

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

11 N° de publication : 2 954 513  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

21 N° d'enregistrement national : 09 06216

51 Int Cl<sup>8</sup> : G 01 S 3/74 (2006.01), G 01 S 3/46

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 21.12.09.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 24.06.11 Bulletin 11/25.

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) : GERMOND CECILE, FERREOL ANNE et CHEVALIER PASCAL.

73 Titulaire(s) : THALES Société anonyme.

74 Mandataire(s) : MARKS & CLERK FRANCE.

54 PROCÉDE ET SYSTÈME POUR ESTIMER LE NOMBRE DE SOURCES INCIDENTES A UN RESEAU DE CAPTEURS PAR ESTIMATION DE LA STATISTIQUE DU BRUIT.

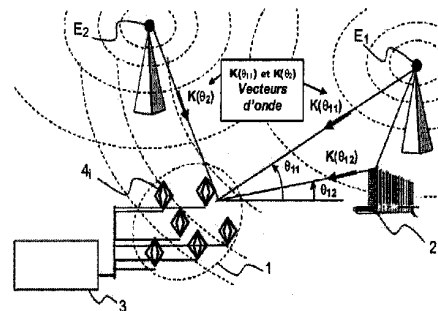
57 Procédé et système pour déterminer le nombre de sources incidentes dans un réseau comportant C capteurs recevant N observations caractérisé en ce qu'il comporte au moins les étapes suivantes:

Calcul de la matrice B et de ses valeurs propres  $\{\lambda_1, \dots, \lambda_N\}$  obtenue à partir d'un signal reçu sur C capteurs, Classement des  $\{\lambda_1, \dots, \lambda_N\}$  pour obtenir  $\lambda_1 \geq \dots \geq \lambda_N$ , Initialisation de i à  $i=M+1$  et  $i = i - 1$

Calcul de la moyenne et de l'écart type des valeurs propres de bruit: Calcul de la moyenne des N- i plus petites valeurs propres de la matrice B, Calcul de l'écart type des N- i plus petites valeurs propres de la matrice B

Si  $\lambda_i > moy + \eta\sigma$  alors cette valeur propre appartient à l'espace signal et le nombre de sources présentes dans le mélange est égal à i, où  $\eta$  est un seuil qui permet de contrôler la probabilité de fausse alarme

Si  $\lambda_i < moy + \eta\sigma$ , cette valeur propre appartient à l'espace bruit, répéter les étapes.



FR 2 954 513 - A1



## PROCEDE ET SYSTEME POUR ESTIMER LE NOMBRE DE SOURCES INCIDENTES A UN RESEAU DE CAPTEURS PAR ESTIMATION DE LA STATISTIQUE DU BRUIT

5 L'invention concerne notamment un procédé et son système associé permettant d'estimer le nombre de sources incidentes dans un réseau comportant  $C$  capteurs ou antennes sur lesquels  $N$  observations sont exploitées.

10 Pour la description qui va suivre, les notations suivantes vont être utilisées :

- $C$  nombre de capteurs de réception,
- $N$  nombre d'observations non redondantes exploitées, par exemple,  $N=C$  si on considère uniquement les statistiques d'ordre 2 du signal reçu,  $N=f(C^q)$  où  $f(.)$  est une fonction polynomiale de  $N$  d'ordre  $\text{Ent}(q/2)$  si on
- 15 considère les statistiques d'ordre  $q$ ,
- $K$  le nombre d'échantillons de signal pour chaque observation,
- $M$  est le nombre de sources à estimer,
- $x(t)$  est le signal reçu sur le réseau de capteurs, vecteur de taille  $C$ .

20 Le problème de l'estimation du nombre de sources présentes dans un mélange constitue une étape cruciale dans les systèmes d'écoute passive avant la mise en œuvre de traitements de localisation à haute résolution, de techniques de séparation, ou encore de démodulation conjointe. Il s'agit de détecter ( $M$ ) sources avec  $M$  compris entre 0 et  $N-1$  où  $N$  est le nombre

25 d'observations non redondantes exploitées sur les  $C$  capteurs de l'antenne de réception.

Dans un contexte électromagnétique, les capteurs sont des antennes et les sources radioélectriques se propagent suivant une polarisation. Dans un contexte acoustique les capteurs sont des

30 microphones et les sources sont sonores.

Les méthodes classiques d'estimation du nombre de sources présentes dans un mélange reposent par exemple sur des tests statistiques basés sur les valeurs propres (VP) de la matrice de covariance du signal reçu sur les capteurs de l'antenne de réception. Ces tests sont basés sur la connaissance de la loi de probabilité de la fluctuation des valeurs propres de bruit sachant que la matrice de covariance du signal est estimée à partir de K échantillons statistiquement indépendants et que le bruit est supposé blanc et gaussien.

Les valeurs propres les plus fortes de la matrice de covariance correspondent aux valeurs propres de signal tandis que les valeurs les plus faibles de la matrice correspondent en général au bruit. En asymptotique (K tend vers l'infini) et en présence d'un bruit blanc les valeurs propres de bruit sont toutes identiques. Pour un nombre fini K d'échantillons, on observe des fluctuations qui rendent la séparation entre les valeurs propres de signal et les valeurs propres de bruit non immédiate. Pour faire face à ces fluctuations statistiques, les tests les plus classiques sont les tests du chi-deux, AIC et MDL qui vont être détaillés ci-après et qui exploitent la statistique supposée gaussienne du bruit blanc.

### Test du chi-deux

Ce test consiste à estimer le rapport de vraisemblance des valeurs propres de bruit et à tester de façon croissante différentes hypothèses sur le nombre N-M de valeurs propres de bruit

$$RV(M) = 2K(N-M) \log \left( \frac{g(N-M)}{a(N-M)} \right)$$

où  $g(N-M)$  et  $a(N-M)$  représentent les moyennes géométriques et arithmétiques des (N-M) plus petites valeurs propres de la matrice de covariance **B** de l'observation, K étant le nombre d'échantillons observés.

Le rapport de vraisemblance suit asymptotiquement une loi du chi-deux de  $(N-M)^2 - 1$  degrés de liberté car le bruit est supposé blanc et gaussien, ce qui permet de fixer un seuil de détection lorsque le nombre d'échantillons K est élevé ( $K > 30$ ).

