

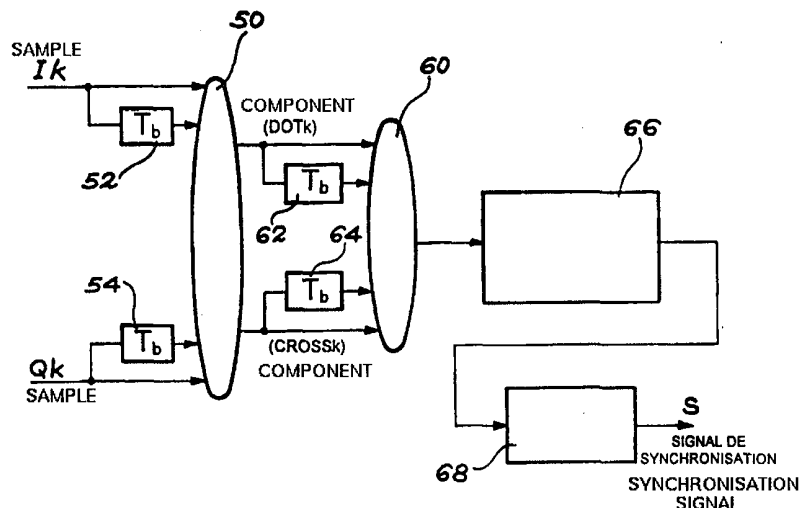


DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIEE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS (PCT)

<p>(51) Classification internationale des brevets <sup>7</sup> : <b>H04B 1/707</b></p>	<p><b>A1</b></p>	<p>(11) Numéro de publication internationale: <b>WO 00/14891</b></p> <p>(43) Date de publication internationale: 16 mars 2000 (16.03.00)</p>
<p>(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR99/02102</p> <p>(22) Date de dépôt international: 3 septembre 1999 (03.09.99)</p> <p>(30) Données relatives à la priorité: 98/11087 4 septembre 1998 (04.09.98) FR</p> <p>(71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE [FR/FR]; 31-33, rue de la Fédération, F-75752 Paris 15ème (FR).</p> <p>(72) Inventeurs; et (75) Inventeurs/Déposants (US seulement): BOULANGER, Christophe [FR/FR]; 2, Impasse Tellier, F-94200 Ivry sur Seine (FR). LEQUEPEYS, Jean-René [FR/FR]; 4, rue de la République, F-38600 Fontaine (FR). PIAGET, Bernard [FR/FR]; F-38610 Venon (FR). LIONTI, Roselino [FR/FR]; 10, Impasse Saint-Ange, F-38180 Seyssins (FR).</p> <p>(74) Mandataire: SIGNORE, Robert; Brevatome, 3, rue du Docteur Lancereaux, F-75008 Paris (FR).</p>		<p>(81) Etats désignés: US, brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p><b>Publiée</b> <i>Avec rapport de recherche internationale.</i></p>

(54) Title: METHOD FOR RECEIVING CDMA SIGNALS WITH SYNCHRONISATION RESULTING FROM DELAYED DOUBLE MULTIPLICATION AND CORRESPONDING RECEIVER

(54) Titre: PROCEDE DE RECEPTION DE SIGNAUX AMRC AVEC SYNCHRONISATION OBTENUE PAR DOUBLE MULTIPLICATION RETARDEE ET RECEPTEUR CORRESPONDANT



## (57) Abstract

The invention concerns a method for receiving CDMA signals with synchronisation resulting from delayed double multiplication and corresponding receiver, characterised in that the correlation signal is subjected to a delayed double multiplication thereby synchronising the signal produced. The invention is applicable to digital communications, in particular with mobile stations.

(57) Abrégé

Procédé de réception de signaux AMRC avec synchronisation obtenue par double multiplication retardée et récepteur correspondant. Selon l'invention, le signal de corrélation subit une double multiplication retardée. La synchronisation s'établit sur le signal ainsi produit. Application aux communications numériques, notamment avec des mobiles.

**UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION**

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AL	Albanie	ES	Espagne	LS	Lesotho	SI	Slovénie
AM	Arménie	FI	Finlande	LT	Lituanie	SK	Slovaquie
AT	Autriche	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Sénégal
AU	Australie	GA	Gabon	LV	Lettonie	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaïdjan	GB	Royaume-Uni	MC	Monaco	TD	Tchad
BA	Bosnie-Herzégovine	GE	Géorgie	MD	République de Moldova	TG	Togo
BB	Barbade	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tadjikistan
BE	Belgique	GN	Guinée	MK	Ex-République yougoslave de Macédoine	TM	Turkménistan
BF	Burkina Faso	GR	Grèce	ML	Mali	TR	Turquie
BG	Bulgarie	HU	Hongrie	MN	Mongolie	TT	Trinité-et-Tobago
BJ	Bénin	IE	Irlande	MR	Mauritanie	UA	Ukraine
BR	Brésil	IL	Israël	MW	Malawi	UG	Ouganda
BY	Bélarus	IS	Islande	MX	Mexique	US	Etats-Unis d'Amérique
CA	Canada	IT	Italie	NE	Niger	UZ	Ouzbékistan
CF	République centrafricaine	JP	Japon	NL	Pays-Bas	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NO	Norvège	YU	Yougoslavie
CH	Suisse	KG	Kirghizistan	NZ	Nouvelle-Zélande	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	République populaire démocratique de Corée	PL	Pologne		
CM	Cameroun	KR	République de Corée	PT	Portugal		
CN	Chine	KZ	Kazakstan	RO	Roumanie		
CU	Cuba	LC	Sainte-Lucie	RU	Fédération de Russie		
CZ	République tchèque	LI	Liechtenstein	SD	Soudan		
DE	Allemagne	LK	Sri Lanka	SE	Suède		
DK	Danemark	LR	Libéria	SG	Singapour		
EE	Estonie						

PROCEDE DE RECEPTION DE SIGNAUX AMRC AVEC  
SYNCHRONISATION OBTENUE PAR DOUBLE MULTIPLICATION  
RETARDEE ET RECEPTEUR CORRESPONDANT

5

## DESCRIPTION

## Domaine technique

La présente invention a pour objet un procédé de  
réception de signaux AMRC avec synchronisation obtenue  
10 par double multiplication retardée et un récepteur  
correspondant.

Le sigle AMRC signifie "Accès Multiple à  
Répartition par les Codes" (en anglais CDMA pour "Code  
Division Multiple Access") et se réfère à une technique  
15 de communications numériques dans laquelle plusieurs  
utilisateurs empruntent un même canal de communications  
grâce à une attribution de séquences (ou codes) pseudo-  
aléatoires particulière.

## 20 Etat de la technique antérieure

La technique AMRC est largement décrite dans la  
littérature. On peut consulter, à cet égard, les deux  
ouvrages généraux suivants :

25 - Andrew J. VITERBI : "CDMA-Principles of Spread  
Spectrum Communication" Addison-Wesley Wireless  
Communications Series, 1975,

- John G. PROAKIS : "Digital Communications"  
McGraw-Hill International Editions, 3<sup>ème</sup>  
édition, 1995.

