

①②

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 18.02.97.

③⑦ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 21.08.98 Bulletin 98/34.

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

⑥⑦ Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

⑦① Demandeur(s) : PHILIPS ELECTRONICS NV  
NAMLOOSE VERNOOTSCHAP — NL.

⑦② Inventeur(s) : DEVILLE YANNICK.

⑦③ Titulaire(s) :

⑦④ Mandataire(s) : SPID.

⑤④ SYSTEME DE SEPARATION DE SOURCES NON STATIONNAIRES.

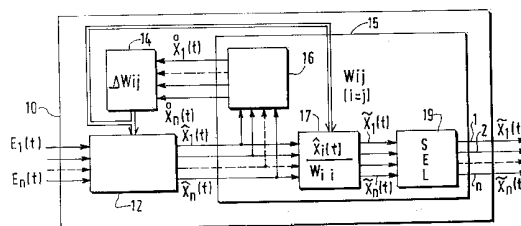
⑤⑦ Le système (10) de séparation de sources traite des signaux d'entrée formés par des mélanges de signaux primaires issus des sources et estime les signaux primaires de manière à ce que les estimations ne divergent pas même en présence de signaux d'entrée non stationnaires.

Le système comprend un premier sous-ensemble (12) de séparation qui délivre des premières estimations des signaux primaires, un second sous-ensemble (14) qui détermine adaptativement les coefficients de séparation, un troisième sous-ensemble (15) qui normalise les premières estimations et délivre des premières estimations normalisées servant au calcul des coefficients de séparation.

Un module de sortie (17) permet de délivrer des estimations ayant entre elles un même rapport de proportionnalité que celui existant entre les signaux primaires. Un module de sélection (19) évite à une estimation d'être dupliquée sur plusieurs sorties dans le cas où certains signaux primaires sont absents ou très faibles.

Référence: figure 8

Applications: Système de séparation de signaux de mélange, antenne, autoradio, chaîne Hi-Fi, télévision, système de téléconférence.



## DESCRIPTION

L'invention concerne un système de séparation de sources pour traiter des signaux d'entrée formés par des mélanges de signaux primaires issus des sources et pour estimer les signaux primaires, le système comprenant un premier sous-ensemble de  
5 séparation de sources qui, à l'aide de coefficients de séparation délivre des estimations des signaux primaires, un second sous-ensemble déterminant adaptativement les coefficients de séparation.

10 Il existe des systèmes qui reçoivent sur leurs entrées des signaux qui se présentent sous la forme de signaux de mélange formés par une superposition de contributions résultant de plusieurs signaux sources. Ceci se présente par exemple avec une  
15 antenne qui reçoit des signaux provenant de plusieurs émetteurs, ou quand un microphone délivre un signal de parole désiré mélangé à des signaux perturbateurs non désirés. Généralement on désire extraire tous les signaux de source présents dans le mélange, soit parfaitement soit en optimisant un rapport signal/bruit.

En utilisant plusieurs capteurs délivrant plusieurs  
20 signaux de mélange, on a cherché à obtenir des estimations fiables des signaux de sources. Des techniques connues opèrent avec des signaux de mélange inconnus et avec des signaux de sources inconnus de sorte que les techniques de séparation sont appelées techniques de séparation en aveugle de sources.

25 Parmi les structures de séparation de sources connues, on peut par exemple citer le document d'art antérieur "Multi-layer neural networks with a local adaptive learning rule for blind separation of source signals", A. CICHOCKI, W. KASPRZAK, S. AMARI, International Symposium on nonlinear theory and its applications  
30 (NOLTA'95) LAS VEGAS, Décembre 10-14, 1995, 1C-5, pages 61 à 65.

Ce document concerne des mélanges difficiles à traiter par exemple parce que les signaux de mélange sont très semblables les uns aux autres ou lorsque les signaux de mélange ont des niveaux très différents.

35 Néanmoins les structures décrites dans ce document ne conviennent pas lorsque les signaux de sources sont des signaux non stationnaires. Ceci constitue un inconvénient important, car ces

types de signaux se rencontrent très souvent dans les applications concrètes telles que le traitement des signaux de paroles ou plus généralement des signaux audio.

5

Le but de l'invention est de proposer un système de séparation de source qui permette de traiter le cas des signaux non stationnaires même si ces signaux entrent dans la catégorie des mélanges dits difficiles cités précédemment.

10

Ce but est atteint avec un système de séparation de sources pour traiter des signaux d'entrée formés par des mélanges de signaux primaires issus des sources et pour estimer les signaux primaires, le système comprenant un premier sous-ensemble de séparation de sources ayant des premières entrées reliées aux signaux d'entrée, des secondes entrées pour recevoir des coefficients de séparation et des sorties pour délivrer des premières estimations des signaux primaires, un second sous-ensemble pour déterminer adaptativement les coefficients de séparation caractérisé en ce qu'il comprend un troisième sous-ensemble qui reçoit les premières estimations parmi lesquelles il détecte une estimation maximale possédant un niveau d'amplitude maximal et qui normalise les premières estimations par rapport à l'estimation maximale pour délivrer des secondes estimations lesquelles entrent dans le second sous-ensemble pour le calcul des coefficients de séparation.

25

Ainsi lorsque les signaux primaires issus des sources présentent de fortes variations de niveaux d'amplitude au cours d'une période transitoire, il ne peut pas se produire un dépassement temporaire du niveau d'amplitude des secondes estimations pendant cette période transitoire. Le niveau des secondes estimations reste toujours contenu dans une fenêtre d'amplitude déterminée.

30

Cependant, quand le niveau du signal d'entrée est relativement constant, qu'il soit fort ou faible, les premières estimations qui sont délivrées en sortie présentent un niveau moyen sensiblement semblable en sortie. Ceci signifie que les coefficients de séparation calculés par le système s'adaptent de

35

manière à maintenir les premières estimations délivrées normalisées avec une énergie prédéfinie. Ceci peut constituer un handicap dans certaines applications car on perd ainsi le caractère fort ou faible d'un signal d'entrée. Par exemple dans le cas de signaux de parole, il peut être utile de différencier une voix faible d'une voix forte.

Pour corriger cet inconvénient, selon l'invention, le troisième sous-ensemble comporte un module de sortie qui divise chaque première estimation par un coefficient de séparation spécifique pour délivrer des troisièmes estimations proportionnelles aux signaux primaires avec un facteur de proportionnalité indépendant desdits signaux primaires.

