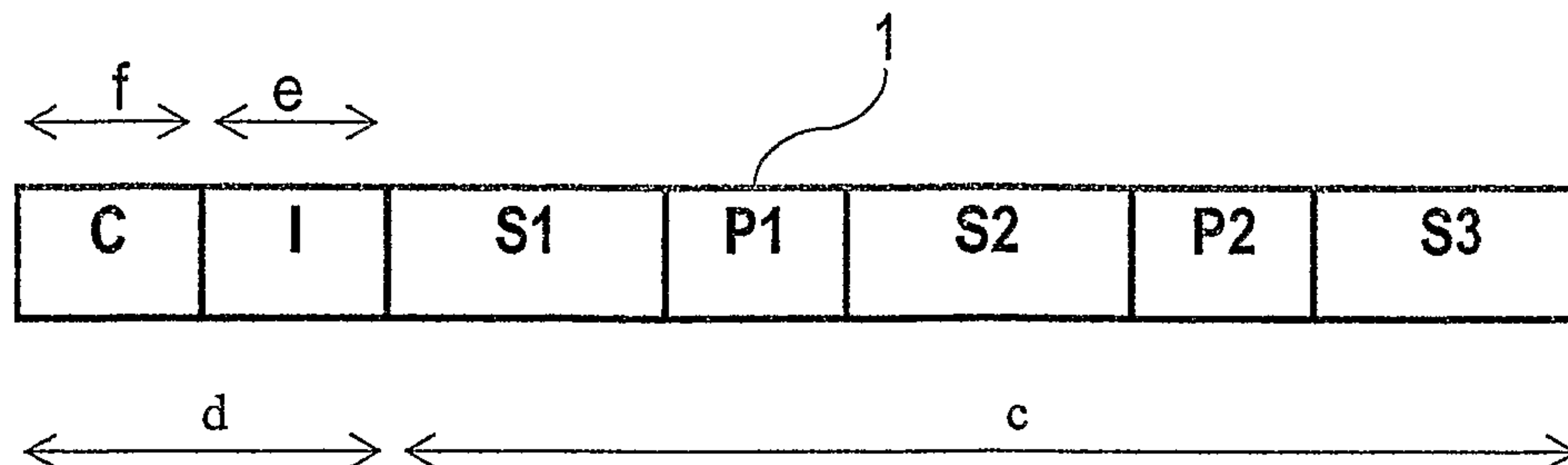




(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2006/10/13
(87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2007/04/19
(85) Entrée phase nationale/National Entry: 2008/04/11
(86) N° demande PCT/PCT Application No.: FR 2006/002313
(87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2007/042685
(30) Priorité/Priority: 2005/10/14 (FR0510523)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *H04N 7/24* (2006.01),
H04J 3/06 (2006.01), *H04N 7/62* (2006.01)
(71) Demandeur/Applicant:
CENTRE NATIONAL D'ETUDES SPATIALES, FR
(72) Inventeurs/Inventors:
GIRAUD, XAVIER, FR;
DUVERDIER, ALBAN, FR
(74) Agent: SMART & BIGGAR

(54) Titre : PROCÉDE DE RECEPTION DE TRAMES D'UN FLUX NUMERIQUE
(54) Title: METHOD FOR RECEIVING FRAMES OF A DIGITAL DATA STREAM



(57) **Abrégé/Abstract:**

L'invention concerne un procédé de réception d'un flux numérique, le flux comprenant des trames (1) présentant chacune un corps (S1, P1, S2, P2, S3) ayant un nombre variable de (c) symboles et précédé d'un entête (C, I) ayant (d) symboles, un champ (I) composé d'un nombre fixe de e symboles inconnus du récepteur et définissant (c). Une phase d'accrochage comprend les étapes suivantes : a) recevoir une suite de (e) symboles du flux; b) pour des couples de symboles reçus, effectuer un calcul de corrélation, cette corrélation étant supposée vérifier une relation prédéfinie si les e symboles forment le champ inconnu ; c) déterminer un niveau de corrélation et déterminer si les e symboles forment le champ inconnu en fonction de ce niveau de corrélation ; d) répéter les étapes a), b) et c) jusqu'à déterminer que les e symboles forment le champ inconnu.

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international(43) Date de la publication internationale
19 avril 2007 (19.04.2007)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2007/042685 A1(51) Classification internationale des brevets :
H04N 7/24 (2006.01) *H04J 3/06* (2006.01)
H04N 7/62 (2006.01)(72) Inventeur; et
(75) Inventeur/Déposant (*pour US seulement*) : DU-
VERDIER, Alban [FR/FR]; 17, Avenue Camille Pujol,
F-31500 Toulouse (FR).(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2006/002313(74) Mandataires : BENTZ, Jean-Paul etc.; Novagraaf Tech-
nologies, 122, rue Edouard Vaillant, F-92593 Levallois
Perret Cédex (FR).(22) Date de dépôt international :
13 octobre 2006 (13.10.2006)

(25) Langue de dépôt : français

(81) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre de
protection nationale disponible*) : AE, AG, AL, AM, AT,
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO,
CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB,
GD, GE, GH, GM, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,
KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU,
LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA,
NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC,
SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT,
TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
0510523 14 octobre 2005 (14.10.2005) FR(71) Déposant (*pour tous les États désignés sauf US*) : CEN-
TRE NATIONAL D'ETUDES SPATIALES [FR/FR]; 2,
Place Maurice Quentin, F-75039 Paris Cedex 01 (FR).

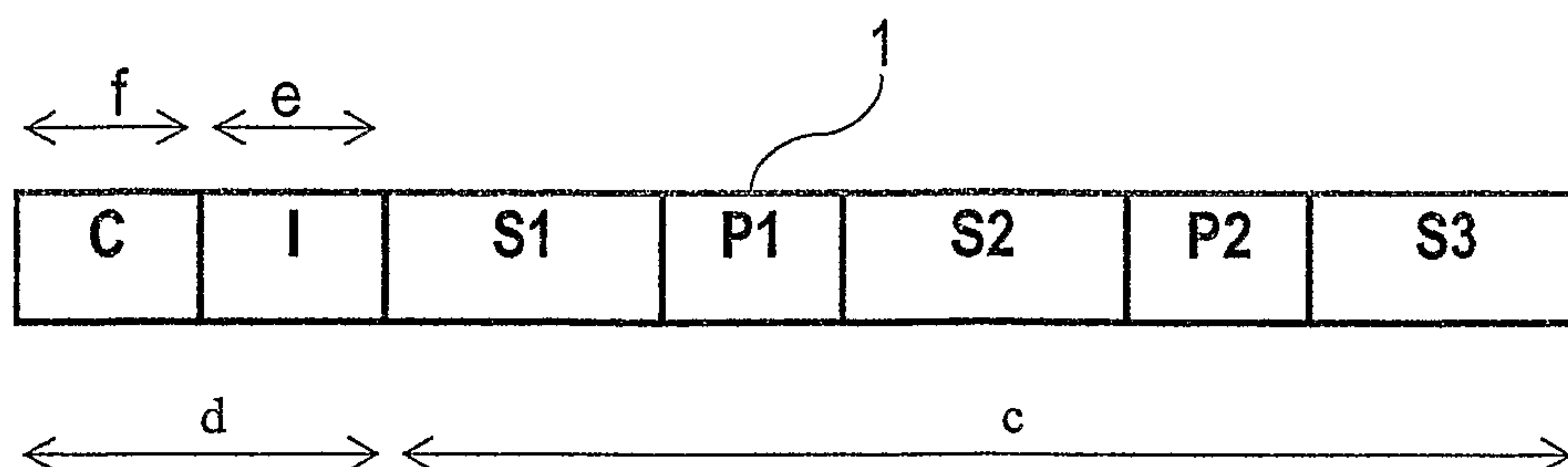
(71) Déposant et

(72) Inventeur : GIRAUD, Xavier [FR/FR]; 6bis, boulevard
de Glatigny, F-78000 Versailles (FR).(84) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre
de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD FOR RECEIVING FRAMES OF A DIGITAL DATA STREAM

(54) Titre : PROCEDE DE RECEPTION DE TRAMES D'UN FLUX NUMERIQUE



(57) Abstract: The invention concerns a method for receiving a digital data stream, the stream comprising frames (1) having each a body (S1, P1 S2, P2 S3) including a variable number of (c) symbols and preceded by a header (C, I) including (d) symbols, one field (I) consisting of a fixed number of (e) symbols unknown to the receiver and defining (c). A feedback phase includes the following steps: a) receiving a series of (e) symbols of the stream; b) for pairs of received symbols, performing a correlation computation, said correlation being assumed to verify a predefined relationship if the (e) symbols form an unknown field; c) determining a correlation level and determining whether the (e) symbols form an unknown field based on said correlation level; d) repeating steps a), b) and c) until it is determined that the (e) symbols form the unknown field.