30

On peut consulter également des documents de  
brevets émanant du présent Demandeur et notamment :  
FR-A-3 712 129, FR-A-2 742 014 et FR-A-2 757 333.

Les techniques décrites dans ces documents mettent en oeuvre une théorie du signal qu'on peut résumer brièvement pour une meilleure compréhension de l'invention. On considère une porteuse de pulsation  $w$ ,  
 5 modulée en phase par une fonction du temps  $P(t)$ . Le signal modulé peut s'écrire :

$$s(t) = A(t) \cos[wt + P(t)]$$

où  $A(t)$  est l'amplitude du signal.

Cette expression peut se développer en :

10 
$$s(t) = A(t) \cos wt \cos P(t) - A(t) \sin wt \sin P(t)$$

En notant  $I(t)$  la partie  $A(t) \cos P(t)$ , qui est en phase avec la porteuse et  $Q(t)$  la partie  $A(t) \sin P(t)$ , qui est en quadrature avec celle-ci, on peut encore écrire ce dernier signal sous la forme :

15 
$$s(t) = I(t) \cos wt - Q(t) \sin wt$$

Le traitement du signal  $s(t)$  peut donc s'effectuer par le double traitement des parties  $I(t)$  et  $Q(t)$  qu'on notera plus simplement, par la suite,  $I$  et  $Q$ .

Les récepteurs qui traitent de tels signaux  
 20 reçoivent en général, sur deux entrées distinctes, de tels signaux  $I$  et  $Q$ . Ils sont obtenus en multipliant le signal de réception par une onde soit en phase avec la porteuse, soit en quadrature avec celle-ci. Les circuits effectuent ensuite divers traitements selon  
 25 les modulations exploitées. On trouve ainsi, dans le cas de modulation différentielle de phase, des traitements consistant à former la somme et la différence de produits d'échantillons retardés ou non, comme par exemple  $(I_k I_{k-1} + Q_k Q_{k-1})$  et  $(Q_k I_{k-1} - I_k Q_{k-1})$  où  $k$   
 30 désigne le rang d'un échantillon.

La première expression est dite "DOT" et la seconde "CROSS". Le signal DOT permet la détermination du déphasage entre deux symboles successifs, alors que

les signaux DOT et CROSS, considérés ensemble, permettent de déterminer le nombre entier de fois  $\pi/2$  du déphasage entre symboles successifs. Ces signaux DOT et CROSS permettent donc la démodulation correcte et sans ambiguïté lorsqu'une modulation différentielle de phase a été utilisée à l'émission.

Les documents FR-A-2 742 014 ou FR-A-2 757 330 décrivent un récepteur mettant en oeuvre cette technique. Ce récepteur est représenté sur la figure 1 annexée. Il comprend deux voies similaires, l'une traitant la composante I en phase et l'autre la composante Q en quadrature. La première voie comprend des premiers moyens 10(I) aptes à remplir une fonction de filtrage adapté à la séquence pseudo-aléatoire utilisée à l'émission et des moyens de retard 12(I). La seconde voie comprend, comme la première, des seconds moyens 10(Q) apte à remplir une fonction de filtrage adapté à ladite séquence pseudo-aléatoire et des moyens de retard 12(Q).

Le circuit comprend encore un circuit de multiplication 14 possédant :

- deux premières entrées, l'une reliée à la sortie des premiers moyens numériques 10(I) de filtrage et recevant un premier signal filtré  $I_k$  et l'autre reliée à la sortie des premiers moyens aptes à remplir la fonction de retard 12(I) et recevant un premier signal filtré-retardé  $I_{k-1}$ ,
- deux secondes entrées, l'une reliée à la sortie des seconds moyens 10(Q) de filtrage et recevant un second signal filtré  $Q_k$  et l'autre reliée à la sortie des seconds moyens aptes à

remplir la fonction retard 12(Q) et recevant un second signal filtré-retardé  $Q_{k-1}$ ,

- 5 - des moyens pour calculer les deux produits directs entre signaux filtrés et filtrés-retardés de la première et de la seconde voies, à savoir  $I_k I_{k-1}$  et  $Q_k Q_{k-1}$ , et les deux produits croisés entre signal filtré d'une voie et signal filtré-retardé de l'autre voie, à savoir  $Q_k I_{k-1}$  et  $I_k Q_{k-1}$ ,
- 10 - des moyens pour calculer la somme des produits directs, soit  $DOT_k = I_k I_{k-1} + Q_k Q_{k-1}$  et la différence des produits croisés, soit  $CROSS_k = Q_k I_{k-1} - I_k Q_{k-1}$ .

Le circuit décrit dans les documents cités  
15 comprend encore un circuit d'intégration et de régénération d'horloge 16 recevant la somme des produits directs et la différence des produits croisés.

Ce circuit comprend enfin un moyen numérique de  
20 programmation 18 contenant des informations aptes à programmer notamment les premiers et seconds moyens de filtrage 10(I), 10(Q).

Le document FR-A-2 757 330 cité montre, sur ses  
figures 3, 4 et 5, l'allure des signaux DOT et CROSS  
25 dans le cas d'une modulation différentielle à deux états de phase (DPSK) ou à quatre états de phase (DQPSK). Il s'agit de pics marqués, tantôt positifs ou négatifs selon les cas.

30 Dans de tels récepteurs, la synchronisation, qui permet de localiser les données d'informations dans le signal filtré, est l'une des opérations fondamentales. Elle s'effectue en suivant les pics des signaux DOT

et/ou CROSS et en déterminant l'instant où ces pics passent par un maximum. Le document FR-A-2 742 014, déjà cité, décrit un circuit comprenant essentiellement un comparateur, un registre et un compteur, moyens qui permettent d'engendrer une impulsion dont le front montant est calé sur le pic reçu. Cette impulsion constitue le signal de synchronisation.

Le circuit de la figure 1 peut être légèrement modifié, comme illustré sur la figure 2, par adjonction d'un circuit 22 de calcul d'une moyenne. Sur la figure 2, le circuit ovale 14 est censé symboliser la multiplication retardée des échantillons, c'est-à-dire la multiplication d'un échantillon par l'échantillon précédent conjugué. La valeur  $T_b$  correspond à la durée d'un bit (ou d'un symbole) d'information.

Le circuit 20 est un circuit de recherche du maximum de  $|DOT_k|$  et  $|CROSS_k|$  et le circuit 22 un circuit qui effectue une moyenne. Un exemple de ce dernier circuit est représenté sur la figure 3. Il comprend un multiplieur 23, un circuit 24 de gain  $1/2^m$ , un circuit retard 25 d'une quantité  $T_b$  correspondant à la durée d'un bit de données et un circuit 26 de gain  $2^m-1$  rebouclé sur le multiplieur 23.

