

12

## DEMANDE DE CERTIFICAT D'ADDITION À UN BREVET D'INVENTION

A2

22 Date de dépôt : 10 août 1989.

30 Priorité :

43 Date de la mise à disposition du public de la  
demande : BOPI « Brevets » n° 7 du 15 février 1991.

60 Références à d'autres documents nationaux appa-  
rentés : 1<sup>re</sup> addition au brevet 88 15855 pris le 2 dé-  
cembre 1988.

71 Demandeur(s) : APPLICATIONS ELECTRONIQUES  
TECHNIQUES AVANCEES A.E.T.A., Société anonyme. —  
FR.

72 Inventeur(s) : Daniel Cyprys.

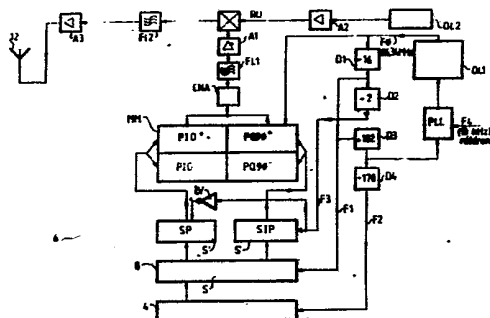
73 Titulaire(s) :

74 Mandataire(s) : Cabinet Netter.

54 Procédé et dispositif de modulation à gradient de phase minimal d'un signal représentatif de données.

57 Les données à transmettre sont converties en un signal  
modulant bipolaire décomposable en éléments alternés de rang  
pair ou impair.

Selon l'invention, les éléments bipolaires sont verrouillés à la  
cadence d'une horloge prédéterminée avec un décalage de  
phase de 90° selon la parité du rang desdits éléments. Puis  
une modulation d'amplitude s'effectue en modulant en polarité  
à partir du comptage des impulsions d'horloge modulo 2 ainsi  
que des éléments verrouillés, au moins deux suites principales  
d'échantillons 10+ et Q90+, alternés en polarité, les deux  
suites principales ayant une courbe enveloppe respective re-  
présentant une onde sinusoïdale symétrique décalée respecti-  
vement d'une largeur prédéterminée, enfin les échantillons  
ainsi modulés réunis sont convertis en un signal à modulation  
à gradient de phase minimal.



Procédé et dispositif de modulation à gradient de phase minimal d'un signal représentatif de données

L'invention concerne la transmission de données. Plus particulièrement, elle s'applique à la modulation à gradient de phase minimal d'un signal représentatif de données.

Dans la Demande de Brevet français FR-88 15855 (Brevet principal) déposée le 2 décembre 1988, les Demanderesses ont proposé un système de démodulation d'un signal représentatif de données transmis sous une modulation à gradient de phase minimal appelée MSK (de la terminologie anglo-saxonne "Minimum Shift Keying").

De façon connue, la modulation MSK consiste, au niveau de l'émetteur, à partir de deux ondes porteuses originellement en quadrature, à moduler lesdites ondes en amplitude en fonction des bits successifs, pris en alternat et conformés en arrondi, d'un signal numérique qui représente les données à transmettre. L'étendue de la modulation correspond à une inversion de phase, associée à une modulation d'amplitude.

En vue d'éviter les perturbations susceptibles d'être provoquées par les raies à fort niveau que peut présenter un signal modulé par une suite d'éléments binaires de période courte, l'homme de l'art étale généralement les données sous la forme de segments consécutifs d'une séquence pseudo-aléatoire.

La modulation MSK a pour avantage, d'une part, d'éviter des variations trop importantes de la courbe enveloppe du signal à transmettre grâce au décalage respectif des deux trains de données modulant les deux ondes porteuses, et, d'autre part, de réduire des variations d'amplitude au cours des sauts de phase grâce à la conformation en arrondi des bits par des sinusoides.

Or, un tel décalage entre les deux trains de données conformées en arrondi par des mêmes sinusoides, est technologiquement difficile à réaliser parfaitement sans faire appel à une électronique compliquée et onéreuse.

5

L'invention vient apporter une solution à ce problème.

Un but de l'invention est de fournir un système de modulation MSK à gradient de phase minimal d'un signal représentatif de données avec étalement du spectre desdites données et qui réalise un décalage parfait entre les deux trains de données conformées en arrondi, à l'aide d'une électronique simple et bon marché.

15 L'invention vise ainsi à bénéficier des bonnes qualités de transmission offerte par la modulation MSK, tout en simplifiant et minimisant les coûts de sa mise en oeuvre.

L'invention porte sur un procédé de transmission de données, du type dit à modulation à gradient de phase minimal, comprenant :

a) la conversion des données à transmettre en un signal modulant bipolaire décomposable en éléments alternés de rang pair ou impair ;

b) la modulation d'amplitude, en arrondi, d'un premier signal porteur de base en fonction desdits éléments de rang pair du signal modulant, et d'un second signal porteur de base, décalé en phase de  $90^\circ$  par rapport au premier, en fonction desdits éléments de rang impair du signal modulant ;

c) l'émission d'une onde tirée des deux signaux porteurs ainsi modulés.

35

Selon une définition générale de l'invention, l'étape b) comprend :

5 b1) la génération d'un signal d'horloge de base et d'au moins un sous-multiple de celle-ci ;

b2) le verrouillage desdits éléments bipolaires à la cadence du sous-multiple de l'horloge avec un décalage de phase de 90° selon la parité du rang desdits éléments ;  
10

b3) le comptage des impulsions d'horloge modulo 2 ;

b4) la modulation en polarité, à partir du comptage des impulsions d'horloge ainsi que des éléments verrouillés, d'au moins  
15 deux suites principales périodiques d'échantillons, alternés en polarité, les deux suites principales ayant une courbe enveloppe respective représentant une onde sinusoïdale symétrique décalée respectivement d'une largeur prédéterminée ;

20 b5) la réunion de tous les échantillons ainsi modulés ; et

b6) la conversion des échantillons ainsi réunis en un signal à modulation à gradient de phase minimal.