(57) Abrégé : L'invention concerne un procédé de réception d'un flux numérique, le flux comprenant des trames (1) présentant chacune un corps (S1, P1, S2, P2, S3) ayant un nombre variable de (c) symboles et précédé d'un entête (C, I) ayant (d) symboles, un champ (I) composé d'un nombre fixe de e symboles inconnus du récepteur et définissant (c). Une phase d'accrochage comprend les étapes suivantes : a) recevoir une suite de (e) symboles du flux; b) pour des couples de symboles reçus, effectuer un calcul de corrélation, cette corrélation étant supposée vérifier une relation prédéfinie si les e symboles forment le champ inconnu ; c) déterminer un niveau de corrélation et déterminer si les e symboles forment le champ inconnu en fonction de ce niveau de corrélation ; d) répéter les étapes a), b) et c) jusqu'à déterminer que les e symboles forment le champ inconnu.



WO 2007/042685 A1

WO 2007/042685 A1



GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale

— avec revendications modifiées

Date de publication des revendications modifiées:

21 juin 2007

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

PROCÉDÉ DE RECEPTION DE TRAMES D'UN FLUX NUMERIQUE

L'invention concerne la diffusion numérique radiofréquence, et en
5 particulier la diffusion numérique par satellite.

Le standard de diffusion par satellite nommé DVB-S2 a été développé
pour la diffusion de flux vidéos ainsi que la diffusion de paquets d'applications IP.
Ce standard rend possible des modes de codage et de modulation constants,
variables ou adaptatifs. La structure proposée par ce standard prévoit une
10 concaténation d'un code BCH (pour Bose-Chaudhuri-Hocquenghem) et d'un code
LDPC (pour Low Density Parity Check en anglais). Cette concaténation est
précédée d'une étape de dispersion d'énergie et suivie d'une étape de modulation
QPSK, 8-PSK, 16-APSK ou 32-APSK et d'une étape d'insertion d'un entête en
 $\pi/2$ BPSK.

15 L'entête contient des paramètres de transmission. L'entête comprend un
champ de 5 bits appelé MODCOD et définissant le type de modulation et le taux
de codage de la trame. Ce champ est inconnu du récepteur au préalable et protégé
par un code de Reed-Müller (32,5) ayant la matrice génératrice suivante :

$$\begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

L'entête comprend également un champ de 2 bits appelé TYPE et
définissant la longueur et le type de la trame. Ce champ est inconnu du récepteur
au préalable. L'entête comprend également une séquence d'identification de début
25 de trame nommée SOF, connue du récepteur au préalable.

Pour effectuer l'accrochage de la trame, à chaque instant symbole, les
récepteurs envisagés dans la littérature calculent un niveau de corrélation par des
calculs de corrélation entre 26 symboles consécutifs échantillonnés. Lorsque le

niveau de corrélation dépasse un seuil, on considère que ces 26 symboles correspondent à la séquence d'identification SOF. Une estimation d'erreur de décalage de fréquence est établie à partir de ces symboles et utilisée dans une boucle de poursuite de fréquence.

5 Un tel récepteur présente des inconvénients. En effet, l'accrochage réalisé par l'identification des symboles de la séquence SOF peut s'avérer peu fiable lorsque le flux numérique est transmis dans un environnement bruité. De façon similaire, l'estimation d'erreur de décalage de fréquence établie présente une fiabilité réduite dans un tel environnement. La rapidité et la fiabilité de
10 l'accrochage sont ainsi insuffisants, ce qui est particulièrement handicapant puisqu'en l'absence de décodage d'un entête, la position des entêtes suivants ne peut pas être déterminées, les trames ayant des tailles variables.

Il existe donc un besoin pour des moyens simples et impliquant une puissance de traitement réduite pour résoudre un ou plusieurs de ces
15 inconvénients. L'invention porte ainsi sur un procédé de réception d'un flux numérique par un récepteur, le flux comprenant des trames présentant chacune un corps composé d'un nombre variable c de symboles précédé d'un entête comprenant un nombre d de symboles, l'entête comprenant au moins un champ composé d'un nombre fixe e de symboles inconnus du récepteur et définissant le
20 nombre c , le procédé ayant une phase d'accrochage comprenant les étapes suivantes :

- a) recevoir au moins une suite de e symboles du flux numérique ;
- b) pour plusieurs premiers couples de symboles reçus, effectuer un calcul de corrélation entre les symboles de chaque couple, cette corrélation étant
25 supposée vérifier une relation prédéfinie si les e symboles forment le champ inconnu ;
- c) déterminer un niveau de corrélation à partir des calculs de corrélation effectués et déterminer si les e symboles du flux numérique forment le champ inconnu en fonction de ce niveau de corrélation ;

3

d) répéter les étapes a), b) et c) jusqu'à déterminer que les e symboles du flux numérique forment le champ inconnu.

Selon une variante, durant l'étape b), on effectue également plusieurs calculs de corrélation entre des seconds couples de symboles, cette corrélation étant supposée vérifier une relation prédéfinie si les e symboles forment le champ inconnu, et l'ensemble des symboles des seconds couples ayant des symboles communs avec l'ensemble des symboles des premiers couples.

Selon encore une variante, les symboles des seconds couples appartiennent majoritairement à l'ensemble des symboles des premiers couples.

10 Selon une autre variante, le produit des symboles de chacun des couples est supposé identique si les e symboles forment le champ inconnu.

Selon encore une autre variante :

-l'entête de chaque trame présente également un champ composé d'un nombre fixe f de symboles connus du récepteur ;

15 -lors de l'étape a), on réceptionne une suite de d symboles du flux numérique ;

-lors de l'étape b), les symboles de chaque premier couple correspondent soit au champ connu, soit au champ inconnu ;

20 -lors de l'étape c), le niveau de corrélation est déterminé à partir des calculs de corrélation effectués respectivement sur les symboles correspondant au champ connu et sur les symboles correspondant au champ inconnu ;

-lors de l'étape d), on détermine si les d symboles du flux numérique forment un entête en fonction du niveau de corrélation.

25 Selon encore une variante :

-on forme un premier nombre g cumulant les calculs de corrélation effectués sur les premiers couples de symboles correspondant au champ connu et un deuxième nombre h cumulant les calculs de corrélation effectués sur les premiers couples de symboles correspondant au champ inconnu ;

30

4

-on détermine le niveau de corrélation Corr par la fonction suivante :

$$\text{Corr} = \max(|g+h|, |g-h|).$$

Selon une autre variante, les calculs de corrélation sont effectués à partir de l'ensemble des symboles correspondant au champ connu et au champ inconnu.

5 Selon encore une autre variante, une estimation d'une erreur de décalage de fréquence est effectuée à partir desdits symboles reçus, la fréquence de démodulation d'un circuit de réception des symboles est corrigée en fonction de ladite estimation.

