

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 03.11.98.

30 Priorité : 03.11.97 GB 09723216.

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 07.05.99 Bulletin 99/18.

56 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été
établi à la date de publication de la demande.*

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

71 Demandeur(s) : WIRELESS SYSTEMS INTERNATIO-
NAL LIMITED — GB.

72 Inventeur(s) : TURNER PAUL GEORGE et MEADE
STEVEN ANTHONY.

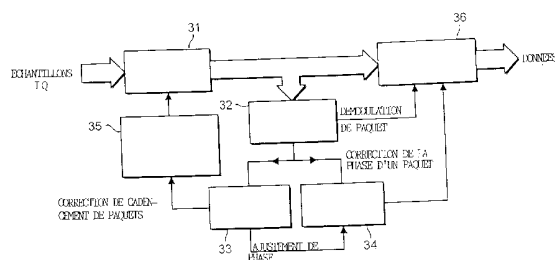
73 Titulaire(s) :

74 Mandataire(s) : CABINET LAVOIX.

54 PROCÉDE ET DISPOSITIF POUR CORRIGER UNE ERREUR DE CADENCEMENT DANS UN SYSTÈME DE
TRANSMISSION DE DONNÉES ÉCHANTILLONNÉES.

57 Le dispositif pour corriger une erreur de cadencement
d'échantillonnage dans un système de transmission de don-
nées numériques dans lequel des données échantillonnées
sont traitées par un filtre passe-bas numérique (31) à plu-
sieurs coefficients, comprend des moyens de récupération
(33) de cadencement récupérant l'erreur du cadencement
d'échantillonnage à partir de données échantillonnées par
un récepteur, et des moyens (35) couplés aux moyens de
récupération de cadencement pour régler au moins un coef-
ficient de la pluralité de coefficients du filtre numérique en
réponse à une erreur de cadencement récupérée.

Application notamment à un récepteur radio numérique.



La présente invention concerne un procédé et un dispositif pour corriger une erreur de cadencement dans un système de transmission de données échantillonnées, un tel procédé et un tel dispositif pouvant être appliqués à un récepteur radio numérique pouvant fonctionner dans un système de télémétrie, dans lequel les données sont transmises en utilisant un protocole basé sur des paquets de données. En particulier, l'invention porte sur des fonctions de détection de données, de récupération et de correction d'un cadencement, de récupération et de correction d'une phase et de démodulation dans un récepteur radio.

La figure 1, annexée à la présente demande, représente un schéma-bloc d'un récepteur radio numérique connu incorporant une fonction de récupération de cadencement. Une forme d'onde continue présente à l'entrée est convertie en une forme d'onde discrète par un dispositif d'échantillonnage 11, la fréquence et le cadencement de l'échantillonnage étant déterminés par une horloge 12 par l'intermédiaire d'une ligne de commande 15. La forme d'onde échantillonnée est convertie en un flux de données numériques par un convertisseur analogique / numérique 13. Des erreurs dans le cadencement d'échantillonnage du dispositif d'échantillonnage 11 sont détectées ou récupérées dans le processeur de signaux numériques 14, et un réglage basé sur cette erreur est renvoyé par réaction à l'horloge 12. L'erreur de cadencement d'échantillonnage est par conséquent corrigée de telle sorte que l'échantillonnage suivant est exécuté à un instant correct.

Un inconvénient dans ce système de l'art antérieur est qu'une réaction d'un réglage sur l'horloge 12 requiert l'utilisation d'une ligne de commande et d'un circuit d'interface entre le processeur de signaux numériques 14 et l'horloge 12, ce qui augmente le coût de fabrication. En outre, le système est caractérisé par un retard entre la détection de l'erreur de cadencement d'échantillonnage et

l'instant de correction de l'erreur dans le dispositif d'échantillonnage. Ce retard augmente la période pendant laquelle les données sont échantillonnées à un instant peu précis. Il en résulte que des échantillons nécessaires pour
5 la démodulation peuvent être perdus.

Conformément à un premier aspect de la présente invention, il est prévu un procédé pour corriger une erreur de cadencement d'échantillonnage dans un système de transmission de données numériques, dans lequel les données
10 échantillonnées sont traitées par un filtre numérique passe-bas possédant une pluralité de coefficients de filtre, caractérisé en ce qu'il consiste à récupérer une erreur de cadencement d'échantillonnage à partir de données échantillonnées par un récepteur, et régler au moins un
15 coefficient parmi une pluralité de coefficients du filtre numérique en fonction de l'erreur de cadencement d'échantillonnage récupérée.

Selon un second aspect de la présente invention, il est prévu un dispositif pour corriger une erreur de
20 cadencement d'échantillonnage dans un système de transmission de données numériques, dans lequel les données échantillonnées sont traitées par un filtre numérique passe-bas possédant une pluralité de coefficients de filtre, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens de récupération du
25 cadencement pour récupérer une erreur de cadencement d'échantillonnage à partir des données échantillonnées, par un récepteur, et des moyens de réglage couplés aux moyens de récupération de cadencement, pour régler au moins un coefficient parmi la pluralité de coefficients du filtre
30 numérique en fonction d'une erreur de cadencement d'échantillonnage récupérée.

Le procédé et le dispositif selon l'invention présentent l'avantage consistant en ce que grâce au réglage des coefficients du filtre numérique passe-bas, un système
35 de réaction pour une correction de cadencement d'échantil-

lonnage peut être réalisé entièrement dans le domaine numérique. Cela permet d'effectuer des corrections de cadencement en temps réel de sorte que l'on peut obtenir un débit de données élevé dans le récepteur, tout en conservant une
5 précision de cadencement des données échantillonnées.

Dans une forme de réalisation préférée selon le premier aspect de l'invention, l'étape de récupération d'une erreur de cadencement d'échantillonnage à partir de données échantillonnées par un récepteur comprend la corrélation des données échantillonnées avec au moins un
10 ensemble de données préalablement mémorisées dans le récepteur.