25 Dans le cadre d'un étalement du spectre des données, l'étape a) du procédé selon l'invention comprend la préparation du signal modulant, déduit des éléments des données à transmettre, sous la forme de segments alternés consécutifs d'au moins une séquence pseudo-aléatoire.

30

L'invention a également pour objet un dispositif émetteur pour la mise en oeuvre du procédé selon l'invention du type comprenant :

35 - une source propre à délivrer des données à transmettre ;

- des moyens de conversion des données à transmettre en un signal modulant bipolaire décomposable en éléments alternés de rang pair ou impair ;
- 5 - des moyens de modulation d'amplitude, en arrondi, d'une fréquence de base en fonction desdits éléments du signal modulant, avec un décalage de phase de  $90^\circ$  de la fréquence de base selon la parité du rang desdits éléments ; et
- 10 - des moyens d'émission d'un signal tiré du signal ainsi modulé.

Selon une caractéristique importante du dispositif selon l'invention, les moyens de modulation comprennent :

- 15 - des moyens de génération d'un signal d'horloge de base et d'au moins un sous-multiple de celle-ci ;
- des moyens de verrouillage desdits éléments bipolaires à  
20 la cadence du sous-multiple de l'horloge avec un décalage de phase de  $90^\circ$  selon la parité du rang desdits éléments ;
- des moyens de comptage des impulsions d'horloge modulo 2 ;
- 25 - des moyens de modulation en polarité à partir du comptage des impulsions d'horloge ainsi que des éléments verrouillés, d'au moins deux suites principales périodiques d'échantillons, alternés en polarité, les deux suites principales ayant une  
courbe enveloppe respective représentant une onde sinusoïdale  
30 symétrique décalée respectivement d'une largeur prédéterminée ;  
et
- des moyens de conversion des échantillons ainsi modulés réunis, en un signal à modulation à gradient de phase minimal.

35

Selon un mode de réalisation préféré du dispositif selon l'in-

vention, le dispositif comprend en outre un générateur de sé-  
quence pseudo-aléatoire, couplé à la source pour produire un  
signal modulant, déduit des éléments des données à transmettre,  
sous la forme de segments alternés consécutifs d'au moins une  
5 séquence pseudo aléatoire.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaî-  
tront à l'examen de la description détaillée ci-après et des  
dessins annexés, sur lesquels :

10

- la figure 1, identique à la figure 1 du Brevet principal,  
représente une vue schématique d'un émetteur de signaux modulés  
MSK de type connu ;

15

- la figure 2, identique à la figure 2 du Brevet principal,  
représente des chronogrammes illustrant les signaux d'émission  
modulés MSK de type connu ;

20

- la figure 2 bis est une vue schématique du modulateur MSK  
selon l'invention ;

25

- la figure 2 ter représente des chronogrammes illustrant les  
signaux bipolaires de la séquence pseudo-aléatoire et les si-  
gnaux bipolaires verrouillés à la cadence du sous-multiple  
de l'horloge de base selon l'invention ; et

30

Les dessins annexés comportent à de nombreux titres des élé-  
ments de caractère certain. Ils pourront donc non seulement  
servir à éclairer la description ci-après, mais aussi contri-  
buer à la définition de l'invention, le cas échéant.

35

Sur la figure 1, identique à la figure 1 du Brevet principal,

on a représenté le côté émetteur d'un système de transmission de données, de type connu, portant la référence générale 2 et qui comprend une source numérique 4 produisant le message numérique à transmettre et un émetteur 6 fournissant le signal 5 porteur du message qui doit transiter par un canal de transmission (non représenté).

De façon connue, l'émetteur 6 comprend des moyens d'émission 12, précédés d'un modulateur 10 du type à modulation à gradient de phase minimal MSK dans lequel les première et seconde ondes porteuses originellement en quadrature sont modulées par variation d'amplitude en fonction des bits successifs, pris en alternat, d'un signal délivré par la source numérique 4, dont les bits sont conformés en arrondi et qui représente les 15 données à transmettre.

De façon connue, un générateur de séquence pseudo-aléatoire 8 est couplé à la source numérique 4 pour produire au moins deux signaux bipolaires constitués de segments consécutifs, 20 pris en alternance, d'au moins une séquence pseudo-aléatoire, lesdits segments étant conformés en arrondi après modulation en polarité par les bits successifs des données à transmettre.

Le générateur de séquence pseudo-aléatoire 8 est par exemple 25 constitué d'un registre à décalage à 9 étages propres à délivrer une séquence pseudo-aléatoire de longueur maximale de 511 éléments. On supprime un élément binaire afin de scinder la séquence pseudo-aléatoire en un nombre entier non premier de segments consécutifs pseudo-aléatoires, c'est-à-dire en 30 510 segments. Avec une séquence pseudo-aléatoire de 510 éléments, on peut couvrir 3 bits de données, c'est-à-dire qu'un bit de données sera couvert par 170 segments pseudo-aléatoires.

Cette opération d'étalement du spectre de données permet de 35 réduire l'action néfaste des brouilleurs de transmission.

Sur la partie A de la figure 2, identique à celle du Brevet principal, on a représenté le train numérique délivré par la source numérique 4. Ce train est constitué d'éléments bipolaires de période  $T_n$ . Par exemple, le débit de transmission des éléments ou bits est de l'ordre de  $6.10^3$  bits/seconde ( $\frac{1}{T_n} = 6.10^3$  Hz).

Sur la partie B de la figure 2, identique à celle du Brevet principal, on a représenté une séquence pseudo-aléatoire scindée en 510 segments S ou "CHIPS" de période  $T_{sp}$ . Par exemple, la fréquence de la séquence pseudo-aléatoire a une valeur de l'ordre de  $10^6$  Hz ( $\frac{1}{T_{sp}} = 10.6$  Hz).