Si l'on désigne par  $X(n)$  le signal d'entrée et par  $Y(n)$  le signal de sortie, on a :

$$Y(n) = X(n-1) + Y(n-1) \frac{2^m - 1}{2^m}$$

où  $m$  est un facteur réglable. Le signal  $Y(n)$  constitue le signal de synchronisation définitif.

30

Ce procédé de réception et les récepteurs correspondants, s'ils donnent satisfaction à certains

égards, conduisent encore à un certain risque d'erreur sur l'information restituée, erreur que l'on mesure par une quantité dite taux d'erreur binaire (TEB).

La présente invention a justement pour but de  
5 remédier à cet inconvénient en réduisant ce taux au prix de modifications mineures.

Selon l'invention, cette amélioration est obtenue par la mise en oeuvre d'une technique dite de double multiplication retardée que l'on trouve dans un type  
10 particulier de détection à savoir la double détection différentielle. La double détection différentielle est connue dans les transmissions hertziennes, notamment dans les transmissions par satellite. Mais elle ne sert qu'au décodage de l'information et non à l'opération de  
15 synchronisation. Elle est décrite, par exemple, dans l'article de M.K. SIMON et D. DIVSALAR intitulé "On the Implementation and Performance of Single and Double Differential Detection Schemes" publié dans la revue "IEEE Transactions on Communications", vol. 40, n°2,  
20 février 1992, pp. 278-291.

La figure 4 annexée rappelle le principe de cette double détection différentielle. Le schéma représente un émetteur E et un récepteur R. Dans l'émetteur E, on trouve essentiellement un premier multiplieur associé  
25 et à un premier circuit à retard 32 d'une durée égale à la durée des symboles à transmettre, ainsi qu'un second multiplieur 34 associé à un second circuit à retard 36. Côté récepteur R, on trouve des moyens similaires, à savoir un premier multiplieur 40 associé à un premier  
30 circuit à retard 42 ainsi qu'un second multiplieur 44 associé à un second circuit à retard 46. Ces moyens effectuent un codage puis un décodage symétrique de l'information. Les données sont codées de telle sorte



qu'une fois décodées, les prises de décision sont indépendantes du bruit Doppler, comme l'explique l'article cité.

Il faut souligner encore que, dans cette  
5 technique, il n'est pas question de synchronisation mais uniquement de codage-décodage.

La présente invention préconise d'utiliser le principe de la double multiplication retardée pour améliorer la qualité de l'opération de synchronisation.  
10 Par ailleurs, l'invention se place dans le cadre de l'AMRC, qui suppose un étalement de spectre des symboles d'information par des séquences pseudo-aléatoires, ce qui est un domaine très éloigné des transmissions hertziennes.

15

#### Exposé de l'invention

De façon précise, la présente invention a pour objet un procédé de réception d'un signal AMRC, comprenant une opération de corrélation avec des  
20 séquences pseudo-aléatoires appropriées, une opération de synchronisation apte à localiser les données dans le signal de corrélation obtenu et une opération de restitution des données, ce procédé étant caractérisé en ce que l'opération de synchronisation met en oeuvre  
25 une double multiplication retardée du signal de corrélation.

L'invention a également pour objet un récepteur AMRC comprenant :

30 - des moyens de corrélation travaillant avec des séquences pseudo-aléatoires appropriées, et délivrant un signal de corrélation,

- des moyens de synchronisation aptes à délivrer un signal de synchronisation localisant les données dans le signal de corrélation,
- des moyens de décodage aptes à restituer les données,

ce récepteur étant caractérisé en ce que les moyens de synchronisation sont des moyens de double multiplication retardée du signal de corrélation.

#### 10 Brève description des dessins

- la figure 1, déjà décrite, illustre un récepteur connu ;
- la figure 2, déjà décrite, illustre un mode particulier de réalisation des moyens de synchronisation ;
- la figure 3, déjà décrite, montre le principe d'un moyennneur ;
- la figure 4, déjà décrite, illustre le principe de la double détection différentielle utilisée pour le codage et le décodage de données d'information ;
- la figure 5 illustre schématiquement le procédé de double multiplication retardée mis en oeuvre dans l'invention ;
- la figure 6 montre l'allure d'un signal traité ;
- la figure 7 est un diagramme montrant les relations existant entre diverses grandeurs différentielles ;
- la figure 8 illustre de manière comparative les performances d'un récepteur conforme à l'invention.

## Description de modes particuliers de réalisation

La figure 5 illustre schématiquement la partie synchronisation d'un récepteur conforme à l'invention. Les filtres adaptés (ou les corrélateurs), les moyens de décodage, etc... ne sont pas représentés car ils l'ont déjà été sur la figure 1. On suppose, en outre, que l'on traite des signaux complexes avec une composante I (en phase, ou réelle) et une composante Q (en quadrature, ou imaginaire).

Le circuit de la figure 5 reçoit des échantillons  $I_k$  et  $Q_k$  repérés par leur rang  $k$ . La double multiplication retardée est obtenue, d'une part, par le circuit 50 et les circuits à retard 52, 54, ceci pour la première multiplication retardée, et, d'autre part, par le circuit 60 et les circuits à retard 62, 64 pour la seconde. Le circuit représenté se complète par un circuit 66 de repérage des maxima et un moyennneur 68.

La première multiplication permet d'obtenir les composantes  $DOT_k^{(1)}$  et  $CROSS_k^{(1)}$  définies par

$$DOT_k^{(1)} = I_k I_{k-1} + Q_k Q_{k-1}$$

$$CROSS_k^{(1)} = I_{k-1} Q_k - I_k Q_{k-1}$$

L'indice haut (1) rappelle qu'il s'agit d'échantillons obtenus après une première multiplication retardée.

La seconde multiplication permet d'obtenir deux autres composantes, marquées par un indice haut (2), à savoir :

$$DOT_k^{(2)} = DOT_k^{(1)} \cdot DOT_{(k-1)}^{(1)} + CROSS_k^{(1)} \cdot CROSS_{(k-1)}^{(1)}$$

$$CROSS_k^{(2)} = DOT_{(k-1)}^{(1)} \cdot CROSS_k^{(1)} - DOT_k^{(1)} \cdot CROSS_{(k-1)}^{(1)}$$

La synchronisation selon l'invention s'effectue sur les signaux  $DOT^{(2)}$  et  $CROSS^{(2)}$ .

Pour comprendre pourquoi la double multiplication retardée apporte un avantage par rapport à la simple multiplication, il faut revenir sur la théorie des communications numériques à étalement de spectre à l'aide de séquences pseudo-aléatoires et calculer la probabilité de détection d'un pic.

