

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 80 18817

(54) Appareil et procédé de reproduction d'information numérique enregistrée sur un support magnétique.

(51) Classification internationale (Int. Cl. 3). G 11 B 5/09.

(22) Date de dépôt 29 août 1980.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée : *Grande-Bretagne, 31 août 1979, n° 7930355.*

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande B.O.P.I. — « Listes » n° 10 du 6-3-1981.

(71) Déposant : Société dite : INTERNATIONAL COMPUTERS LIMITED, résidant en Grande-Bretagne.

(72) Invention de : Gordon George Scarrott.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Beau de Loménie,
55, rue d'Amsterdam, 75008 Paris.

La présente invention concerne les appareils et les procédés d'enregistrement magnétique sous forme numérique, en particulier pour l'enregistrement sous densité élevée, par exemple sur disques magnétiques.

5 Les processus d'enregistrement magnétique peuvent se diviser en deux parties, qui, en ce qui concerne l'enregistrement sous forme numérique, sont ordinairement appelés les processus d'écriture et les processus de lecture. Dans l'enregistrement numérique sous densité élevée, le processus d'écriture consiste normalement
10 à enregistrer l'information numérique sous forme d'une série de transitions entre régions d'un support magnétique qui sont approximativement complètement magnétisées en sens opposés. Ce processus exploite les propriétés d'enregistrement non linéaires du support et permet d'écrire des transitions très rapprochées l'une de l'autre. Il
15 n'existe pas de non-linéarités correspondantes dans le processus de lecture, si bien que les impulsions lues qui résultent de transitions voisines se chevauchent et se superposent puisque les transitions sont très rapprochées les unes des autres. Une telle situation, que l'on désignera ci-après par l'expression "interférence", rend difficile la distinction entre impulsions différentes et le rétablissement de l'information enregistrée. On peut donc écrire des transitions
20 à un degré de resserrement qui dépasse les capacités de résolution du processus de lecture.

Le processus de lecture est donc le facteur qui
25 limite la densité avec laquelle l'information peut être enregistrée. Si celui-ci pouvait être amélioré, on pourrait augmenter la capacité de stockage du support et la vitesse avec laquelle les données peuvent être lues.

L'invention propose un dispositif d'enregistrement magnétique sous forme numérique dont le canal de lecture comporte
30 une tête de lecture et un filtre transversal d'onde acoustique de surface possédant des caractéristiques telles qu'il est possible de transformer ou d'aider à transformer la forme d'onde de lecture en une forme d'onde à partir de laquelle le rétablissement de l'information enregistrée est facilité.
35

L'invention propose un appareil de reproduction d'information numérique enregistrée sur un support magnétique sous forme de transitions entre régions du support magnétisées en sens opposés, l'appareil comprenant :

- 5 une tête de lecture qui délivre une forme d'onde de lecture lors du déplacement relatif du support magnétique et de la tête de lecture, la forme d'onde de lecture étant constituée d'impulsions de lecture résultant chacune du déplacement relatif d'une seule desdites transitions vis-à-vis de la tête de lecture, et les
- 10 impulsions de lecture étant soumises à une interférence mutuelle;
- un moyen transformant la forme d'onde de lecture en une forme d'onde transformée, ce moyen comprenant en série un modulateur conçu pour moduler une onde porteuse en fonction d'un signal d'entrée déduit du signal de sortie de la tête de lecture, un filtre
- 15 transversal d'onde acoustique de surface, et un démodulateur conçu pour éliminer l'onde porteuse; et
- un moyen qui extrait de la forme d'onde transformée un signal numérique dépendant de l'information enregistrée;
- les caractéristiques du filtre transversal d'onde
- 20 acoustique de surface étant choisies, en relation avec celles des autres parties du moyen de transformation, de façon à faciliter l'extraction dudit signal numérique par un ajustement de la manière dont, ou au moins par réduction du degré auquel, les formes transformées des impulsions de lecture interfèrent les unes avec les autres
- 25 dans la forme d'onde transformée.

