



⑫ **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

④⑤ Date de publication du fascicule du brevet :
05.05.93 Bulletin 93/18

⑤① Int. Cl.⁵ : **G08C 25/00, G08C 19/28**

②① Numéro de dépôt : **89400477.9**

②② Date de dépôt : **21.02.89**

⑤④ **Procédé et dispositif de transmission de données.**

③⑩ Priorité : **24.02.88 FR 8802218**

④③ Date de publication de la demande :
30.08.89 Bulletin 89/35

④⑤ Mention de la délivrance du brevet :
05.05.93 Bulletin 93/18

⑧④ Etats contractants désignés :
FR GB IT

⑤⑥ Documents cités :
EP-A- 0 152 341
EP-A- 0 235 477
WO-A-85/02924
DE-A- 3 527 726
US-A- 4 668 950

⑤⑥ Documents cités :
PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, vol. 9, no. 68
(P-344)[1791], 28 m2rs 1985, page 67 P 344 &
JP-A-59 201 231
ELECTRONICS & COMMUNICATIONS IN
JAPAN, vol. 68, no. 1, partie 1, janvier 1985,
pages 91-99, Scripta Technica, Inc., Silver
Spring, Maryland, US; Y. MIYAGAKI et al.:
"Effect of compound strategies of error
correcting coding, bit interleaving, and diver-
sity combining in mobile radio data transmis-
sion"

⑦③ Titulaire : **SEXTANT Avionique**
5/7 rue Jeanne Braconnier Parc Tertiaire
F-92368 MEUDON LA FORET Cédex (FR)

⑦② Inventeur : **Guichon, Hervé**
15 Allée des Weigelias
F-07500 Granges les Valence (FR)

⑦④ Mandataire : **Bloch, Gérard et al**
2, square de l'Avenue du Bois
F-75116 Paris (FR)

EP 0 330 560 B1

Il est rappelé que : Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

La présente invention a tout d'abord pour objet un procédé de transmission de données entre une source de données à émettre, reliée à l'entrée d'un canal de transmission, et un circuit d'utilisation des données reçues en sortie dudit canal.

Un tel procédé est utilisé, par exemple, pour la transmission de données entre une bouée de détection de cibles sous-marines, comme des sous-marins et un aéronef, par exemple un avion, chargé de l'exploitation des mesures effectuées par cette bouée.

On connaît déjà de tel procédés, utilisés en particulier pour des bouées de type acoustique, c'est-à-dire qui détectent les ondes acoustiques émises par une cible. Dans ce cas, le signal analogique en sortie du capteur acoustique prévu sur la bouée module en fréquence une porteuse, qui est transmise par voie hertzienne à l'avion. A bord de celui-ci, la porteuse est démodulée pour récupérer le signal utile, qui est ensuite transmis au circuit d'utilisation.

Un tel procédé n'est cependant pas utilisable pour les bouées de type magnétométrique, c'est-à-dire qui détectent les modifications du champ magnétique terrestre liées à la présence d'une cible. Dans ce cas, et comme cela est connu, la bouée est pourvue d'un magnétomètre très sensible, par exemple à résonance magnétique nucléaire, qui mesure, à des intervalles de temps réguliers, la valeur du champ magnétique dans lequel se trouve la bouée. Ces valeurs sont, en principe, disponibles sous forme numérique, chacune d'entre elles étant représentée par un mot de 24 éléments binaires, ou bits, par exemple. La suite de ces mots numériques doit donc être transmise vers l'avion, où elle est traitée dans le circuit d'utilisation.

Lorsque l'on code directement la suite des bits représentant la suite de mots numériques à émettre à l'aide, par exemple, d'un code bi-phase, et que l'on module la porteuse à l'aide du signal codé, il apparaît que le signal reçu par l'avion n'est pas exploitable, du fait de la trop grande dégradation des informations qui se produit au cours du passage dans le canal de transmission comprenant notamment l'antenne d'émission, la voie hertzienne et l'antenne de réception. En effet, en présence de vagues, il peut arriver que les deux antennes ne se trouvent plus en vue directe l'une de l'autre, par exemple parce que l'antenne d'émission se trouve masquée par les vagues. Un tel masquage peut durer parfois plusieurs secondes, et il en résulte pratiquement une interruption, de la même durée, dans la transmission entre la bouée et l'avion.

Ce phénomène, peu gênant dans le cas de bouées de type acoustique, compte tenu de la nature des informations transmises, peut, au contraire, être très gênant dans le cas de bouées de type magnétométrique.

En effet, dans le cas d'une bouée de type magnétométrique, les traitements qui sont effectués dans le circuit d'utilisation le sont sur des "tranches temporelles" de signal très longues. En conséquence, une erreur sur quelques mots d'information consécutifs perturbe l'exploitation du signal sur une durée beaucoup plus longue, ce qu'on ne saurait tolérer. Un calcul montre alors que, dans des conditions nominales de liaison pour lesquelles le rythme d'émission des mots est habituellement de l'ordre d'une dizaine par seconde, la probabilité d'avoir un mot faux doit être de l'ordre de 10^{-6} à 10^{-7} .

Par ailleurs, on connaît un procédé de transmission de données numériques qui permet de tolérer des interruptions dans la transmission, et que l'on désigne habituellement par procédé d'entrelacement. Un tel procédé est décrit par exemple dans l'ouvrage "Error-correction for digital communication" de CLARK-CAIN, plénum Press. Selon ce procédé, on forme des tables contenant chacune une pluralité de mots à émettre, on code chacun des mots à émettre à l'aide d'un code correcteur d'erreurs, et on mémorise temporairement les tables ainsi formées et codées. Ensuite, pour émettre les bits d'une table à l'entrée du canal de transmission, on commence par émettre le premier bit du premier mot, mais, au lieu de continuer par le deuxième bit du premier mot, le troisième bit du premier mot, et ainsi de suite, on émet, après le premier bit du premier mot, le premier bit du deuxième mot, le premier bit du troisième mot, et ainsi de suite. Dans ce cas, lorsqu'une interruption dans la transmission a lieu, au lieu d'affecter tous les bits d'un même mot, et voire de plusieurs mots successifs, elle affecte, par exemple, tous les $n^{\text{ièmes}}$ bits de plusieurs mots successifs, ce qui est sans importance, car, grâce au code correcteur d'erreurs, les erreurs dans les mots reçus se trouvent corrigées lors du décodage.

Un tel procédé est connu de DE-A- 3 527 726.

Un tel procédé permet ainsi, lorsqu'il est associé, par exemple, à un code capable de détecter et de corriger un bit faux par mot reçu, de s'affranchir des problèmes posés par des interruptions dans la transmission d'une durée égale au produit de la durée d'un bit émis par le nombre de mots dans chaque table. Cependant, ceci se fait au prix de l'introduction, entre la source de données et le circuit d'utilisation, d'un retard dont on montre qu'il est sensiblement égal au double de la durée de formation d'une table. En effet, avant de disposer de la valeur d'un mot reçu, il est nécessaire d'attendre d'avoir reçu tous les mots de la table dans laquelle il se trouve, et il a fallu évidemment un certain temps, à l'émission, pour former cette table. Par exemple, lorsque le nombre de bits par mot codé à émettre est égal à 16, et lorsque l'on veut pouvoir tolérer une durée d'interruption de 2 secondes, le retard introduit par le procédé d'entrelacement est de 64 secondes environ, ce qui est déjà important. Dans le cas d'une bouée magnétométrique, où les

mots à émettre comprennent, avant codage, un nombre de bits utiles égal à 24, le nombre de bits par mot codé devient, par exemple, égal à 32 et le retard introduit est encore plus important, ce qui fait que l'avion risque de détecter la cible sous-marine alors que celle-ci est déjà trop loin

La présente invention vise à pallier les inconvénients précédents, en procurant un procédé de transmission de données capable de tolérer une durée importante des interruptions dans la transmission, sans qu'aucune information ne soit perdue, et sans introduire un retard trop important entre la source et le circuit d'utilisation.