Un signal en bande de base correspondant au message émis par le  $u^{\text{ième}}$  utilisateur peut s'écrire :

$$s_u(t) = \sqrt{P_u} b_u(t) a_u(t) e^{j\theta_u},$$

où :

- $P_u$  est la puissance reçue au niveau du récepteur ;

•  $b_u(t) = \sum_{i=0}^{M-1} b_{i,u} p_{T_b}(t - iT_b)$ , sont les données émises, où les  $b_{i,u}$  prennent les valeurs +1 ou -1,  $M$  représentant le nombre de bits contenus dans le bloc d'informations considérées :

$$p_{T_b}(t) = \begin{cases} 1 & \text{si } t \text{ est dans la plage } 0 - T_b \\ 0 & \text{si } t \text{ est en dehors de cette plage} \end{cases}$$

- $a_u(t)$  est la séquence d'étalement, soit

$$a_u(t) = \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} X_j^k p_{T_c}(t - jT_c - iT_b), \text{ où } N = \frac{T_b}{T_c} \text{ est le gain}$$

de traitement ou longueur des séquences,  $X_j^u$  prend les valeurs +1 ou -1 et  $T_c$  est la durée d'un chip rectangulaire ;

- $\theta_u$  est une phase (relative à une phase de référence).

A cause de l'asynchronisme inhérent aux systèmes, le signal total reçu s'écrit :

$$r(t) = \sum_{u=1}^U S_u(t - \tau_u) + n(t),$$

où :

- U est le nombre d'utilisateurs ;
- $\tau_u$ , dans la plage  $(0, T_b)$ , est le retard associé au  $u^{\text{ième}}$  utilisateur ;
- $n(t)$  est un bruit blanc gaussien de densité spectrale de puissance unilatérale  $\frac{N_0}{2}$ .

Ce formalisme classique suppose :

- l'absence de trajets multiples,
- l'absence de rotations de phase au cours de la transmission (pas d'évanouissement ni d'effet Doppler),
- l'invariance du canal pendant la transmission,
- un canal de bande infinie (les signaux sont parfaitement rectangulaires).

Les sorties des filtres adaptés aux U séquences d'étalement forment les composantes d'un vecteur noté  $\bar{y}$ .

L'enveloppe complexe du vecteur  $\bar{y}$  s'écrit :

$$\bar{y} = \bar{y}_r \cos(\Theta) + \bar{y}_q \sin(\Theta)$$

La  $i^{\text{ième}}$  sortie du filtre adapté au  $u^{\text{ième}}$  utilisateur est le  $((i-1)U+u)^{\text{ième}}$  élément de ce vecteur  $\bar{y}$  ;

La grandeur  $\Theta$  est une matrice diagonale de rang UM dont les éléments sont les phases associées au  $i^{\text{ième}}$  bit du  $u^{\text{ième}}$  utilisateur.

Les composantes en phase et en quadrature de  $y$  s'écrivent :



Si  $\tau_1 < \tau_2 < \dots < \tau_U$ , alors  $R(1)$  est une matrice triangulaire supérieure de diagonale nulle,  $R(-1) = R(1)^T$  où  $T$  représente une transposition, et  $R(i) = 0$ , quel que soit  $|i| > 1$ . Cette hypothèse non-restrictive n'altère en rien la généralisation du formalisme proposé.

On s'intéresse aux sorties de corrélation dans une fenêtre temporelle de durée égale à la durée des bits. Hors des pics, les signaux sur ces sorties s'écrivent :

$$\int_0^{T_b} r_1(t) a_u(t - nT_c) dt = r_{u,n}, \quad (r \text{ pour partie réelle, voie I}).$$

On peut simplifier cette notation en  $r_u$  (respectivement  $i_u$  pour la partie imaginaire de la voie Q) pour désigner les sorties de corrélation sur les voies I et Q, sur une fenêtre de durée  $T_b$ .

La figure 6 montre l'allure du signal  $r_u$  avec un fond 69 et un pic 70, le cadre en tirets symbolisant la fenêtre temporelle correspondant à un bit de données. Si ces sorties ne contiennent pas de signal (en dehors du pic), on peut modéliser  $r_u$  et  $i_u$  par des processus gaussiens de moyenne nulle et écrire les probabilités :

$$\begin{cases} p(r_u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-\frac{r_u^2}{2\sigma^2}} \\ p(i_u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-\frac{i_u^2}{2\sigma^2}} \end{cases}$$

où :

$$\sigma^2 = \sigma_{N_0}^2 + \frac{U-1}{3N},$$

dans le cas de transmissions asynchrones. Dans les cas qui intéressent l'invention,  $\sigma_{N_0}^2$  est très inférieur à

$$\frac{U-1}{3N}, \text{ de sorte que } \sigma^2 \approx \frac{U-1}{3N}.$$

La synchronisation, après la démodulation différentielle, peut être vue comme une détection quadratique, où l'on détermine la somme des carrés  
 5  $r_u^2 + i_u^2$  (en toute rigueur, on calcule  $r_{u,n}r_{u,n-N} + i_{u,n}i_{u,n-N}$ , mais on peut simplifier l'exposé en prenant  $r_u^2 + i_u^2$ ). Cette quantité représente le carré de l'amplitude  $A_k$  du vecteur de composantes  $r_u, i_u$  :

$$A_u^2 = r_u^2 + i_u^2.$$

10 On peut définir un angle  $\phi_u$  tel que :

$$\begin{cases} r_u = A_u \cos(\phi_u) \\ i_u = A_u \sin(\phi_u) \end{cases}$$

Si  $p(r_u, i_u)$  et  $q(A_u, \phi_u)$  désignent les probabilités conjointes relativement à  $(r_u, i_u)$  et  $(A_u, \phi_u)$  on a :

$$p(r_u, i_u) dr_u di_u = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{r_u^2 + i_u^2}{2\sigma^2}} dr_u di_u = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{A_u^2}{2\sigma^2}} dr_u di_u = q(A_u, \phi_u) dA_u d\phi_u$$

15 Les éléments différentiels cartésiens  $dr_u$  et  $di_u$  sont reliés aux éléments différentiels polaires  $dA_u, d\phi_u$  selon le schéma de la figure 7. L'aire du rectangle est  $dr_u \cdot di_u$  et l'aire du secteur circulaire est  $(A_u d\phi_u) dA_u$ . On peut considérer que ces deux aires sont sensiblement  
 20 égales et écrire :

$$dr_u di_u = A_u d\phi_u dA_u$$

ce qui conduit à :

$$q(A_u, \phi_u) = \frac{A_u}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{A_u^2}{2\sigma^2}}.$$

$A_u$  et  $\phi_u$  sont donc décorrélés et :



$$\begin{cases} q(\phi_u) = \frac{1}{2\pi} \\ q(A_u) = \frac{A_u}{\sigma^2} e^{-\frac{A_u^2}{2\sigma^2}} \end{cases}$$