10 Selon une variante, un décodage souple des symboles du champ inconnu déterminé est effectué, un niveau de vraisemblance du champ décodé est déterminé, un décrochage est déterminé lorsque le niveau de vraisemblance du champ inconnu est inférieur à un seuil.

15 Selon encore une autre variante, le décodage souple est un décodage de Reed-Müller combinant les symboles du champ inconnu déterminé de façon à établir une probabilité de validité pour chaque combinaison des bits du mot codé et dans lequel le niveau de vraisemblance est établi en fonction de la probabilité la plus élevée.

Selon une variante, le procédé comprend les étapes suivantes:

20 e) après l'accrochage, pour chaque trame, les e symboles formant le champ inconnu de son entête sont décodés de façon à déduire le nombre c et déduire si le récepteur est destinataire de la trame ;

f) si le récepteur n'est pas destinataire de la trame, le récepteur ne décode pas le corps et décode l'entête de la trame suivante.

Selon une variante :

25 -lors du décodage de l'entête à l'étape e), on déduit si des indicateurs de phase sont présents dans le corps de la trame;

-si on déduit la présence d'indicateurs de phase dans le corps de la trame, la phase des symboles correspondant au corps est corrigée en fonction de ces indicateurs de phase.

30 Les trames reçues peuvent être conformes au standard DVB-S2.

5

L'invention porte aussi sur un procédé de transmission d'un flux numérique, comprenant les étapes suivantes :

-la génération de trames d'un flux numérique, chaque trame comprenant :

5 -un codage d'un mot définissant au moins le nombre c variable de bits du corps de la trame, le champ ainsi codé présentant un nombre fixe e de bits et présentant des redondances des bits du mot selon une disposition prédéfinie ;

-formation d'une trame comprenant:

10 -un entête incluant le champ codé et un mot d'identification de début de trame présentant des redondances et comprenant un nombre fixe f de bits ;

-le corps de la trame ;

-émission de la trame formée ;

-réception de la trame émise selon un procédé défini ci-dessus.

15 L'invention porte également sur un récepteur, apte à mettre en œuvre un procédé de réception tel que défini ci-dessus.

L'invention porte encore sur un système comprenant un tel récepteur et un émetteur apte à mettre en œuvre le procédé de transmission défini ci-dessus.

20 D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront clairement de la description qui en est faite ci-après, à titre indicatif et nullement limitatif, en référence aux dessins annexés, dans lesquels :

-la figure 1 illustre schématiquement un exemple de structure de trame du flux binaire;

25 -la figure 2 illustre schématiquement la structure d'un exemple de récepteur mettant en œuvre l'invention ;

-la figure 3 illustre un diagramme d'état du récepteur de la figure 2.

30 L'invention propose un procédé de réception d'un flux numérique dans lequel chaque trame présente un champ de taille fixe inconnu du récepteur

définissant la taille variable du corps de la trame. L'invention propose d'effectuer un accrochage en effectuant des calculs de corrélation sur les symboles supposés correspondre au champ inconnu. Les symboles d'un champ inconnu formant des couples pour lesquels des propriétés de corrélation vérifient une relation
5 prédéfinie, un niveau de corrélation est déterminé à partir des calculs de corrélation réalisés et permet de déterminer si les symboles reçus sont les symboles du champ inconnu.

Le niveau de corrélation utilisé pour réaliser l'accrochage d'une trame du flux numérique prenant ainsi en outre en compte les symboles du champ inconnu,
10 l'accrochage peut être réalisé rapidement et avec une fiabilité accrue. Cet avantage est accru par la taille du champ inconnu, généralement supérieure à la taille du champ connu.

La figure 1 illustre un exemple de trame 1 transmise dans le flux
15 numérique. La trame 1 présente un entête comprenant un champ C connu du récepteur et un champ I inconnu du récepteur. Le champ C présente une longueur de f bits, le champ I présente une longueur fixe de e bits et l'entête présente une longueur de d bits. La trame présente un corps présentant une longueur variable de c bits. Ce corps comprend des sections S1, S2 et S3 séparées par des indicateurs
20 de phase P1 et P2.

L'invention propose de réaliser l'accrochage de la trame en recevant une suite de e symboles du flux numérique. Le récepteur connaît au préalable la disposition des symboles du champ inconnu d'une trame, le produit des symboles du champ inconnu vérifiant une relation prédéfinie. En particulier, le produit de
25 symboles du champ inconnu à des positions données peut être constant. Le récepteur effectue des calculs de corrélation entre des premiers couples de symboles reçus, le produit des symboles de chaque couple étant supposé vérifier une relation prédéfinie selon la disposition connue. Un niveau de corrélation est déterminé à partir des calculs de corrélation effectués. A partir de ce niveau de
30 corrélation, on détermine si les symboles reçus forment le champ inconnu I, en

comparant par exemple le niveau de corrélation à un seuil d'accrochage. En effet, seuls les symboles du champ inconnu I aboutiront à un niveau de corrélation suffisant en pratique, puisque ce sont statistiquement les seuls à vérifier la propriété de couples formés selon une certaine disposition et présentant un produit
5 vérifiant la relation prédéfinie.

Si il est déterminé que les symboles du flux numérique ne correspondent pas au champ inconnu I, un nouveau niveau de corrélation est calculé pour de nouveaux symboles reçus, jusqu'à ce que le champ inconnu I soit identifié pour déterminer un accrochage. Tant que l'accrochage n'est pas réalisé, un niveau de
10 corrélation peut être calculé à chaque instant symbole à partir des symboles contenus dans une ligne à retard mémorisant les symboles reçus.

Des positions définies de symboles formant des couples dans lesquels le produit vérifie une relation prédéfinie peuvent être générées en utilisant un codage symétrique du champ inconnu I à l'émission, par exemple en utilisant un code de
15 Reed-Müller. Un codage de Reed-Müller aboutit à des couples présentant un produit constant.

Avantageusement, les symboles utilisés pour les calculs forment d'autres couples pour lesquels un produit présente une relation prédéfinie. Des calculs de corrélation sont effectués sur ces autres couples et sont également pris en compte
20 pour déterminer le niveau de corrélation. La fiabilité de l'accrochage est ainsi renforcée.

Avantageusement, le champ connu C est également exploité pour réaliser l'accrochage et ainsi accroître sa fiabilité et sa rapidité. On reçoit par exemple le nombre d de symboles. On forme des couples de symboles supposés appartenir au
25 champ connu C et pour lesquels un produit vérifiant une relation prédéfinie est attendu et, comme décrit précédemment, des couples de symboles supposés appartenir au champ inconnu. On effectue des calculs de corrélation entre les symboles de chaque couple afin de déterminer le niveau de corrélation. Le champ connu C est par exemple un champ d'identification constitué d'une suite de
30 symboles identiques.

Un exemple de calcul de niveau de corrélation peut être le suivant :

Soit g le cumul des calculs de corrélation effectués sur les symboles supposés appartenir au champ connu C et soit h le cumul des calculs de corrélation effectués sur les symboles supposés appartenir au champ inconnu I .

5 Un niveau de corrélation peut alors être obtenu par la formule suivante :

$$\text{Corr} = \max(|g+h|, |g-h|)$$

Un tel niveau de corrélation est ainsi insensible aux différences de codage pouvant intervenir entre le champ connu C et le champ inconnu I . De façon à augmenter la fiabilité de l'accrochage, l'ensemble des symboles des champs C et I
10 sont pris en compte pour effectuer les calculs de corrélation.

Les symboles reçus sont avantageusement utilisés pour générer une estimation d'une erreur de décalage de fréquence. Cette estimation est ensuite utilisée pour corriger la fréquence de démodulation d'un circuit de réception des symboles.