Dans certaines applications particulières, il peut apparaître qu'un signal primaire soit temporairement absent. La situation qui mérite de l'attention est celle de locuteurs s'exprimant alternativement. Il existe donc des moments durant lesquels chaque interlocuteur s'arrête de parler, c'est-à-dire que son signal source est momentanément interrompu pour reprendre quelques instants plus tard. Il faut donc que l'estimation de ce signal absent soit nulle en sortie durant ces périodes. Or dans le cas de signaux primaires nuls ou très faibles, le système de séparation aura tendance à dupliquer sur la sortie inutilisée une des autres estimations non nulles. Pour éviter cette situation, selon l'invention, on munit le troisième sous-ensemble d'un module de sélection qui empêche à une estimation d'être dupliquée sur une voie affectée à un signal primaire absent.

Ces différents aspects de l'invention et d'autres encore seront apparents et élucidés à partir des modes de réalisation décrits ci-après.

30

L'invention sera mieux comprise à l'aide des figures suivantes données à titre d'exemples non limitatifs qui représentent:

Figure 1 : Un schéma général d'un système de séparation de sources.

Figure 2 : Un schéma particulier d'un système de

séparation selon l'art antérieur pour séparer deux signaux d'entrée.

Figure 3 : Des allures d'un signal d'entrée présentant de fortes variations de niveau.

5 Figure 4 : Un schéma général d'un système de séparation de sources selon l'art antérieur.

Figure 5 : Un schéma général d'un système de séparation de sources selon l'invention.

10 Figure 6 : Un schéma de séparation de sources selon l'invention permettant aux estimations de ne pas diverger en sortie.

Figure 7 : Un schéma de séparation de sources selon l'invention permettant aux estimations de ne pas diverger et de rester proportionnées aux signaux d'entrée.

15 Figure 8 : Un schéma d'un système de séparation de sources selon l'invention permettant aux estimations de ne pas diverger, de rester proportionnées aux signaux d'entrée et empêchant à une estimation d'être dupliquée sur une voie affectée à un signal primaire absent.

20 Figure 9 : Un schéma d'un exemple particulier avec deux signaux d'entrée dans le cas de la figure 8.

La figure 1 représente des sources primaires  $S_1$  à  $S_n$  constituées par exemple par des voix de passagers dans un véhicule, par des sources de bruits divers (moteur, carrosserie, circulation d'air par les fenêtres, etc) et par un autoradio. Les sources primaires délivrent des signaux primaires  $X_i(t)$ . On observe que ces signaux primaires vont se mélanger les uns aux autres dans l'espace de transmission. Pour identifier les voix, on place des capteurs  $C_1$  à  $C_n$ , par exemple des microphones, à l'intérieur de l'habitacle. Les capteurs délivrent des signaux de mélange  $E_i(t)$ .

De manière analogue, cela peut concerner la réception d'ondes hertziennes émises par des sources  $S_1$  à  $S_n$  et détectées par des capteurs constitués par des antennes  $C_1$  à  $C_n$ . Dans l'air, les signaux primaires  $X_i(t)$  délivrés par les émetteurs vont arriver mélangés les uns aux autres au niveau des antennes. Celles-ci vont

alors fournir des signaux de mélange  $E_i(t)$  qui sont les seuls signaux accessibles au niveau de la réception. Pour obtenir des signaux estimés, dits estimations  $\hat{X}_i(t)$ ,  $i$  indice courant variant de 1 à  $n$ , correspondant à chaque source, à partir des signaux de mélange  $E_i(t)$ , il est connu d'utiliser un système 10 de séparation de sources.

Selon l'art antérieur connu (figure 4), les signaux d'entrée  $E_i(t)$  entrent dans un sous-ensemble 12 de séparation de sources qui délivre des premières estimations  $\hat{X}_i(t)$ . Un second sous-ensemble 14 détermine des coefficients de séparation  $W_{i,j}$  à partir des premières estimations  $\hat{X}_i(t)$ . Pour cela il calcule des facteurs de correction  $\Delta W_{i,j}$  pour mettre à jour les coefficients de séparation. Ceux-ci sont alors introduits au cycle suivant dans le premier sous-ensemble 12 pour la détermination des estimations suivantes  $\hat{X}_i(t)$ .

Pour des raisons de clarté on va décrire un cas simple d'un système à structure directe comportant une seule couche de traitement pour séparer deux signaux de sources  $X_1(t)$  et  $X_2(t)$  selon l'art antérieur cité (figure 2). Deux capteurs délivrent des signaux de mélange  $E_1(t)$  et  $E_2(t)$ . Ces signaux sont reliés aux signaux primaires par les relations suivantes:

$$(1) \quad E_1(t) = a_{11}X_1(t) + a_{12}X_2(t)$$

$$(2) \quad E_2(t) = a_{21}X_1(t) + a_{22}X_2(t)$$

dans lesquelles les termes  $a_{11}$ ,  $a_{12}$ ,  $a_{21}$ ,  $a_{22}$  sont des coefficients de mélanges inconnus. Les signaux qui figurent dans ces relations sont des signaux centrés c'est-à-dire que les composantes continues qui pourraient y figurer ont été éliminées par exemple par une opération de filtrage appropriée.

Le schéma de l'art antérieur représenté sur la figure 2 permet de déterminer les estimations  $\hat{X}_1(t)$  et  $\hat{X}_2(t)$  à partir des signaux de mélange  $E_1(t)$  et  $E_2(t)$  à partir des relations:

$$(3) \quad \hat{X}_1(t) = W_{11}E_1(t) + W_{12}E_2(t)$$

$$(4) \quad \hat{X}_2(t) = W_{21}E_1(t) + W_{22}E_2(t)$$

dans lesquelles les termes  $W_{11}$ ,  $W_{12}$ ,  $W_{21}$ ,  $W_{22}$  sont des coefficients de séparation adaptatifs.

Pour mettre à jour les coefficients de séparation, on peut appliquer les règles d'adaptation suivantes:

$$(5) \quad W_{ii}(t+1) = W_{ii}(t) - \mu \{f[\hat{X}_i(t)]g[\hat{X}_i(t)] - 1\}$$

$$(6) \quad W_{ij}(t+1) = W_{ij}(t) - \mu f[\hat{X}_i(t)]g[\hat{X}_j(t)], \quad i \neq j$$

dans laquelle  $\mu$  est un pas positif d'adaptation,  $f$  et  $g$  étant des fonctions de préférence non linéaires. En particulier, on peut choisir  $f(x) = x^3$  et  $g(x) = x$ . Sur la figure 4, les signaux  $\hat{X}_1(t)$  et  $\hat{X}_2(t)$  arrivent dans le sous-ensemble 14 qui calcule les facteurs de correction  $\Delta W_{ij}$  à fournir aux coefficients  $W_{ij}$  entre les instants  $t$  et  $t+1$ , d'après les relations:

$$(7) \quad \Delta W_{ii} = W_{ii}(t+1) - W_{ii}(t) = -\mu \{f[\hat{X}_i(t)]g[\hat{X}_i(t)] - 1\}$$

$$(8) \quad \Delta W_{ij} = W_{ij}(t+1) - W_{ij}(t) = -\mu f[\hat{X}_i(t)]g[\hat{X}_j(t)], \quad i \neq j$$

Les nouvelles valeurs de  $W_{ij}$  sont chargées dans des mémoires de coefficients de séparation contenues dans le premier sous-ensemble 12.