Sur les parties C et D de la figure 2, identiques à celles du Brevet principal, on a représenté les chronogrammes de deux ondes porteuses originellement en quadrature modulées par variation d'amplitude, en arrondi, respectivement suivant les premier et second signaux bipolaires B1 et B2 constitués de segments S' consécutifs, pris en alternance, de la séquence pseudo-aléatoire S.

En pratique, le signal bipolaire B1 est constitué des segments de rang pair S'0, S'2, S'4, ..., tandis que le signal bipolaire B2 est constitué des segments de rang impair S'1, S'3, S'5, .... Selon la parité du rang desdits segments S', les deux ondes porteuses présentent un décalage de phase de  $90^\circ$  (décalage en quadrature). Après modulation leurs amplitudes, conformées en arrondi, présentent un décalage respectif de la durée d'un demi-segment S'.

On remarquera que les segments S' des signaux bipolaires B1 et B2 ont une durée  $T_b$  double de celle des segments S de la séquence pseudo-aléatoire  $T_{sp}$  de manière à permettre la superposition des deux signaux bipolaires B1 et B2 en vue d'obtenir un signal à modulation à gradient de phase minimal.

Or, un tel décalage entre les deux signaux bipolaires conformés en arrondi est technologiquement difficile à obtenir. En effet, il y a lieu de prévoir une électronique sophistiquée, destinée à maintenir ce décalage aussi parfait que possible tout en conservant une même mise en forme en arrondi desdits signaux bipolaires.

Les Demanderesses se sont posé le problème de réaliser un système de modulation MSK remédiant à cet inconvénient.

10

Un tel système de modulation MSK selon l'invention est représenté sur la figure 2 bis.

On y retrouve la source numérique 4 produisant le message numérique à transmettre et un émetteur 6' distinct de l'émetteur 6 décrit en référence à la figure 1 et qui fournit le signal porteur du message qui doit transiter par un canal de transmission (non représenté).

20 Un générateur de séquence pseudo-aléatoire 8 identique à celui décrit en référence à la figure 1 produit un signal modulant (partie A de la figure 2 ter), déduit des données à transmettre sous la forme de segments consécutifs S d'au moins une séquence pseudo-aléatoire, identique par exemple à celle décrite en  
25 référence à la partie B de la figure 2.

Un oscillateur local commandé en tension O11 ayant une fréquence F0 par exemple de l'ordre de 16 MHz cadence le débit de la séquence pseudo-aléatoire à une valeur de l'ordre de  
30  $10^6$  chips/seconde (la fréquence F1 de la séquence pseudo-aléatoire est de l'ordre de 1 MHz) via un diviseur D1 propre à diviser par 16 la fréquence d'entrée F0. L'oscillateur O11 pilote également le débit de la source numérique 4 à une valeur par exemple de l'ordre de  $6 \cdot 10^3$  bits/seconde (la fréquence  
35 F2 de la source numérique est de l'ordre de 6 kHz) via le divi-

seur D1 et les diviseurs D3 et D4 respectivement propres à diviser la fréquence F1 par 102 et 170.

5 Une boucle à verrouillage de phase PLL intercalée entre le diviseur D3 et l'oscillateur local OLI corrige la fréquence et la phase de l'horloge dudit oscillateur local OLI en fonction du signal de sortie du diviseur D3, et d'une fréquence de référence F4 (ici égale à 10 kHz, par exemple).

10 Les segments S délivrés par le générateur pseudo-aléatoire 8 sont ensuite verrouillés dans des mémoires-verrou SP et SIP à la cadence de la fréquence F3 obtenue à la sortie d'un diviseur D2, avec un décalage de phase de  $90^\circ$  selon la parité du rang desdits segments S. Le diviseur D2 est propre à diviser par  
15 2 la sortie du diviseur D1.

Le décalage de phase est assuré par exemple par un inverseur IV. Il se traduit ici par un décalage respectif des segments bipolaires S" verrouillés de la durée d'un demi-segment  $T_a/2$ .

20

La fréquence F1 est deux fois plus rapide que la fréquence F3, il en résulte que les segments bipolaires S" verrouillés dans les mémoires-verrou SP et SIP respectivement selon la parité du rang des segments S ont une durée  $T_a$  double de celle  
25 des segments  $T_{sp}$  (parties B et C de la figure 2 ter).

A partir du comptage modulo 2 des impulsions d'horloge de fréquence F0 ainsi que du comptage des segments verrouillés S" à la cadence de la fréquence F3, on module en polarité au moins  
30 deux suites principales périodiques d'échantillons I0+ et Q90+, alternés en polarité, les deux suites principales ayant une courbe enveloppe respective représentant une onde sinusoïdale symétrique, décalée respectivement d'une largeur prédéterminée. En pratique, les suites principales I0+ et Q90+ comprennent  
35 une suite complémentaire respective I0- et Q90- constituée

d'échantillons de valeur algébrique opposée à celle des échantillons de sa suite principale respective.

Ces suites périodiques  $I0+$  et  $Q90+$  et leur complémentaire  $I0-$  et  $Q90-$  sont stockées dans des pages-mémoire d'une mémoire morte MM. Les échantillons peuvent résulter de la tabulation d'une onde enveloppe appropriée. Avantagement, cette enveloppe correspond à l'enveloppe qui résulterait du passage de l'onde porteuse modulée à travers un filtre de limitation de bande à phase linéaire.

On se réfère maintenant à la figure 2 quater qui représente des chronogrammes illustrant les suites périodiques d'échantillons.

Sur la partie A de la figure 2 quater, on a représenté la courbe enveloppe de la suite périodique d'échantillons  $I0+$ , contenue dans la page-mémoire  $PI0+$ . Il s'agit d'une courbe enveloppe d'une onde sinusoidale symétrique de période  $T_a$  contenant par exemple 16 échantillons e alternés en polarité, espacés les uns des autres d'une largeur d'un échantillon.

Avantageusement, il s'agit d'échantillons ou impulsions mi-largeur, qui ne modifient pas la répartition spectrale de la puissance du signal.