### Test AIC (critère d'information d'Akaike) et MDL (Minimum Distance Length)

Ce critère a été initialement développé par H.Akaike pour déterminer l'ordre d'un modèle [1]. Il est basé sur le calcul du rapport de vraisemblance des valeurs propres de bruit avec ajout d'un terme correctif qui permet de prendre en compte les situations où la valeur de K est faible (par exemple  $K < 30$ ). Le nombre de sources est alors déterminé comme étant le nombre entier qui minimise la quantité suivante :

$$AIC(M) = -K(N - M) \log \left( \frac{g(m)}{a(m)} \right) + m(2N - m)$$

où  $g(m)$  et  $a(m)$  représentent les moyennes géométriques et arithmétiques des  $m = N - M$  plus petites valeurs propres de la matrice de covariance  $\mathbf{B}$  d'une observation, K étant le nombre d'échantillons observés.

Un autre test a été proposé pour faire face au problème de consistance du test AIC, il s'agit du critère de la longueur de distance minimum ou MDL qui introduit un terme correctif modifié.

Une méthode de l'art antérieur [2] est proposée pour détecter le nombre de sources en présence de bruit coloré. Cette méthode repose sur l'hypothèse d'un réseau linéaire et de signaux non corrélés.

#### Critères empiriques à seuil

Les critères statistiques précédents sont basés sur une structure blanche d'un bruit additif qui est Gaussien. Dans la pratique, le bruit n'est ni blanc, ni gaussien. Dans ces conditions, lorsque le nombre d'observations K tend vers l'infini, les valeurs propres de bruit ne sont plus toutes identiques. C'est ainsi que des critères purement empiriques visant à classer les « petites » et les « grandes » valeurs propres ont été proposés. Ces méthodes présentent notamment comme inconvénient de faire des hypothèses fortes soit sur la structure de la matrice de covariance soit sur celle de la matrice de covariance du bruit soit sur celle de la matrice de covariance du signal sans bruit.

### **Décroissance du spectre des valeurs propres**

Lorsque des signaux incidents présentent de fortes corrélations ou de faibles écarts angulaires, certaines valeurs propres de l'espace signal deviennent proches de celles du bruit, ce qui conduit à une sous-estimation  
5 du nombre de sources. Des méthodes ont été développées pour pallier ce problème, en postulant une loi de répartition empirique des valeurs propres de l'espace bruit. La modélisation de la décroissance peut être linéaire ou exponentielle. L'estimation du nombre de sources repose alors sur la recherche d'un saut significatif dans la décroissance des valeurs propres.  
10 Toutefois, il est nécessaire de régler une valeur de seuil de détection qui repose sur l'hypothèse d'un bruit additif et gaussien circulaire.

### **Réseaux de neurones**

D'autres méthodes ont été développées autour de réseaux de neurones pour estimer un faible nombre de sources présentes. Ces  
15 méthodes imposent une structure sur la matrice de covariance du bruit et présentent une complexité de mise en œuvre assez importante.

### **Filtrage de Wiener**

Des méthodes ont aussi été proposées, basées sur le filtre de Wiener multi-étages [3]. Elles permettent d'éviter la phase de calcul de la  
20 matrice de covariance du signal de même que la décomposition en valeurs propres. Il est supposé que le bruit additif est un bruit blanc et que les sources sont générées par un filtre à 3 coefficients et sont incidentes à un réseau linéaire equiespacé. Le test de détection du nombre de sources exploite alors cette structure. Dans la pratique, on ne connaît pas l'étalement  
25 temporel des sources et le bruit n'est pas forcément à structure blanche. D'autres méthodes supposent que le bruit est gaussien et spatialement corrélé, deux hypothèses qui ne sont pas forcément vérifiées en situation réelle.

La méthode empirique décrite dans [4] repose sur la modélisation  
30 de décroissance exponentielle des valeurs propres de bruit soit

$$r(p) = \exp\left(-\sqrt{\frac{12p}{K(p^2-1)}}\right) \text{ avec } \frac{\lambda_p}{\lambda_{p-1}} = r(p)$$

où  $p$  est le nombre de valeurs propres de bruit,  $(\lambda_1 \geq \dots \geq \lambda_N)$  sont les valeurs propres de la matrice de covariance et  $K$  est le nombre d'observations utilisées pour estimer la matrice de covariance. Le test de décision bruit ou signal est alors le suivant

$$\left| \lambda_{N-p} - \hat{\lambda}_{N-p} \right| \begin{array}{l} \text{Hypothèse Bruit} \\ < \\ \text{Hypothèse Signal} \end{array} \eta \frac{\lambda_{N-p+1}}{\sqrt{K}} \text{ avec } \hat{\lambda}_{N-p} = \frac{\lambda_{N-p+1}}{r(p+1)}$$

Cette méthode, malgré son efficacité présente l'inconvénient de ne pas fonctionner lorsque le nombre d'observations utilisées pour estimer la matrice covariance tend vers l'infini. Elle suppose une structure blanche du bruit et ne fonctionne donc pas en présence de bruit corrélé et coloré.

D'un point de vue général l'objectif technique est d'estimer le nombre  $M$  de composantes du mélange linéaire suivant :

$$\mathbf{r}_k = \sum_{m=1}^M \mathbf{a}_m s_m(k) + \mathbf{n}_k \text{ pour } 1 \leq k \leq K \quad (1)$$

Où  $\mathbf{r}_k$  vecteur de dimension  $N \times 1$  est une transformation plus ou moins linéaire de l'observation  $\mathbf{x}_k$  reçue sur les  $C$  capteurs.  $\mathbf{n}_k$  est un vecteur bruit additif. Chaque source  $s_m(k)$  est associée à la signature  $\mathbf{a}_m$ . Si on considère les statistiques d'ordre 2 l'objectif est de détecter  $M$  à partir de la matrice de covariance suivante :

$$\mathbf{B} = \hat{\mathbf{R}}_{\mathbf{x}\mathbf{x}} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \mathbf{r}_k (\mathbf{r}_k)^H$$

D'un point de vue tout à fait général la détection du nombre  $M$  est effectuée à partir des  $N$  valeurs propres  $\lambda_i$  de la matrice  $\mathbf{B}$ .

L'objet de la présente invention concerne un procédé permettant notamment de prendre en compte les signaux mélangés dans le cas de bruit corrélé et/ou coloré, ou encore de bruit non Gaussien, non circulaire, et sans particularité de géométrie particulière de réseau de capteurs. Le procédé  
 5 fonctionne en présence de sources corrélées et/ou présentant un fort gradient de puissance. Par une extension aux ordres supérieurs, le procédé peut détecter un nombre de sources supérieur au nombre C de capteurs de l'antenne de réception.

