour but de pallier les inconvénients précités. A cet effet, l'invention a pour objet un procédé d'analyse fréquentielle d'un signal en entrée comportant des échantillons réels. Le procédé comporte au moins deux groupes d'opérations s'appliquant à un sous-ensemble d'échantillons réels du signal en entrée. Chacun desdits sous-ensembles d'échantillons réels se recoupe partiellement. Chaque groupe d'opérations comportant :

- une première étape de transformation des échantillons réels du signal en entrée en échantillons complexes ;
- une deuxième étape de calcul de la transformée de Fourier des échantillons complexes, le calcul de la transformée de Fourier étant décomposé en calculs de radix ;
- une troisième étape de transformation des résultats de la transformée de Fourier complexe pour retrouver les résultats de la transformée de Fourier réelle qui aurait été obtenue à partir des échantillons réels du signal en entrée.

Les résultats obtenus par chaque groupe d'opérations sont dé-multiplexés en un signal en sortie.

## 3

Dans un mode de réalisation, au cours de la deuxième étape, la k<sup>ème</sup> composante fréquentielle  $Y_N(k)$  du résultat de la transformée de Fourier complexe à N points complexes est obtenu en appliquant l'expression mathématique suivante :

$$5 \quad Y_N(k) = \frac{\sum_{n=0}^{N-1} x(n) \cdot W_N^{nk}}{N} \text{ avec } W_N = e^{-j2\pi/N} .$$

Dans un mode de réalisation, au cours de la première étape, les échantillons réels pairs du signal en entrée sont considérés comme parties réelles des échantillons complexes créés ; les échantillons réels impairs du signal en entrée sont considérés comme parties imaginaires des échantillons complexes créés.

En outre, au cours de la première étape, une fonction de fenêtrage peut être appliquée aux échantillons réels du signal en entrée.

15

L'invention a encore pour objet un dispositif d'analyse fréquentielle d'un signal en entrée comportant des échantillons réels. Le dispositif comporte une combinaison d'opérateurs adaptés au calcul de transformées de Fourier sur un sous-ensemble d'échantillons réels du signal en entrée. Chacun desdits sous-ensembles d'échantillons réels se recoupe partiellement. La sortie des opérateurs est dirigée vers un dispositif de démultiplexage. Le dispositif de démultiplexage délivre un signal en sortie correspondant à la transformée de Fourier réelle du signal en entrée. Chaque opérateur comporte :

25

- une combinaison de blocs adaptés au calcul complexe des radix correspondant au calcul de la transformée de Fourier souhaitée ;
- un bloc de conversion des résultats de la transformée de Fourier complexe pour retrouver les résultats de la transformée de Fourier réelle qui aurait été obtenue à partir des échantillons réels du signal en entrée.

30

Dans un mode de réalisation, un ou plusieurs blocs adaptés au calcul complexe d'un radix donné de la transformée de Fourier comportent des moyens pour être ou non activé.

Le dispositif peut notamment comporter un bloc de fenêtrage adapté à la mise en œuvre de la fonction de pondération des échantillons réels du signal en entrée.

5

L'invention a notamment pour avantages qu'elle permet de combiner simultanément une amélioration des termes du compromis entre la résolution temporelle et la résolution fréquentielle et un surcroît de programmabilité et de modularité par rapport à une implémentation conventionnelle de la Transformée de Fourier Rapide. L'invention permet en outre de respecter le critère de Shannon et de n'avoir aucune perte d'information par repliement. L'invention autorise le traitement en temps réel de bandes de fréquences instantanées supérieures à 500 MHz avec des dispositifs disponibles dans le commerce.

15

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à l'aide de la description qui suit faite en regard des dessins annexés qui représentent :

- 20 • la figure 1, un synoptique d'un procédé selon l'invention d'analyse fréquentielle de signaux radioélectriques en temps réel ;
- la figure 2, un schéma bloc d'un opérateur selon l'invention adapté à la mise en œuvre de la transformée de Fourier sur des échantillons réels ;
- 25 • la figure 3, un schéma bloc d'un dispositif selon l'invention d'analyse fréquentielle de signaux radioélectriques en temps réel ;
- 30 • la figure 4, un chronogramme des temps de calculs des blocs compris dans les opérateurs, pour une transformée de Fourier à 128 points réels.