De préférence les données transmises incluent une partie de marquage prédéterminée incluse dans les données, précédant par exemple une zone de données.
15

De façon appropriée, les données échantillonnées par le récepteur comprennent une composante I en phase et une composante Q déphasée de $\pi/2$. La récupération du cadencement peut alors comprendre la mise en corrélation complexe des composantes I et Q des données échantillonnées avec des ensembles de données I et Q préalablement mémorisées dans le récepteur. De préférence, les ensembles de données I et Q préalablement mémorisées comprennent une séquence correspondant à la position de marquage, qui fournit une caractéristique distinctive par rapport à des données aléatoires. De préférence la partie de marquage comprend une séquence de code d'or étant donné que ceci est particulièrement distinctif par rapport à un bruit aléatoire. De préférence le filtre numérique passe-bas est un
20 filtre dit RRC en racine cosinus de limitation de bande réalisé sous la forme d'un filtre à réponse impulsionnelle finie (FIR).
25
30

Conformément à un troisième aspect de la présente invention, il est prévu un procédé de détection de données
35 dans un récepteur radio numérique, dans lequel un signal

reçu est échantillonné pour produire une série d'échantillons de signaux reçus, caractérisé en ce qu'il consiste à mettre en corrélation un ensemble d'échantillons de signaux reçus avec au moins un ensemble de données préalablement
5 mémorisées dans le récepteur, comparer le résultat de corrélation à une valeur de seuil prédéterminée, et produire un signal de détection de données si le résultat de la corrélation est supérieur à la valeur de seuil ou répéter le procédé avec un ensemble reçu ultérieurement d'échantillons
10 de signaux reçus, si le résultat de la corrélation n'est pas supérieur à la valeur de seuil.

De préférence, la cadence d'échantillonnage du récepteur est égal au moins au double de la cadence des symboles des données transmises. Avantageusement la corrélation est exécutée sur chaque n-ème échantillon parmi les
15 échantillons de signaux reçus.

Ceci réduit la charge de calcul pour l'exécution des corrélations. De préférence on a $N > 1$ et avantageusement $N=2$.

20 Conformément à un quatrième aspect de la présente invention, il est prévu un procédé pour récupérer une erreur de phase associée à des échantillons de données I et Q reçus dans un récepteur radio numérique, caractérisé en ce qu'il comprend la mise en corrélation complexe d'un
25 ensemble d'échantillons de données I et Q reçus avec des ensembles de données I et Q préalablement mémorisés dans le récepteur pour produire une composante réelle de corrélation et une composante imaginaire de corrélation, traiter les composantes réelle et imaginaire de corrélation pour
30 déterminer une erreur de cadencement d'échantillonnage, traiter les composantes réelle et imaginaire de corrélation pour déterminer une estimation de l'erreur de phase et régler l'estimation de l'erreur de phase en fonction de l'erreur de cadencement d'échantillonnage.

35 De préférence, l'erreur de phase déterminée

conformément au quatrième aspect de la présente invention est corrigée dans des données suivantes reçues.

Conformément à un cinquième aspect de la présente invention, il est prévu un système de transmission de données numériques comprenant un émetteur pour transmettre des paquets de données numériques dans un canal radio, et un récepteur accordé sur l'émetteur et comprenant des moyens pour la mise en oeuvre d'un procédé conformément aux premier, troisième et/ou quatrième aspects de la présente invention.

De façon appropriée le récepteur radio numérique est un récepteur radio numérique synchrone et le système de transmission de données numériques est un système de transmission de données numériques synchrone.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront de la description donnée ci-après prise en référence aux dessins annexés, sur lesquels :

- la figure 1 est un schéma-bloc d'un récepteur de l'art antérieur comprenant un circuit de réaction servant à corriger des erreurs de cadencement;

- la figure 2 est un schéma représentant la structure de paquets de transmission radio d'un système de radiotéléométrie associé à l'invention;

- la figure 3 est un schéma-bloc d'un dispositif selon l'invention incorporant des fonctions de filtrage numérique, de détection de données, de récupération de cadencement et de démodulation de données;

- la figure 4 est un graphique représentant des valeurs de corrélation croisée complexe pour les composantes de corrélation I et Q séparées en fonction du cadencement d'échantillonnage des ensembles de données de corrélation I et Q;

- la figure 5 est un graphique représentant l'amplitude élevée au carré de la corrélation croisée com-

plexe de la figure 4 en fonction du cadencement d'échantillonnage des ensembles de données de corrélation;

- la figure 6 est un graphique représentant l'amplitude de la corrélation croisée complexe de la figure 4;

- la figure 7 est un graphique représentant l'amplitude élevée au carré de trois corrélations croisées complexes discrètes exécutées pour un ensemble précoce de données, un ensemble de données arrivées en temps opportun et un ensemble tardif de données; et

- la figure 8 est un graphique représentant les coefficients de filtre pour un cadencement d'échantillonnage idéal et pour un cadencement d'échantillonnage compensé et les réponses impulsionnelles correspondantes du filtre numérique.

Un système de télémétrie comprend un centre de commande pour une communication radio bidirectionnelle avec un réseau de multiples unités radio distantes. Les liaisons montante et descendante pour le système de télémétrie fonctionnent toutes deux en utilisant un protocole basé sur la transmission de paquets.

La figure 2 représente la structure d'une composante I en phase et d'une composante Q déphasée de $\pi/2$ radians d'un paquet de données radio utilisé dans le système de télémétrie. Chaque paquet de données contient une séquence de synchronisation et un bloc de données. La séquence de synchronisation est codée selon une modulation par déplacement de phase en quadrature (QPSK). Le bloc de données de la liaison montante est modulé selon une modulation 16 QAM (QAM désignant une modulation d'amplitude en quadrature), tandis que la liaison descendante est modulée selon la modulation QPSK. Chaque séquence de synchronisation comprend 31 symboles avec un symbole de décalage cyclique inclus d'un côté ou de l'autre de la séquence de synchronisation pour maintenir un pic de corrélation cor-

rect. Pour le paquet de données I, la séquence de synchronisation est constituée de symboles 1 à 31 d'un code d'or. Pour le paquet de données Q, la séquence de synchronisation est constituée de symboles 16 à 31 du code d'or, suivis par
 5 des symboles 1 à 15 du code d'or. Les données réelles transmises dans le paquet de données suivent la séquence de synchronisation et les symboles de décalage cycliques.