La règle d'adaptation (6) est utilisée pour mettre à jour les coefficients croisés  $W_{12}$  et  $W_{21}$  visant à éliminer la composante  $X_2(t)$  dans  $\hat{X}_1(t)$  et la composante  $X_1(t)$  dans  $\hat{X}_2(t)$ .

La règle d'adaptation (5) est utilisée pour mettre à jour les coefficients directs  $W_{11}$  et  $W_{22}$  visant à normaliser les échelles des signaux  $\hat{X}_1(t)$  et  $\hat{X}_2(t)$  respectivement. Ces coefficients directs s'adaptent eux-mêmes à la nature des signaux à traiter.

Dans le cas de deux signaux représenté sur la figure 2, le signal de mélange  $E_1(t)$  entre dans des multiplieurs 141, 142 et le signal de mélange  $E_2(t)$  entre dans des multiplieurs 143, 144.

Les sorties des multiplieurs 141 et 143 sont additionnées dans un additionneur 150 tandis que les sorties des multiplieurs 142 et 144 sont additionnées dans un additionneur 151 pour délivrer respectivement les estimations  $\hat{X}_1(t)$  et  $\hat{X}_2(t)$ . Le module 161

reçoit l'estimation  $\hat{X}_1(t)$  et le module 162 reçoit les estimations  $\hat{X}_1(t)$  et  $\hat{X}_2(t)$ . Les modules 161 et 162 calculent respectivement les facteurs de correction  $\Delta W_{11}$  et  $\Delta W_{21}$  selon les équations 7 et 8 et délivrent des coefficients de séparation mis à jour  $W_{11}$  et  $W_{21}$ .

5 Un traitement analogue est effectué dans les modules 163 et 164 pour les facteurs de correction  $\Delta W_{12}$  et  $\Delta W_{22}$ .

Considérons le cas de signaux de sources ayant une échelle relativement constante (ou une enveloppe constante) durant une période donnée, les coefficients de mélange  $a_{ij}$  étant par ailleurs constants ou très lentement variables. Dans ce cas les coefficients  $W_{11}$  et  $W_{22}$  convergent vers des valeurs relativement constantes assurant des énergies prédéfinies aux estimations  $\hat{X}_1(t)$  et  $\hat{X}_2(t)$ . Dans le cas où  $f(x)=x^3$  et  $g(x)=x$ , l'énergie prédéfinie s'exprime par  $\langle \hat{X}^4 \rangle$ . Cette valeur prédéfinie est par exemple égale

10 à 1 dans le cas des équations 5 et 6. La remise à jour des coefficients de séparation est effectuée à chaque unité de temps  $t$ ,  $t+1$ ,  $t+2$ ...

Lorsque l'échelle des signaux de sources varie brusquement très fortement ceci provoque une variation rapide et forte des signaux de mélange. Ce cas est représenté sur la figure 3. Au point A, il y a une brusque variation dans l'enveloppe des signaux de mélange  $E(t)$ . Néanmoins aux instants immédiatement suivants, d'après l'algorithme de mise à jour précédent, les coefficients de séparation  $W_{11}$  et  $W_{22}$  vont conserver des valeurs

20 proches de celles qu'ils avaient juste avant cette forte augmentation car leur adaptation nécessite une durée s'étalant sur quelques centaines à quelques milliers d'unités de temps. Donc la forte augmentation d'échelle des signaux de mélange provoque aussi une forte augmentation des estimations  $\hat{X}_1(t)$  et  $\hat{X}_2(t)$  par les

25 relations (3) et (4) qui à son tour entraîne que les modifications des coefficients  $W_{11}$  et  $W_{22}$  deviennent élevées à cause de la relation (5). Ainsi les valeurs de ces coefficients de séparation deviennent très élevées d'où un fort accroissement des signaux de sortie occasionnant un nouvel accroissement des coefficients de

30



séparation faisant que les sorties peuvent diverger dans le cas des signaux non stationnaires.

L'invention consiste à modifier le système de l'art antérieur représenté sur la figure 4, à conserver les opérations  
 5 (3) et (4) mais à modifier les règles d'adaptation des coefficients de séparation. Plus précisément, au lieu d'utiliser les premières estimations  $\hat{X}_1(t)$  et  $\hat{X}_2(t)$  pour mettre à jour les coefficients, on fait passer ces signaux dans des moyens spécifiques qui limitent leurs amplitudes d'après l'instant considéré. Ce sont des secondes  
 10 estimations à amplitudes limitées qui sont alors utilisées. Ainsi les modifications fournies aux coefficients de séparation sont bornées. De cette manière, les nouveaux coefficients convergent progressivement vers de nouvelles valeurs stables et ne divergent plus.

15 Ce mode de réalisation est représenté sur les figures 5 et 6. Un troisième sous-ensemble 15 est placé en sortie du premier sous-ensemble 12. Le troisième sous-ensemble transforme les premières estimations  $\hat{X}_1(t)$  à  $\hat{X}_n(t)$  en des secondes estimations  $\dot{X}_1(t)$  à  $\dot{X}_n(t)$  dont les amplitudes sont normalisées par rapport au  
 20 signal ayant l'amplitude maximale, en valeur absolue, pris parmi ceux compris dans  $\hat{X}_1(t)$  à  $\hat{X}_n(t)$  à l'instant considéré. Cette opération est réalisée dans une unité 16 de limitation d'amplitude (figure 6).

A chaque instant, on modifie les coefficients de  
 25 séparation de la manière suivante:

- on calcule les sorties  $\hat{X}_i(t)$  du système de l'art antérieur;

- on calcule le maximum M de leurs valeurs absolues soit:  $M = \max |\hat{X}_i(t)|, i=1 \dots n$ ;

30 - on définit une valeur de seuil  $\beta > 0$  correspondant à la valeur maximale autorisée pour les valeurs absolues des signaux limités  $\dot{X}_i(t)$ . Ce seuil est choisi librement et définit l'ampleur de la limitation désirée.