La figure 1 illustre par un synoptique un procédé selon l'invention d'analyse fréquentielle de signaux radioélectriques en temps réel. Le

35

## 5

procédé selon l'invention est adapté à l'analyse fréquentielle d'un signal en entrée 1. A titre d'exemple illustratif et non limitatif, le signal en entrée 1 est un signal :

- dont la bande de fréquence instantanée s'étend sur 600 MHz ;
- 5 • numérique échantillonné à partir d'un signal analogique à une fréquence  $F_e$  de 2 GigaEchantillons/seconde.

Le signal en entrée 1 comporte donc un ensemble d'échantillons réels. A chaque échantillon réel correspond un numéro d'ordre dans la séquence de l'ensemble des échantillons réels. Les échantillons réels pairs correspondent  
10 aux échantillons dont le numéro d'ordre est un nombre pair. De même, les échantillons réels impairs correspondent aux échantillons dont le numéro d'ordre est un nombre impair.

Le procédé selon l'invention comporte au moins deux groupes  
15 d'opérations, notée sur la figure 1, opération n°1 et opération n°2. Chaque groupe d'opérations correspond à l'ensemble des étapes 10, 20, 30 du procédé selon l'invention, lesdites étapes étant décrites ci-après. Chaque groupe d'opérations s'applique à un sous-ensemble d'échantillons réels du signal en entrée 1. Les sous-ensembles d'échantillons réels se recoupent  
20 partiellement, avec typiquement au moins 50% d'échantillons réels en commun, afin notamment de respecter le critère de Shannon.

Dans la première étape 10 d'un groupe d'opérations du procédé selon l'invention, une fonction de fenêtrage peut être appliquée si besoin aux  
25 échantillons réels du signal en entrée 1 reçus de l'étape 10. Puis, les échantillons réels du signal en entrée 1 sont transformés en échantillons complexes. Au cours de la première étape 10, les échantillons réels pairs du signal en entrée 1 sont considérés comme parties réelles des échantillons complexes créés. Au cours de la première étape 10, les échantillons réels  
30 impairs du signal en entrée 1 sont considérés comme parties imaginaires des échantillons complexes créés. La transformation réels-complexes de la première étape 10 peut être réalisée en appliquant l'expression mathématique suivante :

35

$$x(k) = y(2k) + j \cdot y(2k + 1)$$

avec :

- k étant un entier naturel ;
- x(k) représente un échantillon complexe créé dont le numéro d'ordre dans la séquence de l'ensemble des échantillons complexes est égal k ;
- y(k) représente un échantillon réel dont le numéro d'ordre dans la séquence de l'ensemble des échantillons réels est égal k.

La première étape 10 permet notamment d'utiliser à la deuxième étape 20 une transformée de Fourier rapide complexe afin d'optimiser les calculs ainsi que le nombre de portes du composant utilisé pour mettre en œuvre le procédé. L'utilisation d'une transformée de Fourier rapide complexe pour réaliser une transformée de Fourier rapide réelle est possible car dans le signal de sortie d'une transformée de Fourier rapide réelle, les raies situées entre la fréquence  $F_e / 2$  et la fréquence  $F_e$  sont les complexes conjugués des raies situées entre la fréquence 0 et la fréquence  $F_e / 2$ .

Dans la deuxième étape 20 d'un groupe d'opérations du procédé selon l'invention, une transformée de Fourier complexe est appliquée aux échantillons complexes calculés au cours de la première étape 10. La transformée de Fourier de la deuxième étape 20 peut être réalisée en appliquant l'expression mathématique suivante :

$$Y_N(k) = \frac{\sum_{n=0}^{N-1} x(n) \cdot W_N^{nk}}{N}$$

avec :

- N le nombre de points de la transformée de Fourier complexe ;
- $Y_N(k)$  le résultat de la transformée de Fourier rapide complexe obtenue à l'issue de la deuxième étape 20 pour la k-ième composante fréquentielle ;
- $W_N$  étant représenté par l'expression mathématique suivante :

$$W_N = e^{-j2\pi / N}$$

Selon l'invention, le calcul de la transformée de Fourier au cours de l'étape 20 tel que présenté est décomposé en calculs de radix. A titre

d'exemple non limitatif, le calcul de la transformée de Fourier au cours de l'étape 20 peut être décomposé en calcul de radix 4 et 8.