Sur la partie B de la figure 2 quater, on a représenté la courbe enveloppe de la suite périodique d'échantillons  $I0-$  contenue dans la page-mémoire  $PI0-$ . Il s'agit d'une courbe enveloppe d'une onde sinusoidale symétrique, identique à celle de  $I0+$  mais constituée d'échantillons de valeur algébrique opposée à celle de  $I0+$ .

Sur la partie C de la figure 2 quater, on a représenté la courbe enveloppe de la suite périodique d'échantillons  $Q90+$  conte-

nue dans la page-mémoire PQ90+. Il s'agit d'une courbe enveloppe d'une onde sinusoïdale symétrique identique à celle de I0+, mais avec un décalage avec I0+ d'une largeur prédéterminée.

- 5 Sur la partie D de la figure 2 quater, on a représenté la courbe enveloppe de la suite périodique d'échantillons Q90- contenus dans la page-mémoire PQ90-. Il s'agit d'une courbe enveloppe d'une onde sinusoïdale symétrique, identique à celle de Q90+ mais constituée d'échantillons de valeur algébrique opposée à celle de Q90+.
- 10

En pratique, les échantillons des suites I0+ et I0- sont décalés par rapport aux échantillons des suites Q90+ et Q90- d'une largeur d'un échantillon de manière à permettre leur imbrication, ce qui est possible avec des échantillons demi-largeur sans déformation du spectre.

15

Ces suites périodiques d'échantillons sont destinées à être modulées par les segments S" verrouillés dans les mémoires-verrou SP et SIP à la cadence de F1 avec un décalage de phase de 90° selon la parité du rang des segments S délivrés par le générateur pseudo-aléatoire 8. En conséquence, les suites périodiques d'échantillons I0+ et I0- sont décalées respectivement par rapport aux suites Q90+ et Q90- d'un demi-segment S"/2 de manière à être en décalage de phase de 90° (en quadrature).

20

25

C'est à partir du comptage modulo 2 des impulsions d'horloge ainsi que du comptage des éléments verrouillés S" que l'on module en polarité les suites périodiques d'échantillons. Plus précisément, le segment S"-1 module en polarité la suite périodique d'échantillons contenue dans la page-mémoire PI0- ; le segment S"1 module en polarité la suite périodique d'échantillons contenue dans la page-mémoire PI0+ ; et les segments S"0 et S"2 modulent en polarité la suite périodique d'échantillons

30

35

contenue dans la page-mémoire PQ90+. Le comptage peut être effectué par des compteurs classiques (non représentés).

5 Ensuite, tous les échantillons ainsi modulés par les segments consécutifs S" sont réunis. En fait, ils se présentent successivement en sortie de la mémoire MM, selon l'adressage de celle-ci.

10 Un convertisseur numérique/analogique CNA traite ensuite les échantillons ainsi réunis de manière à délivrer un signal MSK de fréquence de l'ordre de 4,08 MHz modulés en amplitude selon les segments verrouillés dans les mémoires-verrou SP et SIP. Ce signal est obtenu à travers un filtre FL1.

15 Nous avons vu ci-avant qu'un bit de données couvre 170 chips ou segments S. En conséquence, à la sortie de la mémoire MM, il y a lieu selon la polarité du bit de prendre le signal ainsi obtenu ou son opposé algébrique (soit en adressant convenablement la mémoire, soit en jouant sur le convertisseur numérique/  
20 analogique CNA).

Le filtre FL1 devrait être un filtre de limitation de bande, à phase linéaire, si l'onde enveloppe tabulée était sinusoïdale. Comme indiqué plus haut, un choix convenable de l'enveloppe  
25 tabulée permet de se contenter en FL1 d'un simple filtre éliminateur d'harmoniques, beaucoup moins onéreux. Il est suivi d'un amplificateur A1.

Le signal MSK de fréquence de 4,08 MHz peut être émis à une  
30 fréquence de l'ordre de 70 MHz par l'intermédiaire d'une voie d'émission comprenant un oscillateur local OL2 propre à délivrer des signaux de fréquence de l'ordre de 65,92 MHz, un amplificateur A2, un mélangeur RU pour faire le produit des signaux issus respectivement des amplificateurs A1 et A2, des  
35 moyens de filtrage FL2, un amplificateur A3 et des moyens

d'émission 12 identiques à ceux décrits en référence à la figure 1.

L'invention permet ainsi de réaliser un signal à modulation  
5 à gradient de phase à l'aide d'une électronique numérique bon marché dont la mise en oeuvre est simple.

L'homme de l'art comprendra que le procédé numérique décrit  
10 permet de synthétiser une enveloppe de conformation "arrondie" qui n'est pas une sinusoïde, mais qui résulterait du passage, dans un filtre de limitation de bande spectrale, écartant le spectre non utile, d'un signal ayant une enveloppe conformée selon une courbe de base désirée.

15 Le passage dans le filtre considéré a pour effet d'altérer la forme de la courbe enveloppe, ce qui peut être pris en compte par les valeurs des échantillons tabulés. Cette altération s'accompagne d'un "étalement" temporel des enveloppes de part et d'autre des limites théoriques (correspondant à un spectre  
20 infini) ; une interférence entre symboles inévitable en résulte ; on peut alors considérer tous les cas possibles de succession des signaux pour calculer l'ensemble des échantillons possibles à tabuler.