La figure 3 illustre les processus de détection de données, de récupération de cadencement et de phase et
 10 de démodulation dans le récepteur d'une unité radio distante. Cette section du récepteur reçoit des échantillons I et Q sous une forme à 16 bits, à une cadence égale au moins au double de la cadence des symboles, de façon typique à une cadence d'environ 15 kHz. Ces échantillons sont mémori-
 15 sés temporairement pour être traités par le filtre 31. De préférence, cette section de récepteur est réalisée en utilisant un matériel de traitement de signaux numériques.

Filtre

Le filtre 31 est un filtre passe-bas numérique de
 20 limitation de bande, qui agit sur les canaux des échantillons dans les canaux I et Q. Le filtre est réalisé sous la forme d'un filtre à réponse impulsionnelle finie (FIR) possédant des coefficients prédéterminés qui fournissent une réponse en fréquence connue dans la technique sous le nom de RRC (en racine cosinus). Le filtre
 25 est accordé sur un filtre RRC (en racine cosinus) situé dans l'émetteur qui a émis les échantillons de données I et Q. Par conséquent l'effet des deux filtres est de produire une réponse en fréquence en cosinus dans le système.

Le filtre à réponse impulsionnelle finie est
 30 caractérisé par la relation suivante :

$$y(n) = \sum_{k=0}^{N-1} h(k) x(n - k)$$

dans laquelle $h(k)$, $k=0,1,\dots, N-1$ sont les coefficients de
 35 réponse impulsionnelle du filtre, N est la longueur du

filtre, c'est-à-dire le nombre de coefficients du filtre, et $y(n)$ est l'échantillon de sortie actuel, qui est fonction de valeurs antérieure et présente des échantillons d'entrée $x(n)$. La figure 8 représente schématiquement les coefficients $h(0)$ à $h(8)$ associés aux éléments de retardement d'un filtre FIR numérique. La courbe en trait plein A indique la réponse impulsionnelle du filtre. Dans la pratique, on peut utiliser plus de 9 coefficients et on peut utiliser des nombres différents de coefficients dans la liaison montante et dans la liaison descendante.

Détection de données

En référence à la figure 3, les échantillons I et Q provenant du filtre RRC 31 sont envoyés dans les moyens de détection de données. Les moyens de détection de données appliquent une corrélation complexe aux échantillons I et Q reçus avec des codes d'or I et Q mémorisés préalablement dans le récepteur. Les codes d'or I et Q préalablement mémorisés ont une longueur de 31 symboles et concordent avec les séquences de synchronisation I et Q d'un paquet de données radio. Lorsque le récepteur effectue un suréchantillonnage des échantillons I et Q à une cadence au moins double de la cadence des symboles, le processus de détection de données conforme à la présente invention reçoit une séquence de 62 échantillons I et Q et exécute une corrélation complexe en utilisant un autre couple d'échantillons I et Q. Ceci réduit la charge de calcul appliquée aux moyens de détection de données par rapport à l'exécution d'une corrélation complexe de tout échantillon I et Q reçu. A son tour ceci permet aux moyens de détection de données de calculer en temps réel une nouvelle corrélation complexe étant donné que chaque couple d'échantillons I et Q est reçu.

Chaque calcul de corrélation complexe implique quatre corrélations croisées entre les échantillons I et Q reçus et les codes d'or I et Q préalablement mémorisés. Ces corrélations croisées sont résumées dans les relations sui-

vantes :

$$\begin{aligned}
 & I * I_g(N) = \sum_{n=0}^{30} I(2n+N) I_g(n) \\
 & Q * Q_g(N) = \sum_{n=0}^{30} Q(2n+N) Q_g(n) \\
 & I = Q_g(N) = \sum_{n=0}^{30} I(2n+N) Q_g(n) \\
 & Q * I_g(N) = \sum_{n=0}^{30} Q(2n+N) I_g(n)
 \end{aligned}$$

dans lesquelles $I(2n+N)$ et $Q(2n+N)$ sont les $(2n+N)$ -èmes échantillons de la séquence de 62 échantillons I et Q reçus, et $I_g(n)$ et $Q_g(n)$ sont les n -èmes symboles dans les codes d'or I et Q préalablement mémorisés. N est un facteur qui dépend du temps et qui augmente de un chaque fois qu'un nouveau couple d'échantillons I et Q est reçu.

La partie réelle de la corrélation complexe est égale à la somme de la corrélation croisée $I * I_g$ et de la corrélation croisée $Q * Q_g$, tandis que la partie imaginaire de la corrélation complexe est égale à la différence entre la corrélation croisée $I * Q_g$ et la corrélation croisée $Q * I_g$. En utilisant le théorème de Pythagore, le carré de l'amplitude de la corrélation complexe est fourni par la relation suivante :

$$\text{amplitude}^2 = (I * I_g + Q * Q_g)^2 + (I * Q_g - Q * I_g)^2$$

La figure 6 représente la manière dont l'amplitude de la corrélation complexe produit un pic lorsque le cadencement correct est atteint entre les échantillons I et Q reçus d'une séquence synchronisée et les codes d'or I et Q préalablement mémorisés. Un test à seuil est exécuté pour établir l'existence du pic de corrélation, et par conséquent la présence d'un paquet de données reçu. Dans la pra-

tique, le test à seuil est appliqué aux valeurs du carré de l'amplitude des corrélations complexes pour réduire les charges de calcul dans les moyens de détection de données.