15 Avantageusement, on réalise un test de confirmation d'un accrochage sur le premier entête accroché. On effectue un décodage souple des symboles du champ inconnu I , puis on déduit un niveau de vraisemblance de ce champ. Lorsque le niveau de vraisemblance du champ inconnu I est inférieur à un seuil de vraisemblance, on identifie un décrochage et on relance la phase d'accrochage.

20 De façon similaire, un test de synchronisation peut être effectué sur les entêtes reçus après l'accrochage. Après avoir déterminé un niveau de vraisemblance, on compare ce niveau à un seuil de vraisemblance, de préférence inférieur au seuil de vraisemblance utilisé pour le test de confirmation d'accrochage. Si le niveau de vraisemblance est inférieur à ce seuil, une perte de
25 synchronisation est identifiée et on relance la phase d'accrochage.

Lorsque les symboles du champ inconnu I correspondent à un mot codé par un code de Reed-Müller, on établit avantageusement des combinaisons de chaque symbole reçu du champ inconnu, chaque combinaison correspondant à un mot de code possible. Une probabilité de validité est calculée pour chaque

combinaison, le niveau de vraisemblance correspondant à la combinaison présentant la probabilité de validité la plus élevée.

Après l'accrochage, le champ inconnu reçu pour chaque trame est décodé afin de déduire la longueur c du corps. Le décodage permet également de
5 déterminer si le récepteur est destinataire de la trame. Si tel n'est pas le cas, le récepteur ne traite pas le corps de la trame et décode l'entête de la trame suivante.

Le récepteur décode avantageusement le champ inconnu C pour déterminer si des indicateurs de phase sont présents dans le corps de la trame. Si tel est le cas, les indicateurs sont décodés et la phase des symboles correspondant
10 au corps est corrigée en fonction de ces indicateurs.

L'exemple décrit ci-dessous est une application particulière de l'invention à une communication mettant en œuvre le standard DVB-S2, défini dans la recommandation ETSI EN 302-307 v1.1.1.

15 L'émetteur forme des trames de la façon suivante. De façon connue en soi, l'émetteur forme le corps de la trame en réalisant une dispersion d'énergie sur les bits d'information à transmettre, en formant un code BCH et un code LDPC, puis en concaténant le code BCH et le code LDPC. Une modulation QPSK, 8-PSK, 16-APSK ou 32-APSK est ensuite appliquée, éventuellement suivie d'une insertion
20 de pilotes et d'une étape de brouillage. Un entête en $\pi/2$ BPSK est ensuite inséré.

La formation de l'entête est réalisée comme suit. Un champ MODCOD, initialement inconnu du récepteur, définit le type de modulation et le taux de codage de la trame. Ce champ est initialement codé sur 5 bits. Un champ TYPE, initialement inconnu du récepteur, définit le type de la trame. Ce champ est
25 initialement codé sur 2 bits : un premier bit t_0 identifiant la longueur de la trame (0 pour une trame de 64800 bits et 1 pour une trame de 16200 bits) et un second bit t_1 indiquant la présence de pilotes dans la trame ($t_1=0$ en l'absence de pilotes et $t_1=1$ en présence de pilotes).

Le champ MODCOD est codé par une multiplication avec la matrice de
30 Reed-Müller (32,5) décrite dans l'introduction. Le vecteur b de 32 bits ainsi formé

10

comprend les bits b_0 à b_{31} . Le vecteur b et le champ TYPE sont codés en un vecteur de 64 bits noté ε et dont les bits seront nommés ε_0 à ε_{63} , définis de la façon suivante : $\varepsilon_{2k}=b_k+t_0$ [2] et $\varepsilon_{2k+1}=\varepsilon_{2k}+t_1$ [2]

5 Du fait de l'utilisation du codage de Reed-Müller, on peut constater que le vecteur ε présente les propriétés suivantes : quels que soient les valeurs des 5 bits du MODCOD et des deux bits de TYPE, le produit $\varepsilon_k \cdot \varepsilon_{k+2^p}$ est constant pour une valeur de p comprise entre 0 et n , n étant le nombre de lignes de la matrice de Reed-Müller moins un. Un tel codage introduit des redondances déterministes.

10 Le vecteur ε subit un embrouillage par une séquence fixe de 64 bits pour aboutir au vecteur $s\varepsilon$. Une séquence d'identification de début de trame SOF connue du récepteur et présentant une longueur de 26 bits est insérée avant le vecteur $s\varepsilon$ pour former un vecteur nommé y d'une longueur de 90 bits. Cette séquence d'identification est destinée à faciliter l'accrochage de la trame en réception. Le vecteur y ainsi obtenu est soumis à une modulation en $\pi/2$ BPSK, 15 pour aboutir à un vecteur de 90 symboles noté yx . Les symboles de yx sont définis de la façon suivante :

$$yx_{2k}=(1-2y_{2k}) \cdot e^{j\pi/4} \text{ et } yx_{2k+1}=(1-2y_{2k+1}) \cdot e^{j3\pi/4}$$

20 La figure 2 illustre schématiquement un exemple de structure de récepteur apte à mettre en œuvre l'invention. Le récepteur 1 comprend des modules 21 à 23.

Le module 21 est destiné à réaliser un filtrage adapté du signal reçu, récupérer le rythme, effectuer le décodage des entêtes, l'accrochage des trames, la poursuite et la synchronisation de fréquence. Le module 21 comprend un oscillateur à commande numérique 211, un filtre adapté 212, un organe de 25 récupération de rythme 213, un décodeur d'entête 214, un synchronisateur de trame 215 et un organe de poursuite de fréquence 216. Le décodage de l'entête dans le module 21 permet de déduire la longueur de la trame, la présence de pilotes dans la trame, la constellation I,Q utilisée et le taux de codage utilisé.

30 Le module 22 est destiné à constituer la trame. Le module 22 peut déterminer la position de l'entête suivant en fonction des paramètres décodés dans

l'entête par le module 21. Le module 22 détermine également si la trame est destinée au récepteur 1.

Ainsi, si la trame n'est pas destinée au récepteur 1 (Etat 304 sur la figure), le module 22 peut ne pas tenir compte des symboles reçus jusqu'à l'entête suivant.

5 Si la trame est destinée au récepteur 1, le module 22 réalise les étapes 221 et 222 en présence de pilotes dans la trame (Etat 303 sur la figure) et les étapes 223 et 224 en absence de pilotes (Etat 305 sur la figure). Le module 22 initialise un désembrouillage physique lors d'une étape 221 ou 223, puis applique ce désembrouillage physique sur chaque échantillon jusqu'à atteindre l'entête
10 suivant. Le module 22 réalise alors un déphasage de l'entête suivant lors de l'étape 222 ou 224. Pour des facilités de traitement, les échantillons de l'entête et des pilotes sont de préférence quantifiés en I,Q, le reste de la trame pouvant être quantifié en I, Q ou en coordonnées polaires. De préférence, le module 22 met en forme la trame sous forme de vecteur contenant une information de phase issue de
15 l'entête, suivie d'une section du corps de la trame. Le vecteur peut contenir plusieurs autres informations de phases issues d'éventuels pilotes respectifs, chaque information de phase étant suivie d'une section respective du corps de la trame.

Le module 23 est destiné à traiter les trames destinées au récepteur 1 (Etats
20 303 et 305 sur la figure 2).

En présence de pilotes (Etat 303), le module 23 effectue une estimation 231 et une correction 232 précises de la fréquence. Lors de l'étape 233, les pilotes sont supprimés du vecteur. Lors de l'étape 234, on réalise une poursuite et une correction de phase en fonction de l'information de phase encadrant chaque
25 section. On peut pour cela mettre en œuvre une correction de phase progressive et une correction régressive sur chaque section, en initialisant chaque correction par l'information de phase placée avant ou après chaque section. Après correction, on réalise à l'étape 235 une quantification des vraisemblances des bits portés par les symboles. La nouvelle trame ainsi obtenue est successivement décodée à l'étape

236 par un décodeur LDPC et un décodeur BCH, conformément au standard DVB-S2.