Si les sorties de corrélation contiennent un signal correspondant aux pics de corrélation, leurs moyennes  $m_{r_u}$  et  $m_{i_u}$  ne sont plus nulles et les probabilités (notées avec une barre) deviennent :

$$\bar{p}(r_u, i_u) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{(r_u - m_{r_u})^2 + (i_u - m_{i_u})^2}{2\sigma^2}} = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{A_u^2}{2\sigma^2} - \frac{m_{r_u}^2 + m_{i_u}^2 - 2r_u m_{r_u} - 2i_u m_{i_u}}{2\sigma^2}} = \bar{q}(A_u, \phi_u) dA_u d\phi_u$$

et il existe deux grandeurs  $S_u$  et  $\theta_u$  telles que :

$$\begin{cases} m_{r_u} = S_u \cos(\theta_u) \\ m_{i_u} = S_u \sin(\theta_u) \end{cases}$$

On obtient :

$$\bar{q}(A_u) = \int_{\phi_u=0}^{2\pi} \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{A_u^2}{2\sigma^2} - \frac{S_u^2 - 2A_u S_u \cos(\phi_u - \theta_u)}{2\sigma^2}} d\phi_u = \frac{1}{\pi\sigma^2} e^{-\frac{A_u^2 + S_u^2}{2\sigma^2}} I_0\left(\frac{A_u S_u}{\sigma^2}\right)$$

où  $I_0$  désigne la fonction de Bessel d'ordre zéro.

La probabilité de bonne détection du pic de corrélation est alors :

$$P^{(1)} = \int_{\mathfrak{R}} q(A_u) \left( \int_{x=A_u}^{+\infty} \bar{q}(x) dx \right) dA_u$$

soit 
$$P^{(1)} = \int_{\mathfrak{R}} \frac{A_u}{\pi\sigma^2} e^{-\frac{A_u^2 + S_u^2}{2\sigma^2}} \left( \int_{A_u}^{+\infty} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} I_0\left(\frac{x S_u}{\sigma^2}\right) dx \right) dA_u$$

Ce calcul vaut pour une seule multiplication retardée, d'où l'indice haut (1) affectant P. Il peut être étendu au cas de la double multiplication retardée, et d'une façon générale au cas de n multiplications retardées. Les expressions deviennent :

$$A_u^{2^n} = r_u^{2^n} + i_u^{2^n}$$

$$\begin{cases} r_u^{(n)} = A_u^{2^{n-1}} \cos(\phi_u) \\ i_u^{(n)} = A_u^{2^{n-1}} \sin(\phi_u) \end{cases}$$

L'expression de la probabilité devient :

$$\begin{cases} m_{r_u^{(n)}} = S_u^{2^{n-1}} \cos(\theta_u) \\ m_{i_u^{(n)}} = S_u^{2^{n-1}} \sin(\theta_u) \end{cases}$$

$$P^{(n)} = \int_{\mathbb{R}^+} \frac{A_u e^{-\frac{A_u^{2^n} + S_u^{2^n}}{2s^2}}}{2^{n-1} \pi \sigma^4} \left( \int_{(A_u) 2^{n-1}}^{+\infty} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} (x) 2^{\frac{1}{n-1}-1} I_0\left(\frac{x (S_u)^{2^{n-1}}}{\sigma^2}\right) dx \right) dA_u$$

5

La question est maintenant de savoir si cette probabilité  $P^{(n)}$  de bonne détection du pic est accrue lorsque  $n$ , (c'est-à-dire le nombre de multiplications retardées) est supérieur à 1.

10 Le Demandeur a calculé cette probabilité dans le cas de  $U=5$  utilisateurs,  $N=63$  (séquences à 63 "chips") et  $S_u=1$ . Les résultats sont rassemblés dans le tableau suivant :

n	$P^{(n)}$
1	0,32
2	0,69
3	0,67
4	0,34
5	0,18

15

On voit que la synchronisation basée sur une double multiplication retardée est plus fiable que la synchronisation classique. Par contre, l'augmentation de  $n$  au-delà de 2 n'apporte rien, sinon une complexité matérielle accrue.

20

Les courbes de la figure 8 permettent une comparaison entre les performances obtenues avec l'invention et celles des techniques classiques. Elles  
5 montrent l'évolution du taux d'erreur de bits (TEB) en fonction du rapport signal sur bruit (RSB). Sur cette figure :

- 10 - les trois courbes 71, 72, 73 correspondent à un récepteur sans étage de suppression parallèle d'interférences d'accès multiple ; la courbe 71 correspond à l'art antérieur (une seule multiplication retardée), la courbe 72 correspond à l'invention (deux multiplications retardées) et la courbe 73 à une courbe  
15 idéale ;
- les trois courbes 81, 82, 83 correspondent à un récepteur possédant un seul étage de suppression parallèle d'interférences, avec les mêmes trois cas respectifs (unique  
20 multiplication retardée, double multiplication retardée, idéal) ;
- les trois courbes 91, 92, 93 correspondent à un récepteur à deux étages de suppression parallèle d'interférences avec les mêmes trois  
25 cas successifs ;
- la courbe 95 correspond au cas théorique idéal.

Ces résultats montrent l'intérêt de la double multiplication retardée pour la synchronisation. Cette opération n'est guère plus coûteuse que la simple  
30 multiplication retardée, si ce n'est qu'il faut la doubler pour chacune des voies. En revanche, elle améliore grandement la synchronisation, permettant de meilleures reconstructions et de meilleures estimations

à chaque étage de suppression parallèle  
d'interférences.

## REVENDEICATIONS

1. Procédé de réception d'un signal AMRC, comprenant une opération de corrélation avec des séquences pseudo-aléatoires appropriées, une opération de synchronisation apte à localiser les données dans le signal de corrélation obtenu, et une opération de restitution des données, ce procédé étant caractérisé en ce que l'opération de synchronisation met en oeuvre une double multiplication retardée du signal de corrélation.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel on recherche un maximum du signal obtenu par double multiplication retardée et on délivre un signal de synchronisation correspondant audit maximum.

3. Procédé selon la revendication 2, dans lequel on effectue une moyenne de deux maxima successifs obtenus avant de produire le signal de synchronisation.

4. Procédé selon la revendication 1, dans lequel le signal de corrélation étant constitué d'une suite d'échantillons, on effectue une première multiplication retardée consistant à multiplier un échantillon du signal de corrélation par l'échantillon précédent conjugué, puis une seconde multiplication retardée consistant à multiplier un échantillon du signal ainsi obtenu par l'échantillon précédent conjugué dudit signal obtenu.