Revendications

1. Procédé de transmission de données, du type dit à modulation à gradient de phase minimal, selon l'une des revendications  
5 du Brevet principal, comprenant :

a) la conversion des données à transmettre en un signal modulant bipolaire décomposable en éléments alternés de rang pair ou impair ;

10

b) la modulation d'amplitude, en arrondi, d'un premier signal porteur de base en fonction desdits éléments de rang pair. du signal modulant, et d'un second signal porteur de base, décalé en phase de  $90^\circ$  par rapport au premier, en fonction desdits  
15 éléments de rang impair du signal modulant ;

c) l'émission d'une onde tirée des deux signaux porteurs ainsi modulés,

20 caractérisé en ce que l'étape b) comprend :

b1) la génération d'un signal d'horloge de base et d'au moins un sous-multiple de celle-ci ;

25 b2) le verrouillage desdits éléments bipolaires à la cadence du sous-multiple de l'horloge avec un décalage de phase de  $90^\circ$  selon la parité du rang desdits éléments ;

b3) le comptage des impulsions d'horloge modulo 2 ;

30

b4) la modulation en polarité à partir du comptage des impulsions d'horloge ainsi que des éléments verrouillés, d'au moins deux suites principales périodiques d'échantillons, alternés en polarité, les deux suites principales ayant une courbe enveloppe respective représentant une onde sinusoïdale symétrique  
35 décalée respectivement d'une largeur prédéterminée ;

b5) la réunion de tous les échantillons ainsi modulés ; et

b6) la conversion des échantillons ainsi réunis en un signal à modulation à gradient de phase minimal.

5

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'étape a) comprend :

10 a1) la préparation du signal modulant, déduit des éléments des données à transmettre, sous la forme de segments alternés consécutifs d'au moins une séquence pseudo-aléatoire.

15 3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que les deux courbes enveloppes sinusoïdales symétriques représentant les deux suites principales d'échantillons sont décalées respectivement de la durée d'un demi-élément verrouillé tandis qu'à l'intérieur desdites courbes enveloppes les échantillons sont décalés respectivement de la largeur d'un échantillon.

20

4. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on ajuste la génération d'un signal d'horloge de base à une fréquence (F0) de l'ordre de 16 MHz.

25 5. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'on ajuste le débit des données (F2) à transmettre à une valeur de l'ordre de 6 kbits/seconde.

30 6. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'on ajuste la fréquence (F1) de la séquence pseudo-aléatoire à une valeur de l'ordre de 1 MHz.

35 7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que la séquence pseudo-aléatoire est scindée en 510 segments, un élément binaire de données étant couvert par 170 segments.

8. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que chaque élément verrouillé module une suite périodique de 16 échantillons.
- 5 9. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que les échantillons d'une même suite sont espacés les uns des autres d'une largeur d'un échantillon.
- 10 10. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'étape b4) comprend :
- b4-1) le stockage initial dans une mémoire morte (MM) d'au moins les deux suites principales périodiques d'échantillons.
- 15 11. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que les suites principales comprennent une suite complémentaire respective constituée d'échantillons de valeur algébrique opposée à celle des échantillons de sa suite principale respective.
- 20 12. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'étape c) comprend :
- c1) la génération d'un signal d'horloge d'émission ; et
- 25 c2) l'émission du signal à modulation à gradient de phase minimal obtenu à l'étape b6) à la cadence du signal d'horloge d'émission ajoutée de celle du signal à modulation à gradient de phase minimal.
- 30 13. Dispositif émetteur pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une des revendications 1 à 12, du type comprenant :
- une source (4) propre à délivrer des données à transmettre ;
  - 35 - des moyens de conversion des données à transmettre en un

signal modulant bipolaire décomposable en éléments alternés de rang pair ou impair ;

- des moyens de modulation d'amplitude, en arrondi, d'un premier signal porteur de base en fonction desdits éléments de rang pair du signal modulant, et d'un second signal porteur de base, décalé en phase de  $90^\circ$  par rapport au premier, en fonction desdits éléments de rang impair du signal modulant ;
- 10 - des moyens d'émission (12) d'une onde tirée des deux signaux porteurs ainsi modulés,

caractérisé en ce que les moyens de modulation comprennent :

- 15 - des moyens de génération (OL1) d'un signal d'horloge de base et d'au moins un sous-multiple de celle-ci ;
- des moyens de verrouillage (SP et SIP) desdits éléments bipolaires à la cadence du sous-multiple de l'horloge avec un décalage de phase de  $90^\circ$  selon la parité du rang desdits éléments ;
- 20 - des moyens de comptage des impulsions d'horloge modulo 2 ;
- des moyens de modulation en polarité à partir du comptage des impulsions d'horloge ainsi que des éléments verrouillés, d'au moins deux suites principales périodiques d'échantillons  $I_{0+}$  et  $Q_{90+}$ , alternés en polarité, les deux suites principales ayant une courbe enveloppe respective représentant une onde sinusoïdale symétrique décalée respectivement d'une largeur
- 30 prédéterminée ; et
- des moyens de conversion (CNA) des échantillons ainsi modulés, réunis, en un signal à modulation à gradient de phase minimal.

35

14. Dispositif selon la revendication 13, caractérisé en ce

qu'il comprend en outre un générateur de séquence pseudo-aléatoire (8), couplé à la source (4) pour produire un signal modulant, déduit des éléments des données à transmettre, sous la forme de segments alternés consécutifs d'au moins une séquence  
5 pseudo-aléatoire.

15. Dispositif selon la revendication 13, caractérisé en ce que les deux courbes enveloppes sinusoïdales symétriques représentant les deux suites principales d'échantillons sont déca-  
10 lées respectivement de la durée d'un demi-élément verrouillé tandis qu'à l'intérieur desdites courbes enveloppes les échantillons sont décalés respectivement de la largeur d'un échantillon.

15 16. Dispositif selon la revendication 13, caractérisé en ce que les moyens de génération d'un signal d'horloge (OLL) sont propres à délivrer un signal d'horloge d'une fréquence de l'ordre de 16 MHz.

20 17. Dispositif selon la revendication 13, caractérisé en ce que le débit de la source (4) est de l'ordre de 6 kbits/seconde.

25 18. Dispositif selon la revendication 15, caractérisé en ce que le débit du générateur de séquence pseudo-aléatoire (8) est de l'ordre de  $10^6$  éléments/seconde.