A cet effet, elle a pour objet un procédé du type défini ci-dessus, caractérisé par le fait que :

- on forme, à partir des données à émettre, des mots à émettre ayant tous le même nombre de bits,
- on forme des tables comprenant chacune une pluralité de mots à émettre,
- on code chacun des mots de chaque table à l'aide d'un code détecteur et correcteur d'erreurs,
- on mémorise temporairement les bits de chacune des tables ainsi formées et codées, en utilisant une méthode d'entrelacement,
- on émet, à l'entrée dudit canal, les bits de chacune des tables ainsi mémorisées, à une vitesse telle que la durée d'émission de la totalité des bits d'une table mémorisée est R fois plus faible que la durée de formation de cette table mémorisée, R étant un entier naturel, et de façon à ce que soient émises, pendant la durée de formation de la table mémorisée de rang N, N étant un entier naturel, un nombre R de tables mémorisées, de rang N-1, N-2, ..., et N-R,
- on mémorise les bits reçus en sortie dudit canal, pour former une succession de tables reçues,
- on défait l'entrelacement des bits de chacune des tables reçues pour former des mots reçus,
- on décode chacun des mots reçus pour en détecter et en corriger les erreurs,
- on mémorise l'ensemble des mots reçus décodés de chaque table reçue, ainsi que le nombre total d'erreurs dans cette table reçue,
- on choisit, parmi les tables reçues de même rang, la meilleure, et,
- on transmet les mots reçus décodés de cette meilleure table au circuit d'utilisation.

Avec le procédé de l'invention, on peut, sans perdre d'information, et comme cela sera mieux compris dans la suite, tolérer une durée d'interruption dans la transmission égale au produit de la durée de formation d'une table par un facteur sensiblement égal à (R+1), en introduisant un retard égal, en moyenne, à sensiblement la moitié de cette durée de formation. Ainsi, lorsque la durée de formation est de l'ordre de

1 seconde, on constate que l'on peut tolérer des interruptions de l'ordre de plusieurs secondes, sans introduire des retards trop importants, comme avec le procédé d'entrelacement utilisé seul.

Dans une première mise en oeuvre du procédé de l'invention, on choisit, comme table la meilleure, la table dont le nombre total d'erreurs est le plus faible.

Alors, il est quasiment certain que l'on transmet au circuit d'utilisation un ensemble de mots reçus dans de bonnes conditions, et donc présentant peu d'erreurs après décodage, compte tenu de la très faible probabilité pour que ne figure pas au moins une table reçue dans de bonnes conditions parmi les tables reçues de même rang.

Dans une deuxième mise en oeuvre du procédé de l'invention, on choisit, comme table la meilleure, la première table reçue dont le nombre total d'erreurs est inférieur à un seuil.

Alors, on minimise le retard introduit, puisque, dès qu'une table de qualité suffisante est reçue, elle est transmise au circuit d'utilisation.

La présente invention a également pour objet un dispositif pour la mise en oeuvre du procédé précédent.

La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description suivante de la mise en oeuvre préférée du procédé de l'invention, et de la forme de réalisation préférée du dispositif de l'invention, faite en se référant aux dessins annexés, sur lesquels :

- la figure 1 représente, de façon schématique, une bouée de détection de cibles sous-marines émettant des données vers un avion de surveillance,
- la figure 2 représente un schéma par blocs des circuits permettant la liaison entre la bouée et l'avion de la figure 1,
- la figure 3 représente un organigramme de fonctionnement du circuit de traitement, à l'émission, de la figure 2,
- la figure 4 est un diagramme d'explication de la méthode d'entrelacement mise en oeuvre dans le circuit de traitement de la figure 3,
- la figure 5 est un diagramme temporel illustrant le fonctionnement du circuit de traitement de la figure 3, et,
- la figure 6 représente un organigramme de fonctionnement du circuit de traitement, à la réception, de la figure 2.

En se référant à la figure 1, une bouée 1, de détection de cibles sous-marines telles que des sous-marins, mesure, à intervalles réguliers, le module du champ magnétique dans lequel elle se trouve, et transmet ces mesures, par voie hertzienne, à un aéronef, ici un avion 2. A cet effet, la bouée est pourvue d'une antenne d'émission 11 et l'avion d'une antenne de réception 21. A bord de l'avion 2 sont prévus des circuits de réception, de traitement et d'utilisation de ces mesures, afin de permettre la détection d'une ci-

ble à partir des perturbations du champ magnétique créées par celle-ci.

Par mauvais temps, il se produit des interruptions, ou des évanouissements dans la transmission entre les antennes 11 et 21, dûs principalement au masquage de l'antenne 11 par les vagues, à son inclinaison ou encore à son immersion. Le procédé de transmission qui va être maintenant décrit permet de tolérer de telles interruptions sans perte d'informations utiles et sans introduction d'un temps de décalage, ou de retard, trop important, entre le moment où la cible à détecter se trouve à proximité de la bouée 1, et le moment où elle est effectivement détectée par l'avion 2.

En se référant maintenant à la figure 2, la bouée 1 comprend notamment une source de données 12, un circuit de traitement 13, un circuit d'horloge 14, un registre à décalage 15, un circuit OU exclusif 16, et un circuit de modulation et d'émission 17.

La source de données 12 est ici un magnétomètre à résonance magnétique nucléaire, qui délivre un signal numérique F_e au circuit de traitement 13. Le signal F_e comprend ici une suite de mots ayant chacun 24 bits utiles, chaque mot représentant un échantillon, à un instant donné, du module du champ magnétique mesuré par le magnétomètre 12. Le magnétomètre 12 est pourvu d'une entrée de commande recevant un signal numérique en provenance du circuit de traitement 13, notamment pour commander son rythme de mesure.

Le circuit de traitement 13 est ici un microprocesseur qui délivre un signal numérique B_e à l'entrée parallèle du registre à décalage 15. Il reçoit un signal d'horloge interne H_i et un signal d'horloge d'émission H_e en provenance de circuit d'horloge 14.

Le registre à décalage 15 reçoit, sur son entrée d'horloge, le signal H_e et sa sortie série est reliée à une première entrée du circuit OU exclusif 16, qui reçoit, sur sa deuxième entrée, le signal H_e .

Le circuit OU exclusif 16 délivre un signal S_e , ici de type bi-phase, à l'entrée du circuit de modulation et d'émission 17.

Le circuit de modulation et d'émission 17 comprend tous les circuits nécessaires pour engendrer une porteuse, moduler cette porteuse à l'aide du signal S_e , et émettre la porteuse ainsi modulée en l'appliquant à l'antenne d'émission 11. Un tel circuit est évidemment à la portée de l'homme de métier, et il ne sera donc pas davantage décrit.