En l'absence de pilotes (Etat 305), les étapes 237 à 239 sont mises en œuvre. Lors de l'étape 237, on réalise une poursuite et une correction de phase en fonction de l'information de phase encadrant le corps, c'est-à-dire l'information de phase contenue dans l'entête de la trame et l'entête de la trame suivante. On peut pour cela mettre en œuvre une correction de phase progressive et une correction régressive sur chaque corps de trame, en initialisant chaque correction respectivement par l'information de phase placée avant et après la trame. Les étapes 238 et 239 sont sensiblement identiques respectivement aux étapes 235 et 236.

La figure 3 illustre un exemple de diagramme d'état du fonctionnement du récepteur 1 de la figure 2.

Dans l'état 301, le récepteur 1 recherche à effectuer l'accrochage de la trame. Le récepteur 1 recherche ainsi le premier entête par un procédé dont un exemple est détaillé par la suite. Après avoir accroché la trame et identifié la présence d'un entête, le récepteur 1 dispose d'une première estimation du décalage de fréquence Δf_0 . Cette première estimation Δf_0 est fournie à l'organe de poursuite de fréquence 216. L'entête identifié est alors corrigé avec cette première estimation Δf_0 . L'entête est ensuite décodé avec un algorithme insensible à un éventuel décalage de phase. On déduit la position de l'entête suivant de ce décodage.

Dans l'état 302, le récepteur 1 a effectué l'accrochage d'une trame et réalise une estimation corrigée Δf_1 sur son entête ainsi que sur les entêtes suivants. Cette estimation corrigée Δf_1 peut notamment être déterminée par l'algorithme de Fitz. Cette estimation corrigée Δf_1 est fournie à l'organe de poursuite de fréquence 216. Chaque entête est décodé. En fonction du résultat du décodage, on passe dans les états 303, 304 ou 305. Si une anomalie est détectée dans cet état, le récepteur 1 repasse à l'état 301.

Dans les états 303 à 305, une estimation de décalage de fréquence résiduel Δf_h est calculée à partir des 90 symboles de l'entête et fournie à l'organe de poursuite de fréquence 216, par exemple au moyen de l'algorithme de Fitz. Si une anomalie de synchronisation est détectée dans chacun de ces états, on repasse dans l'état 301 d'accrochage de trame.

Dans l'état 303, le récepteur 1 a déterminé que la trame lui est destinée et contient des pilotes. Le décodage de l'entête de la trame permet de déduire sa phase, la position de l'entête de la trame suivante et sa phase. Comme décrit précédemment, le récepteur 1 utilise les phases issues des entêtes et des pilotes pour réaliser une poursuite et une correction de phase sur chaque section de la trame. Après correction, on réalise une quantification des vraisemblances des bits portés par les symboles. On décode ensuite ces bits dans un décodeur LDPC avec les paramètres correspondant au type de la trame, puis on décode les bits obtenus dans un code BCH. On utilisera de préférence un décodeur LDPC à entrées souples et un décodeur BCH à entrées dures.

Dans l'état 304, le récepteur 1 a déterminé que la trame ne lui est pas destinée. Le décodage de l'entête de la trame permet de déduire sa phase, la position de l'entête de la trame suivante et sa phase. En fonction du décodage de l'entête suivant, le récepteur 1 passe dans l'un des états 303 à 305.

Dans l'état 305, le récepteur a déterminé que la trame lui est destinée et ne contient pas de pilote. Le décodage de l'entête de la trame permet de déduire sa phase, la position de l'entête de la trame suivante et sa phase. Comme décrit précédemment, le récepteur 1 utilise les phases déduites pour réaliser une poursuite et une correction de phase sur le corps de la trame. Après correction, on réalise le décodage LDPC et le décodage BCH tel que décrit pour l'état 303.

Dans l'état 301, le récepteur 1 ne connaît initialement pas la position des entêtes dans le flux numérique. Sachant qu'un entête présente un nombre fixe de 90 symboles, le récepteur 1 échantillonne de façon connue en soi 90 symboles complexes du flux numérique reçu avec 2 échantillons par symbole. Les symboles

échantillonnés sont placés dans une FIFO. On effectue alors avantageusement des tests sur l'ensemble de ces symboles pour déterminer s'ils correspondent à un entête. On cherche ainsi à déterminer si les 26 premiers symboles correspondent à la séquence SOF et si les 64 symboles suivants correspondent au reste de l'entête.

5 Pour compenser la modulation en $\pi/2$ BPSK de l'émission, les symboles d'indice impair subissent une rotation de 90° . Un désembrouillage logique est ensuite effectué : les 26 premiers symboles sont multipliés par la séquence SOF connue et les 64 symboles suivant subissent un désembrouillage correspondant à l'embrouillage à l'émission. Les symboles ainsi modifiés sont mémorisés dans
10 une mémoire tampon. Ces symboles seront par la suite notés $z_k = s_k + n_k$,

Avec : n_k un terme de bruit de transmission,

$$s_k = \varepsilon_k e^{j(\phi + k\Delta f)},$$

ϕ le déphasage à l'origine,

Δf le décalage de fréquence,

15 ε_k étant le symbole complexe à l'instant k , correspondant à une constellation autorisée (si ε_k appartient au champ SOF de l'entête, $\varepsilon_k=1$ et si ε_k appartient au reste de l'entête, $\varepsilon_k=\pm 1$).

Les propriétés du champ SOF d'un entête et du reste de l'entête étant
20 différentes, des calculs de corrélation distincts sont avantageusement effectués sur les 26 premiers bits et sur les 64 bits suivants. Un terme de corrélation lié aux 26 premiers symboles peut notamment être déterminé par la formule suivante :

$$25 \quad R_{SOF}(k) = \sum_{i=0}^{26-k-1} z_{i+k} z_i^* = (26-k) e^{jk\Delta f} + w_k^{(SOF)}$$

le terme w_k étant un terme

de bruit indépendant de la phase.

Un terme de corrélation lié aux 64 symboles suivants peut notamment être
30 déterminé par la formule suivante :

$$R_{MODCOD-TYPE}(k) = \sum_{q=0}^{(32/k)-1} \left(\sum_{r=0}^{k-1} z_{2kq+r+k} z_{2kq+r}^* \right)$$

Du fait des propriétés du code de Reed-Müller, le produit $\varepsilon_{2kq+r+k} \cdot \varepsilon_{2kq+r}$ est indépendant de r lorsque k est une puissance de 2, avec $0 \leq r < k$. On aboutit aisément à la relation suivante :

5

$$R_{MODCOD-TYPE}(k) = 32\varepsilon e^{jk\Delta f} + w_k^{(MODCOD-TYPE)}$$

avec $\varepsilon = \pm 1$ et w_k étant un terme de bruit indépendant de la phase.

Une estimation de décalage de fréquence Δf est avantageusement effectuée à partir des termes de corrélation ci-dessus. Cette estimation étant réalisée sur un grand nombre de symboles, elle présente une plus grande précision.

Le codage de Reed-Müller fournit un code dans lequel les symboles dont le produit est constant sont déterminés par une formule mathématique simple, ce qui simplifie la détermination du niveau de corrélation.

Avec un nombre réduit de calculs, un niveau de corrélation fiable est ainsi obtenu.

Différents niveaux de corrélation peuvent ainsi être calculés pour différentes valeurs de k .

20

Un exemple de calcul de niveau de corrélation peut être le suivant :

$$R(k) = \left(\frac{1}{58-k} \right) \max(|R_{SOF}(k) + R_{MODCOD-TYPE}(k)|, |R_{SOF}(k) - R_{MODCOD-TYPE}(k)|)$$

Un tel niveau de corrélation permet de s'affranchir de l'incertitude sur les signes respectifs de $R_{SOF}(k)$ et de $R_{MODCOD-TYPE}(k)$, ε pouvant prendre la valeur 1 ou -1. De plus, un niveau de corrélation dépendant à la fois des symboles connus et des symboles inconnus permet d'accroître la fiabilité de l'accrochage.