5. Procédé selon la revendication 4, dans lequel, le signal de corrélation étant un signal complexe avec

une composante réelle ( $I_k$ ) et une composante imaginaire ( $Q_k$ ), le signal obtenu après la première multiplication retardée étant lui aussi complexe avec une composante réelle ( $DOT^{(1)}_k$ ) et une composante imaginaire  
 5 ( $CROSS^{(1)}_k$ ) :

- pour effectuer la première multiplication retardée, on calcule la quantité  $I_k I_{k-1} + Q_k Q_{k-1}$ , ce qui fournit la composante réelle ( $DOT^{(1)}_k$ ) du nouveau signal, on calcule la quantité  
 10  $Q_n I_{n-1} - I_n Q_{n-1}$ , ce qui fournit la composante ( $CROSS^{(1)}_k$ ) du nouveau signal,
- pour effectuer la seconde multiplication retardée, on calcule la quantité  
 15  $(DOT^{(1)}_k) (DOT^{(1)}_{k-1}) + (CROSS^{(1)}_k) (CROSS^{(1)}_{k-1})$  ce qui donne la composante réelle ( $DOT^{(2)}_k$ ) du signal final et on calcule la quantité  
 $(DOT^{(1)}_{k-1}) (CROSS^{(1)}_k) - (DOT^{(1)}_k) (CROSS^{(1)}_{k-1})$ , ce qui donne la composante imaginaire ( $CROSS^{(2)}_k$ ) du signal final.

20

6. Récepteur de signal AMRC pour la mise en oeuvre du procédé selon la revendication 1, ce récepteur comprenant :

- 25 - des moyens de corrélation travaillant avec des séquences pseudo-aléatoires appropriées, ces moyens délivrant un signal de corrélation,
- des moyens de synchronisation aptes à délivrer un signal de synchronisation localisant les données dans le signal de corrélation,
- 30 - des moyens de décodage aptes à restituer les données,

ce récepteur étant caractérisé en ce que les moyens de synchronisation sont des moyens de double multiplication retardée du signal de corrélation.