A l'instant considéré, on compare M à  $\beta$  et on réalise  
 35 la limitation telle que:

- si  $M \leq \beta$ , les signaux  $\hat{X}_i(t)$  ont une amplitude assez faible, donc il n'y a pas lieu de limiter, d'où:

$$\forall i=1 \dots n, \dot{X}_i(t) = \hat{X}_i(t);$$

- si  $M > \beta$ , au moins un signal a une amplitude forte,  
5 donc on limite tous les signaux avec le même facteur de réduction,  
d'où:

$$\forall i=1 \dots n, \dot{X}_i(t) = \beta \frac{\hat{X}_i(t)}{M}.$$

Les variations  $\Delta W_{ij}$  sont calculées de la même façon que dans le système de l'art antérieur. Le second sous-ensemble 14  
10 détermine les modifications à apporter aux coefficients de  
séparation  $W_{ij}$  à partir des secondes estimations  $\dot{X}_1(t)$  à  $\dot{X}_n(t)$   
c'est-à-dire:

$$(9) \quad \Delta W_{ii} = -\mu \{f[\dot{X}_i(t)]g[\dot{X}_i(t)] - 1\}$$

$$(10) \quad \Delta W_{ij} = -\mu f[\dot{X}_i(t)]g[\dot{X}_j(t)], \quad i \neq j.$$

L'invention peut être également appliquée (module 12) à  
15 une structure de séparation de sources décrite dans le document:  
"Blind separation of sources, Part I: An adaptive algorithm based  
on neuromimetic architecture" C. JUTTEN, J. HERAULT, Signal  
Processing, 24, 1991, pages 1-10.

Une seconde possibilité permettant de limiter la  
20 divergence des signaux de sortie consiste à calculer les facteurs  
de correction:

$$(11) \quad F_{ij}(t) = -\mu \{f[\hat{X}_i(t)]g[\hat{X}_i(t)] - 1\}, \quad i=j$$

$$(12) \quad F_{ij}(t) = -\mu f[\hat{X}_i(t)]g[\hat{X}_j(t)], \quad i \neq j$$

mais au lieu d'utiliser ces facteurs de correction tels quels pour  
mettre à jour les coefficients de séparation, on fait passer les  
25 signaux correspondant à ces facteurs de correction dans des moyens  
de filtrage passe-bas de manière à adoucir l'évolution de ces  
variations. Ceci évite des changements brusques d'échelle. Cette  
solution s'avère moins robuste que la précédente.

Préférentiellement on l'associe à la première solution et dans ce  
30 cas le second sous-ensemble 14 comporte une unité de filtrage

5 passe-bas 141 qui filtre les facteurs de correction  $F_{ij}(t)$  pour calculer les variations de coefficients  $\Delta W_{ij}$  pour mettre à jour les coefficients de séparation  $W_{ij}$ .

Dans ce cas, chaque coefficient de séparation est  
5 modifié d'une quantité  $\Delta W_{ij}(t)$  qui résulte d'un filtrage passe-bas d'ordre 1 c'est-à-dire:

$$\Delta W_{ij}(t) = \frac{F_{ij}(t) + \alpha \Delta W_{ij}(t-1)}{1 + \alpha}$$

ce qui peut aussi être exprimé par:

$$W_{ij}(t+1) = W_{ij}(t) + \frac{F_{ij}(t+1) + \alpha (W_{ij}(t) - W_{ij}(t-1))}{1 + \alpha}$$

10 où  $\alpha > 0$  est un paramètre du filtre définissant l'amplitude de l'effet de lissage apporté par le filtre. Ce paramètre est prédéterminé.

L'opération de normalisation en énergie réalisée sur les premières estimations délivrées par le premier sous-ensemble a  
15 pour conséquence de maintenir ces premières estimations voisines d'une énergie prédéfinie, et ceci quelle que soit l'échelle des signaux de sources. Les premières estimations vont donc converger vers une même énergie normalisée. Ceci n'est pas toujours acceptable dans toutes les applications où apparaissent des signaux  
20 de source non stationnaires. Par exemple, considérons le cas où les signaux de source sont des signaux de paroles avec des périodes durant lesquelles les signaux possèdent une énergie élevée (paroles fortes) et des périodes durant lesquelles les signaux possèdent une énergie faible (paroles faibles). Dans la situation décrite  
25 précédemment, les premières estimations auraient toutes la même énergie élevée dans ces deux situations ce qui revient à faire un nivellement d'énergie.

Pour remédier à cet effet, selon l'invention (figure 7) on réalise un post-traitement sur les premières estimations  $\hat{X}_i(t)$ .  
30 Pour cela chaque première estimation  $\hat{X}_i(t)$  de rang  $i$  est divisée par le coefficient de séparation  $W_{ii}$  correspondant à son rang, apparaissant dans les équations 3 et 4. Ceci s'apparente à une dénormalisation ou à un contrôle auto-adaptatif du gain. On observe

aisément que les troisièmes estimations  $\tilde{X}_i(t) = \hat{X}_i(t) / W_{ii}$  ainsi  
 obtenues sont proportionnelles aux signaux de sources correspondant  
 $X_i(t)$  avec un facteur de proportionnalité constant. Cette  
 opération est réalisée dans le module de sortie 17 représenté sur  
 5 la figure 7.

Donc les étapes du traitement consistent d'abord à  
 multiplier les signaux de mélange par les coefficients de  
 séparation  $W_{ij}$ , puis à délivrer les premières estimations  
 normalisées  $\hat{X}_i(t)$  et ensuite à les diviser par les mêmes  
 10 coefficients de séparation  $W_{ii}$  pour obtenir des troisièmes  
 estimations dénormalisées  $\tilde{X}_i(t) = \hat{X}_i(t) / W_{ii}$ . Il faut remarquer  
 que ces opérations ne sont pas redondantes et ne s'annulent pas.

Un autre mode particulier de réalisation de l'invention  
 concerne le cas de deux signaux non stationnaires pour lesquels il  
 15 n'existe, pendant une période donnée, qu'un seul signal de source  
 $X_i(t)$  non nul ou plus particulièrement lorsqu'avec deux signaux de  
 sources, un des signaux est très élevé par rapport à l'autre. Dans  
 ce cas ce signal de source fort va donner lieu à une estimation  
 (première ou seconde selon le cas) qui va apparaître sur les deux  
 20 voies de sortie du dispositif selon les modes de réalisation  
 précédents, c'est-à-dire que si alternativement le signal  $X_1(t)$   
 est fort puis l'autre signal  $X_2(t)$  l'est à son tour, l'estimation  
 $\hat{X}_1(t)$  va apparaître non seulement sur la voie 1 (affectée au  
 signal  $X_1(t)$ ) mais aussi sur la voie 2. Et inversement lorsque le  
 25 signal  $X_2(t)$  devient fort.