25

Avec plusieurs valeurs de k , plusieurs niveaux de corrélation peuvent ainsi être calculés et être comparés à des seuils respectifs pour déterminer si les f symboles reçus correspondent à un entête. La fiabilité de l'accrochage peut ainsi être accrue.

Tant que le ou les niveaux de corrélation n'ont pas tous dépassé leur seuil d'accrochage, le processus d'accrochage et les calculs de niveaux de corrélation sont reproduits à chaque nouveau symbole reçu.

- 5 Un test de vraisemblance est effectué lors du décodage de l'entête. Ce test peut être effectuée soit sur l'entête ayant abouti à l'accrochage, soit sur un entête ultérieur, afin respectivement de valider l'accrochage ou de valider la synchronisation de fréquence.

- 10 Pour chaque champ inconnu à décoder, on traite les échantillons comme décrit pour l'accrochage, on compense la modulation en $\pi/2$ BPSK de l'émission et les symboles d'indice impair subissent une rotation de 90° . Un désembrouillage logique est ensuite effectué. Si l'entête n'est pas celui qui a généré l'accrochage, l'erreur de décalage de fréquence déterminée auparavant est corrigée sur les échantillons. Les échantillons corrigés sont notés z_k . Les échantillons z_{2k} et z_{2k+1}
 15 (pour les échantillons correspondant au champ MODCOD-TYPE, c'est-à-dire pour k compris entre 26 et 89) correspondent au même mot de code en phase en l'absence de pilote, ou déphasé de 180° en présence de pilotes.

- On effectue un calcul indépendant des métriques correspondant à z_{2k} et
 20 z_{2k+1} afin de générer 32 couples de métriques complexes correspondant aux 32 mots de code possibles. On notera par la suite y_k (avec $0 \leq k < 32$) soit le vecteur z_{2k} , soit le vecteur z_{2k+1} .

Ensuite on génère les métriques par la méthode itérative suivante. À une étape n , on forme 2^{5-n} métriques L_0 à $L_{2^{5-n}-1}$ et de longueur 2^n .

- 25 A une étape $n+1$, on groupe les métriques par paires : L_0 et L_1 , L_2 et L_3 ...

Chaque paire de métrique ainsi obtenue est remplacée par une liste de longueur 2^{n+1} , comme illustré ci-dessous :

17

$$\begin{array}{l}
 5 \\
 L_{2i} = \begin{pmatrix} \mu_0 \\ \vdots \\ \mu_{2^n-1} \end{pmatrix} \\
 L_{2i+1} = \begin{pmatrix} \mu'_0 \\ \vdots \\ \mu'_{2^n-1} \end{pmatrix}
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{matrix} L_{2i} \\ L_{2i+1} \end{matrix}} \right\} \rightarrow L'_i = \begin{pmatrix} \mu_0 + \mu'_0 \\ \vdots \\ \mu_{2^n-1} + \mu'_{2^n-1} \\ \mu_0 - \mu'_0 \\ \vdots \\ \mu_{2^n-1} - \mu'_{2^n-1} \end{pmatrix}$$

Ainsi, les trois premières itérations se présentent comme suit dans l'exemple :

10

$$\begin{array}{l}
 15 \\
 \begin{array}{ccccccc}
 y_0 & y_0 + y_1 & (y_0 + y_1) + (y_2 + y_3) & ((y_0 + y_1) + (y_2 + y_3)) + ((y_4 + y_5) + (y_6 + y_7)) \\
 y_1 & y_0 - y_1 & (y_0 - y_1) + (y_2 - y_3) & \vdots \\
 y_2 & y_2 + y_3 & (y_0 + y_1) - (y_2 + y_3) & \vdots \\
 y_3 & y_2 - y_3 & (y_0 - y_1) - (y_2 - y_3) & \vdots \\
 y_4 & y_4 + y_5 & (y_4 + y_5) + (y_6 + y_7) & ((y_0 + y_1) + (y_2 + y_3)) - ((y_4 + y_5) + (y_6 + y_7)) \\
 y_5 & y_4 - y_5 & (y_4 - y_5) + (y_6 - y_7) & \vdots \\
 y_6 & y_6 + y_7 & (y_4 + y_5) - (y_6 + y_7) & \vdots \\
 y_7 & y_6 - y_7 & (y_4 - y_5) - (y_6 - y_7) & \vdots \\
 \vdots & \vdots & \vdots & \vdots
 \end{array}
 \end{array}$$

$\underbrace{\hspace{10em}}_{\text{étape 1}} \quad \underbrace{\hspace{10em}}_{\text{étape 2}} \quad \underbrace{\hspace{10em}}_{\text{étape 3}}$

20

Au terme de la cinquième itération, on dispose d'une liste de métriques complexes de tous les mots possibles du code. On notera chaque liste obtenue par m_k pour z_{2k} et m'_k pour z_{2k+1} . On peut déterminer que le mot de code le plus vraisemblable correspondra à la valeur de k pour laquelle $V_r = |m_k|^2 + |m'_k|^2$ a la valeur maximale.

25

Le niveau de vraisemblance V_r est comparé à un seuil. Si ce niveau est inférieur à un seuil de vraisemblance, on en déduit que la synchronisation de la trame est perdue et que l'accrochage doit être effectué à nouveau. Avantageusement, le seuil de vraisemblance utilisé pour l'entête servant à l'accrochage est supérieur aux seuils de vraisemblance utilisé pour les entêtes des trames suivantes. En effet, le niveau de vraisemblance pour le premier entête étant

30

destiné à confirmer l'accrochage, la tolérance sur ce niveau doit être réduite. Durant la poursuite, la tolérance sur les niveaux de vraisemblance des entêtes peut être plus importante.

5 Le champ TYPE est ensuite décodé. La valeur du bit de poids faible t_0 du champ TYPE est déterminée comme suit :

-si $\text{Re}(m_k \cdot m'_k)^* < 0$, alors $t_0 = 1$ et on définira une valeur $m = m_k - m'_k$;

-si $\text{Re}(m_k \cdot m'_k)^* > 0$, alors $t_0 = 0$ et on définira une valeur $m = m_k + m'_k$.

10 La valeur du bit de poids fort t_1 est déterminée du champ TYPE est déterminée comme suit :

-si $\text{Re}(m \cdot \zeta_{SOF}^*) < 0$, alors $t_1 = 1$, sinon $t_1 = 0$.

Avec :

15 $\zeta_{SOF} = \frac{1}{26} \left(\sum_{k=0}^{25} z_k \right)$ correspondant à la moyenne arithmétique du champ SOF.

Ce décodage tient ainsi compte du fait que la phase est inconnue lorsqu'il est réalisé.