A bord de l'avion 2 est prévu, relié à l'antenne de réception 21, un ensemble comprenant un circuit de réception et de démodulation 22, un intégrateur échantillonné 23, un circuit 24, de synchronisation de bits, un circuit OU exclusif 25, un registre à décalage 26, un circuit de traitement 27, et un circuit d'utilisation 28.

Le circuit de réception et de démodulation 22 est relié directement à l'antenne 21, et il comprend tous

les circuits nécessaires pour recevoir la porteuse modulée en provenance de la bouée 1 et pour la démoduler. Un tel circuit est évidemment à la portée de l'homme de métier, et il ne sera donc pas davantage décrit. Il délivre un signal S_r , ici de type bi-phase, à l'intégrateur échantillonné 23 et au circuit 24 de synchronisation de bits.

Le circuit 24 de synchronisation de bits, de type connu, délivre un signal d'horloge H_r à l'intégrateur échantillonné 23 et à la première entrée du circuit OU exclusif 25.

L'intégrateur échantillonné 23 est du type connu qui comprend un intégrateur à amplificateur opérationnel, résistance et condensateur, et un commutateur, commandé par le signal H_r , monté en parallèle sur le condensateur. Sa sortie est reliée à la deuxième entrée du circuit OU exclusif 25.

La sortie du circuit OU exclusif 25 est reliée à l'entrée série du registre à décalage 26.

Le registre à décalage 26 reçoit, sur son entrée d'horloge, le signal H_r , et sa sortie parallèle délivre, au circuit de traitement 27, un signal B_r .

Le circuit de traitement 27 est ici un calculateur embarqué à bord de l'avion 2, et il délivre, au circuit d'utilisation 28, un signal numérique F_r .

L'ensemble qui vient d'être décrit fonctionne comme suit, en référence notamment aux figures 3 à 6.

Le circuit de traitement 13 est agencé pour commander le magnétomètre 12 de façon telle que, ici, 10 mesures du champ magnétique sont effectuées par seconde. Le signal F_e comprend donc 10 mots, de 24 bits chacun, par seconde, chacun de ces mots étant donc à émettre vers l'avion 2.

Comme le montre le bloc 101 de la figure 3, le circuit de traitement 13 commence par former des tables, comprenant chacune une pluralité de mots à émettre. Ici, chaque table comprend 10 mots à émettre. Afin de permettre, lors des traitements à bord de l'avion 2 notamment, l'identification de chacune des tables, le circuit de traitement 13 ajoute aux 10 mots utiles de chaque table, un mot d'identification, qui précise en particulier le numéro d'ordre, ou le rang, de la table. Ici, et pour des raisons évidentes de commodité, le mot d'identification comporte le même nombre de bits que les mots utiles, c'est-à-dire 24.

Ensuite et comme le montre le block 102 de la figure 3, le circuit de traitement 13 code chacun des mots de chaque table à l'aide d'un code détecteur et correcteur d'erreurs, ici le code de type connu de Hamming (32, 26), qui permet de coder un mot de 26 bits d'information utile en un mot codé de 32 bits. Dans un tel codage, et comme cela est connu, 6 bits de contrôle, dont un de parité globale, sont introduits pour permettre, lors du décodage des mots reçus après transmission, la détection et la correction de certaines erreurs de transmission.

Ainsi, lorsque tous les bits de contrôle, y compris

le bit de parité globale, d'un mot codé reçu de 32 bits sont nuls, on considère que le mot utile de 26 bits a été transmis sans erreur et on le conserve tel quel.

Lorsque le bit de parité globale est non nul, et que les autres bits de contrôle ne sont pas tous nuls, on considère que le mot utile est affecté d'une erreur simple, c'est-à-dire qu'un, et un seul, de ses bits a été mal transmis, bit dont l'emplacement est indiqué par les bits de contrôle. On peut donc corriger ce bit mal transmis afin de restituer sans erreur du mot utile de 26 bits.

Lorsque le bit de parité globale est nul, mais que les autres bits de contrôle ne sont pas tous nuls, on considère que le mot utile est affecté d'une erreur double, c'est à dire que deux, et deux seulement, de ses bits ont été mal transmis. Les bits de contrôle n'indiquant pas les emplacements de ces bits, la détection d'une telle erreur double ne peut être suivie de sa correction, mais sa présence peut être mémorisée.

Lorsque le bit de parité globale est non nul, et que tout les autres bits de contrôle sont nuls, il est possible que le mot utile soit affecté d'une erreur triple, par exemple, mais le cas le plus probable est que le bit de parité globale lui-même ait été mal transmis. On considère donc alors que le mot utile de 26 bits a été correctement transmis et on le garde tel quel, en mémorisant toutefois le fait qu'il y a une probabilité non nulle pour qu'il soit affecté d'une erreur triple.

Ici, les mots à coder comprenant 24 bits chacun, on les complète à l'aide de 2 bits arbitraires, ou porteurs d'autres informations à transmettre. Le code de Hamming (32,26) convient donc bien, et, de plus, c'est un code relativement simple à utiliser.

Comme le montrent les blocs 103 et 104 de la figure 3, le circuit de traitement 13 procède ensuite à l'entrelacement des bits de chaque table, formée et codée comme cela vient d'être expliqué, et les mémorise temporairement. Ici, l'entrelacement est un entrelacement simple, comme le montre la figure 4. Sur cette figure est représentée une table comportant un mot d'identification et 10 mots utiles. Chaque mot est écrit horizontalement de la gauche vers la droite, chaque case symbolisant un bit. Le mot d'identification figure en haut de la table, le premier mot utile immédiatement en dessous, puis le deuxième mot utile, et ainsi de suite. Les flèches représentent l'ordre de mémorisation des bits de la table. On remarque alors que les bits sont mémorisés dans l'ordre suivant:

- premier bit du mot d'identification,
- premier bit du premier mot utile,
- premier bit du deuxième mot utile,
- premier bit du troisième mot utile,
- ...
- premier bit du dixième mot utile,
- deuxième bit du mot d'identification,
- deuxième bit du premier mot utile,
- deuxième bit du deuxième mot utile,
- ...

- et ainsi de suite, jusqu'au trente-deuxième bit du dixième mot utile.

Ensuite, et comme le montre le bloc 105 de la figure 3, le circuit de traitement 13 engendre le signal B_e qui est appliqué au registre à décalage 15, c'est-à-dire émis à l'entrée du canal de transmission entre la bouée 1 et l'avion 2. Comme le montre la figure 5, les bits du signal B_e sont les bits de chacune des tables mémorisées, mais ces bits sont émis à une vitesse telle que la durée d'émission de la totalité des bits d'une table mémorisée est R fois plus faible que la durée de formation de cette table. Ici, l'entier naturel R est choisi égal à 5.

Sur la figure 5, le diagramme supérieur montre les durées T, égales, de formation des tables mémorisées de rang N-1, N, et N+1, et leur déroulement, tandis que le diagramme inférieur montre les durées d'émission de ces tables, durées ici égales à T/5, et le déroulement de ces émissions. Comme la durée d'émission d'une table est 5 fois plus faible que sa durée de formation, il est possible d'émettre 5 tables pendant la formation d'une seule. On émet donc ici les 5 tables mémorisées de rang N-1, N-2, N-3, N-4, et N-5 pendant la durée de formation de la table mémorisée de rang N. Chaque table mémorisée se trouve donc, en fait, émise 5 fois. De façon non représentée car connue, le circuit de traitement 13 intercale un mot de synchronisation, dans le signal B_e , avant chaque table émise. De plus, il insère un indice de répétition pour chaque table émise, qui indique s'il s'agit de la première, de la deuxième, de la troisième, de la quatrième, ou de la cinquième émission d'une table de rang donné.