L'invention propose également un procédé de lecture d'information numérique enregistrée sur un support magnétique sous forme de transitions entre régions du support magnétisées en sens opposés, le procédé consistant à :

- 30 produire un déplacement relatif entre le support magnétique et une tête de lecture, la tête de lecture étant alors amenée à lire une forme d'onde de lecture constituée d'impulsions de lecture résultant chacune du déplacement relatif d'une seule desdites transitions vis-à-vis de la tête de lecture, les impulsions
- 35 de lecture étant soumises à une interférence mutuelle ;

 transformer la forme d'onde de lecture en une forme d'onde transformée à l'aide d'un moyen qui comprend en série un

modulateur dans lequel une onde porteuse est modulée en fonction d'un signal d'entrée déduit du signal de sortie de la tête de lecture, un filtre transversal d'onde acoustique de surface, et un démodulateur dans lequel ladite onde porteuse est éliminée; et

5 extraire de la forme d'onde transformée un signal numérique dépendant de la formation enregistrée;

les caractéristiques du filtre transversal d'onde acoustique de surface étant choisies, en relation avec celles des autres parties du moyen de transformation, de façon à faciliter
10 l'extraction dudit signal numérique par commande de la manière dont, ou au moins réduction du degré auquel, les formes transformées des impulsions de lecture interfèrent les unes avec les autres dans la forme d'onde transformée.

L'utilisation d'un filtre transversal d'onde acoustique de surface selon l'invention rend possible d'accroître la
15 densité à laquelle l'information peut être enregistrée par comparaison avec le cas où l'information est rétablie à partir de la forme d'onde de lecture non transformée.

La description suivante, conçue à titre d'illustration de l'invention, vise à donner une meilleure compréhension de ses
20 caractéristiques et avantages; elle s'appuie sur les dessins annexés, parmi lesquels :

- la figure 1 est un schéma de principe du dispositif;
- 25 - la figure 2 présente des formes d'onde apparaissant en divers points du dispositif;
- la figure 3 présente des formes d'onde de façon plus détaillée; et
- la figure 4 illustre la manière dont la forme d'onde
30 transformée de la figure 3 est obtenue.

Comme on peut le voir sur la figure 1, le dispositif écrit et lit des données numériques sur un support magnétique 1. Ce support peut être par exemple un disque magnétique, bien que la technique qui va être décrite puisse également s'appliquer à d'autres
35 systèmes d'enregistrement numérique sous densité élevée.

L'information à enregistrer est délivrée sous forme de courant d'écriture à une tête d'écriture 2 devant laquelle le

support passe. Le courant d'écriture bascule entre une valeur positive et une valeur négative (voir également la forme d'onde de la partie a de la figure 2). Lorsque le courant conserve une de ces valeurs, il magnétise le support de façon saturée dans un sens; après avoir basculé à l'autre valeur, il magnétise le support dans les sens opposés; et, entre les deux régions magnétisées en sens opposés se trouve une très mince région de transition qui coïncide avec l'instant du basculement.

Les instants auxquels il est permis que ce basculement ait lieu apparaissent à des intervalles uniformément répartis. Les transitions ne peuvent donc se produire qu'en des positions possibles qui sont uniformément réparties sur le support. Dans la partie a de la figure 2, elles ont été interprétées comme représentant une suite de bits qui apparaissent chacun à l'une des positions possibles et qui utilisent un mode de codage par non retour à zéro selon lequel une valeur "un" est représentée par une transition en une position possible et une valeur "zéro" est représentée par l'absence de transition en une position possible. C'est la représentation la plus compacte si l'on suppose que les positions auxquelles des transitions peuvent avoir lieu sont séparées de la distance la plus faible autorisée par le dispositif. La série de bits enregistrée peut être elle-même un codage des données initiales.

L'information enregistrée sur le support 1 est lue par une tête de lecture 3. La tête de lecture est représentée distinctement de la tête d'écriture 2, puisque ceci permet d'optimiser de façon indépendante les deux têtes, mais, si cela est souhaitable, il est possible d'utiliser une tête de lecture-écriture combinée.