La figure 5 représente le carré de l'amplitude
5 des corrélations complexes tracé en fonction du temps, conjointement avec un niveau de seuil réglé à 3000. Cependant, on peut choisir un seuil inférieur pour éviter l'absence d'un paquet avec une erreur de cadencement égale approximativement à la moitié de la durée de l'échantillon.
10 Par conséquent, pour la figure 5, un seuil légèrement supérieur à 2500 peut être choisi. On voit que le carré de l'amplitude de la corrélation complexe dépasse cette valeur de seuil pour l'instant d'échantillonnage 4. Par conséquent, la corrélation complexe pour cet instant d'échantil-
15 lonnage indique le début d'un paquet de données.

Le niveau de seuil est optimisé pour garantir que tous les paquets valables sont détectés tout en évitant la détection de données parasites. La présence de symboles de décalage cyclique d'un côté ou de l'autre des séquences de
20 synchronisation de I et Q garantit que le point de corrélation décalé par rapport au pic ne dépasse pas les valeurs idéales, même lorsque des échantillons de données aléatoires sont annexés à la séquence.

Récupération du cadencement

25 Les figures 5 et 6 représentent les pics de corrélation avec une valeur de corrélation des données détectées (en temps opportun) située à la pointe du pic de corrélation. Cette situation se produit lorsque des échantillons sont prélevés à l'instant de cadencement correct. La
30 récupération du cadencement implique le traitement des valeurs de corrélation pour récupérer une erreur de cadencement pour l'échantillonnage effectué à un instant incorrect. En référence à la figure 3, les moyens 33 de récupération du cadencement reçoivent les valeurs de corrélation
35 de la part des moyens 32 de détection de données.

Lorsqu'un paquet de données est détecté sur la base d'une corrélation complexe particulière, le processus de récupération du cadencement commande les moyens de détection de données pour qu'ils calculent à nouveau la corrélation complexe pour l'ensemble d'échantillons I et Q associés à l'échantillon précédent et pour calculer la corrélation complexe pour cet ensemble d'échantillons I et Q associé à l'échantillon suivant. Ces calculs sont rendus possibles par le corrélateur (moyens de détection de données) qui mémorise temporairement les échantillons I et Q lorsqu'ils sont reçus.

Pour récupérer l'erreur de cadencement, la forme du pic de corrélation sur la figure 5 est modalisée sous la forme d'un seul pic triangulaire, comme représenté sur la figure 7, la base possédant une largeur égale au double de la période du symbole, qui est égale à quatre fois la période d'échantillonnage T. La figure 7 représente également le carré de l'amplitude des corrélations complexes calculé un échantillon auparavant, en temps opportun et un échantillon plus tard. L'erreur de cadencement se lors de la corrélation en temps opportun est calculée sous la forme d'une fraction de la période d'échantillonnage T en utilisant la relation suivante :

$$\frac{\text{amplitude [précoc]}^2 - \text{amplitude [tardive]}^2}{\text{amplitude [précoc]}^2 + \text{amplitude [tardive]}^2} T$$

Par conséquent l'erreur de cadencement peut être calculée en utilisant uniquement les carrés des amplitudes qui requièrent moins de calcul.

Récupération de la phase

Si les échantillons I et Q sont correctement en phase les uns par rapport aux autres et s'il n'existe aucune similitude entre les échantillons I et Q et si le cadencement d'échantillonnage est correct, alors les composantes imaginaires de la corrélation croisée complexe peu-

vent être égales à zéro. La non-similitude entre les composantes I et Q de la séquence de synchronisation d'un paquet de données radio est établie pour la composante Q du code d'or décalée cycliquement de 15 symboles par rapport à la composante I du code d'or, comme représenté sur la figure 2.

Lorsque des erreurs de phase apparaissent, l'amplitude des composantes imaginaires de la corrélation croisée complexe augmente. Les composantes réelles de la corrélation croisée complexe subissent une réduction correspondante d'amplitude. Une estimation de l'erreur de phase est calculée en utilisant la relation suivante :

$$\text{erreur de phase} = \text{tg}^{-1} \frac{(I \cdot Q_g - Q \cdot I_g)}{(I \cdot I_g + Q \cdot Q_g)}$$

Sinon, l'erreur de phase en sinus ou en cosinus peut être récupérée séparément en utilisant les relations suivantes :

$$\begin{aligned} (\text{erreur de phase}) \text{ en cosinus} &= \frac{(I \cdot I_g + Q \cdot Q_g)}{\text{amplitude[en temps opportun]}} \\ (\text{erreur de phase}) \text{ en sinus} &= \frac{(I \cdot Q_g - Q \cdot I_g)}{\text{amplitude[en temps opportun]}} \end{aligned}$$

Ceci est plus facile du point de vue calcul que le calcul de l'erreur de phase elle-même.

Cette estimation de l'erreur de phase ne prend pas en compte des erreurs additionnelles qui résultent d'un cadencement d'échantillonnage incorrect. Ces erreurs additionnelles apparaissent en raison de la nature non idéale de la corrélation croisée des séquences de synchronisation de I et Q provoquées par le filtrage RRC et l'interpolation d'émission et de réception.

En référence à la figure 4, ces erreurs additionnelles disparaissent uniquement à l'instant précis

d'apparition du symbole. Cependant, conformément à l'invention, on peut réaliser un ajustement linéaire sur l'erreur de phase pour tenir compte de l'erreur de cadencement d'échantillonnage récupérée par les moyens de récupération. Ce réglage est indiqué sur la figure 3 par le flux de données marqué "ajustement de la phase".

La phase récupérée est délivrée par les moyens de récupération de phase 34 aux moyens de démodulation 36 pour corriger des erreurs de phase lors de la démodulation.

10 Correction de cadencement

En référence à la figure 3, le processus de correction de cadencement est autorisé par le renvoi par réaction de l'erreur de cadencement récupérée à partir des moyens 33 de récupération de cadencement au filtre RRC 31.