Le circuit de traitement 13 est par ailleurs agencé, de façon évidente pour l'homme de métier, pour effectuer la gestion des différentes tâches des blocs 101 à 105, comme cela est montré par le bloc 106 de la figure 3.

De façon connue, le signal numérique parallèle B_e en sortie du circuit de traitement 13 est transformé en signal bi-phase S_e après passage dans le registre à décalage 15 et le circuit OU exclusif 16, avant d'être appliqué au circuit de modulation et d'émission 17 qui alimente l'antenne d'émission 11.

Le signal correspondant reçu par l'antenne 21 est appliqué à l'entrée du circuit de réception et de démodulation 22 qui délivre en sortie le signal bi-phase S_r .

De façon connue, l'intégrateur échantillonné 23, le circuit de synchronisation de bits 24, le circuit OU exclusif 25, et le registre à décalage 26 transforment le signal bi-phase S_r en signal numérique parallèle B_r appliqué au circuit de traitement 27.

Comme le montre le bloc 201 de la figure 6, au cours d'une procédure d'initialisation, le circuit de traitement 27 recherche tout d'abord un mot de synchronisation dans le signal B_r , par exemple en comparant à chaque instant les bits présents dans le registre de réception, non représenté, dont il est pourvu, à la

configuration des bits dans le mot de synchronisation qui a été choisi.

Lorsqu'un mot de synchronisation est reconnu, comme le montre le bloc 202 de la figure 6, le circuit de traitement 27 mémorise les bits reçus, de façon à former une succession de tables reçues correspondant à la succession de tables émises. Simultanément, le circuit de traitement 27 continue à surveiller que les mots de synchronisation sont bien reçus quand il le faut. En effet, lorsque la synchronisation est perdue, c'est en principe parce qu'il s'est produit une interruption dans la liaison, et il est alors nécessaire de procéder à une nouvelle recherche d'un mot de synchronisation.

Ensuite, et comme le montre le bloc 203 de la figure 6, le circuit de traitement 27 "désentrelace", ou plus exactement défait l'entrelacement de bits de chacune des tables afin de former des mots reçus, ici ayant chacun 32 bits, et correspondant aux mots codés des tables codées dont il a été question à propos des opérations effectuées à bord de la bouée 1. On peut dire que, au cours de cette étape, le circuit de traitement 27 effectue l'opération inverse de celle schématisée sur la figure 4.

Le circuit de traitement 27 peut alors procéder, comme cela est montré par le bloc 204 de la figure 6, au décodage des mots reçus pour en détecter et en corriger les erreurs. Comme cela est bien connu et a déjà été en partie expliqué, le décodage de chaque mot reçu de 32 bits a pour résultat un mot reçu décodé de 26 bits, ramené à 24 dans le cas particulier décrit ici.

Comme le montre le bloc 205, le circuit de traitement 27 mémorise alors l'ensemble des mots reçus décodés de chaque table reçue et le nombre total d'erreurs dans cette table reçue. Pour ce faire, et dans l'exemple particulier pris ici, le circuit de traitement 27 affecte un coefficient de pondération à chaque mot reçu décodé, lié au type d'erreur détectée lors de son décodage, du fait de l'utilisation du code de Hamming (32,26). Ainsi, un coefficient de valeur 0 est affecté à un mot ne comportant aucune erreur, un coefficient de valeur 1 est affecté à un mot comportant une erreur simple, cette erreur simple étant alors corrigée, et un coefficient de valeur 2 est affecté à un mot comportant une erreur double. Le nombre total d'erreurs dans une table reçue est alors calculé en faisant la somme des coefficients affectés à chacun des mots de cette table reçue, puis il est mémorisé.

Le circuit de traitement 27 choisit, au cours de l'étape schématisée par le bloc 206, parmi les tables reçues de même rang, la meilleure table, c'est-à-dire, ici, celle dont le nombre total d'erreurs est le plus faible. Si aucune interruption de la transmission n'a eu lieu récemment, il y a un nombre R, ici égal à 5, de tables reçues disponibles d'un rang donné. Le circuit de traitement 27 détermine donc, parmi ces 5 tables, celle dont le nombre total d'erreurs est le plus faible. Cet-

te table sera appelée dans la suite table de référence. La circuit de traitement 27 détermine également, ici, la table reçue dont le nombre total d'erreurs est le plus proche du nombre d'erreurs de la table de référence. Cette table sera appelée dans la suite table de secours. Si une interruption de la transmission a eu lieu récemment, il se peut qu'il y ait moins de R tables reçues disponibles d'un rang donné, étant entendu que l'on s'arrange toujours, en pratique, pour qu'il y ait au moins une table reçue d'un rang donné, en déterminant, comme cela sera mieux compris dans la suite, le nombre R, ainsi que le nombre de mots par table pour qu'il en soit ainsi, une fois définie la durée maximale possible d'une interruption.

Comme le montre le bloc 207 de la figure 6, le circuit de traitement 27 corrige ensuite, dans la table de référence, les mots comportant des erreurs, à l'aide de mots correspondants de la table de secours. Pour ce faire, il compare d'abord bit à bit les mots correspondants, c'est à dire ayant le même emplacement, dans la table de référence et dans la table de secours. Lorsqu'il trouve un mot de la table de secours différent de son correspondant dans la table de référence, il recherche si des erreurs ont été détectées dans ce mot de la table de référence. Si aucune erreur n'a été détectée dans ce mot, celui-ci est maintenu. Si au moins une erreur a été détectée dans ce mot, le nombre d'erreurs du mot correspondant dans la table de secours est recherché, et, si un nombre d'erreurs plus faible a été détecté pour ce mot dans la table de secours, on corrige la table de référence en remplaçant le mot initial de la table de référence par le mot meilleur de la table de secours.

Enfin, le circuit de traitement 27 engendre le signal F_r à partir des mots reçus décodés de la table de référence, corrigée comme cela vient d'être expliqué, afin que ces mots soient transmis, en vue de l'exploitation des mesures, au circuit d'utilisation 28.

Le circuit de traitement 27 est par ailleurs agencé, de façon évidente pour l'homme de métier, pour effectuer la gestion des différentes tâches des blocs 201 à 208, comme cela est montré par le bloc 209 de la figure 3.

On peut montrer facilement que, lorsque l'on utilise le procédé de l'invention, la durée maximale D_{Max} de l'interruption de la transmission qui est tolérable est égale à :

$$D_{\text{Max}} = T \times (R - 1)(R + 2)/R$$

Cette expression est établie en considérant qu'une interruption peut avoir lieu entre la première émission de la table de rang N-1 et la dernière émission de la table de rang N, sans que cela entraîne de perte d'information, puisque, dans ce cas extrême, il est encore reçu un exemplaire de la table de rang N-1, et un exemplaire de la table de rang N. Dans l'exemple actuellement décrit, on peut donc tolérer une interruption D_{Max} valant approximativement 6 secondes, puisque le nombre R est égal à 5, et que la

durée T d'une table est légèrement supérieure à 1 seconde, compte tenu de la présence du mot d'identification. On notera que, lorsque R devient grand, l'expression ci-dessus se rapproche de la valeur $T \times (R+1)$.