Par exemple, dans le cas où le nombre de points complexes N est choisi égal à 64 (ce qui correspond au calcul d'une transformée de Fourier à 128 points réels), la transformée de Fourier de la deuxième étape 20 peut être réalisée en appliquant l'expression mathématique suivante, avec  $k=8k_1+k_0$  et  $n=n_1+4n_0$  :

$$Y_{64}(k) = (1/64) \sum_{n=0}^{63} x(n) \cdot W_{64}^{nk}$$

soit encore :

$$10 \quad Y_{64}(8k_1 + k_0) = (1/8) \sum_{n_1=0}^7 \left[ \left\{ (1/8) \sum_{n_0=0}^7 [x(n_1 + 8n_0) \cdot W_8^{k_0 n_0}] \cdot W_{64}^{k_1 n_1} \right\} \cdot W_8^{k_1 n_1} \right]$$

Dans le cas où le nombre de points complexes N est choisi égal à 256 (ce qui correspond au calcul d'une transformée de Fourier à 512 points réels), la transformée de Fourier de la deuxième étape 20 peut être réalisée en appliquant l'expression mathématique suivante, avec  $k=32k_2+8k_1+k_0$  et

15  $n=n_2+8n_1+32n_0$  :

$$Y_{256}(k) = (1/256) \sum_{n=0}^{255} x(n) \cdot W_{256}^{nk}$$

soit encore :

$$Y_{256}(k) = (1/8) \sum_{n_2=0}^7 \left[ \left\{ (1/4) \sum_{n_1=0}^3 \left[ \left\{ (1/8) \sum_{n_0=0}^7 [x(n) \cdot W_8^{(8k_1+k_0)n_0}] \cdot W_{32}^{k_0 n_1} \right\} \cdot W_4^{k_1 n_1} \right] \cdot W_{256}^{(8k_1+k_0)n_2} \right\} \cdot W_8^{k_2 n_2} \right]$$

20 Dans la troisième étape 30 d'un groupe d'opérations du procédé selon l'invention, les résultats  $Y_N(k)$  de la transformée de Fourier complexe appliquée à la deuxième étape 20 sont re-combinés trigonométriquement afin de retrouver les composantes  $X_{2N}(k)$  fréquentielles du spectre réel du signal en entrée 1. Afin d'optimiser les performances, seules les

25 composantes de fréquences positives des résultats  $X_{2N}(k)$  sont calculées, les composantes de fréquences négatives étant redondantes. La transformation complexes-réels appliquée à la troisième étape 30 peut être réalisée en appliquant l'expression mathématique suivante :

$$X_{2N}(k) = \frac{Y_N(k) + Y_N(N-k)}{2} + W_{2N}^k(-j) \frac{Y_N(k) - Y_N(N-k)}{2}$$

avec :

- $Y_N(k)$  est la  $k$ ème composante fréquentielle du résultat de la transformée de Fourier rapide complexe à  $N$  points ;
- 5 •  $X_{2N}(k)$  est la  $k$ ème composante fréquentielle du résultat de la transformée de Fourier rapide complexe à  $N$  points. Seules les composantes  $k \leq N$  sont calculées, les composantes  $N < k \leq 2N$  étant symétriques ;
- $W_{2N}^k(-j)$  la  $k$ ème racine  $2N$ ème de  $-j$ .

10

Le procédé selon l'invention, comme illustré sur la figure 1, comporte deux groupes d'opérations, le groupe n°1 et le groupe n°2. Ainsi, si l'on considère que le recouvrement choisi est 75% entre les deux groupes d'opérations et que l'on souhaite des transformées de Fourier de 128 point réels, le groupe d'opérations n°1 réalise les calculs relatifs aux échantillons réels dont le numéro d'ordre dans la séquence de l'ensemble des échantillons réels du signal d'entrée est compris entre 1 et 128, tandis que le groupe d'opérations n°2 réalise les calculs correspondant aux transformées de Fourier relatifs aux échantillons réels dont le numéro d'ordre dans la séquence de l'ensemble des échantillons réels est compris entre 33 et 160.