Pour traiter ce cas, le troisième sous-ensemble 15  
 dispose en sortie d'un module de sélection 19 qui empêche à une  
 estimation d'être dupliquée sur une voie affectée à un signal de  
 source absent. Le module de sélection 19 est connecté en sortie du  
 30 module de sortie 17 (figure 7) de manière à obtenir le schéma  
 représenté sur la figure 8. Ce module 19 opère de la manière  
 suivante:

- si les deux signaux qui arrivent sur ses entrées sont  
 corrélés, alors le module 19 délivre le signal qui a la plus forte

amplitude et garde l'autre sortie à zéro.

- si les deux signaux ne sont pas corrélés, le traitement est effectué indépendamment du bloc comme cela a été décrit précédemment.

5 Pour mettre en oeuvre la fonction de ce module 19 il peut s'agir:

- d'un sous-bloc qui détecte la proportionnalité des deux signaux d'entrée de ce module 19, basée par exemple sur un test de corrélation qui active le multiplexage correct des signaux  
10 qui lui arrivent;

- ou d'un module de séparation de sources analogue à celui servant à la séparation de sources fourni dans la description ou à celui décrit dans le document de C. Jutten et J. Hérault cité précédemment. Mais dans ce cas, les signaux qui sont à traiter ne  
15 sont pas des signaux de mélanges "difficiles à traiter" car il s'agit à ce niveau de signaux qui sont soit corrélés, soit non corrélés.

Le cas avec deux signaux est donné à titre d'exemple, la sélection pouvant s'opérer entre plus de deux signaux.

20 La figure 9 représente un mode particulier de réalisation de la figure 8 dans le cas où il n'existe que deux signaux de mélange  $E_1(t)$  et  $E_2(t)$ . Les mêmes références sont utilisées pour la figure 9 et pour la figure 2. L'unité 16 de limitation d'amplitude délivre les estimations limitées  $\hat{X}_1(t)$  et  
25  $\hat{X}_2(t)$  aux modules 161 à 164 qui calculent les nouveaux coefficients de séparation. Les sous-unités de sortie 17<sub>1</sub> et 17<sub>2</sub> calculent respectivement:

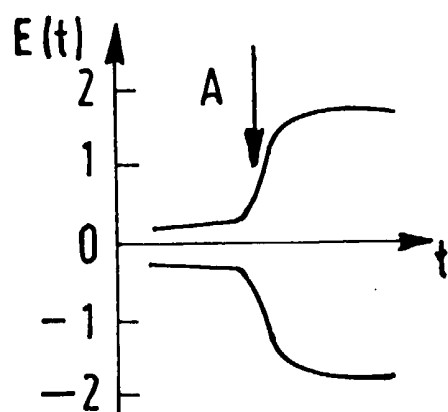
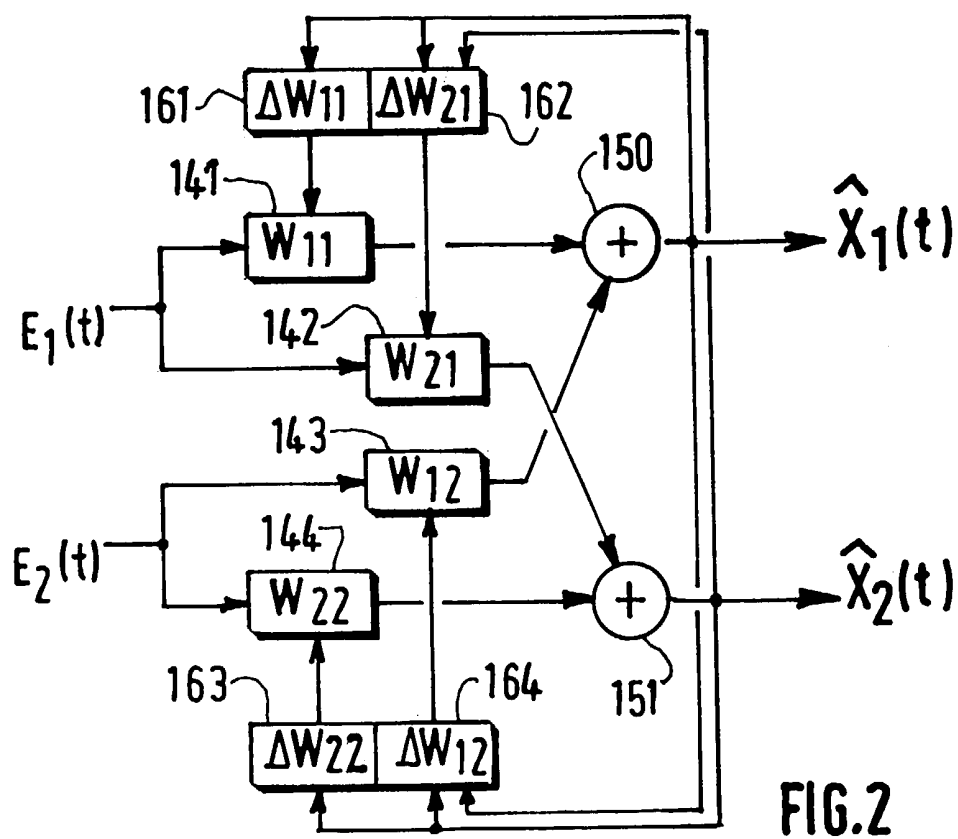
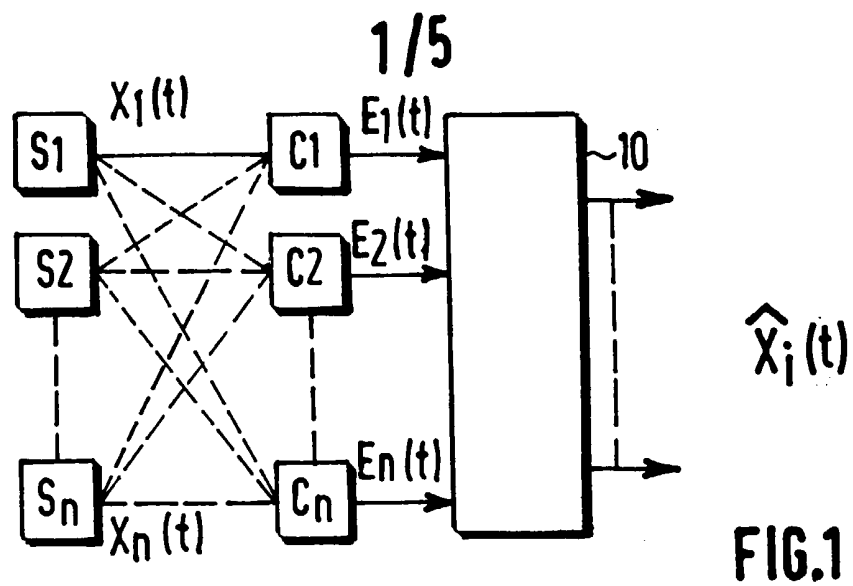
$$\tilde{X}_1(t) = \hat{X}_1(t) / W_{11}$$

et 
$$\tilde{X}_2(t) = \hat{X}_2(t) / W_{22}.$$

30 Quand l'un des signaux  $E_1(t)$  ou  $E_2(t)$  est momentanément absent ou très faible, l'unité de sélection 19 fait que l'estimation de l'un ne soit pas dupliquée simultanément sur la voie qui ne lui est pas affectée.