Dans la mise en oeuvre du procédé qui vient d'être décrite, le retard introduit par les divers traitements est de l'ordre de 5 secondes, car on attend d'avoir reçu les 5 exemplaires d'une table de rang donné pour choisir la meilleure, ce qui prend approximativement un temps égal à 5 fois la durée T, comme le montre la figure 5. Dans l'application considérée, un tel retard est tout à fait tolérable.

Néanmoins, lorsque l'on désire un retard particulièrement court, il est possible de modifier le procédé de l'invention de façon à réduire encore ce retard. A cet effet, on définit un seuil, pour le nombre total d'erreurs, que l'on choisit assez bas pour que l'on puisse considérer qu'une table reçue ayant un nombre total d'erreurs inférieur au seuil est de qualité acceptable, et on choisit, comme table la meilleure d'un rang donné, la première table reçue de ce rang qui satisfait cette conditions. On montre alors que le retard introduit en moyenne est de $(T/5)$ en l'absence d'interruption, et de $(T/2+T/5)$ en présence d'interruption, retard auquel il faut ajouter alors la durée de l'interruption, naturellement.

On notera par ailleurs que l'utilisation du code de Hamming et du procédé d'entrelacement permet de s'affranchir, au moins en partie, de la réduction du rapport signal sur bruit à la réception qui accompagne la réduction de la durée des bits émis, réduction mise en oeuvre dans le procédé de l'invention afin de permettre la répétition des tables émises. L'utilisation du code de Hamming garantit la probabilité d'erreur par mot qui est recherchée, de l'ordre de 10^{-7} , à partir du moment où la probabilité d'erreur par bit, au cours de la transmission, est de l'ordre de 10^{-4} à 10^{-5} , ce qui est ici le cas.

Naturellement, la présente invention n'est pas limitée à la description qui vient d'en être faite.

C'est ainsi, que dans un souci de simplification, on a considéré que les seules informations utiles à émettre étaient les valeurs mesurées du module du champ magnétique. En pratique, un certain nombre de données, fixes, ou à variations analogiques, doivent également être transmises de la bouée 1 à l'avion 2. Il est évidemment à la portée de l'homme de métier de convertir ces données en données numériques, et de former ensuite, à partir de ces données, des mots à émettre ayant tous le même nombre de bits.

De même, il n'est pas obligatoire d'utiliser la méthode d'entrelacement simple qui a été décrite, et on peut utiliser une méthode d'entrelacement synchrone, ou encore une méthode d'entrelacement aléatoire, telles que celles-ci sont décrites par exemple dans l'ouvrage déjà cité.

De même, il peut être choisi un autre code détecteur et correcteur d'erreur, et la méthode pour déterminer le nombre total d'erreurs dans chaque table reçue peut être adaptée en conséquence. Même en utilisant le code de Hamming (32,26), il n'est pas obligatoire d'utiliser les valeurs des coefficients de pondération ci-dessus, qui n'ont été données qu'à titre d'exemple.

De même, il n'est pas obligatoire de corriger la table de référence avec la table de secours, et la table de référence peut aussi être utilisée telle quelle, sans correction, ou encore être corrigée à l'aide de mots d'autres tables reçues de même rang.

Enfin, les diverses tâches exécutées par les circuits de traitement 13 et 27, qui sont ici un microprocesseur du type 8031 de la Société INTEL, et un micro-calculateur 68000 de la Société MOTOROLA, pourraient être également exécutées chacune par un circuit spécialisé, par exemple un circuit de recherche de mot de synchronisation, un circuit de "désentrelacement", un circuit de décodage spécialisé pour code de Hamming, et ainsi de suite.

Revendications

1. Procédé de transmission de données entre une source (12) de données à émettre, reliée à l'entrée d'un canal de transmission (15-17, 11, 21, 22-26), et un circuit d'utilisation (28) des données reçues en sortie dudit canal, caractérisé par le fait que :
 - on forme, à partir des données à émettre, des mots à émettre ayant tous le même nombre de bits,
 - on forme (101) des tables comprenant chacune une pluralité de mots à émettre,
 - on code (102) chacun des mots de chaque table à l'aide d'un code détecteur et correcteur d'erreurs,
 - on mémorise temporairement (103, 104) les bits de chacune des tables ainsi formées et codées, en utilisant une méthode d'entrelacement,
 - on émet (105) , à l'entrée dudit canal (15-17, 11, 21, 22-26), les bits de chacune des tables ainsi mémorisées, à une vitesse telle que la durée d'émission de la totalité des bits d'une table mémorisée est R fois plus faible que la durée de formation de cette table mémorisée , R étant un entier naturel, et de façon à ce que soient émises, pendant la durée de formation de la table mémorisée de rang N, N étant un entier naturel, un nombre R de tables mémorisées, de rang N-1, N-2, ..., et N-R,
 - on mémorise (202) les bits reçus en sortie dudit canal (15-17, 11, 21, 22-26), pour for-

- mer une succession de tables reçues,
- on défait l'entrelacement (203) des bits de chacune des tables reçues pour former des mots recus,
 - on décode (204) chacun des mots reçus pour en détecter et en corriger les erreurs,
 - on mémorise (205) l'ensemble des mots reçus décodés de chaque table reçue, ainsi que le nombre total d'erreurs dans cette table reçue,
 - on choisit (206), parmi les tables reçues de même rang, la meilleure, et,
 - on transmet (208) les mots reçus décodés de cette meilleure table au circuit d'utilisation.
2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel on choisit (206), comme table la meilleure, la table dont le nombre total d'erreurs est le plus faible.
3. Procédé selon la revendication 1, dans lequel on choisit (206), comme table la meilleure, la première table reçue dont le nombre total d'erreurs est inférieur à un seuil.
4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel on corrige (207), dans ladite meilleure table, les mots comportant des erreurs, à l'aide de mots correspondants d'autres tables reçues de même rang.
5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, dans lequel :
- on utilise un code (102) capable de détecter, dans un mot reçu, une erreur simple et une erreur double,
 - on affecte (204) à chaque mot reçu décodé, un coefficient lié au type d'erreur détectée lors de son décodage, et,
 - on mémorise (205) le nombre total d'erreurs d'une table reçue en mémorisant la somme des coefficients des mots reçus décodés de cette table reçue.
6. Dispositif pour la mise en oeuvre du procédé, selon l'une des revendications 1 à 6, de transmission de données entre une source (12) de données à émettre, reliée à l'entrée d'un canal de transmission (15-17, 11, 21, 22-26), et un circuit d'utilisation (28) des données reçues en sortie dudit canal, dispositif caractérisé par le fait qu'il comprend :
- des moyens (13) pour former, à partir des données à émettre, des mots à émettre ayant tous le même nombre de bits,
 - des moyens (13) pour former des tables comprenant chacune une pluralité de mots à émettre,

- des moyens (13) pour coder chacun des mots de chaque table à l'aide d'un code détecteur et correcteur d'erreurs,
- des moyens (13) pour mémoriser temporairement les bits de chacune des tables ainsi formées et codées, en utilisant une méthode d'entrelacement,
- des moyens (13) pour émettre, à l'entrée dudit canal, les bits de chacune des tables ainsi mémorisées, à une vitesse telle que la durée d'émission de la totalité des bits d'une table mémorisée est R fois plus faible que la durée de formation de cette table mémorisée, R étant un entier naturel, et de façon à ce que soient émises, pendant la durée de formation de la table mémorisée de rang N, N étant un entier naturel, un nombre R de tables mémorisées, de rang N-1, N-2, ..., et N-R,
- des moyens (27) pour mémoriser les bits reçus en sortie dudit canal (15-17, 11, 21, 22-26), pour former une succession de tables reçues,
- des moyens (27) pour défaire l'entrelacement des bits de chacune des tables reçues et former des mots reçus,
- des moyens (27) pour décoder chacun des mots reçus et en détecter et en corriger les erreurs,
- des moyens (27) pour mémoriser l'ensemble des mots reçus décodés de chaque table reçue, ainsi que le nombre total d'erreurs dans cette table reçue,
- des moyens (27) pour choisir, parmi les tables reçues de même rang, la meilleure, et,
- des moyens (27) pour transmettre les mots reçus décodés de cette meilleure table au circuit d'utilisation (28).