L'invention concerne un procédé pour déterminer le nombre de  
 10 sources incidentes dans un réseau comportant C capteurs recevant N observations caractérisé en ce qu'il comporte au moins les étapes suivantes :

**Etape 1 :** Calcul de la matrice **B** de dimension NxN observée sur N composantes et obtenue à partir d'un signal reçu sur C capteurs.

15 **Etape 2 :** Calcul des valeurs propres  $\{\lambda_1, \dots, \lambda_N\}$  de la matrice **B**

**Etape 3 :** Classement des valeurs propres de la matrice **B** du signal pour obtenir  $\lambda_1 \geq \dots \geq \lambda_N$  et initialisation du nombre de sources reçues à  $M = M_{max}$

**Etape 4.0 :** Initialisation de i à  $i = M + 1$

**Etape 4.1 :**  $i = i - 1$

20 **Etape 4.2 :** Calcul de la moyenne et de l'écart type des valeurs propres de bruit

→ Calcul de la moyenne des  $N - i$  plus petites valeurs propres de la matrice B

$$\lambda_{moy} = \frac{1}{N-i} \sum_{j=i+1}^N \lambda_j$$

25 → Calcul de l'écart type des  $N - i$  plus petites valeurs propres de la matrice B

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-i} \sum_{j=i+1}^N (\lambda_j - \lambda_{moy})^2}$$

**Etape 4.3 :** Si  $\lambda_i > \lambda_{moy} + \eta\sigma$  alors cette valeur propre appartient à l'espace signal et le nombre de sources présentes dans le mélange est égal à  $i$ , où  $\eta$  est un seuil qui permet de contrôler la probabilité de fausse alarme. Le procédé est terminé.

- 5 **Etape 4.4 :** Si  $\lambda_i < \lambda_{moy} + \eta\sigma$ , cette valeur propre appartient à l'espace bruit, retourner à l'étape 4.1.

L'invention concerne aussi un système pour déterminer le nombre de sources incidentes dans un réseau comportant  $C$  capteurs recevant  $N$  observations caractérisé en ce qu'il comporte au moins un récepteur  
10 comprenant un processeur adapté pour exécuter les étapes du procédé explicitées précédemment.

D'autres caractéristiques et avantages du procédé et du système selon l'invention apparaîtront mieux à la lecture de la description qui suit d'un  
15 exemple de réalisation donné à titre illustratif et nullement limitatif annexé des figures qui représentent :

- La figure 1, un exemple de système de traitement d'antennes, et
- La figure 2, un exemple d'un réseau de capteurs de position  $(x_n, y_n)$ .

20 La figure 1 montre un exemple de système de traitement d'antenne qui est composé d'un réseau 1 de capteurs ou d'antennes  $4i$  recevant des signaux issus de différentes sources avec des angles d'arrivée  $\theta_{ip}$  ( $i$  est l'indice de l'émetteur et  $p$  celui du trajet ) différents et d'un récepteur 3. Le récepteur comprend un processeur adapté pour exécuter les étapes du  
25 procédé selon l'invention. Le réseau peut également comporter des obstacles 2 sur lesquels les signaux sont réfléchis avant d'être reçus sur les antennes. Les capteurs  $4i$  élémentaires du réseau reçoivent les signaux émis par les sources avec une phase et une amplitude dépendant en particulier de leurs angles d'incidences et de la position des capteurs. Les angles  
30 d'incidences sont paramétrés en une dimension ou 1D par l'azimut  $\theta_m$  et en

deux dimensions 2D par l'azimut  $\theta_m$  et l'élévation  $\Delta_m$ . La figure 2 schématise un exemple d'un réseau de 6 capteurs recevant les signaux de  $P=2$  sources distinctes.

Le procédé selon l'invention a notamment pour objet de  
 5 déterminer le nombre  $M$  de sources incidentes dans un réseau comportant  $C$  capteurs recevant  $N$  observations. Pour cela les étapes suivantes vont être exécutées au niveau du récepteur 3.

**Etape 1 :** Calcul de la matrice  $\mathbf{B}$  de dimension  $N \times N$  observée sur  $N$  composantes et obtenue à partir d'un signal reçu sur  $C$  capteurs,

10 **Etape 2 :** Calcul des valeurs propres  $\{\lambda_1, \dots, \lambda_N\}$  de la matrice  $\mathbf{B}$ ,

**Etape 3 :** Classement des valeurs propres de la matrice  $\mathbf{B}$  du signal pour obtenir  $\lambda_1 \geq \dots \geq \lambda_N$  et initialisation du nombre de sources reçues à  $M = M_{max}$ ,

**Etape 4.0 :** Initialisation de  $i$  à  $i = M + 1$

**Etape 4.1 :**  $i = i - 1$

15 **Etape 4.2 :** Calcul de la moyenne et de l'écart type des valeurs propres de bruit

→ Calcul de la moyenne des  $N - i$  plus petites valeurs propres de la matrice  $\mathbf{B}$

$$\lambda_{moy} = \frac{1}{N-i} \sum_{j=i+1}^N \lambda_j$$

20 → Calcul de l'écart type des  $N - i$  plus petites valeurs propres de la matrice  $\mathbf{B}$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-i} \sum_{j=i+1}^N (\lambda_j - \lambda_{moy})^2}$$

**Etape 4.3 :** Si  $\lambda_i > \lambda_{moy} + \eta\sigma$  alors cette valeur propre appartient à l'espace signal et le nombre de sources présentes dans le mélange est égal à  $i$ , où  
 25  $\eta$  est un seuil qui permet de contrôler la probabilité de fausse alarme. Le procédé est terminé.

**Etape 4.4 :** Si  $\lambda_i < \lambda_{moy} + \eta\sigma$ , cette valeur propre appartient à l'espace bruit, retourner à 4.1.

Le procédé dépend notamment de deux paramètres  $M_{max}$  et  $\eta$ .  $M_{max}$  peut typiquement être égal à  $N/2$  selon un exemple non limitatif.  $\eta$  est un coefficient donnant la sensibilité du procédé et dépendant d'une probabilité de fausse alarme. Il peut par exemple être choisi tel que  $2 \leq \eta \leq 6$ .