## REVENDEICATIONS

1.           Système de séparation de sources (10) pour traiter des signaux d'entrée ( $E(t)$ ) formés par des mélanges de signaux primaires ( $X_i(t)$ ) issus des sources ( $S1-Sn$ ) et pour estimer les signaux primaires, le système comprenant un premier sous-ensemble (12) de séparation de sources ayant des premières entrées reliées aux signaux d'entrée, des secondes entrées pour recevoir des coefficients de séparation ( $W_{ij}$ ) et des sorties pour délivrer des premières estimations ( $\hat{X}_i(t)$ ) des signaux primaires, un second sous-ensemble (14) pour déterminer adaptativement les coefficients de séparation caractérisé en ce qu'il comprend un troisième sous-ensemble (15) qui reçoit les premières estimations parmi lesquelles il détecte une estimation maximale possédant un niveau d'amplitude maximal et qui normalise les premières estimations par rapport à l'estimation maximale pour délivrer des secondes estimations ( $\check{X}(t)$ ) lesquelles entrent dans le second sous-ensemble pour le calcul des coefficients de séparation.
2.           Système selon la revendication 1 caractérisé en ce que le troisième sous-ensemble comporte un module de sortie (17) qui divise chaque première estimation ( $\hat{X}_i(t)$ ) par un coefficient de séparation spécifique ( $W_{ii}$ ) pour délivrer des troisièmes estimations ( $\tilde{X}_i(t)$ ) proportionnelles aux signaux primaires avec des facteurs de proportionnalité respectifs indépendants desdits signaux primaires ( $X_i(t)$ ).
3.           Système selon une des revendications 1 ou 2 caractérisé en ce que le troisième sous-ensemble (15) dispose de voies de sortie (1-n) affectées spécifiquement à chaque estimation, le troisième sous-ensemble comportant un module de sélection (19) qui empêche à une estimation d'être dupliquée sur une voie affectée à un signal primaire absent.
4.           Système selon une des revendications 1 à 3 caractérisé en ce que le second sous-ensemble (14) dispose de moyens de filtrage (141) pour filtrer les coefficients de séparation ( $W_{ij}$ ).