Patentansprüche

1. Verfahren zur Datenübertragung zwischen einer Quelle (12) zu sendender Daten, die mit dem Eingang eines Übertragungskanals (15-17, 11, 21, 22, 22-26) verbunden ist, und einer Schaltung zur Nutzarmachung (28) der am Ausgang dieses Kanals empfangenen Daten, dadurch gekennzeichnet, daß:
 - man aus den Daten, die gesendet werden sollen, zu sendende Worte bildet, die alle dieselbe Anzahl an Bits aufweisen,
 - man Tabellen erstellt (101), die jeweils eine Vielzahl zu sendender Worte enthalten,
 - man jedes Wort jeder Tabelle mittels eines Codes zur Fehlererfassung und -korrektur codiert (102),
 - man die Bits jeder so erstellten und codier-

- ten Tabelle unter Verwendung eines Verschachtelungsverfahrens zwischenspeichert (103, 104),
- man am Eingang des Kanals (15-17, 11, 21 22-26) die Bits jeder so gespeicherten Tabelle mit einer solchen Geschwindigkeit sendet (105), daß die Dauer des Sendens aller Bits einer gespeicherten Tabelle um das R-fache geringer ist als die Dauer der Erstellung dieser gespeicherten Tabelle, wobei R eine natürliche Zahl ist, und auf eine solche Weise, daß während der Dauer der Erstellung der gespeicherten Tabelle mit dem Rang N, wobei N eine natürliche Zahl ist, eine Anzahl R gespeicherter Tabellen mit dem Rang N-1, N-2, ..., N-R gesendet werden,
 - man die am Ausgang des Kanals (15-17, 11, 21, 22-26 empfangenen Bits speichert (202), um eine Folge von empfangenen Tabellen zu erstellen,
 - man die Verschachtelung der Bits jeder empfangenen Tabelle auflöst (203), um empfangene Worte zu bilden,
 - man jedes empfangene Wort decodiert (204), um die darin enthaltenen Fehler zu ermitteln und zu korrigieren
 - man die Gesamtheit der decodierten empfangenen Worte jeder empfangenen Tabelle speichert (205) und ebenso die Gesamtzahl der Fehler in dieser empfangenen Tabelle,
 - man unter den empfangenen Tabellen desselben Rangs die beste auswählt (206) und
 - man die decodierten empfangenen Worte dieser besten Tabelle auf die Schaltung zur Nutzbarmachung überträgt (208).
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem man als beste Tabelle diejenige Tabelle wählt (206), deren Gesamtfehlerzahl die geringste ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem man als beste Tabelle die erste empfangene Tabelle wählt (206), deren Gesamtfehlerzahl kleiner ist als ein Schwellenwert.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem man in dieser besten Tabelle die fehlerhaltigen Worte korrigiert (207), und zwar mit Hilfe der entsprechenden Worte anderer empfangener Tabellen desselben Rangs.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem:
- man einen Code verwendet (102), der in der Lage ist, in einem empfangenen Wort einen einfachen und einen doppelten Fehler zu ermitteln,
 - man jedem decodierten empfangenen Wort einen Koeffizienten zuordnet (204), der mit der Art des bei dessen Decodierung ermittelten Fehlers in Zusammenhang steht, und
 - man die Gesamtfehlerzahl einer empfangenen Tabelle speichert (205), indem man die Summe der Koeffizienten der decodierten empfangenen Worte dieser empfangenen Tabelle speichert.
6. Vorrichtung zur Durchführung des einem der Ansprüche 1 bis 6 entsprechenden Verfahrens zur Datenübertragung zwischen einer Quelle (12) zu sendender Daten, die mit dem Eingang eines Übertragungskanals (15-17, 11, 21, 22, 22-26) verbunden ist, und einer Schaltung zur Nutzbarmachung (28) der am Ausgang dieses Kanals empfangenen Daten, eine Vorrichtung, dadurch gekennzeichnet, daß sie umfaßt:
- Mittel (13), um aus den Daten, die gesendet werden sollen, zu sendende Worte zu bilden, die alle dieselbe Anzahl an Bits aufweisen,
 - Mittel (13) zur Erstellung von Tabellen, die jeweils eine Vielzahl zu sendender Worte enthalten,
 - Mittel (13) zur Codierung eines jeden Words jeder Tabelle mittels eines Codes zur Fehlererfassung und -korrektur,
 - Mittel (13) zum Zwischenspeichern der Bits jeder so erstellten und codierten Tabelle unter Verwendung eines Verschachtelungsverfahrens,
 - Mittel (13), um am Eingang des Kanals die Bits jeder so gespeicherten Tabelle mit einer solchen Geschwindigkeit zu senden, daß die Dauer des Sendens aller Bits einer gespeicherten Tabelle um das R-fache geringer ist als die Dauer der Erstellung dieser gespeicherten Tabelle, wobei R eine natürliche Zahl ist, und auf eine solche Weise, daß während der Dauer der Erstellung der gespeicherten Tabelle mit dem Rang N, wobei N eine natürliche Zahl ist, eine Anzahl R gespeicherter Tabellen mit dem Rang N-1, N-2, ..., N-R gesendet werden,
 - Mittel (27) zum Speichern der am Ausgang des Kanals (15-17, 11, 21, 22-26 empfangenen Bits, um eine Folge von empfangenen Tabellen zu erstellen,
 - Mittel (27) zur Auflösung der Verschachtelung der Bits jeder empfangenen Tabelle und zur Bildung empfangener Worte,
 - Mittel (27) zur Decodierung jedes empfangenen Wortes und zur Ermittlung und Korrektur der darin enthaltenen Fehler,
 - Mittel (27) zum Speichern der Gesamtheit

der decodierten empfangenen Worte jeder empfangenen Tabelle sowie der Gesamtzahl der Fehler in dieser empfangenen Tabelle

- Mittel (27), um unter den empfangenen Tabellen desselben Rangs die beste auszuwählen, und
- Mittel (27) zur Übertragung der decodierten empfangenen Worte dieser besten Tabelle auf die Schaltung zur Nutzbarmachung (28).