Selon une variante de mise en œuvre, l'étape 3 du procédé ordonne les valeurs propres de la matrice par ordre décroissant, l'objectif étant d'obtenir les valeurs propres correspondant au bruit de façon contiguë.

Selon un mode de réalisation, la matrice  $\mathbf{B}$  correspond à la matrice de covariance de l'observation  $\mathbf{r}_k = \mathbf{x}(t_k)$ . La matrice  $\mathbf{B}$  s'écrit alors :

$$\mathbf{B} = \hat{\mathbf{R}}_{\mathbf{x}\mathbf{x}} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \mathbf{x}(t_k) \mathbf{x}(t_k)^H \quad (2)$$

Où  $\mathbf{x}(t)$  correspond au signal reçu sur le réseau de capteurs et s'écrit :

$$\mathbf{x}(t) = \begin{bmatrix} x_1(t) \\ \dots \\ x_n(t) \\ \dots \\ x_N(t) \end{bmatrix} = \sum_{m=1}^M \rho_m \mathbf{a}(\theta_m) s_m(t) + \mathbf{n}(t) = \mathbf{A} \mathbf{s}(t) + \mathbf{n}(t) \quad (3)$$

$$s_m(t) = s(t) \exp(j2\pi f_m t)$$

Où

- $x_n(t)$  est le signal reçu sur le  $n$ -ième capteur,
- $s(t)$  correspond au signal temporel émis par la source
- $\rho_m, \theta_m, \tau_m$  sont respectivement l'amplitude, et la direction d'arrivée de la  $m$ -ième source.
- $\mathbf{a}(\theta)$  est la réponse du réseau de capteurs à une source de direction  $\theta$
- $\mathbf{n}(t)$  est le bruit additif, les composantes de bruit sont indépendantes entre 20 voies de réception et ont pour puissance  $\sigma^2$ . Le bruit comporte également les interférences éventuelles
- $\mathbf{s}(t) = [s_1(t) \dots s_M(t)]^T$ , vecteur des signaux temporels des sources

- **A** matrice des vecteurs directeurs pour les différents trajets  $m$ ,  $\mathbf{A}=[\mathbf{a}(\theta_1)\dots\mathbf{a}(\theta_M)]$

Dans ce cas  $N=C$ .

- Selon un autre mode de mise en œuvre du procédé de l'invention,
- 5 la matrice considérée **B** correspond à la matrice de covariance spatio-temporelle du signal.  $\mathbf{r}_k = \mathbf{x}_f(t_k)$  est un vecteur observation contenant  $L$  décalages temporels différents de l'observation  $\mathbf{x}(t)$  définie par l'équation (3).

$$\mathbf{x}_f(t) = \begin{bmatrix} \mathbf{x}(t - \tau_1) \\ \dots \\ \mathbf{x}(t - \tau_i) \\ \dots \\ \mathbf{x}(t - \tau_L) \end{bmatrix} = \sum_{m=1}^M \mathbf{b}(\theta_m, f_m) s_m(f_m, t) + n(t)$$

$$\mathbf{B} = \hat{\mathbf{R}}_{\mathbf{x}_f \mathbf{x}_f} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \mathbf{x}_f(t_k) \mathbf{x}_f(t_k)^H$$

- 10 où  $s_m(t)$  et  $s_m(f_m, t)$  sont les entrée/sortie d'un filtre de bande finie centré en  $f_m$ . Dans ce cas  $N=LC$  et  $M$  représente le nombre de composantes spatio-fréquentielles présentes dans le signal. En présence de porteuses pures, le nombre de composantes spatio-fréquentielles est égal au nombre de sources de l'observation  $\mathbf{x}(t)$  définie par l'équation (3)

- 15 Selon un autre exemple de mise en œuvre, la matrice considérée **B** est une estimation de la matrice des inter-cumulants d'ordre  $2q$  des signaux pour  $K$  observations du vecteur  $\mathbf{x}(t_k)$  de dimension  $C \times 1$ .

- Le procédé estime alors le nombre  $M$  de composantes indépendantes de l'espace signal de cette matrice, lequel correspond au
- 20 nombre de sources reçues lorsque celles-ci sont statistiquement indépendantes. Le modèle de signal s'écrit :

$$\mathbf{x}(t) = \sum_{m=1}^P \mathbf{a}(\theta_m) s_m(t) + \mathbf{n}(t)$$

où  $P$  est le nombre de sources présentes et  $M$  le nombre de composantes indépendantes du mélange.

Sachant que  $x_n(t)$  est la n-ième composante de  $\mathbf{x}(t)$ , l'intercumulant est défini par :

$$\text{cum}_x(i_1, \dots, i_{2q}) = \text{cum}(x_{i_1}(t), \dots, x_{i_1}(t), x_{i_{q+1}}(t)^*, \dots, x_{i_q}(t)^*, x_{i_{q+1}}(t), \dots, x_{i_{q+l}}(t), x_{i_{q+l+1}}(t)^*, \dots, x_{i_{2q}}(t)^*)$$

pour  $1 \leq i_q \leq C$  et où  $\text{cum}(\cdot)$  désigne le cumulants. Les intercumulants estimés

5 sur  $K$  échantillons sont rangés dans la matrice  $\mathbf{B} = \hat{\mathbf{R}}_{\mathbf{xx}}$  de la manière suivante :

$$\begin{aligned} \hat{\mathbf{R}}_{\mathbf{xx}}(I(\Omega_{row}), J(\Omega_{col})) &= \hat{c}_x(i_1, \dots, i_{2q}) \\ I(\Omega_{row}) &= \sum_{k=1}^q 2^{q-k} (i_k - 1) + 1 \text{ avec } \Omega_{row} = \{i_1, \dots, i_q\} \\ J(\Omega_{col}) &= \sum_{k=1}^q 2^{q-k} (i_{q+k} - 1) + 1 \text{ avec } \Omega_{col} = \{i_{q+1}, \dots, i_{2q}\} \end{aligned}$$

où  $\hat{c}_x(i_1, \dots, i_{2q})$  est une estimée sur  $K$  échantillons de  $\text{cum}_x(i_1, \dots, i_{2q})$ . La

matrice  $\hat{\mathbf{R}}_{\mathbf{xx}}$  s'écrit :

$$\begin{aligned} \hat{\mathbf{R}}_{\mathbf{xx}} &= \left( \mathbf{A}^{\otimes l} \otimes (\mathbf{A}^{\otimes (q-l)})^* \right) \hat{\mathbf{R}}_{ss} \left( \mathbf{A}^{\otimes l} \otimes (\mathbf{A}^{\otimes (q-l)})^* \right)^H + \hat{\mathbf{R}}_{nn} \\ \mathbf{A}^{\otimes q} &= \underbrace{\mathbf{A} \otimes \dots \otimes \mathbf{A}}_{q \text{ fois}} \end{aligned}$$

Où  $\mathbf{A} = [\mathbf{a}(\theta_1) \dots \mathbf{a}(\theta_P)]$  est la matrice des vecteurs directeurs pour les différents trajets indicés par  $p$  et où  $\otimes$  désigne le produit de Kronecker et  $\hat{\mathbf{R}}_{ss}, \hat{\mathbf{R}}_{nn}$  sont respectivement les matrices composées des intercumulants d'ordre  $2q$  du signal source  $s(t)$  et du bruit additif  $\mathbf{n}(t)$ .