20 Puis, dans une étape 40 de démultiplexage du procédé selon l'invention, les résultats de la transformée de Fourier de chaque groupe d'opérations sont dé-multiplexés (c'est-à-dire notamment en les réordonnant). A l'issue de l'étape 40, un signal en sortie 2 est généré, ledit signal en sortie 2 correspondant à la transformée de Fourier réelle du signal en entrée 1.

La figure 2 illustre par un schéma bloc un opérateur 100 selon l'invention adapté à la mise en œuvre de la transformée de Fourier sur des échantillons réels. Les éléments identiques aux éléments déjà présentés sur les autres figures portent les mêmes références. L'opérateur 100 est notamment adapté à la mise en œuvre d'un groupe d'opérations, plus particulièrement à la mise en œuvre des étapes 10, 20, 30 du procédé selon l'invention. L'opérateur représenté sur la figure 2 (exemple non limitatif) est

30

adapté au calcul de transformées de Fourier à 128 points réels et au calcul de transformées de Fourier à 512 points réels, par combinaison de radix 4 et 8. Bien évidemment, d'autres combinaisons sont possibles en fonction du nombre de points souhaités. L'opérateur 100 reçoit un sous-ensemble

5 d'échantillons réels du signal en entrée 1. L'opérateur comporte notamment :

- un bloc 101 de fenêtrage adapté à la mise en œuvre de la fonction de fenêtrage des échantillons réels du signal en entrée 1 (fonction comprise dans l'étape 10 du procédé selon l'invention) ;
- un premier bloc 102 radix 8, un bloc 103 radix 4, un deuxième bloc

10 104 radix 8, chaque bloc étant adapté au calcul complexe d'un radix donné de la transformée de Fourier (calcul accompli au cours de l'étape 10 et 20 du procédé selon l'invention) ;

- un bloc 105 de conversion des résultats complexes en résultats réels de la transformée de Fourier.

15 L'opérateur 100 délivre en sortie un signal résultat 106 comprenant les résultats de la transformée de Fourier réelle appliquée par l'opérateur 100. Le bloc 104 radix 4 peut recevoir en outre un signal mode 107, lui indiquant s'il doit être court-circuiter ou non. Ce signal permet donc d'activer ou non le bloc 103 radix 4 et en conséquence passer d'un opérateur 100 adapté au

20 calcul de transformées de Fourier à 512 points réels à un opérateur 100 adapté au calcul de transformées de Fourier à 128 points réels. Bien évidemment, en fonction du nombre de points souhaités, d'autres signaux mode 107 peuvent être reçu pour commander les autres blocs radix présents dans l'opérateur 100. En outre, l'opérateur 100 peut comprendre d'autres

25 combinaisons de bloc radix selon les besoins. Les signaux mode 107 permettent en outre de rendre modulaire l'opérateur 100. A titre d'exemple, l'opérateur 100 peut être implémenté dans un composant à logique programmable. Les calculs mis en œuvre dans les différents blocs peuvent être réalisés sur 8 voies en parallèle à une fréquence d'horloge de 250 MHz,

30 en nombres complexes. Les échantillons réels du signal en entrée 1 étant à une fréquence de 2 GigaEchantillons/secondes, l'opérateur 100 est donc capable de calculer à fréquence double du flot des données réelles d'entrée, soit 4 GigaEchantillons/secondes ; ce qui donne la possibilité de partager l'opérateur 100 en effectuant un multiplexage temporel. Ainsi l'opérateur 100

35 traite successivement en continu et en temps réel :

## 10

- les échantillons réels du signal en entrée 1 dont les numéros d'ordre sont compris entre 1 et 128 ;
- les échantillons réels du signal en entrée 1 dont les numéros d'ordre sont compris entre 65 et 192 ;
- 5 • les échantillons réels du signal en entrée 1 dont les numéros d'ordre sont compris entre 129 et 256 ;
- les échantillons réels du signal en entrée 1 dont les numéros d'ordre sont compris entre 193 et 320 ;
- etc ...