15 En tant que partie du processus de correction de cadencement, l'erreur de cadencement récupérée est délivrée en tant que signal d'entrée aux moyens 35 de réglage des coefficients RRC comme cela est indiqué par la commande marquée "correction de cadencement de paquets". Les moyens 35 de

20 réglage des coefficients RRC sont à même de régler les coefficients du filtre RRC 31 pour compenser des erreurs de cadencement dans le dispositif d'échantillonnage. Une table de consultation est prévue dans les moyens 35 de réglage des coefficients RRC et contient 16 ensembles de valeurs

25 pour les coefficients $h(0)$ à $h(k)$. Chaque ensemble de valeurs pour les coefficients fournit une réponse impulsionnelle pour le filtre, convenant pour une erreur de cadencement particulière. En référence à la figure 8, on y voit représenté un ensemble réglé de valeurs pour les coefficients de filtre marqués $h'(0)$ à $h'(k)$ (avec $k=8$ dans l'exemple simplifié représenté sur la figure 8) conjointement avec la courbe de réponse impulsionnelle associée B. La courbe de réponse impulsionnelle B est décalée le long de l'axe des temps et ce de la durée t_e par rapport à la

35 courbe de réponse impulsionnelle A. Cette durée t_e est

égale à l'erreur de cadencement que le filtre 31 doit absorber.

Les 16 ensembles de valeurs de coefficients correspondent à des erreurs de cadencement séparées par 1/16-
5 ème de la période d'échantillonnage T pour fournir une correction maximale d'une période d'échantillonnage. Le processus de correction de cadencement est par conséquent à même de corriger la gamme complète d'erreurs de cadencement possibles. Une correction de l'échantillonnage asynchrone
10 dans le récepteur est exécutée une fois pour chaque paquet de données radio reçu.

Démodulation

Les données réelles contenues dans le paquet de données radio sont démodulées après détection d'une
15 séquence de synchronisation valable (détection de données). La détection de données est signalée aux moyens de démodulation comme cela est représenté sur la figure 3 par l'intermédiaire de la ligne centrale marquée "démodulation d'un paquet". Les échantillons de données réelles I et Q
20 sont reçus par le démodulateur en provenance du filtre 31 et une démodulation est appliquée à chacun des échantillons I et Q de sorte que la démodulation se produit à la cadence des symboles.

La phase récupérée est corrigée dans le démodulateur de telle sorte que les échantillons I et Q reçus sont
25 alignés avec le diagramme d'ensemble pour le codage selon la modulation QPSK ou QAM.

Compte tenu de la description précédente, il est évident que différentes modifications peuvent être apportées dans le cadre de l'invention. Par exemple le code d'or
30 utilisé dans la séquence de synchronisation peut être remplacé par un code distinctif équivalent, ou bien les formes d'agencement du filtre peuvent être modifiées en incluant éventuellement le remplacement des filtres FIR par des
35 filtres à réponse impulsionnelle infinie (IIR).

REVENDICATIONS

1. Procédé pour corriger une erreur de cadencement d'échantillonnage dans un système de transmission de données numériques, dans lequel les données échantillonnées
5 sont traitées par un filtre numérique passe-bas (31) possédant une pluralité de coefficients de filtre, caractérisé en ce qu'il consiste à récupérer (en 33) une erreur de cadencement d'échantillonnage à partir de données échantillonnées par un récepteur, et régler (en 35) au moins un
10 coefficient parmi une pluralité de coefficients du filtre numérique en fonction de l'erreur de cadencement d'échantillonnage récupérée.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il est appliqué à un récepteur radio.

15 3. Procédé selon l'une ou l'autre des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que l'étape de récupération (en 33) d'une erreur de cadencement d'échantillonnage à partir de données échantillonnées par un récepteur comprend la corrélation des données échantillonnées avec au moins un
20 ensemble de données préalablement mémorisées dans le récepteur.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que les données échantillonnées par le récepteur comprennent une composante I en phase
25 et une composante Q déphasée de $\pi/2$.

5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que l'étape de récupération (en 33) d'une erreur de cadencement d'échantillonnage à partir de données échantillonnées par le récepteur comprend la mise en corrélation
30 complexe des composantes I et Q des données échantillonnées avec des ensembles de données I et Q préalablement mémorisées dans le récepteur.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que les données transmises
35 dans le système incluent une partie de marquage prédéterminé.

née précédant une zone de données.

7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que les ensembles de données préalablement mémorisées comprennent une séquence correspondant à la partie de marquage prédéterminée.

8. Procédé selon l'une ou l'autre des revendications 6 et 7, caractérisé en ce que la partie de marquage comprend une séquence de code d'or.

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que le filtre numérique passe-bas est un filtre RRC (en racine cosinus de limitation de bande) agencé sous la forme d'un filtre à réponse impulsionnelle finie (FIR).

10. Dispositif pour corriger une erreur de cadencement d'échantillonnage dans un système de transmission de données numériques, dans lequel les données échantillonnées sont traitées par un filtre numérique passe-bas (31) possédant une pluralité de coefficients de filtre, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens (33) de récupération du cadencement pour récupérer une erreur de cadencement d'échantillonnage à partir des données échantillonnées, par un récepteur, et des moyens de réglage (35) couplés aux moyens de récupération de cadencement, pour régler au moins un coefficient parmi la pluralité de coefficients du filtre numérique en fonction d'une erreur de cadencement d'échantillonnage récupérée.

11. Procédé de détection de données dans un récepteur radio numérique, dans lequel un signal reçu est échantillonné pour produire une série d'échantillons de signaux reçus, caractérisé en ce qu'il consiste à mettre en corrélation un ensemble d'échantillons de signaux reçus avec au moins un ensemble de données préalablement mémorisées dans le récepteur, comparer le résultat de corrélation à une valeur de seuil prédéterminée, et produire un signal de détection de données si le résultat de la corrélation

est supérieur à la valeur de seuil ou répéter le procédé avec un ensemble reçu ultérieurement d'échantillons de signaux reçus, si le résultat de la corrélation n'est pas supérieur à la valeur de seuil.

5 12. Procédé selon la revendication 11, caractérisé en ce que la cadence d'échantillonnage du récepteur est égal au moins au double de la cadence des symboles des données transmises.