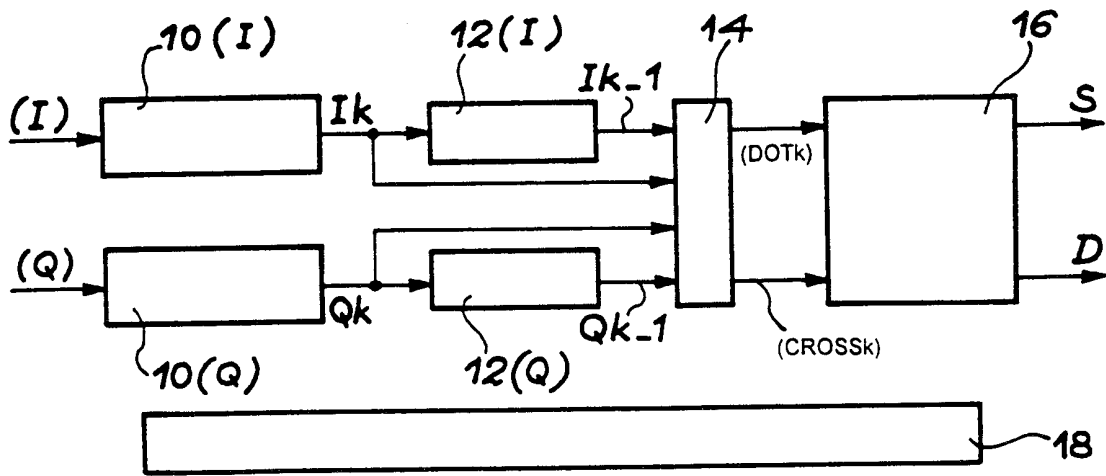


FIG. 1

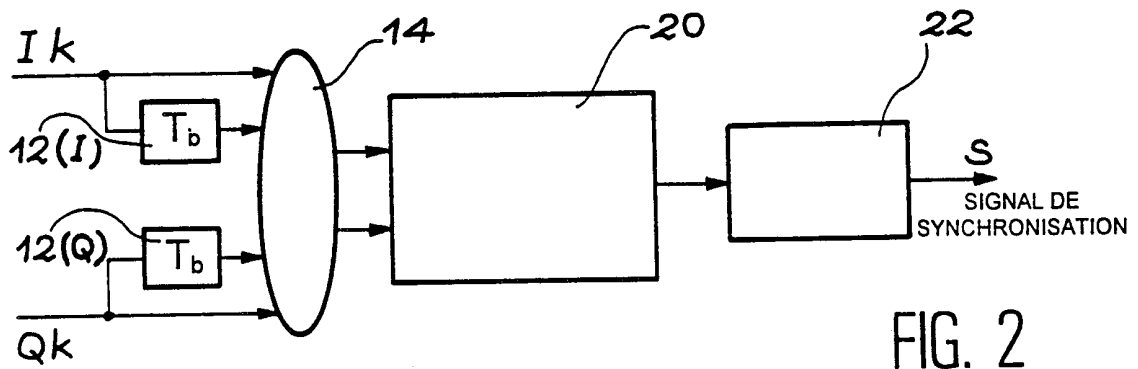


FIG. 2

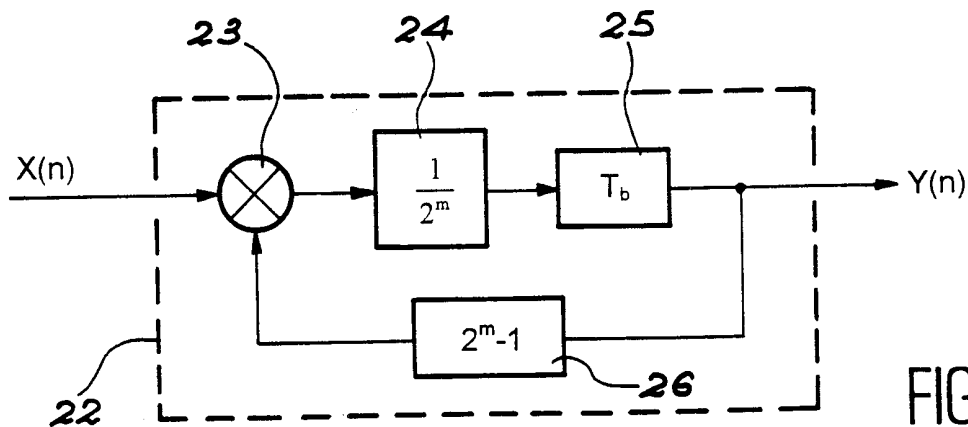


FIG. 3



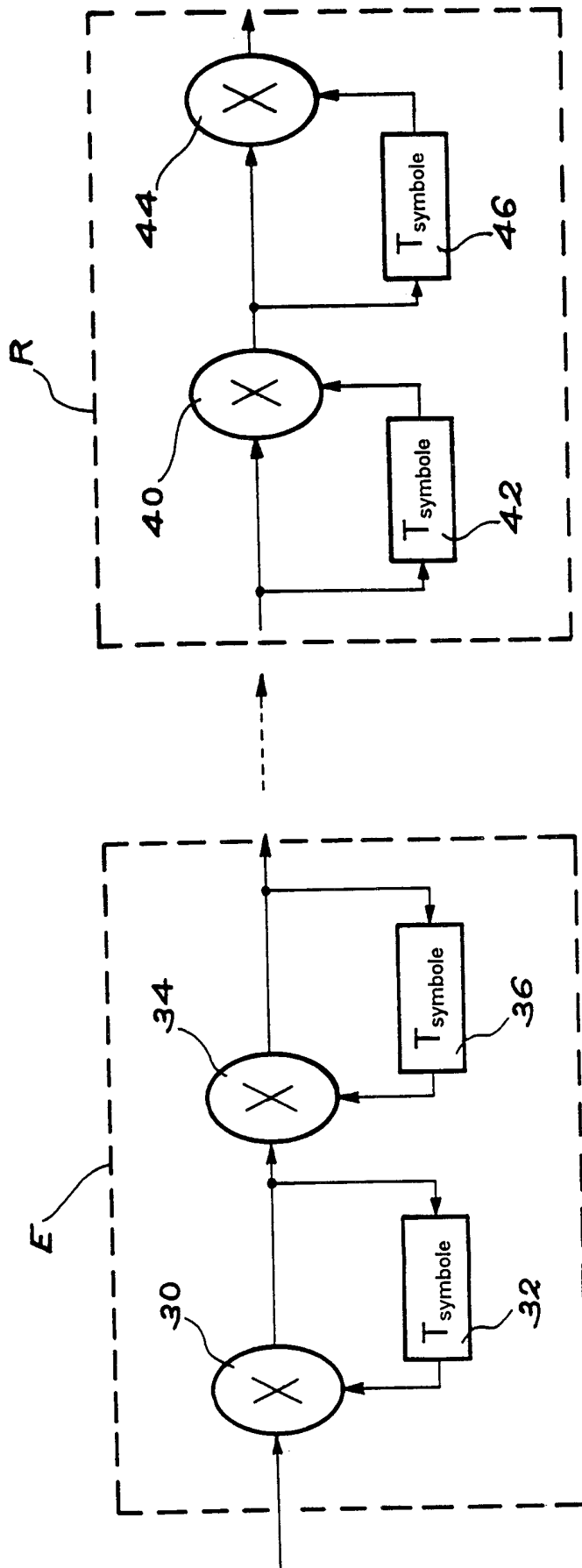


FIG. 4

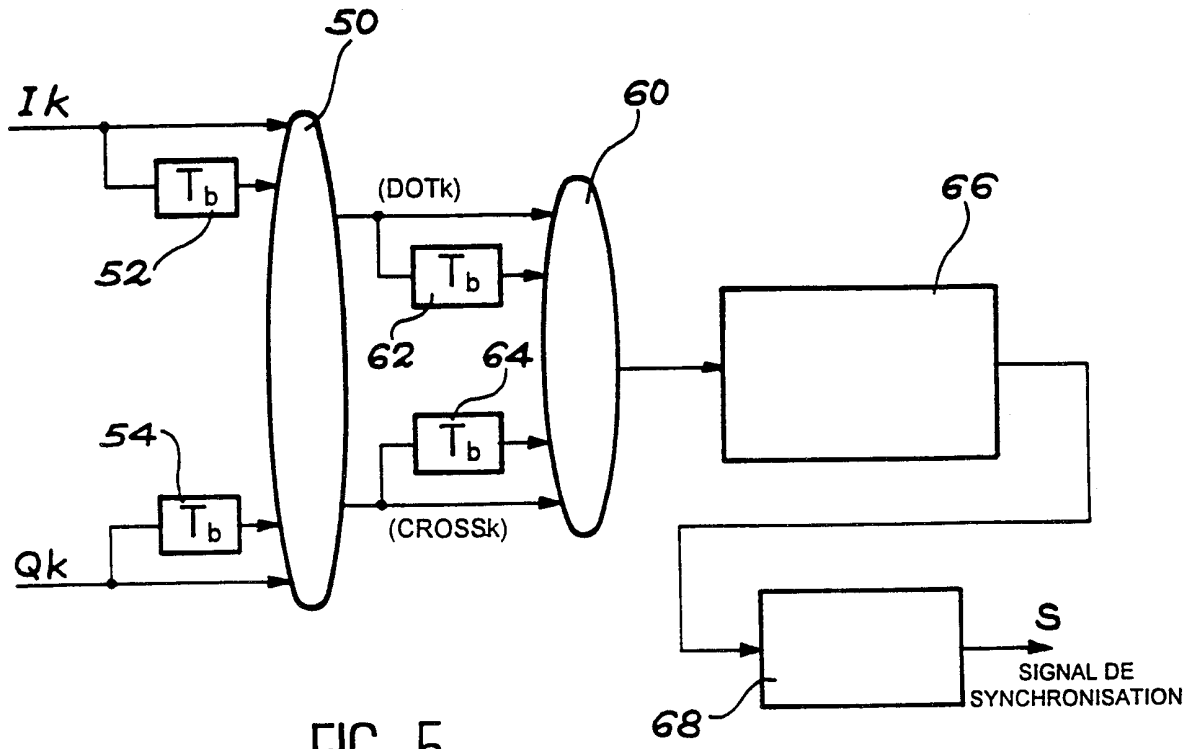


FIG. 5

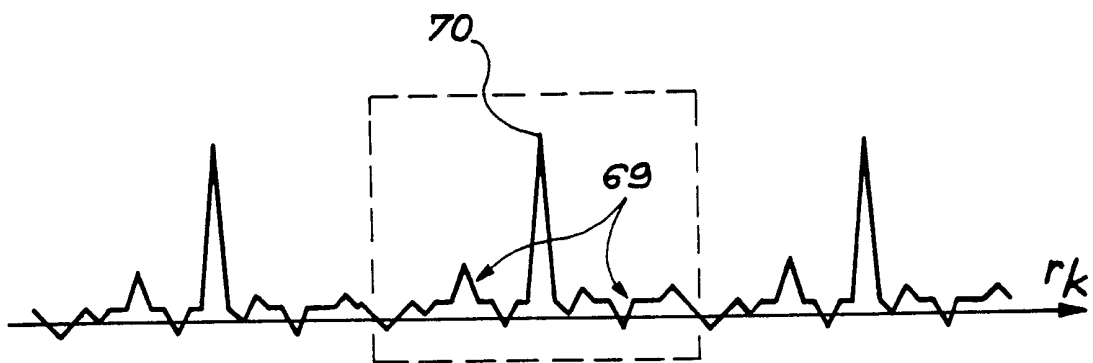


FIG. 6

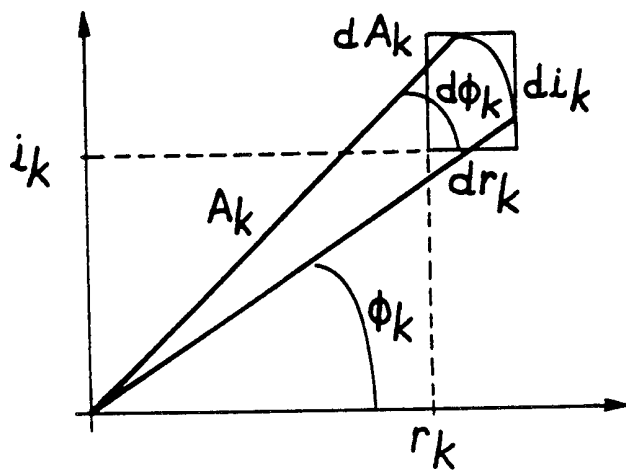


FIG. 7

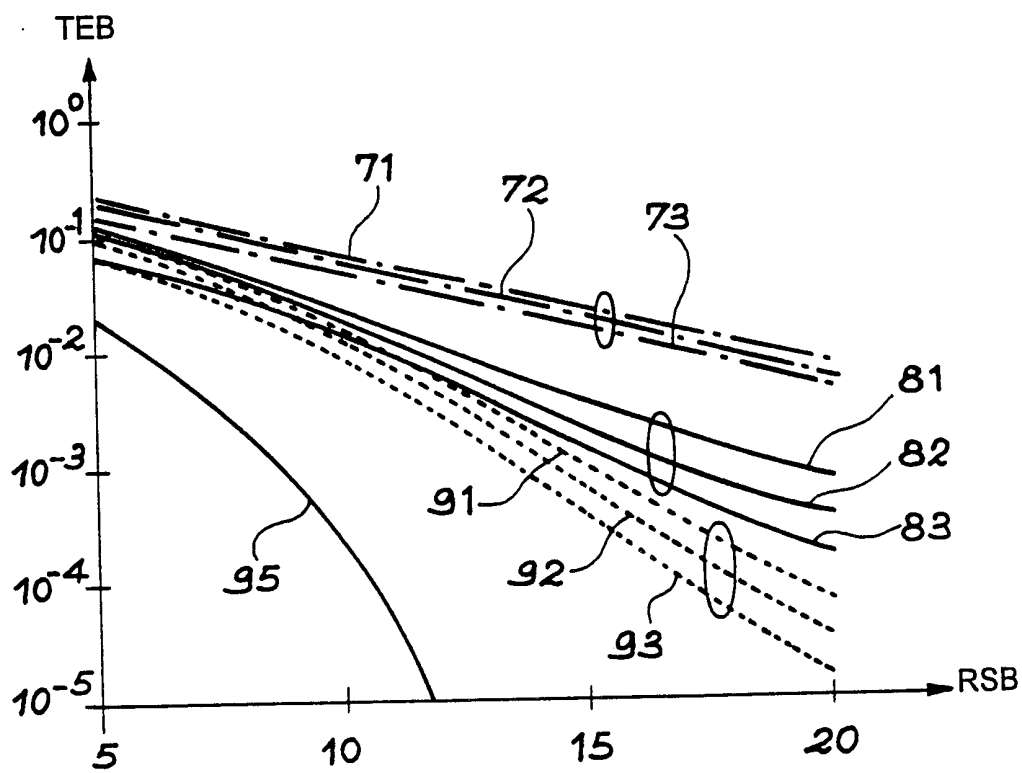


FIG. 8

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 99/02102

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
**IPC 7 H04B1/707**

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

**IPC 7 H04B**

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 562 529 A (SHARP) 29 September 1993 (1993-09-29) page 8, line 27 -page 30, line 35; figures	1,6
A	EP 0 630 120 A (MATRA) 21 December 1994 (1994-12-21) page 4, line 2 -page 6, line 48; figures	1-6
A	EP 0 854 586 A (SONY) 22 July 1998 (1998-07-22) page 5, line 38 -page 10, line 39; figures	1-6
A	EP 0 726 658 A (NOKIA) 14 August 1996 (1996-08-14) page 4, column 5, line 51 -page 7, column 12, line 24; figures	1,6

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

23 November 1999

Date of mailing of the international search report

30/11/1999

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Geoghegan, C

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 99/02102

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 562529      A	29-09-1993	JP 2799533 B	17-09-1998
		JP 5327659 A	10-12-1993
		JP 2742359 B	22-04-1998
		JP 6104862 A	15-04-1994
		JP 2700980 B	21-01-1998
		JP 6141016 A	20-05-1994
		JP 2748075 B	06-05-1998
		JP 6141017 A	20-05-1994
		AU 3538293 A	30-09-1993
		US 5400359 A	21-03-1995
		EP 630120      A	21-12-1994
AT 179038 T	15-04-1999		
CA 2125831 A	17-12-1994		
DE 69417803 D	20-05-1999		
DE 69417803 T	18-11-1999		
ES 2131648 T	01-08-1999		
FI 942831 A	17-12-1994		
JP 7050651 A	21-02-1995		
US 5544155 A	06-08-1996		
EP 854586      A	22-07-1998		
EP 726658      A	14-08-1996	US 5590160 A	31-12-1996
		JP 8256094 A	01-10-1996

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Di de internationale No