Claims

1. A method of transmitting data between a source (12) of data to be transmitted, connected to the input of a transmission channel (15-17,11,21,22-26), and a circuit (28) for using the data received at the output of said channel, characterized in that it comprises the steps of :

- forming words, all having the same number of bits from the data to be transmitted ;
- forming (101) tables, each comprising a plurality of words to be transmitted ;
- encoding (102) each of the words of each of the tables in accordance with an error detecting and correcting code ;
- temporarily storing (103,104) the bits from each of the tables so formed and encoded, using an interleaving method,
- transmitting (105), at the input of said channel the bits of each of the stored tables at such a rate that the duration of transmission of all the bits of a stored table is R times smaller than the duration of formation of this stored table, R being a natural integer, and so that a number R of stored tables of rank N-1, N-2, ... and N-R, N being a natural integer, are transmitted during the duration of formation of the stored table of rank N,
- storing (202) the bits received at the output of said transmission channel (15-17,11,21,22-26) to form a succession of received tables ;
- de-interleaving (203) the bits of each of the received tables to form received words ;
- decoding (204) each of the received words to detect and correct errors therein ;
- storing (205) all the decoded received decoded words of each received table and an indication of the total number of errors in this received table ;
- choosing (206) a best table from among received tables having the same rank ; and
- transmitting (208) the received decoded words of this best table to the user circuit.

2. The method as claimed in claim 1, wherein the table whose total number of errors is the smallest is chosen (206) as the best table.

3. The method as claimed in claim 1, wherein the first table received whose total number of errors is less than a threshold is chosen (206) as the best table.

4. The method as claimed in claims 1 to 3, wherein, in said best table, the words comprising errors are corrected (207) by means of corresponding words from other tables received of the same rank.

5. The method as claimed in claims 1 to 4, wherein :
 - a code (102) is used capable of detecting, in a word received, a single error and a double error,
 - to each received and decoded word a coefficient is assigned (204) related to the type of error detected during decoding thereof, and
 - the total number of errors of a received table is stored (205) by storing the sum of the coefficients of the received and decoded words of this received table.

6. A device for implementing the method of claims 1 to 5, for transmitting data between a source (12) of data to be transmitted, connected to the input of a transmission channel (15-17,11,21,22-26), and a circuit (28) using the data received from the output of said channel, device characterized by the fact that it comprises :

- means (13) for forming, from the data to be transmitted, words to be transmitted all having the same number of bits,
- means (13) for forming tables each comprising a plurality of words to be transmitted,
- means (13) for coding each of the words of each table by means of an error detecting and correcting code,
- means (13) for temporarily storing the bits of each of the tables thus formed and coded using an interleaving method,
- means (13) for transmitting the bits of each of the tables thus stored to the input of said channel at a rate such that the duration of transmission of all the bits of a stored table is R times smaller than the duration of formation of this stored table, R being a natural integer, and so that, during the duration of formation of the stored table of rank N, N being a natural integer, a number R of stored tables is transmitted, of rank N-1, N-2..., N-R,
- means (27) for storing the bits received at

the output of said channel (15-17,11,21,22-26) so as to form a succession of received tables,

- means (27) for undoing the interleaving of the bits of each of the tables received and forming received words, 5
- means (27) for decoding each of the received words and detecting and correcting the errors therein,
- means (27) for storing the whole of the received and decoded words of each table received, as well as the total number of errors in this received table, 10
- means (27) for choosing, among the tables received of the same rank, the best one, and 15
- means (27) for transmitting the received and decoded words of this best table to the user circuit (28). 20