10 13. Procédé selon l'une ou l'autre des revendications 11 et 12, caractérisé en ce que la corrélation est exécutée sur chaque n-ème échantillon parmi les échantillons de signaux reçus.

 14. Procédé selon la revendication 13, caractérisé en ce que n est supérieur à 1.

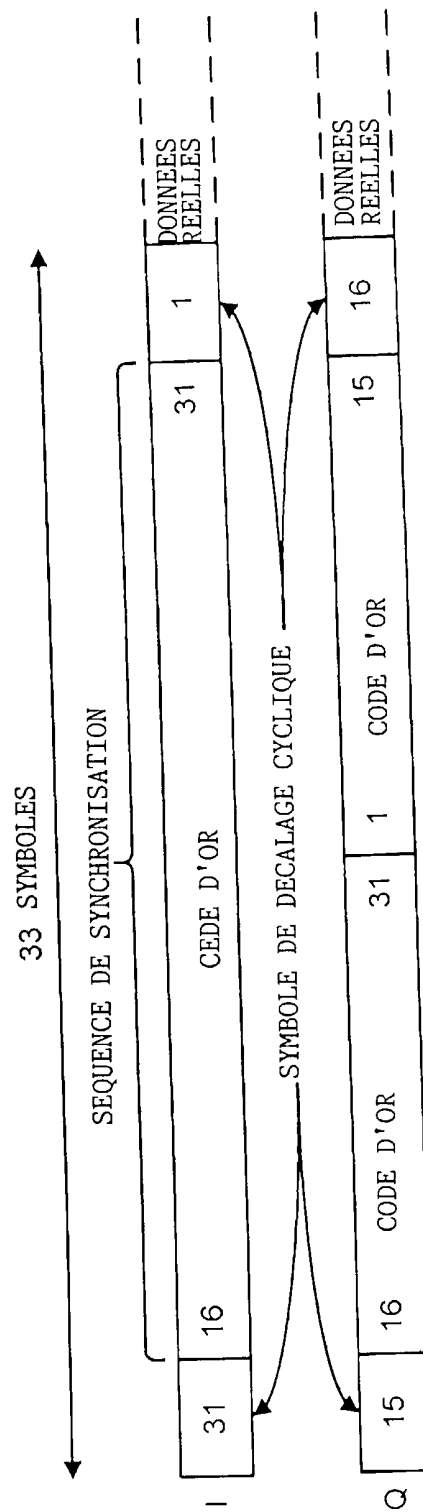
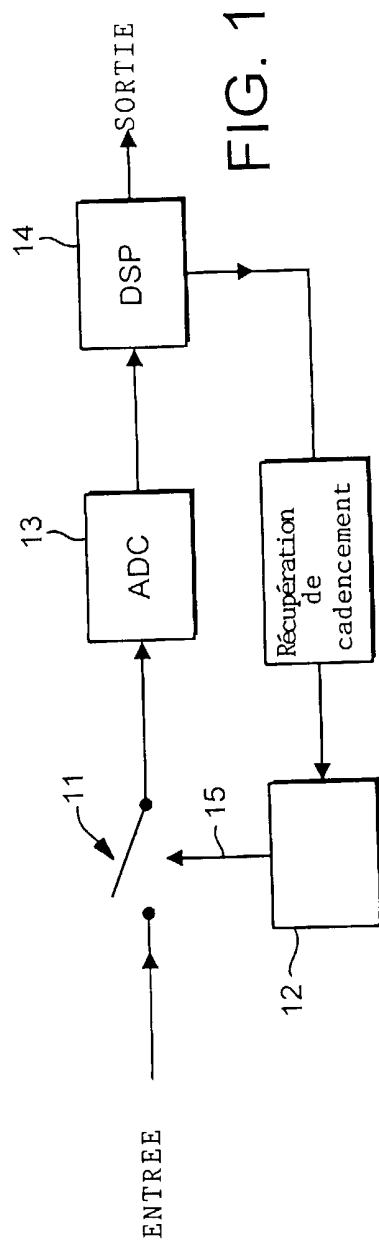
15 15. Procédé selon la revendication 14, caractérisé en ce que l'on a $n=2$.

 16. Procédé pour récupérer une erreur de phase associée à des échantillons de données I et Q reçus dans un récepteur radio numérique, caractérisé en ce qu'il comprend
20 la mise en corrélation complexe d'un ensemble d'échantillons de données I et Q reçus avec des ensembles de données I et Q préalablement mémorisés dans le récepteur pour produire une composante réelle de corrélation et une composante imaginaire de corrélation, traiter les composantes
25 réelle et imaginaire de corrélation pour déterminer une erreur de cadencement d'échantillonnage, traiter les composantes réelle et imaginaire de corrélation pour déterminer une estimation de l'erreur de phase et régler l'estimation de l'erreur de phase en fonction de l'erreur de cadencement
30 d'échantillonnage.

 17. Procédé selon la revendication 16, caractérisé en ce que l'erreur de phase est corrigée dans des données suivantes reçues.

35 18. Système de transmission de données numériques comprenant un émetteur pour transmettre des paquets de don-

nées numériques dans un canal radio, et un récepteur accordé sur l'émetteur et comprenant des moyens pour la mise en oeuvre d'un procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9 ou 11 à 17.