PCT/FR 99/02102

**A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE**  
CIB 7 H04B1/707

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

**B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE**

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 H04B

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisée)

**C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS**

Catégorie °	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	EP 0 562 529 A (SHARP) 29 septembre 1993 (1993-09-29) page 8, ligne 27 -page 30, ligne 35; figures	1,6
A	EP 0 630 120 A (MATRA) 21 décembre 1994 (1994-12-21) page 4, ligne 2 -page 6, ligne 48; figures	1-6
A	EP 0 854 586 A (SONY) 22 juillet 1998 (1998-07-22) page 5, ligne 38 -page 10, ligne 39; figures	1-6
A	EP 0 726 658 A (NOKIA) 14 août 1996 (1996-08-14) page 4, colonne 5, ligne 51 -page 7, colonne 12, ligne 24; figures	1,6

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

Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

° Catégories spéciales de documents cités:

- "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- "&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

23 novembre 1999

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

30/11/1999

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3018

Fonctionnaire autorisé

Geoghegan, C

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Di de Internationale No

PCT/FR 99/02102

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 562529 A	29-09-1993	JP 2799533 B	17-09-1998
		JP 5327659 A	10-12-1993
		JP 2742359 B	22-04-1998
		JP 6104862 A	15-04-1994
		JP 2700980 B	21-01-1998
		JP 6141016 A	20-05-1994
		JP 2748075 B	06-05-1998
		JP 6141017 A	20-05-1994
		AU 3538293 A	30-09-1993
		US 5400359 A	21-03-1995
		EP 630120 A	21-12-1994
AT 179038 T	15-04-1999		
CA 2125831 A	17-12-1994		
DE 69417803 D	20-05-1999		
DE 69417803 T	18-11-1999		
ES 2131648 T	01-08-1999		
FI 942831 A	17-12-1994		
JP 7050651 A	21-02-1995		
US 5544155 A	06-08-1996		
EP 854586 A	22-07-1998		
EP 726658 A	14-08-1996	US 5590160 A	31-12-1996
		JP 8256094 A	01-10-1996