30 19. Dispositif selon la revendication 18, caractérisé en ce que la séquence pseudo-aléatoire est scindée en 510 segments, un élément binaire étant couvert par 170 segments.

20. Dispositif selon la revendication 13, caractérisé en ce que chaque segment verrouillé s' module en polarité une suite périodique de 16 échantillons.

35

21. Dispositif selon la revendication 13, caractérisé en ce

que les échantillons d'une même suite sont espacés les uns des autres d'une largeur d'un échantillon.

22. Dispositif selon la revendication 13, caractérisé en ce  
5 qu'il comprend en outre une mémoire morte (MM) dans laquelle  
sont stockées au moins les deux suites principales périodiques  
d'échantillons (I0+ et Q90+).

23. Dispositif selon la revendication 13, caractérisé en ce  
10 que les suites principales (I0+ et Q90+) comprennent une suite  
complémentaire respective (I0- et Q90-) constituée d'échantil-  
lons de valeur algébrique opposée à celle des échantillons  
de sa suite principale respective.

15 24. Dispositif selon la revendication 13, caractérisé en ce  
qu'il comprend en outre des moyens de génération d'un signal  
d'horloge d'émission (OL2) en vue d'émettre le signal à modula-  
tion à gradient de phase à la fréquence dudit signal d'horloge  
d'émission ajoutée de celle du signal à modulation à gradient  
20 de phase minimal.

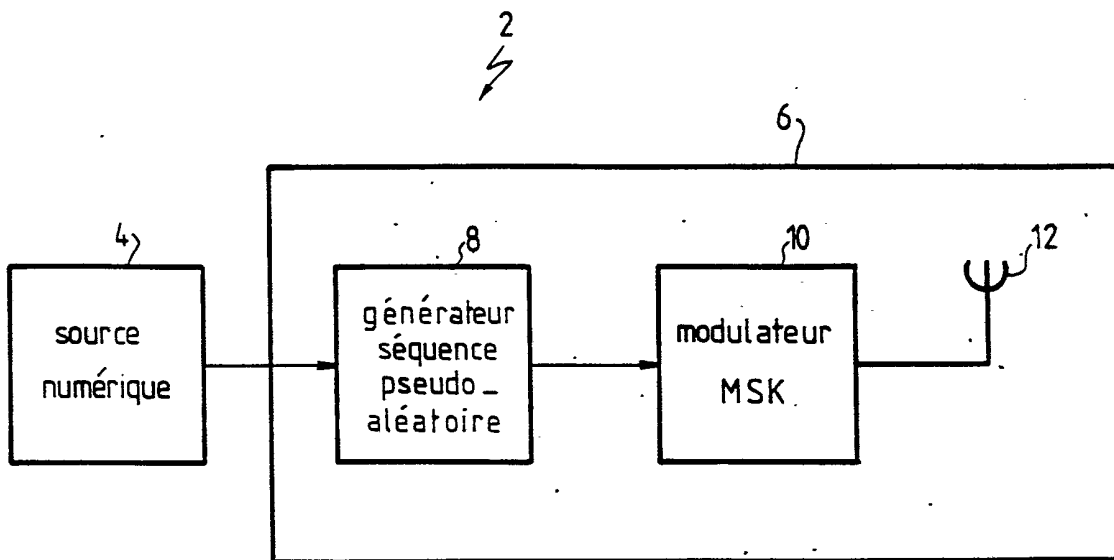


FIG.1

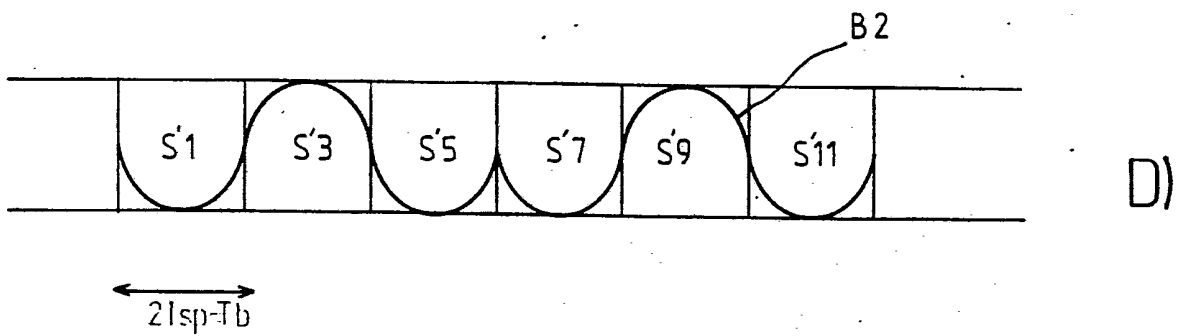
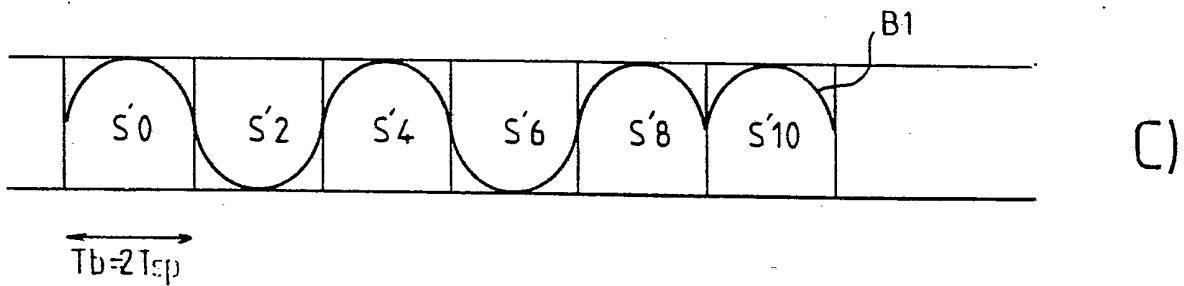
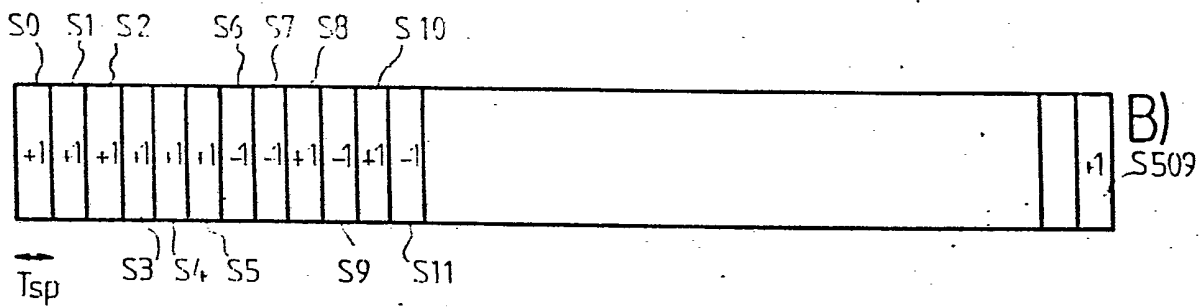
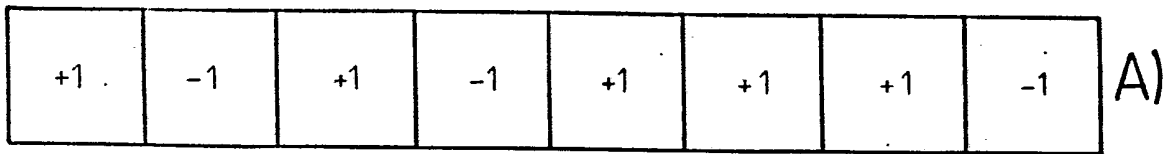