15 Dans ce mode de réalisation, la matrice  $\hat{\mathbf{R}}_{\mathbf{xx}}$  est de dimension  $N \times N$  où  $N = C^q$ . Le nombre  $M$  de composantes indépendantes à détecter par le procédé est compris entre 0 et  $M = f(P^q)$  selon l'équation (1) car la matrice  $\hat{\mathbf{R}}_{ss}$  est de dimension  $P^q \times P^q$  ( $P$  est le nombre de sources du signal  $\mathbf{x}(t)$ ). En présence de  $P$  sources indépendantes, le rang de  $\hat{\mathbf{R}}_{\mathbf{xx}}$  à déterminer vaut

20  $M = P$ . Notons que la détermination du rang de la matrice  $\hat{\mathbf{R}}_{\mathbf{xx}}$  est à la fois

valable pour des algorithmes de goniométrie et pour des algorithmes d'identification aveugle.

Selon un autre mode de réalisation, le procédé comporte les étapes décrits ci-après. En présence de  $M$  émetteurs (ou clusters), un système de localisation mesure au cours du temps un ensemble de paramètres caractérisés par les vecteurs  $\xi_k$  pour  $1 \leq k \leq K$ . Les vecteurs  $\xi_k$  peuvent être composés par l'azimut  $\theta_k$  et le rapport signal sur bruit  $SNR_k$  d'un des émetteurs à l'instant  $t_k$ :  $\xi_k = [\theta_k \text{ } SNR_k]^T$  ( $T$  désigne la transposée d'un vecteur). Ces vecteurs peuvent aussi être composés du vecteur directeur  $\mathbf{a}(\theta_k)$  d'une des sources avec son rapport signal sur bruit:  $\xi_k = [\mathbf{a}(\theta_k)^T \text{ } SNR_k]^T$ . De façon plus générale la  $k^{\text{ième}}$  mesure  $\hat{\zeta}_k$  est entachée d'une erreur et est associée au  $m^{\text{ième}}$  émetteur de la façon suivante :

$$\hat{\zeta}_k = \xi_m + \mathbf{e}_k \quad \text{pour } 1 \leq k \leq K \text{ et } 1 \leq m \leq M \quad (4)$$

Où  $\mathbf{e}_k$  est le vecteur bruit associé à la  $k^{\text{ième}}$  mesure et  $\xi_m$  le vecteur de paramètre associé au  $m^{\text{ième}}$  émetteur.

A partir de  $\hat{\zeta}_k$  il est possible de construire une observation  $f(\hat{\zeta}_k)$  de dimension plus grande. En particulier pour un système de goniométrie qui produit des azimuts  $\theta_k$  au cours du temps, il est possible de construire  $\hat{\zeta}_k = [\theta_k \text{ } SNR_k]^T$  et d'effectuer la transformation non linéaire suivante :

$$f(\hat{\zeta}_k) = f\left(\hat{\zeta}_k = \begin{bmatrix} \hat{\theta}_k \\ SNR_k \end{bmatrix}\right) = \begin{bmatrix} 1 \\ \exp(j\hat{\theta}_k) \\ \vdots \\ \exp(jL\hat{\theta}_k) \\ SNR_k \end{bmatrix} \quad (5)$$

en construisant alors l'observation suivante

$$\mathbf{r}_k = f(\hat{\zeta}_k) \otimes f(\hat{\zeta}_k) \quad (6)$$

qui obéit à l'équation (1), avec la signature  $\mathbf{a}_m = f(\zeta_m) \otimes f(\zeta_m)$ , il est possible d'estimer le nombre  $M$  de clusters à partir des valeurs propres de la matrice de covariance suivante

$$\hat{\mathbf{R}}_{xx} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K [\mathbf{f}(\hat{\zeta}_k) \otimes \mathbf{f}(\hat{\zeta}_k)] [\mathbf{f}(\hat{\zeta}_k) \otimes \mathbf{f}(\hat{\zeta}_k)]^H \quad (7)$$

Pour tous les exemples de mise en œuvre décrits précédemment, dans le cas où la matrice  $\mathbf{B}$  n'est pas de rang plein, le procédé considère les  $\mathbf{R}$  valeurs propres non nulles de la matrice  $\mathbf{B}$ .

Le procédé selon l'invention permet notamment d'estimer le  
 5 nombre de sources présentes dans un mélange pour une structure de bruit quelconque, le bruit pouvant être de statistique et de corrélation quelconque. Le procédé offre une robustesse par rapport au nombre d'échantillons de signal disponibles. Il est robuste par rapport à un comportement asymptotique où le nombre d'observations est grand. Le procédé peut aussi  
 10 être utilisé dans le cas d'un nombre d'échantillons de signal disponibles peu élevé. Le procédé fonctionne en présence de sources corrélées ou encore présentant un fort gradient de puissance. Le procédé fonctionne pour des géométries quelconques de réseau.

Le procédé peut également estimer un nombre de sources supérieur au  
 15 nombre de capteurs  $C$  de l'antenne par une extension aux ordres supérieurs.