10

La figure 3 illustre par un schéma bloc un dispositif selon l'invention d'analyse fréquentielle de signaux radioélectriques en temps réel. Les éléments identiques aux éléments déjà présentés sur les autres figures portent les mêmes références. Le dispositif tel que représenté sur la figure 3  
15 (exemple non limitatif) correspond à la combinaison de deux opérateurs 100 adaptés au calcul de transformées de Fourier à 128 points réels et au calcul de transformées de Fourier à 512 points réels, les opérateurs 100 ayant un taux de recouvrement de 75%. Le premier opérateur 100 réalise les calculs des transformées de Fourier relatives aux échantillons réels dont le numéro  
20 d'ordre dans la séquence de l'ensemble des échantillons réels est compris entre 1 et 128 puis 65 et 192, tandis que le second opérateur 100 réalise les calculs correspondant aux transformées de Fourier relatives aux échantillons réels dont le numéro d'ordre dans la séquence de l'ensemble des échantillons réels est compris entre 33 et 160 puis 97 et 224. Le dispositif  
25 comporte par exemple pour cela de la mémoire 200 adaptée chacune au stockage de 2 trames de 128 échantillons réels. La sortie des opérateurs 100 est dirigée vers un dispositif de démultiplexage 201 qui délivre le signal en sortie 2 correspondant à la transformée Fourier réelle du signal en entrée 1.

30

La figure 4 montre par un chronogramme les temps de calculs des blocs compris dans les opérateurs 100, pour une transformée de Fourier à 128 points réels. Les éléments identiques aux éléments déjà présentés sur les autres figures portent les mêmes références. La résolution temporelle obtenue en mode 128 points par le dispositif est alors de 16 ns. Pour le  
35 mode 512 points, le chronogramme présenté serait comparable, avec

l'utilisation du bloc 103 radix 4 sélectionné par le signal mode 107 et un facteur 4 de dilatation temporelle du chronogramme.

## REVENDEICATIONS

1. Procédé d'analyse fréquentielle d'un signal en entrée (1) comportant des échantillons réels caractérisé en ce qu'il comporte au moins deux groupes d'opérations s'appliquant à un sous-ensemble d'échantillons réels du signal en entrée (1), chacun desdits sous-ensembles d'échantillons réels se recoupant partiellement, chaque groupe d'opérations comportant :

- une première étape (10) de transformation des échantillons réels du signal en entrée (1) en échantillons complexes ;
- une deuxième étape (20) de calcul de la transformée de Fourier des échantillons complexes, le calcul de la transformée de Fourier étant décomposé en calculs de radix ;
- une troisième étape (30) de transformation des résultats de la transformée de Fourier complexe pour retrouver les résultats de la transformée de Fourier réelle du signal en entrée (1) ;

les résultats réels obtenus par chaque groupe d'opérations étant démultiplexés (40) en un signal en sortie (2).

2. Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que, au cours de la deuxième étape (20), la  $k$ ème composante fréquentielle  $Y_N(k)$  du résultat de la transformée de Fourier complexe à  $N$  points complexes, est obtenue en appliquant l'expression mathématique suivante :

$$Y_N(k) = \frac{\sum_{n=0}^{N-1} x(n) \cdot W_N^{nk}}{N} \text{ avec } W_N = e^{-j2\pi/N}.$$

3. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 2 caractérisé en ce que, au cours de la troisième étape (30), la  $k$ ème composante fréquentielle  $X_{2N}(k)$  du résultat de la transformée de Fourier réelle à  $2N$  points réels, est obtenue en appliquant l'expression mathématique suivante :

$$X_{2N}(k) = \frac{Y_N(k) + Y_N(N-k)}{2} + W_{2N}^k(-j) \frac{Y_N(k) - Y_N(N-k)}{2}$$

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3 caractérisé en ce que, au cours de la première étape (10),

- les échantillons réels pairs du signal en entrée (1) sont considérés comme parties réelles des échantillons complexes créés ;
- les échantillons réels impairs du signal en entrée 1 sont considérés comme parties imaginaires des échantillons complexes créés.

5

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4 caractérisé en ce que, au cours de la première étape (10), une fonction de fenêtrage est appliquée aux échantillons réels du signal en entrée (1).

- 10 6. Dispositif d'analyse fréquentielle d'un signal en entrée (1) comportant des échantillons réels caractérisé en ce qu'il comporte une combinaison d'opérateurs (100) adaptés au calcul de transformées de Fourier sur un sous-ensemble d'échantillons réels du signal en entrée (1), chacun desdits sous-ensembles d'échantillons réels se recoupant partiellement, la sortie des
- 15 opérateurs (100) étant dirigée vers un dispositif de démultiplexage (201), ledit dispositif de démultiplexage délivrant un signal en sortie (2) correspondant à la transformée Fourier réelle du signal en entrée (1), chaque opérateur (100) comportant :
- une combinaison de blocs (102, 103, 104) adaptés au calcul complexe
  - un bloc (105) de conversion des résultats de la transformée de Fourier
- 20 d'un radix donné de la transformée de Fourier ;  
de N points en résultats de la transformée de Fourier réelle de 2N points.