FIG.2



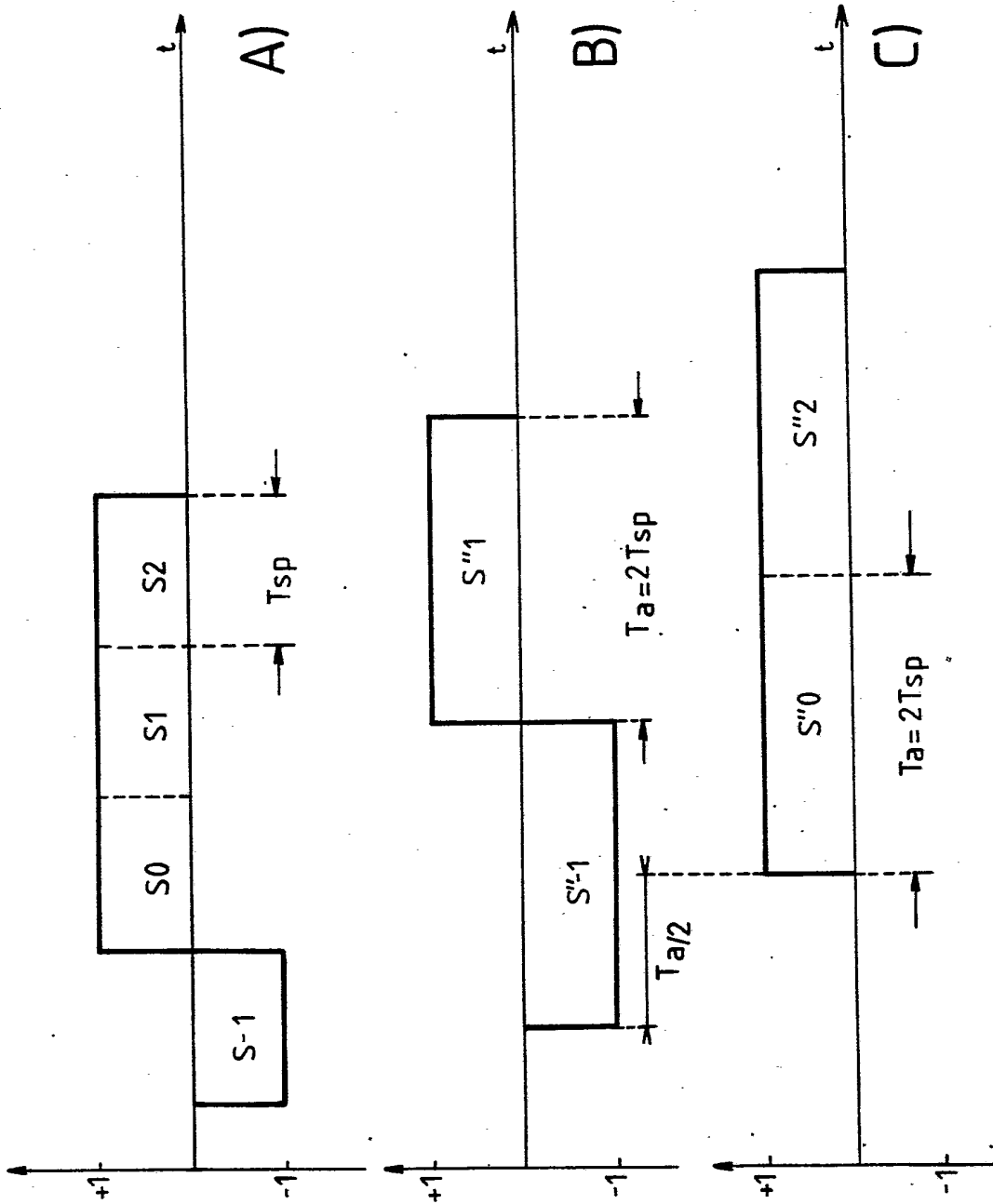
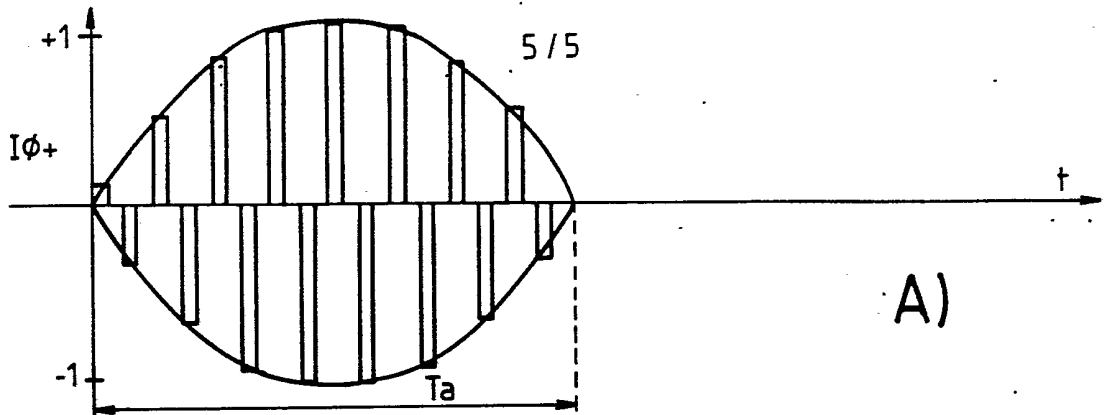
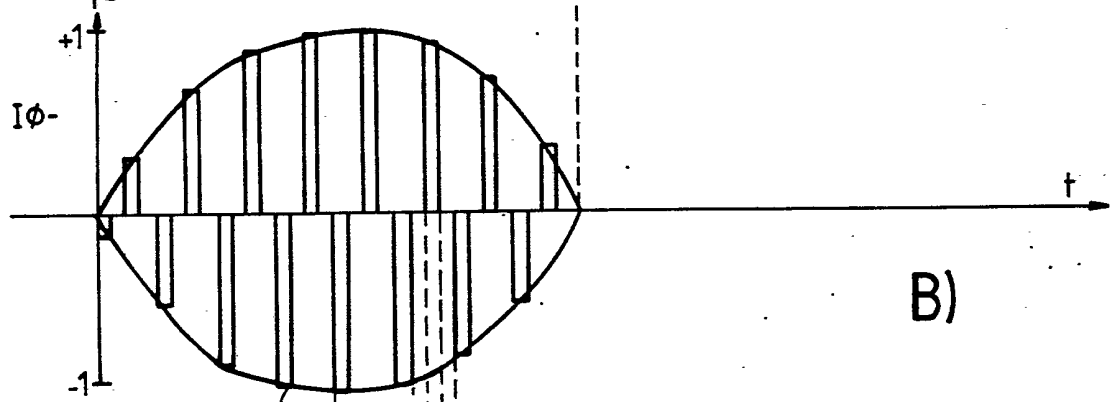