REVENDEICATIONS MODIFIÉES
reçues par le Bureau international le 04 avril 2007 (04.04.2007)

1. Procédé de réception d'un flux numérique par un récepteur, le flux comprenant des trames (1) présentant chacune un corps (S1, P1, S2, P2, S3) composé d'un nombre variable c de symboles précédé d'un entête (C, I) comprenant un nombre d de symboles, l'entête comprenant au moins un champ (I) composé d'un nombre fixe e de symboles du récepteur et définissant le nombre c, le procédé de réception comprend une phase d'accrochage comprenant les étapes suivantes :
 - a) recevoir au moins une suite de e symboles du flux numérique ;
 - b) pour plusieurs premiers couples de symboles reçus, effectuer un calcul de corrélation entre les symboles de chaque couple, cette corrélation étant supposée vérifier une relation prédéfinie ;
 - c) déterminer un niveau de corrélation à partir des calculs de corrélation effectués ;
 - d) répéter les étapes a), b) et c) jusqu'à ce que le niveau de corrélation dépasse un seuil prédéterminé,
 caractérisé en ce que le champ (I) est constitué d'un nombre fixe e de symboles inconnus du récepteur et définissant le nombre c, et en ce que
 - durant l'étape b) de la phase d'accrochage, la corrélation vérifie une autre relation prédéfinie si les e symboles forment le champ inconnu,
 - durant l'étape c) de la phase d'accrochage, on détermine si les e symboles du flux numérique forment le champ inconnu en fonction de ce niveau de corrélation,
 durant l'étape d), on répète les étapes a), b) et c) jusqu'à déterminer que les e symboles du flux numérique forment le champ inconnu.
2. Procédé de réception selon la revendication 1, caractérisé en ce que durant l'étape b) on effectue également plusieurs calculs de corrélation entre des seconds couples de symboles, cette corrélation étant supposée vérifier une relation prédéfinie si les e symboles forment le champ inconnu (I), et l'ensemble des symboles des seconds couples ayant des symboles communs avec l'ensemble des symboles des premiers couples.

3. Procédé de réception selon la revendication 2, caractérisé en ce que les symboles des seconds couples appartiennent majoritairement à l'ensemble des symboles des premiers couples.
4. Procédé de réception selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le produit des symboles de chacun des couples est supposé identique si les e symboles forment le champ inconnu (I).
5. Procédé de réception selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que
 - l'entête de chaque trame présente également un champ (C) composé d'un nombre fixe f de symboles connus du récepteur ;
 - lors de l'étape a), on réceptionne une suite de d symboles du flux numérique ;
 - lors de l'étape b), les symboles de chaque premier couple correspondent soit au champ connu (C), soit au champ inconnu (I) ;
 - lors de l'étape c), le niveau de corrélation est déterminé à partir des calculs de corrélation effectués respectivement sur les symboles correspondant au champ connu (C) et sur les symboles correspondant au champ inconnu (I) ;
 - lors de l'étape d), on détermine si les d symboles du flux numérique forment un entête en fonction du niveau de corrélation.
6. Procédé de réception selon la revendication 5, caractérisé en ce que
 - on forme un premier nombre g cumulant les calculs de corrélation effectués sur les premiers couples de symboles correspondant au champ connu (C) et un deuxième nombre h cumulant les calculs de corrélation effectués sur les premiers couples de symboles correspondant au champ inconnu (I) ;
 - on détermine le niveau de corrélation $Corr$ par la fonction suivante :
$$Corr = \max(|g+h|, |g-h|).$$
7. Procédé de réception selon la revendication 5 ou 6, caractérisé en ce que les calculs de corrélation sont effectués à partir de l'ensemble des symboles correspondant au champ connu (C) et au champ inconnu (I).

8. Procédé de réception selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'une estimation d'une erreur de décalage de fréquence est effectuée à partir desdits symboles reçus, la fréquence de démodulation d'un circuit de réception des symboles est corrigée en fonction de ladite estimation.
9. Procédé de réception selon la revendication 8, caractérisé en ce qu'un décodage souple des symboles du champ inconnu (I) déterminé est effectué, un niveau de vraisemblance du champ décodé est déterminé, un décrochage est déterminé lorsque le niveau de vraisemblance du champ inconnu (I) est inférieur à un seuil.
10. Procédé de réception selon la revendication 9, caractérisé en ce que le décodage souple est un décodage de Reed-Müller combinant les symboles du champ inconnu déterminé de façon à établir une probabilité de validité pour chaque combinaison des bits du mot codé et dans lequel le niveau de vraisemblance est établi en fonction de la probabilité la plus élevée.
11. Procédé de réception selon l'une quelconque des revendications, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes:
 - e) après l'accrochage, pour chaque trame (1), les e symboles formant le champ inconnu (C) de son entête sont décodés de façon à déduire le nombre c et déduire si le récepteur est destinataire de la trame ;
 - f) si le récepteur n'est pas destinataire de la trame, le récepteur ne décode pas le corps et décode l'entête de la trame suivante.
12. Procédé de réception selon la revendication 11, caractérisé en ce que
 - lors du décodage de l'entête à l'étape e), on déduit si des indicateurs de phase sont présents dans le corps de la trame;
 - si on déduit la présence d'indicateurs de phase (P1, P2) dans le corps de la trame, la phase des symboles correspondant au corps est corrigée en fonction de ces indicateurs de phase.
13. Procédé de réception selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les trames reçues sont conformes au standard DVB-S2.

14. Procédé de transmission d'un flux numérique, comprenant les étapes suivantes :

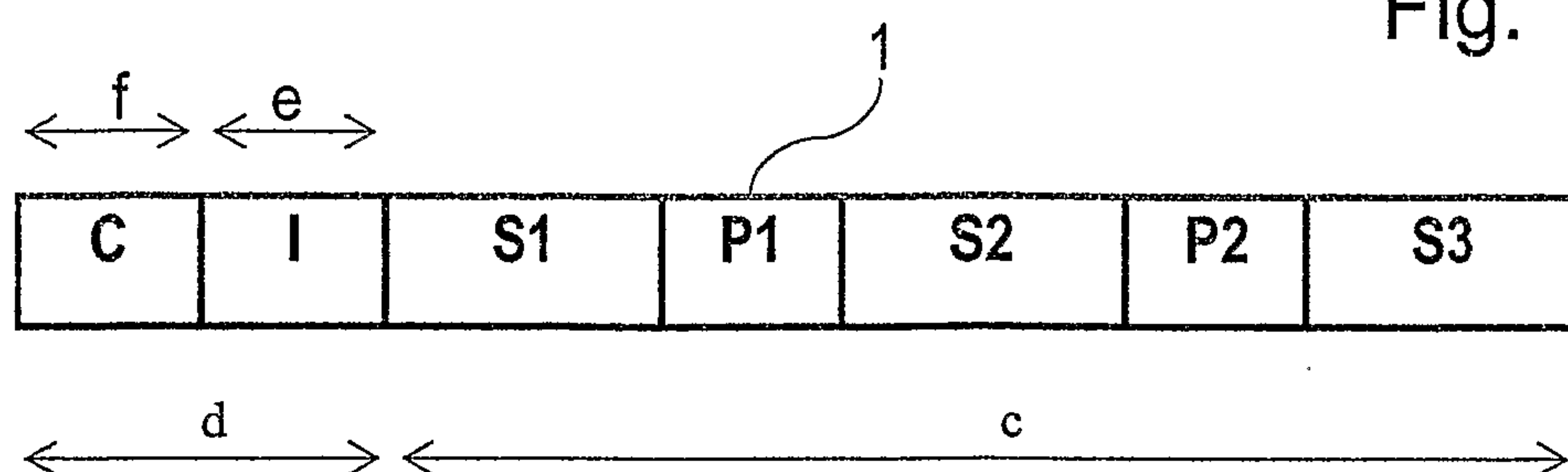
- la génération de trames d'un flux numérique, chaque trame comprenant :
 - un codage d'un mot définissant au moins le nombre c variable de bits du corps de la trame, le champ ainsi codé présentant un nombre fixe e de bits et présentant des redondances des bits du mot selon une disposition prédéfinie ;
 - formation d'une trame comprenant:
 - un entête incluant le champ codé et un mot d'identification de début de trame présentant des redondances et comprenant un nombre fixe f de bits ;
 - le corps de la trame ;
 - émission de la trame formée ;
 - réception de la trame émise
- caractérisé en ce que
la réception de la trame émise est réalisée selon le procédé de l'une quelconque des revendications précédentes.

15. Récepteur, caractérisé en ce qu'il est apte à mettre en œuvre un procédé de réception selon l'une quelconque des revendications 1 à 13.

16. Système caractérisé en ce qu'il comprend un récepteur selon la revendication 15 et en ce qu'il comprend un émetteur apte à mettre en œuvre le procédé de transmission selon la revendication 14.