- 25 7. Dispositif selon la revendication 6 caractérisé en ce qu'un ou plusieurs blocs (102, 103, 104) adaptés au calcul complexe d'un radix donné de la transformée de Fourier comportent des moyens pour être ou non activé.

- 30 8. Dispositif selon l'une quelconques des revendications 6 à 7 caractérisé en ce qu'il comporte un bloc (101) de fenêtrage adapté à la mise en œuvre de la fonction de pondération des échantillons réels du signal en entrée (1).

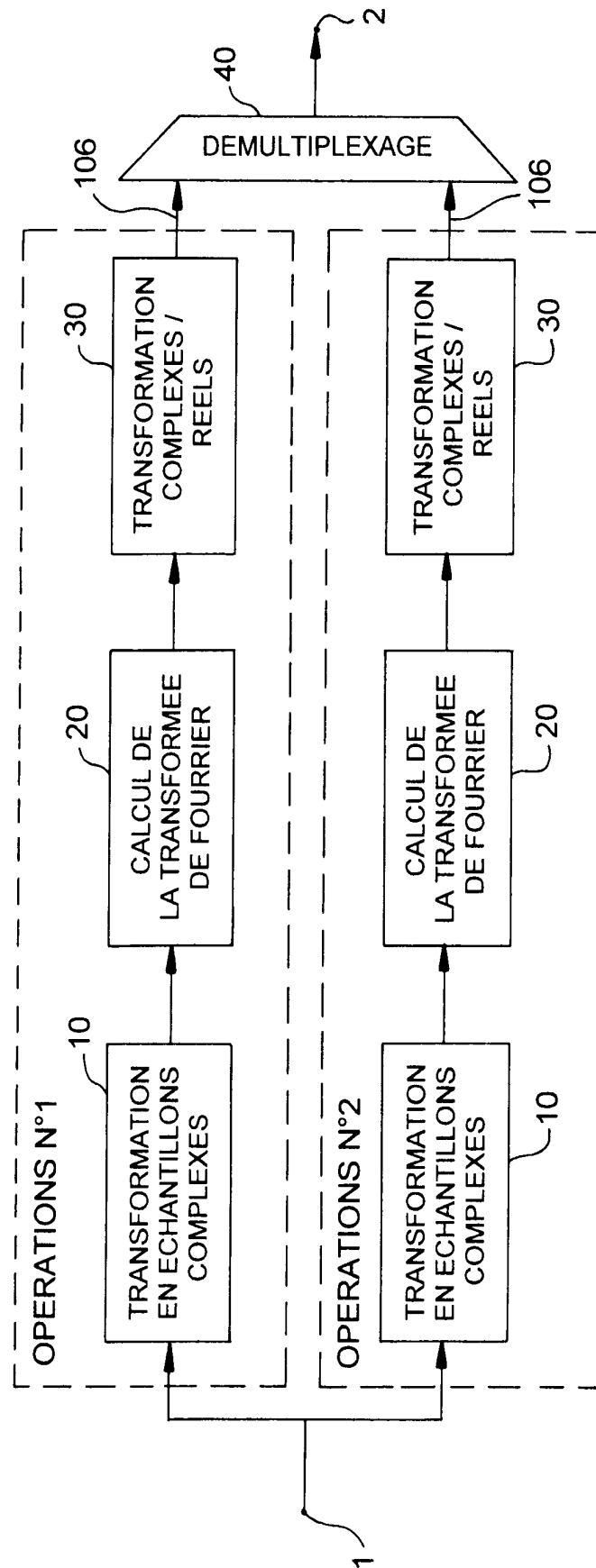


FIG.1

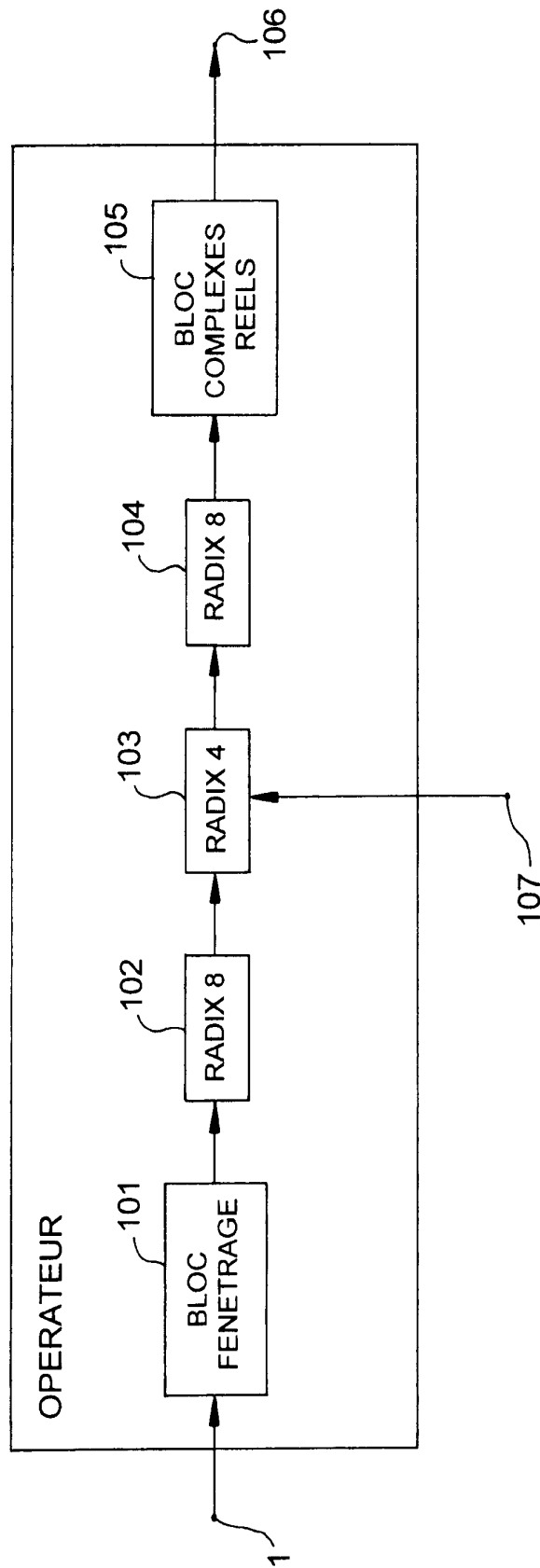


FIG.2

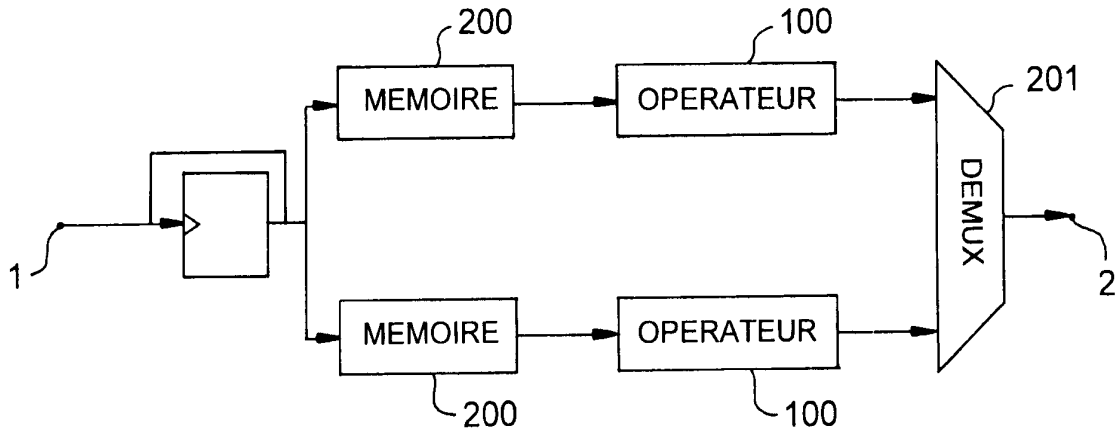


FIG.3

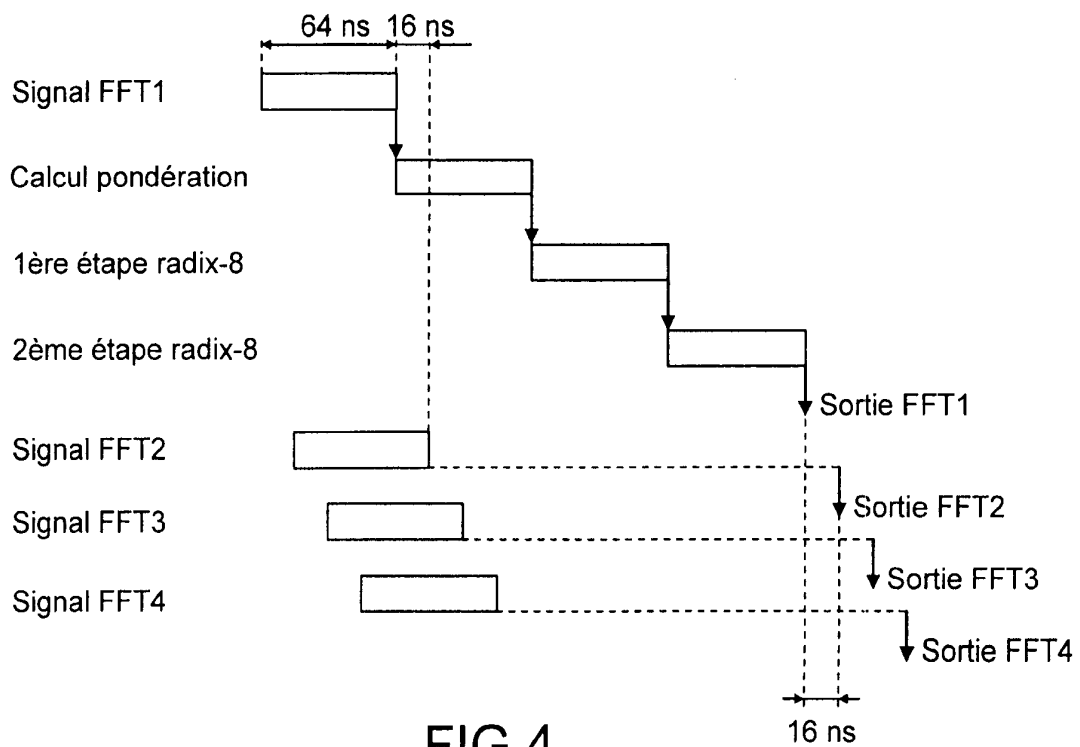


FIG.4



**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement  
national

établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