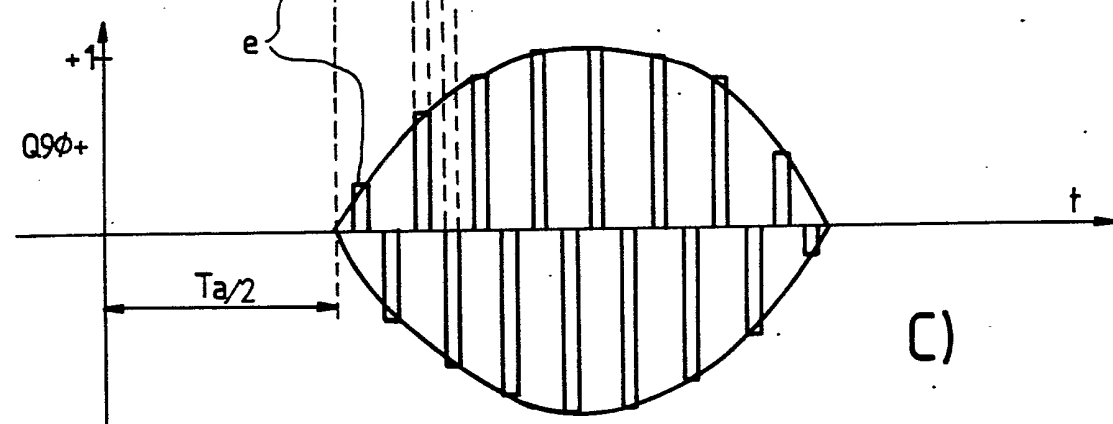
FIG.2ter



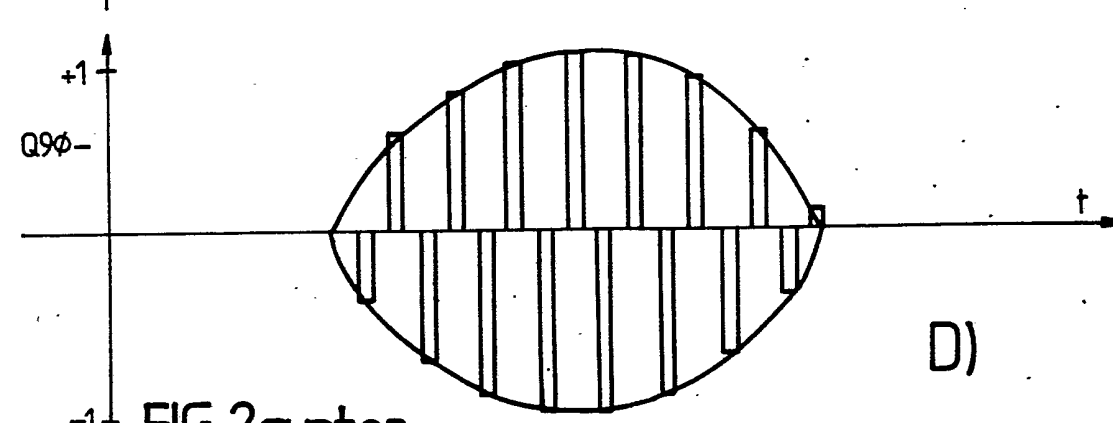
A)



B)



C)



D)

FIG. 2 quarter