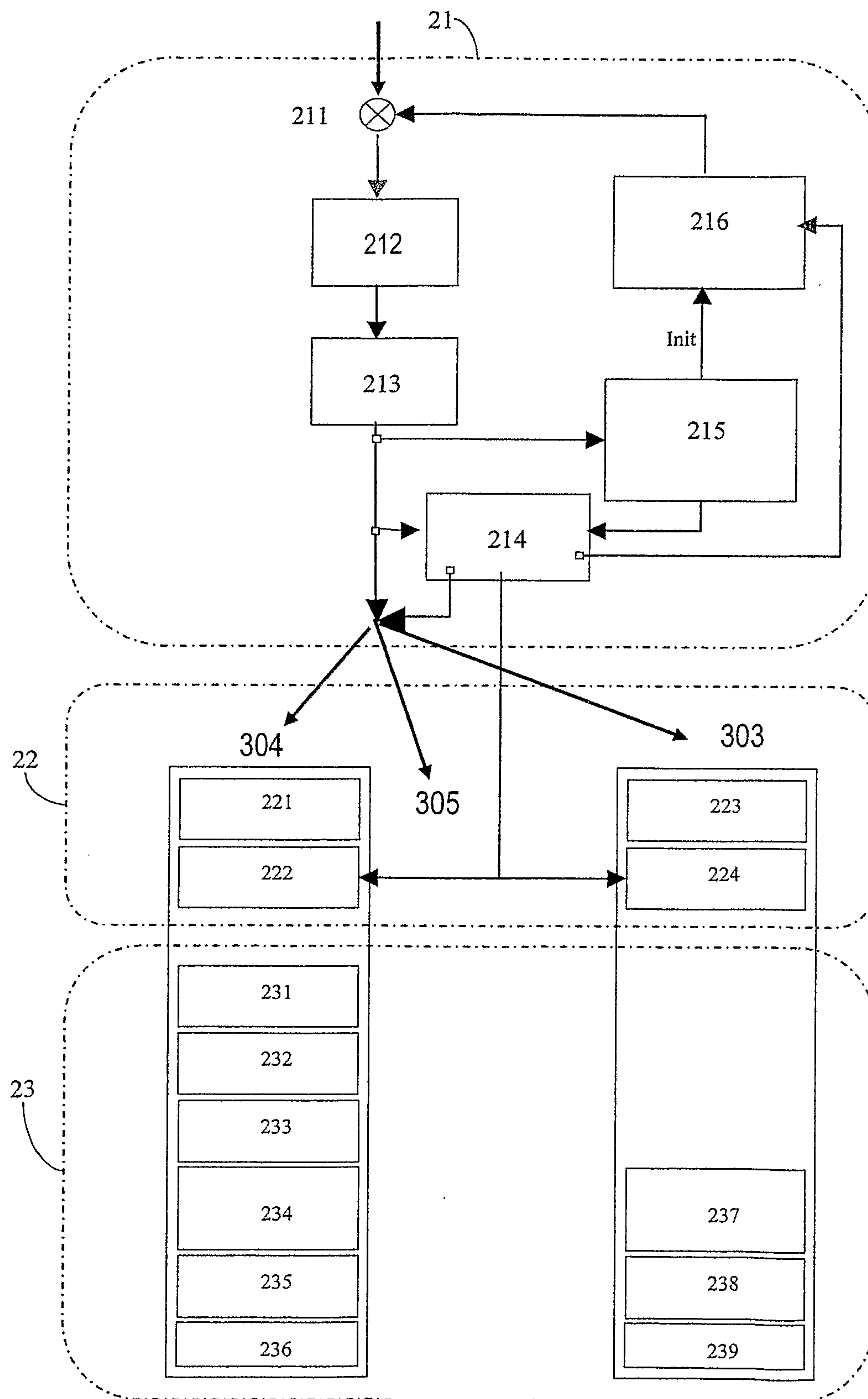
1/3

Fig. 1



2/3

Fig. 2



3/3

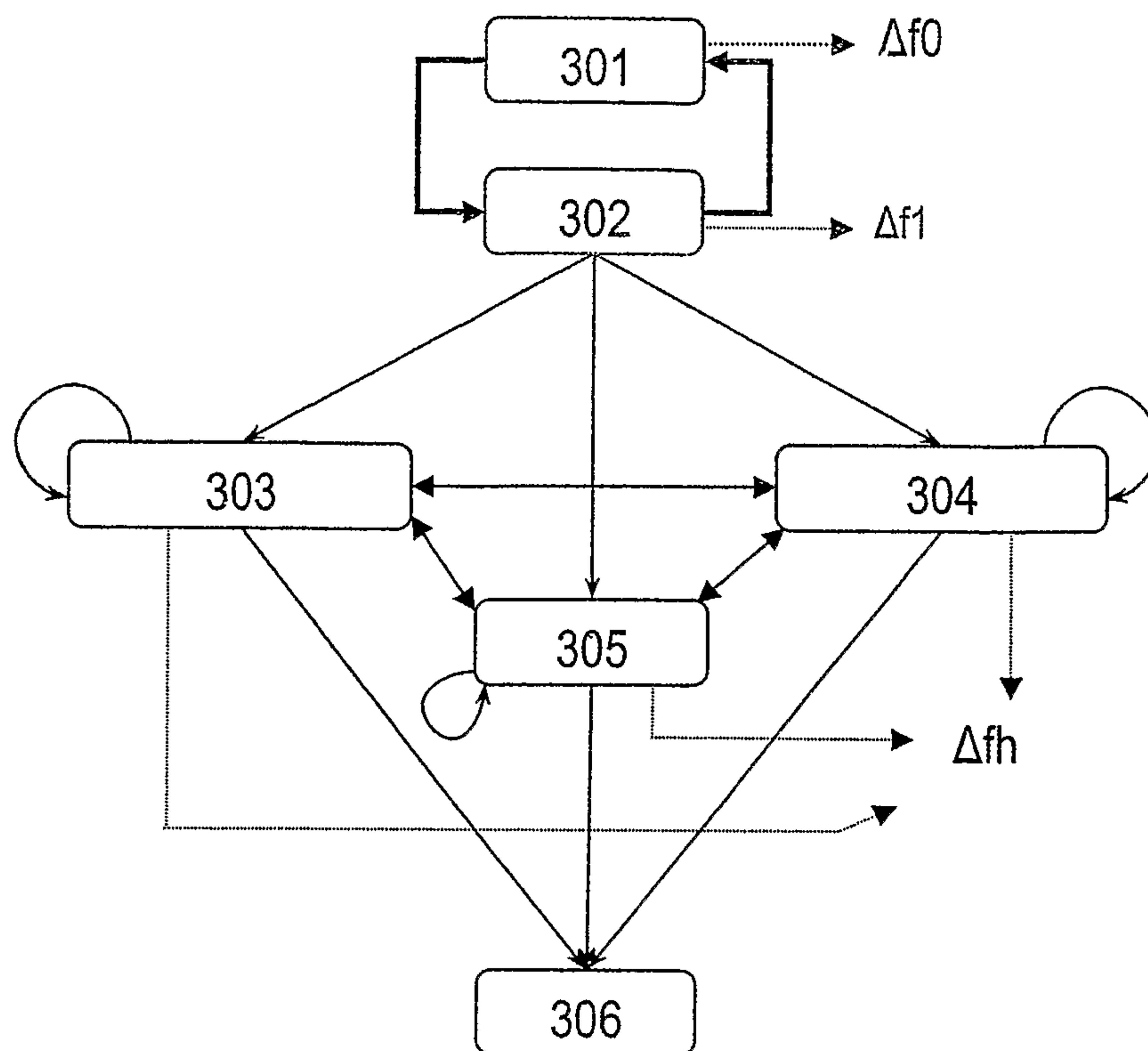


Fig. 3