20

25

30

35

40

45

50

55

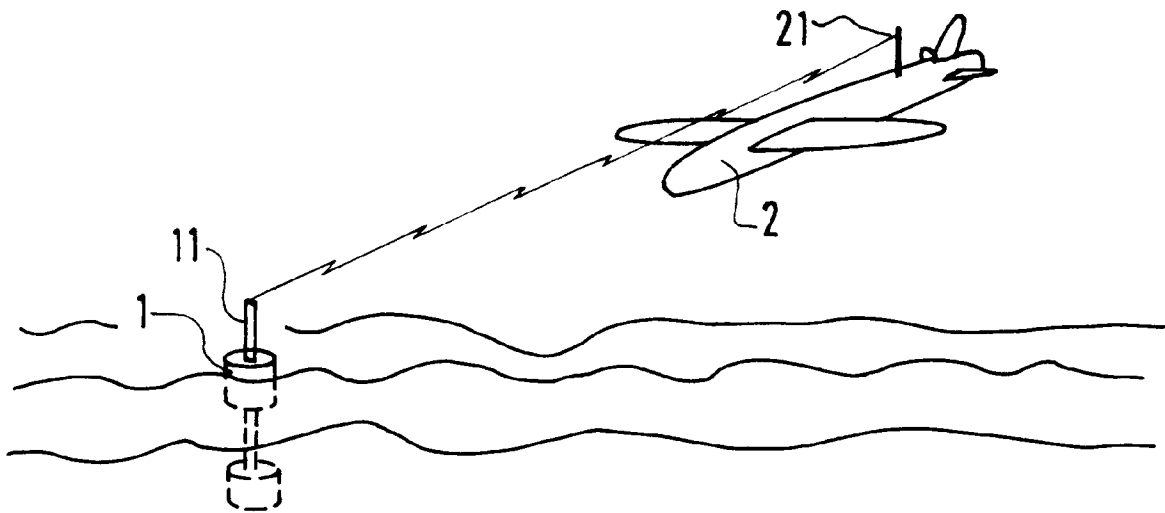


FIG. 1

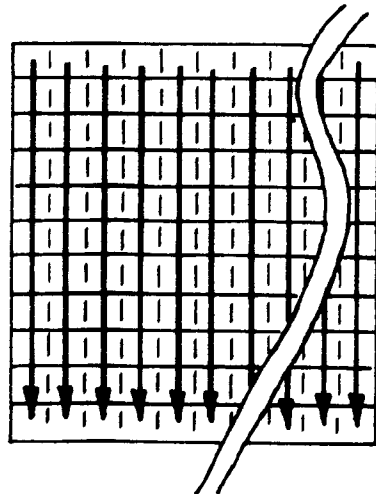


FIG. 4

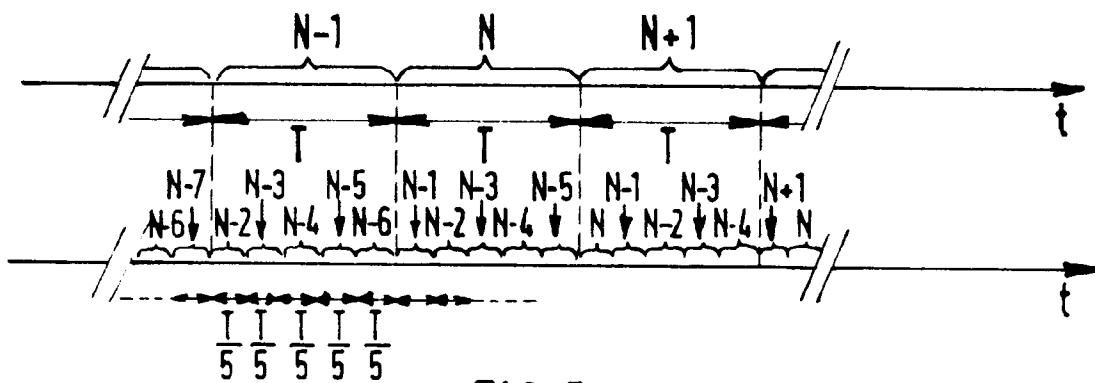
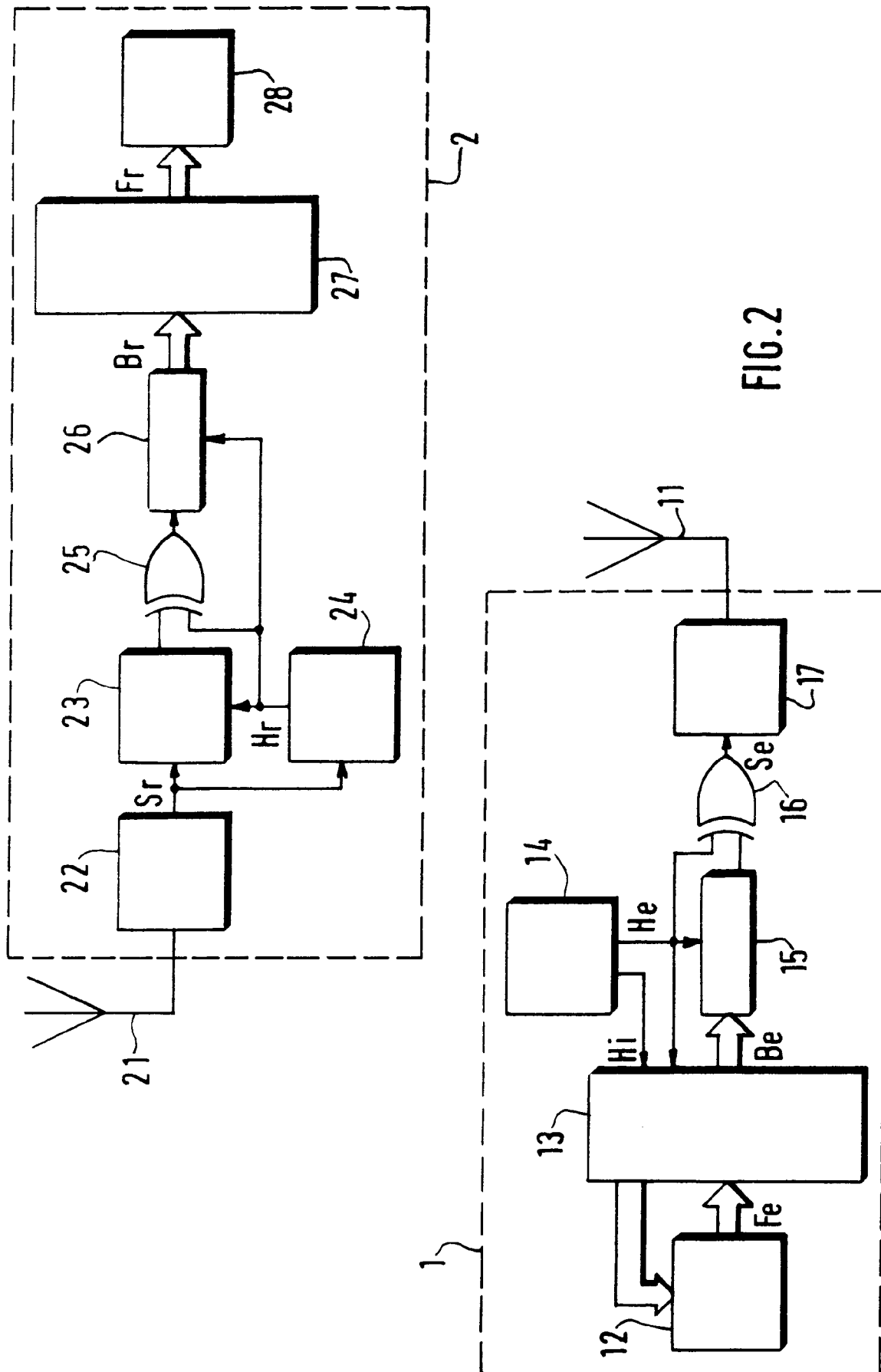


FIG. 5



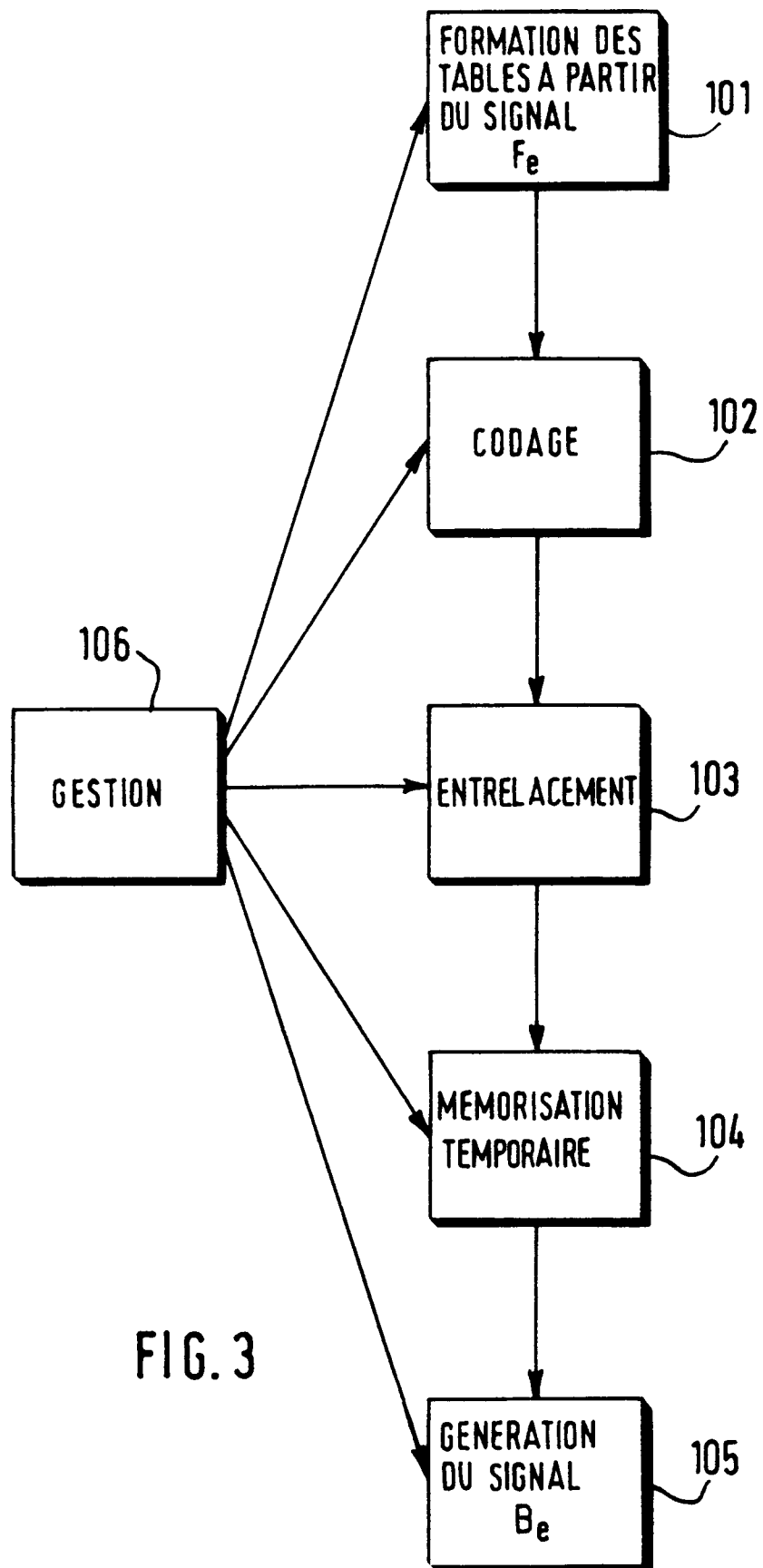


FIG. 3