### Références

- [1] H.Akaike, « A new look at the statistical model identification », IEEE Trans on Aut. Control, 19, N°6, Dec 1974
- 20 [2] Lu Gan; Xin Qi; Liping Li; Huaguo Zhang, "Estimation of the number of signals in the presence of color noise", ICCAS.2009
- [3] An, Zhijuan; Su, Hongtao; Bao, Zheng; , "A New Method for Fast Estimation of Number of Signals", IEEE 2008
- [4] O.Michel, P.Larzabal, H.Clergeot, "Critères de détection du nombre de  
 25 sources corrélées pour les méthodes HR en traitement d'antenne", GRETSI91 Juan-les-Pins

## REVENDECATIONS

1 – Procédé pour déterminer le nombre de sources incidentes dans un réseau comportant C capteurs (4i) recevant N observations et un récepteur  
5 (3) adapté caractérisé en ce qu'il comporte au moins les étapes suivantes :

**Etape 1 :** Calculer la matrice **B** de dimension NxN observée sur N composantes et obtenue à partir d'un signal reçu sur C capteurs,

**Etape 2 :** Calculer les valeurs propres  $\{\lambda_1, \dots, \lambda_N\}$  de la matrice **B**,

**Etape 3 :** Classer lesdites valeurs propres de la matrice **B** du signal pour  
10 obtenir  $\lambda_1 \geq \dots \geq \lambda_N$  et initialisation du nombre de sources reçues à  $M = M_{max}$ ,

**Etape 4.0 :** Initialisation de i à  $i = M + 1$

**Etape 4.1 :**  $i = i - 1$

**Etape 4.2 :** Calculer la moyenne et de l'écart type des valeurs propres de bruit

15 → Calculer la moyenne des  $N - i$  plus petites valeurs propres de la matrice **B**

$$\lambda_{moy} = \frac{1}{N-i} \sum_{j=i+1}^N \lambda_j$$

→ Calculer l'écart type des  $N - i$  plus petites valeurs propres de la matrice **B**

20

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-i} \sum_{j=i+1}^N (\lambda_j - \lambda_{moy})^2}$$

**Etape 4.3 :** Si  $\lambda_i > \lambda_{moy} + \eta\sigma$  alors cette valeur propre appartient à l'espace signal et le nombre de sources présentes dans le mélange est égal à i, où  $\eta$  est un seuil qui permet de contrôler la probabilité de fausse alarme,

**Etape 4.4 :** Si  $\lambda_i < \lambda_{moy} + \eta\sigma$ , cette valeur propre appartient à l'espace bruit,  
25 retourner à l'étape 4.1.

2 – Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que l'on ordonne les valeurs propres de la matrice par ordre décroissant.

3 – Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que la matrice **B** est la valeur estimée de la matrice de covariance de l'observation :

$$\mathbf{B} = \hat{\mathbf{R}}_{\mathbf{x}\mathbf{x}} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \mathbf{x}(t_k) \mathbf{x}(t_k)^H$$

4 – Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que la matrice **B** est la valeur estimée de la matrice de covariance spatio-temporelle de l'observation:

$$\mathbf{B} = \hat{\mathbf{R}}_{\mathbf{x}_f \mathbf{x}_f} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \mathbf{x}_f(t_k) \mathbf{x}_f(t_k)^H$$

5 – Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que dans le cas où la matrice **B** n'est pas de rang plein, le procédé considère les R valeurs propres non nulles de la matrice de covariance.

6 – Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que la matrice considérée **B** est une estimation de la matrice des inter-cumulants d'ordre 2q des signaux pour K observations du vecteur  $\mathbf{x}(t_k)$  de dimension Cx1 et en ce que le procédé comporte une étape d'estimation de la dimension de l'espace signal de la matrice de statistiques considérée, laquelle correspond au nombre de sources lorsque celles-ci sont indépendantes en utilisant le modèle signal suivant

$$\mathbf{x}(t) = \sum_{m=1}^P \mathbf{a}(\theta_m) s_m(t) + \mathbf{n}(t)$$

où P est le nombre de sources présentes

Sachant que  $x_n(t)$  est la n-ième composante de  $\mathbf{x}(t)$ , l'intercumulant est défini par :

$$\text{cum}_x(i_1, \dots, i_{2q}) = \text{cum}(x_{i_1}(t), \dots, x_{i_i}(t), x_{i_{i+1}}(t)^*, \dots, x_{i_q}(t)^*, x_{i_{q+1}}(t), \dots, x_{i_{q+l}}(t), x_{i_{q+l+1}}(t)^*, \dots, x_{i_{2q}}(t)^*)$$

pour  $1 \leq i_q \leq C$  et où  $\text{cum}(\cdot)$  désigne le cumulants,

les intercumulants estimés sur  $K$  échantillons sont ensuite rangés dans la matrice  $\mathbf{B} = \hat{\mathbf{R}}_{\mathbf{xx}}$  de la manière suivante :

$$\begin{aligned} \hat{\mathbf{R}}_{\mathbf{xx}}(I(\Omega_{\text{row}}), J(\Omega_{\text{col}})) &= \hat{c}_x(i_1, \dots, i_{2q}) \\ 5 \quad I(\Omega_{\text{row}}) &= \sum_{k=1}^q 2^{q-k} (i_k - 1) + 1 \quad \text{avec } \Omega_{\text{row}} = \{i_1, \dots, i_q\} \\ J(\Omega_{\text{col}}) &= \sum_{k=1}^q 2^{q-k} (i_{q+k} - 1) + 1 \quad \text{avec } \Omega_{\text{row}} = \{i_{q+1}, \dots, i_{2q}\} \end{aligned}$$

où  $\hat{c}_x(i_1, \dots, i_{2q})$  est une estimée sur  $K$  échantillons de  $\text{cum}_x(i_1, \dots, i_{2q})$ ,

$\hat{\mathbf{R}}_{\mathbf{xx}}$  s'écrit :

$$\begin{aligned} \hat{\mathbf{R}}_{\mathbf{xx}} &= \left( \mathbf{A}^{\otimes l} \otimes \left( \mathbf{A}^{\otimes (q-l)} \right)^* \right) \hat{\mathbf{R}}_{ss} \left( \mathbf{A}^{\otimes l} \otimes \left( \mathbf{A}^{\otimes (q-l)} \right)^* \right)^H + \hat{\mathbf{R}}_{nn} \\ \mathbf{A}^{\otimes q} &= \underbrace{\mathbf{A} \otimes \dots \otimes \mathbf{A}}_{q \text{ fois}} \end{aligned}$$

où  $\mathbf{A} = [\mathbf{a}(\theta_1) \dots \mathbf{a}(\theta_p)]$  est la matrice des vecteurs directeurs pour les différents  
10 trajets indicés par  $p$  et où  $\otimes$  désigne le produit de Kronecker et  $\hat{\mathbf{R}}_{ss}, \hat{\mathbf{R}}_{nn}$  sont respectivement les matrices composées des intercumulants d'ordre  $2q$  du signal source  $s(t)$  et du bruit additif  $\mathbf{n}(t)$ .