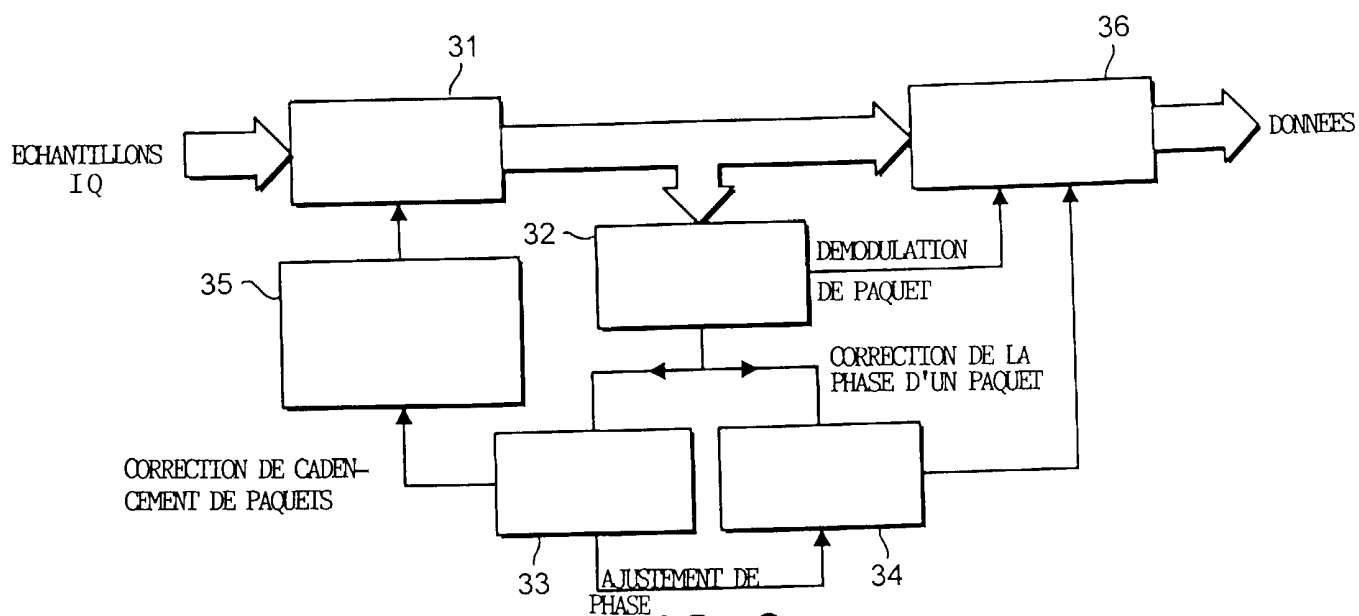


FIG. 3

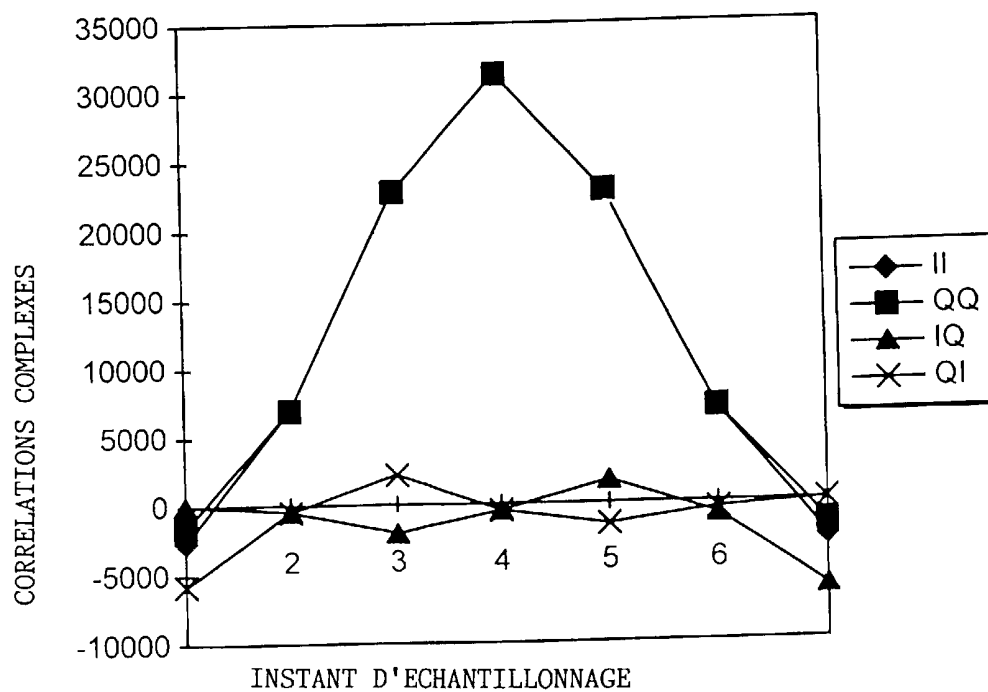


FIG. 4

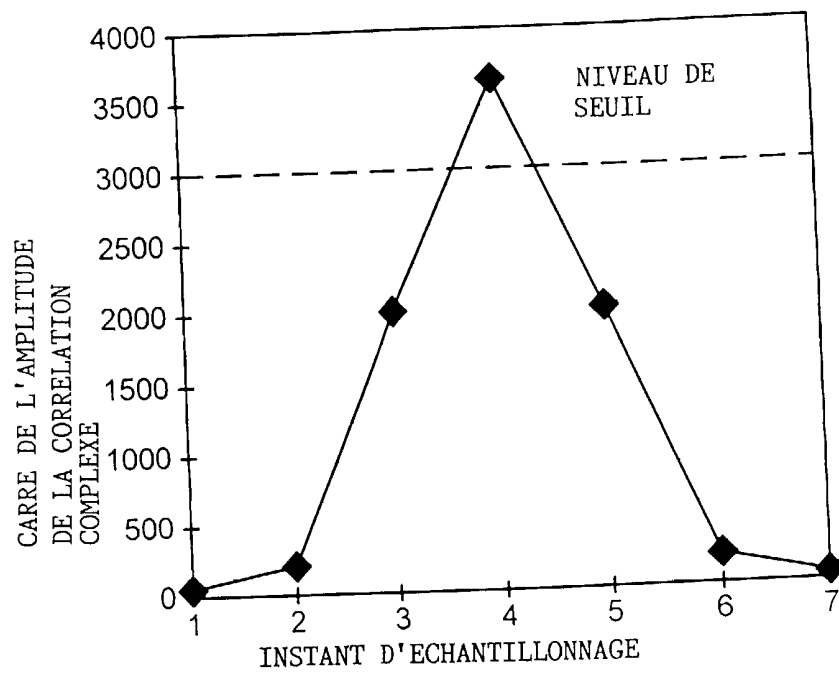