2/5

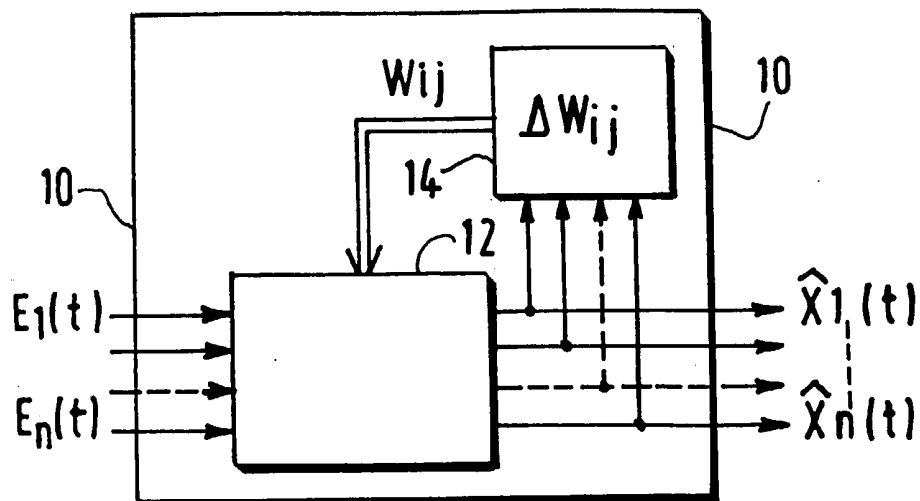


FIG. 4

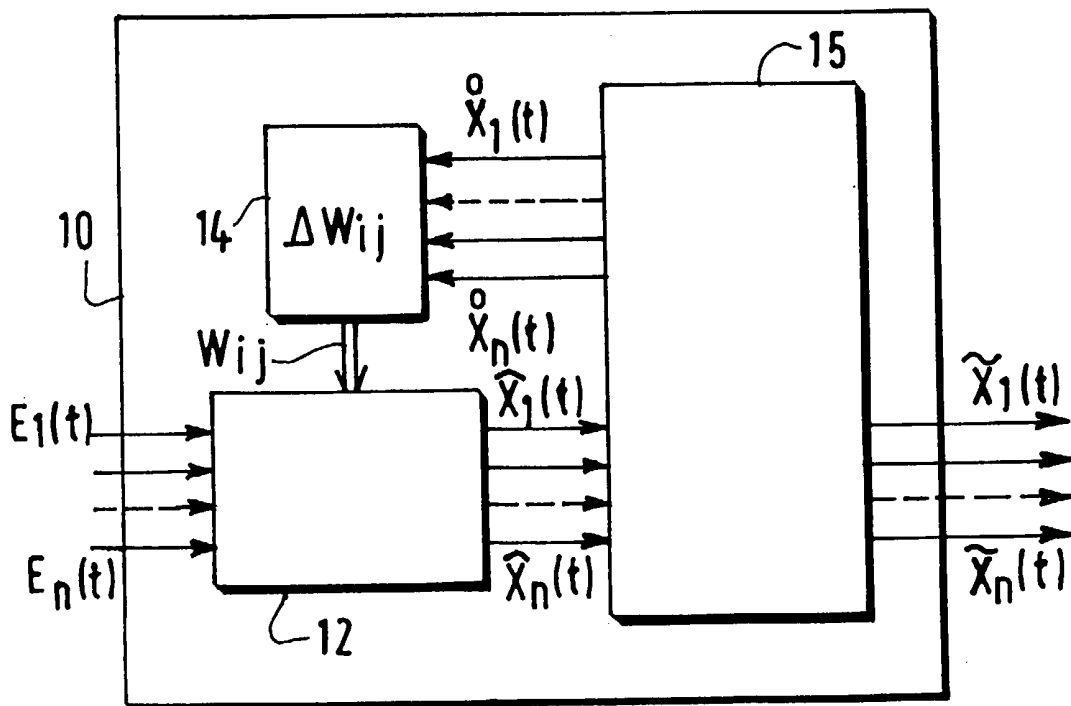


FIG. 5



3/5

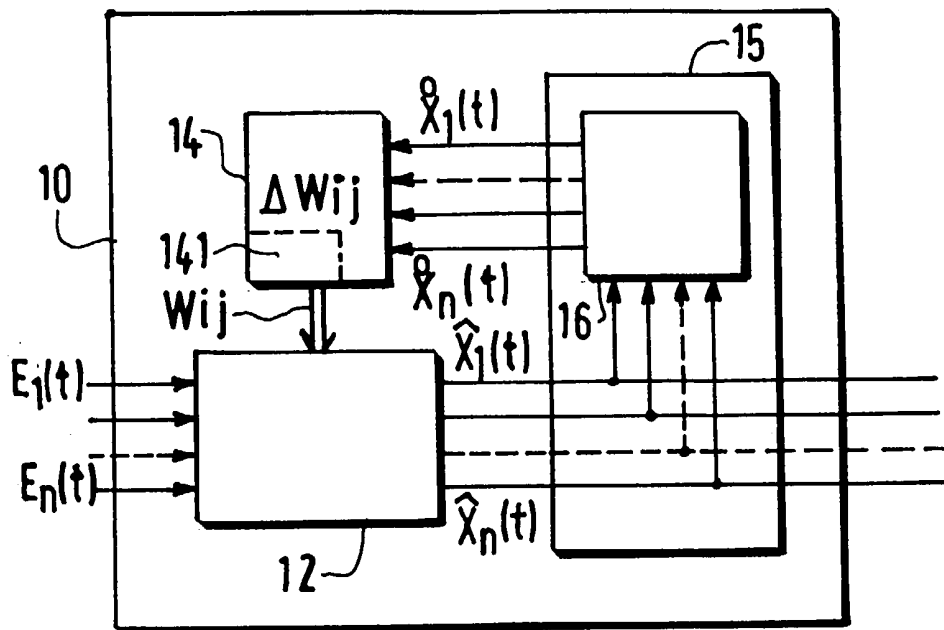


FIG. 6

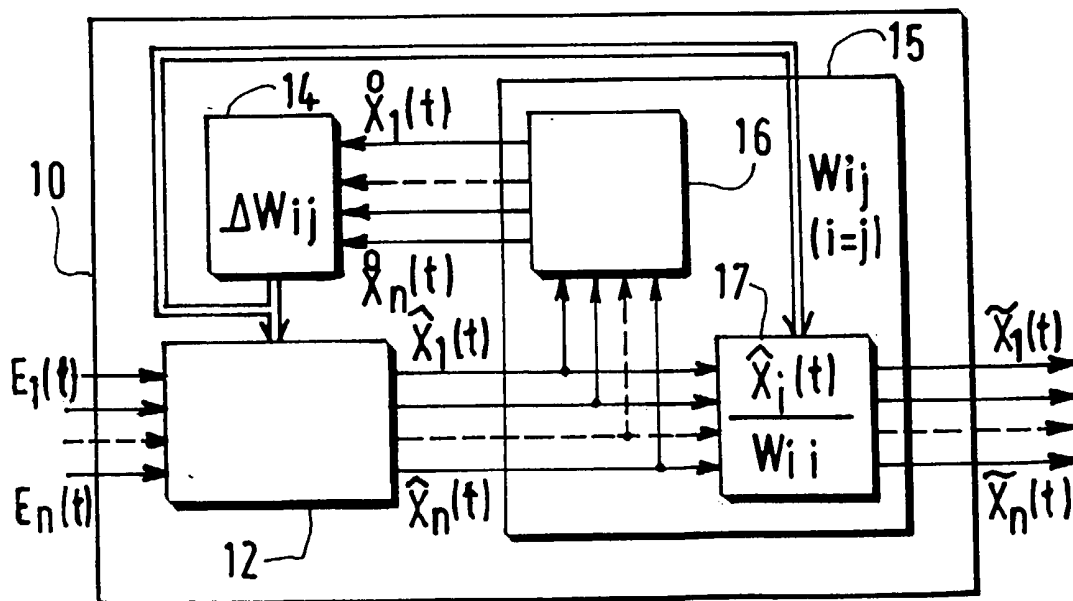


FIG. 7

4/5

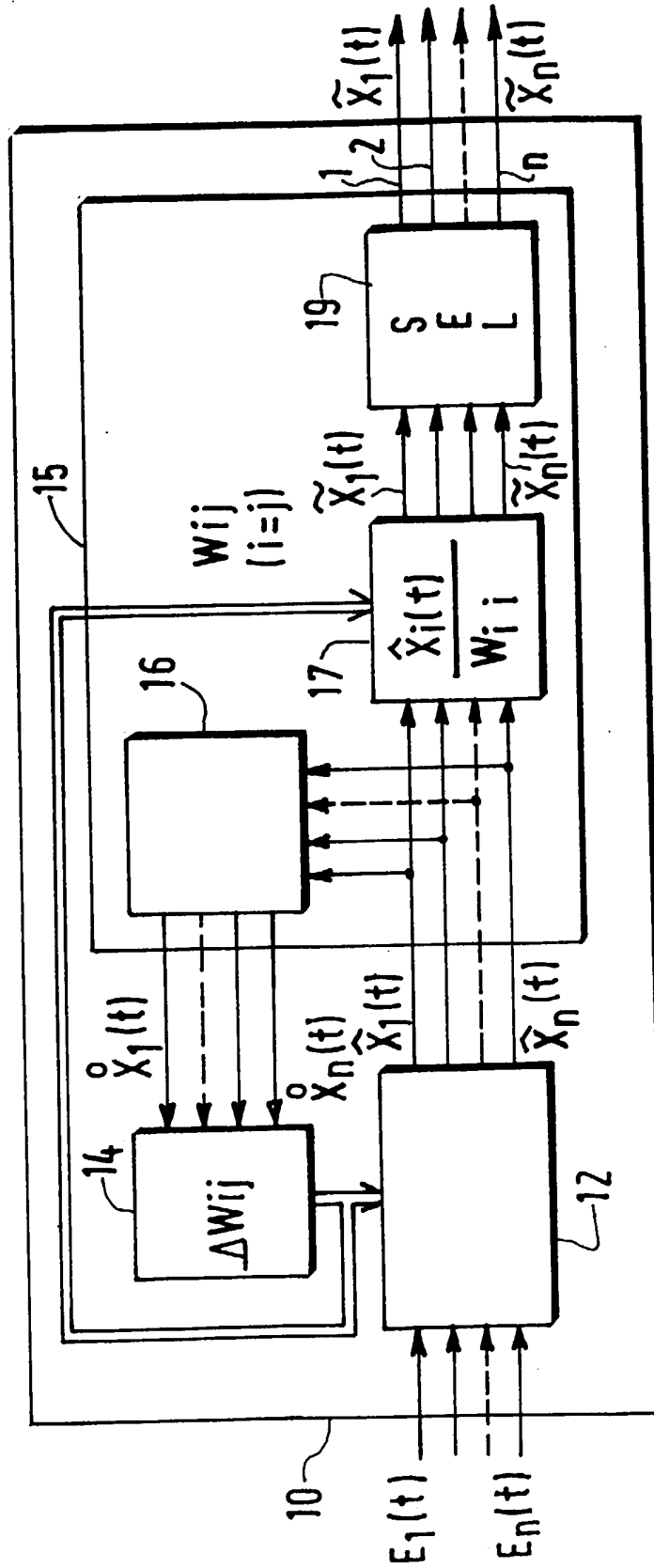


FIG. 8

5/5

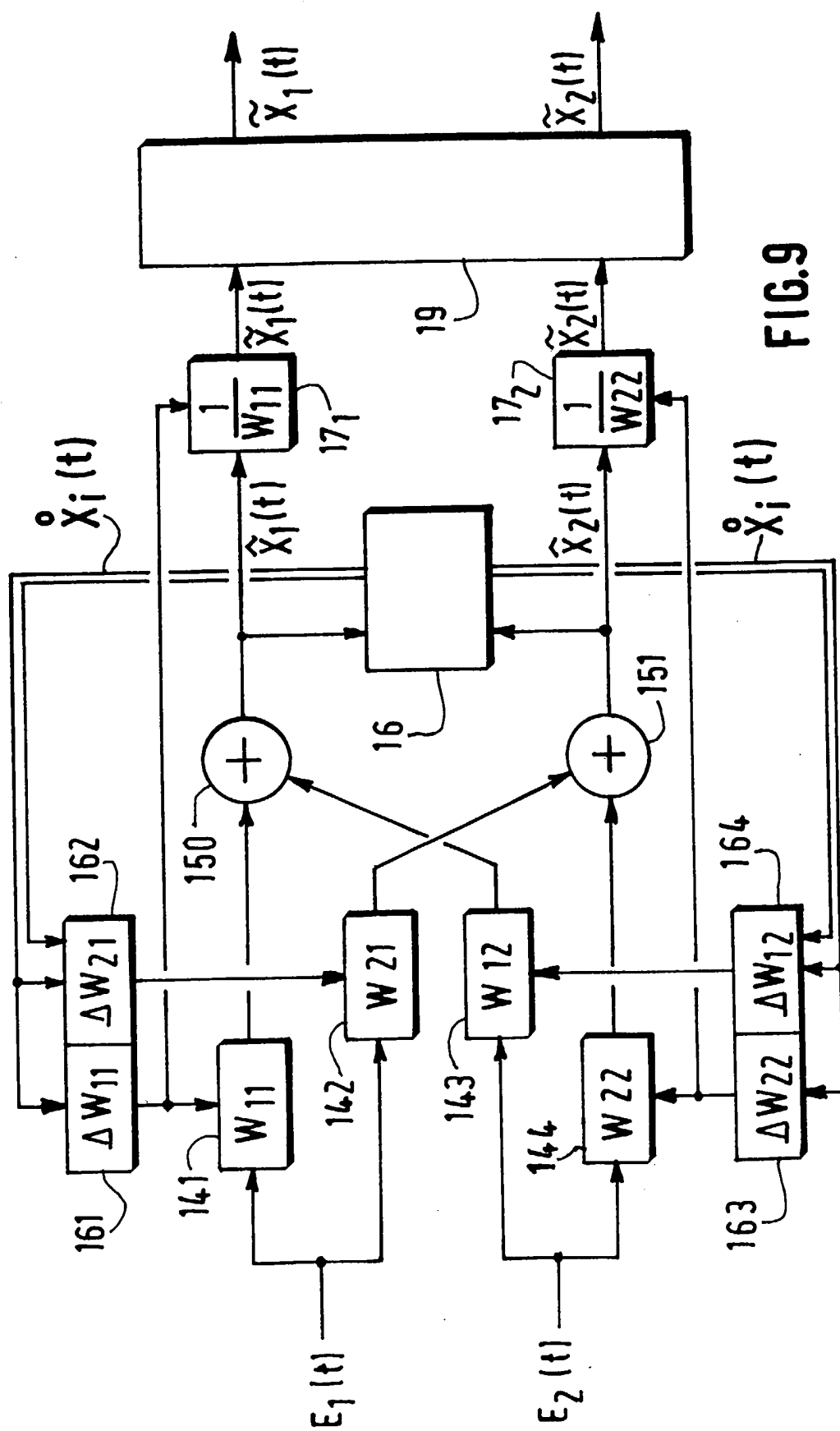


FIG. 9

REPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL  
de la  
PROPRIETE INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE  
PRELIMINAIRE

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

N° d'enregistrement  
national

FA 539964  
FR 9701881

| DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS   |  | Revendications<br>concernées<br>de la demande<br>examinée |
|---|--|---|
| Catégorie   | Citation du document avec indication, en cas de besoin,<br>des parties pertinentes   |   |
| A   | EP 0 565 479 A (UNIV RAMOT)<br>* le document en entier *   | 1   |
| A   | NAJAR M ET AL: "BLIND WIDEBAND SOURCE<br>SEPARATION"<br>PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL<br>CONFERENCE ON ACOUSTICS, SPEECH AND SIGNAL<br>PROCESSING (ICASSP), S. STATISTICAL SIGNAL<br>AND ARRAY PROCESSING ADELAIDE, APR. 19 -<br>22, 1994,<br>vol. 4, 19 avril 1994, INSTITUTE OF<br>ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS,<br>pages IV-65-IV-68, XP000530548<br>* le document en entier * | 1   |
|   |  | DOMAINES TECHNIQUES<br>RECHERCHES (Int.CL.6)              |
|   |  | H03H  |
| Date d'achèvement de la recherche   |  | Examineur   |
| 3 novembre 1997   |  | Coppieters, C   |
| <p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul<br/>Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un<br/>autre document de la même catégorie<br/>A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication<br/>ou arrière-plan technologique général<br/>O : divulgation non-écrite<br/>P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention<br/>E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure<br/>à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date<br/>de dépôt ou qu'à une date postérieure.<br/>D : cité dans la demande<br/>L : cité pour d'autres raisons<br/>&amp; : membre de la même famille, document correspondant</p> |  |   |

1