7 – Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce qu'il comporte au  
15 moins les étapes suivantes :

effectuer des mesures au cours du temps d'un ensemble de paramètres caractéristiques des émetteurs, les mesures étant caractérisées par les vecteurs  $\xi_k$  pour  $1 \leq k \leq K$ , les vecteurs  $\xi_k$  étant composés par l'azimut  $\theta_k$  et le rapport signal sur bruit  $\text{SNR}_k$  d'un des émetteurs à l'instant  $t_k$  :  $\xi_k = [\theta_k \text{SNR}_k]^T$   
20 ou par le vecteur directeur  $\mathbf{a}(\theta_k)$  d'une des sources avec son rapport signal sur bruit :  $\xi_k = [\mathbf{a}(\theta_k)^T \text{SNR}_k]^T$ ,

à partir de  $\hat{\zeta}_k$  construire une observation  $f(\hat{\zeta}_k)$

puis construire l'observation suivante

$$\mathbf{r}_k = f(\hat{\zeta}_k) \otimes f(\hat{\zeta}_k)$$

qui obéit à l'équation (1), avec la signature  $\mathbf{a}_m = f(\zeta_m) \otimes f(\zeta_m)$

estimer le nombre M de clusters à partir des valeurs propres de la matrice de

5 covariance suivante :

$$\mathbf{B} = \hat{\mathbf{R}}_{xx} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K [f(\hat{\zeta}_k) \otimes f(\hat{\zeta}_k)] [f(\hat{\zeta}_k) \otimes f(\hat{\zeta}_k)]^H$$

8 – Procédé selon la revendication 7 caractérisé en ce que pour un système de goniométrie qui génère des valeurs d'azimuts  $\theta_k$  au cours du temps, le

procédé construit  $\hat{\zeta}_k = [\theta_k \text{ SNR}_k]^T$  et effectue la transformation non linéaire

10 suivante :

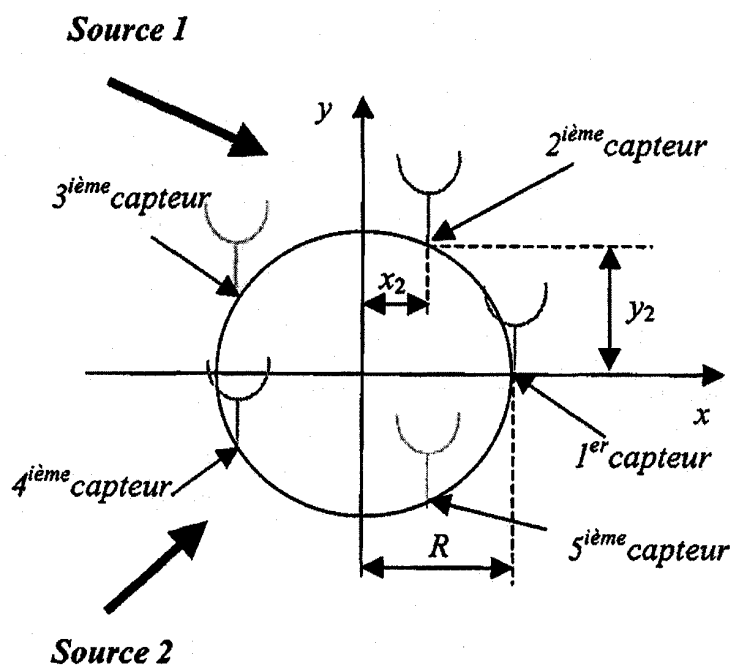
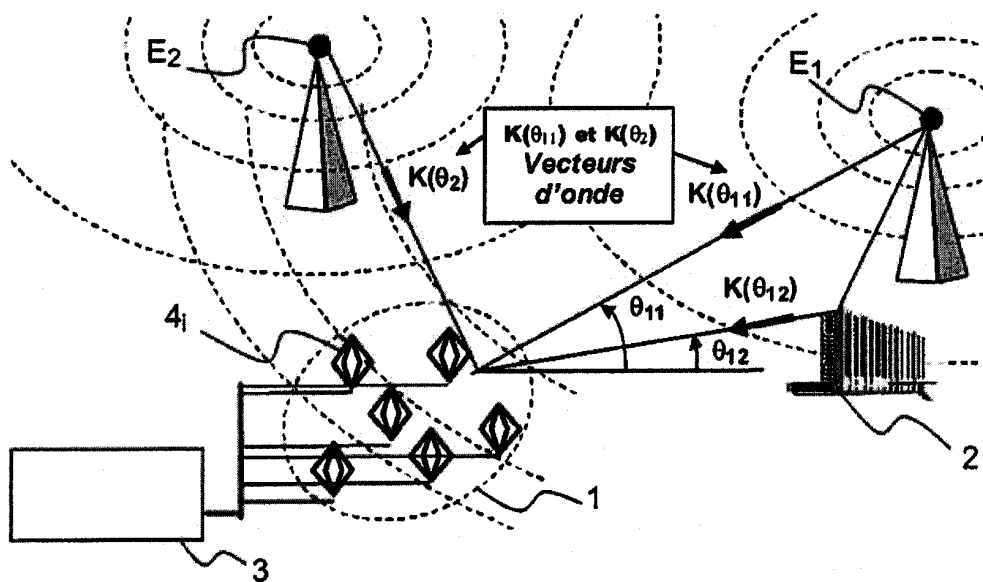
$$f(\hat{\zeta}_k) = f\left(\hat{\zeta}_k = \begin{bmatrix} \hat{\theta}_k \\ \text{SNR}_k \end{bmatrix}\right) = \begin{bmatrix} 1 \\ \exp(j\hat{\theta}_k) \\ \vdots \\ \exp(jL\hat{\theta}_k) \\ \text{SNR}_k \end{bmatrix}$$

9 – Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que la valeur de seuil est fixée entre 2 et 6.

15

10 – Système pour déterminer le nombre de sources incidentes dans un réseau comportant C capteurs (4i) recevant N observations caractérisé en ce qu'il comporte au moins un récepteur (3) comprenant un processeur adapté pour exécuter les étapes du procédé selon l'une des revendications 1 à 9.