FIG. 5

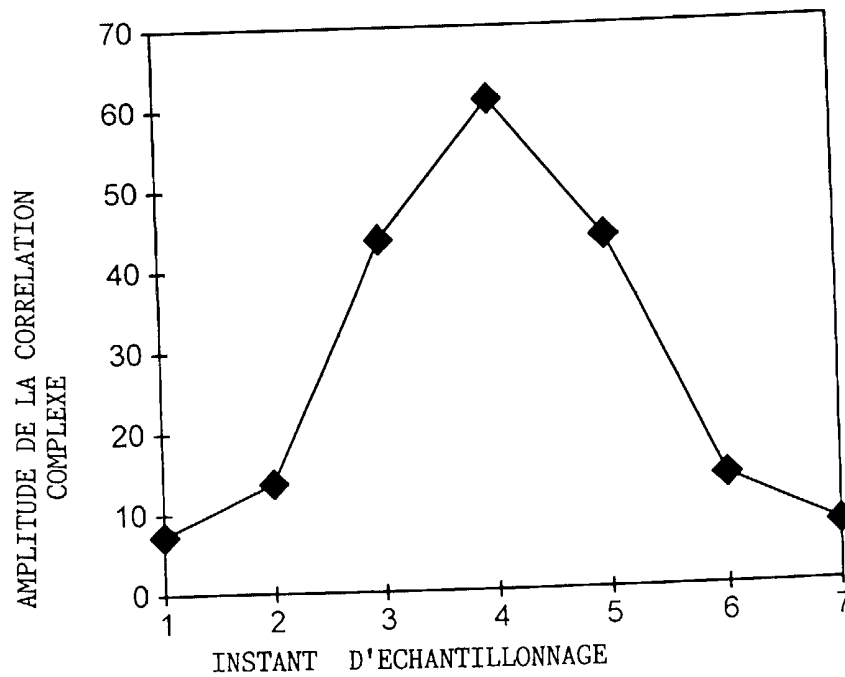


FIG. 6

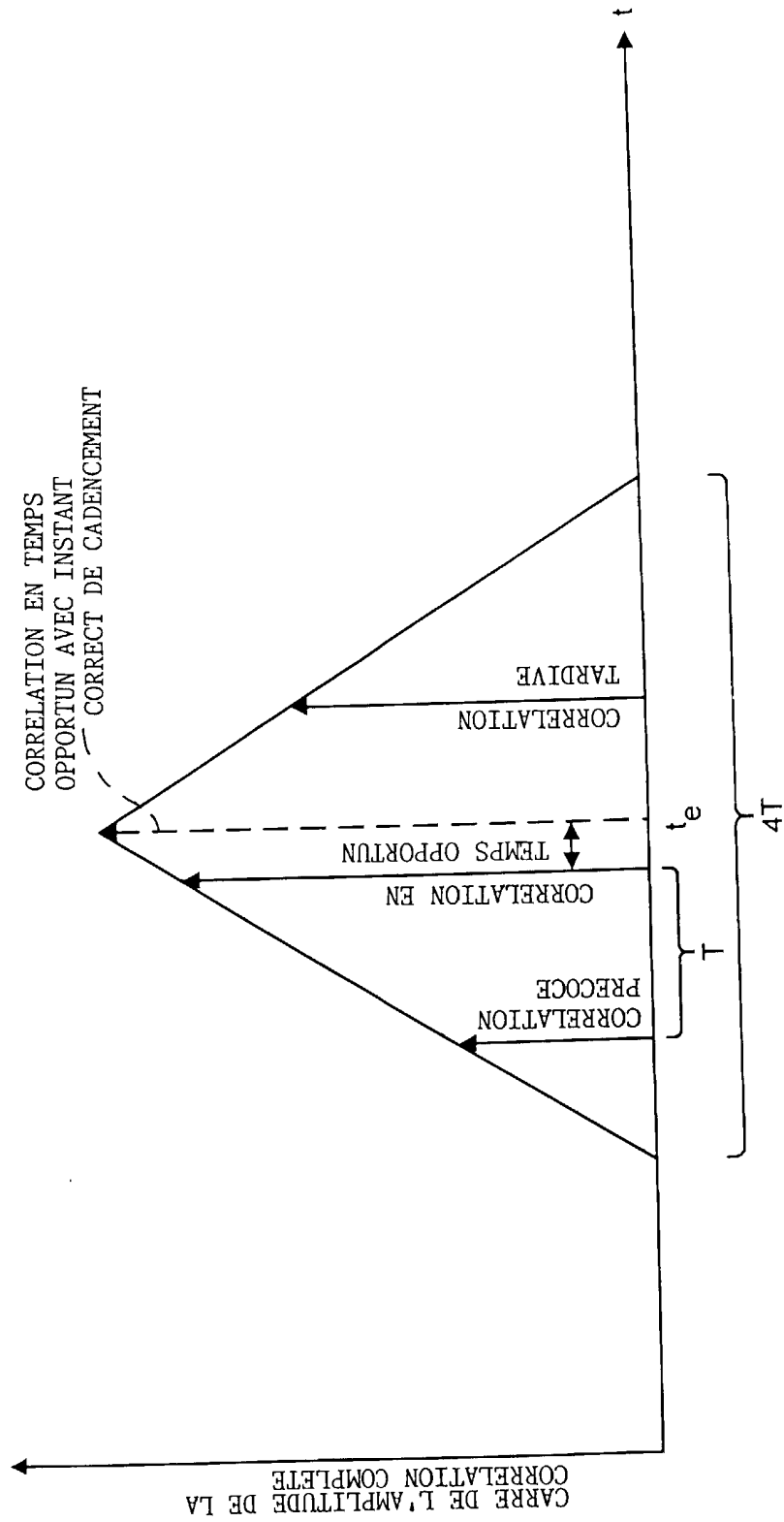


FIG. 7