FA 700872  
FR 0705157

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
Y	SHERLOCK B G ET AL: "Moving discrete Fourier transform" IEE PROCEEDINGS-F, vol. 139, no. 4, 1 août 1992 (1992-08-01), pages 279-282, XP000297006 ISSN: 0956-375X * section 1 *	1-8	G06F17/14 H04L27/26
Y	CHU E ET AL: "Inside the FFT Black Box - Serial and Parallel Fast Fourier Transform Algorithms" 2000, CRC PRESS , XP002480477 * chapitre 14, introduction * * section 14.2 *	1-8	
A	WO 2005/076557 A (IBM [US]; FURRER SIMEON [CH]; JELITTO JENS [CH]; SCHOTT WOLFGANG [CH]) 18 août 2005 (2005-08-18) * page 14, ligne 7 - ligne 24 *	1-8	
A	LIN Y-T ET AL: "Low-power variable-length fast Fourier transform processor" IEE PROCEEDINGS: COMPUTERS AND DIGITAL TECHNIQUES, vol. 152, no. 4, 8 juillet 2005 (2005-07-08), pages 499-506, XP006024793 ISSN: 1350-2387 * section 2.3; figure 5 *	6,8	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) G06F
		Date d'achèvement de la recherche 16 mai 2008	Examineur Domingo Vecchioni, M
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons ..... & : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0705157 FA 700872**

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

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **16-05-2008**

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

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2005076557 A	18-08-2005	AT 362683 T	15-06-2007
		CN 1902876 A	24-01-2007
		DE 602004006537 T2	31-01-2008
		JP 2007518302 T	05-07-2007
-----			