1/1





**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

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

N° d'enregistrement  
national

FA 734349  
FR 0906216

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	KRITCHMAN S ET AL: "Nonparametric detection of the number of signals and random matrix theory" SIGNALS, SYSTEMS AND COMPUTERS, 2008 42ND ASILOMAR CONFERENCE ON, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, 26 octobre 2008 (2008-10-26), pages 1680-1683, XP031475587 ISBN: 978-1-4244-2940-0 * le document en entier * -----	1-10	G01S3/74 G01S3/46
A	CHEN W ET AL: "Detection of the number of signals: a predicted eigen-threshold approach" IEEE TRANSACTIONS ON SIGNAL PROCESSING, IEEE SERVICE CENTER, NEW YORK, NY, US LNKD- DOI:10.1109/78.80959, vol. 39, no. 5, 1 mai 1991 (1991-05-01), pages 1088-1098, XP002506761 ISSN: 1053-587X * le document en entier * -----	1-10	
A	BAI, XIAOXIAO; HE, BIN: "Estimation of number of independent brain electric sources from the scalp EEGs" IEEE TRANSACTIONS ON BIOMEDICAL ENGINEERING, vol. 53, no. 10, octobre 2006 (2006-10), pages 1883-1892, XP002592411 * le document en entier * -----	1-10	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) G01S
A	JP 4 066887 A (OKI ELECTRIC IND CO LTD) 3 mars 1992 (1992-03-03) * le document en entier * -----	1-10	
		-/--	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
19 juillet 2010		Zaneboni, Thomas	
<p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons ..... &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>			



**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement national

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

FA 734349  
FR 0906216

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	<p>KRITCHMAN S ET AL: "Non-Parametric Detection of the Number of Signals: Hypothesis Testing and Random Matrix Theory" IEEE TRANSACTIONS ON SIGNAL PROCESSING, IEEE SERVICE CENTER, NEW YORK, NY, US LNKD- DOI:10.1109/TSP.2009.2022897, vol. 57, no. 10, 1 octobre 2009 (2009-10-01), pages 3930-3941, XP011268796 ISSN: 1053-587X * le document en entier *</p> <p>-----</p>	1-10	<p>DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)</p>
A	<p>FENG ZHANG ET AL: "A Bayesian method for identifying independent sources of non-random spatial patterns" STATISTICS AND COMPUTING, KLUWER ACADEMIC PUBLISHERS, BO LNKD- DOI:10.1007/S11222-005-4075-6, vol. 15, no. 4, 1 octobre 2005 (2005-10-01), pages 329-339, XP019215638 ISSN: 1573-1375 * le document en entier *</p> <p>-----</p>	1-10	
A	<p>AAPO HYVÄRINENHYVARINEN: "Blind Source Separation by Nonstationarity of Variance: A Cumulant-Based Approach" IEEE TRANSACTIONS ON NEURAL NETWORKS, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, vol. 12, no. 6, 1 novembre 2001 (2001-11-01), XP011039689 ISSN: 1045-9227 * le document en entier *</p> <p>-----</p>	1-10	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
19 juillet 2010		Zaneboni, Thomas	
<p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>			

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14) 2

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0906216 FA 734349**

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 **19-07-2010**

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
JP 4066887      A	03-03-1992	JP      2690606 B2	10-12-1997
-----			



**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement national

FA 734349  
FR 0906216

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

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	KRITCHMAN S ET AL: "Nonparametric detection of the number of signals and random matrix theory" SIGNALS, SYSTEMS AND COMPUTERS, 2008 42ND ASILOMAR CONFERENCE ON, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, 26 octobre 2008 (2008-10-26), pages 1680-1683, XP031475587 ISBN: 978-1-4244-2940-0 * le document en entier * -----	1-10	G01S3/74 G01S3/46
A	CHEN W ET AL: "Detection of the number of signals: a predicted eigen-threshold approach" IEEE TRANSACTIONS ON SIGNAL PROCESSING, IEEE SERVICE CENTER, NEW YORK, NY, US LNKD- DOI:10.1109/78.80959, vol. 39, no. 5, 1 mai 1991 (1991-05-01), pages 1088-1098, XP002506761 ISSN: 1053-587X * le document en entier * -----	1-10	
A	BAI, XIAOXIAO; HE, BIN: "Estimation of number of independent brain electric sources from the scalp EEGs" IEEE TRANSACTIONS ON BIOMEDICAL ENGINEERING, vol. 53, no. 10, octobre 2006 (2006-10), pages 1883-1892, XP002592411 * le document en entier * -----	1-10	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) G01S
A	JP 4 066887 A (OKI ELECTRIC IND CO LTD) 3 mars 1992 (1992-03-03) * le document en entier * -----	1-10	
		-/--	
		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
		19 juillet 2010	Zaneboni, Thomas
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		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	
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			

2  
EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)



**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement national

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

FA 734349  
FR 0906216

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	<p>KRITCHMAN S ET AL: "Non-Parametric Detection of the Number of Signals: Hypothesis Testing and Random Matrix Theory" IEEE TRANSACTIONS ON SIGNAL PROCESSING, IEEE SERVICE CENTER, NEW YORK, NY, US LNKD- DOI:10.1109/TSP.2009.2022897, vol. 57, no. 10, 1 octobre 2009 (2009-10-01), pages 3930-3941, XP011268796 ISSN: 1053-587X * le document en entier *</p> <p>-----</p>	1-10	<p>DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)</p>
A	<p>FENG ZHANG ET AL: "A Bayesian method for identifying independent sources of non-random spatial patterns" STATISTICS AND COMPUTING, KLUWER ACADEMIC PUBLISHERS, BO LNKD- DOI:10.1007/S11222-005-4075-6, vol. 15, no. 4, 1 octobre 2005 (2005-10-01), pages 329-339, XP019215638 ISSN: 1573-1375 * le document en entier *</p> <p>-----</p>	1-10	
A	<p>AAPO HYVÄRINENHYVARINEN: "Blind Source Separation by Nonstationarity of Variance: A Cumulant-Based Approach" IEEE TRANSACTIONS ON NEURAL NETWORKS, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, vol. 12, no. 6, 1 novembre 2001 (2001-11-01), XP011039689 ISSN: 1045-9227 * le document en entier *</p> <p>-----</p>	1-10	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
19 juillet 2010		Zaneboni, Thomas	
<p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p>		<p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons ..... &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>	

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14) 2

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0906216 FA 734349**

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 **19-07-2010**

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
JP 4066887	A	03-03-1992	JP	2690606 B2		10-12-1997
-----						