Lors d'une opération de lecture, le support magnétique 1 défile devant la tête de lecture 3, et les variations de flux détectées par la tête induisent une tension dans les enroulements de la tête. Des variations de flux ne sont ressenties que dans le voisinage des transitions, et une transition particulière donne naissance à une impulsion de lecture en forme de cloche telle que l'une des impulsions présentée sur la partie b de la figure 2. Puisque le processus de lecture est effectivement linéaire, les impulsions résultant de transitions différentes peuvent s'ajouter pour produire la

forme d'onde de lecture complète, qui est représentée sur la partie c de la figure 2.

On voit que les impulsions venant de transitions adjacentes interfèrent entre elles. Puisque les transitions changent de sens, les impulsions de lecture distinctes changent de signe, et l'interférence entre les impulsions abaisse et déplace les pics de la forme d'onde. Plus les transitions portées par le support sont rapprochées, plus ces effets deviennent prononcés, et il n'est finalement plus possible de distinguer de manière fiable les impulsions initiales et de rétablir l'information enregistrée. A ce point, la limite du rapprochement des bits qui peuvent être enregistrés sur le support 1 a été atteinte.

Selon l'invention, la forme d'onde de lecture est transformée en une forme d'onde à partir de laquelle l'information enregistrée peut être rétablie plus aisément. Cette transformation est principalement effectuée par un filtre transversal d'onde acoustique de surface désigné par la référence 4. Le filtre 4 réalise son effet non sur la forme d'onde de lecture elle-même, mais sur la forme d'onde qui a été modulée par un modulateur d'amplitude 5 sur une onde porteuse de haute fréquence venant d'une source 6. Le signal de sortie du filtre transversal d'onde acoustique de surface 4 est alors démodulé par un démodulateur cohérent 7 qui élimine la porteuse.

Des filtres transversaux d'onde acoustique de surface sont décrits par exemple dans "Acoustic Surface Wave Filters" de R.H. Tancrèll et M.G. Holland dans "Proceedings of the IEEE", mars 1971, pages 393 à 409. Dans un semblable filtre, une onde acoustique est envoyée sur la surface d'un cristal piézo-électrique par un transducteur constitué de deux peignes métalliques à dents entrecroisées. L'onde est alors reçue par un autre transducteur semblable. Il s'agit là d'un exemple de filtre transversal, qui est du type dans lequel la forme d'onde d'entrée est envoyée dans une ligne de retard à prises et la forme d'onde de sortie est la somme pondérée des signaux de sortie des prises. Par un choix approprié des retards des prises et de leur pondération, il est possible d'obtenir toute réponse de fréquence voulue à une précision souhaitée ne dépendant pas (à prix d'un retard) de la limitation à laquelle les filtres classiques sont

soumis, à savoir que la phase et l'amplitude du signal de sortie ne peuvent pas être ajustées indépendamment. Les techniques permettant de concevoir un filtre transversal d'onde acoustique de surface possédant une réponse souhaitée sont décrites de façon plus détaillée par exemple dans la troisième partie de "Surface acoustic filters, design, construction, and use", de John Matthews publié par John Wiley and Sons en 1977. Le principal moyen permettant d'ajuster la réponse consiste à régler l'espacement et le degré de chevauchement des dents des peignes transducteurs.

Dans le cas considéré, le filtre transversal d'onde acoustique de surface est conçu pour transformer la forme mesurée d'une impulsion de lecture unique 32, modulée sur la porteuse 31, comme cela est présenté sur la partie a de la figure 3, en une impulsion représentée sur la partie b de la figure 3. L'enveloppe 34 de l'impulsion transformée est du type "forme 2 de Nyquist". Ce dont il s'agit est expliqué sur la figure 4, à partir de la forme 1 de Nyquist, qui est présentée sur la partie a de la figure 4. Une forme 1 de Nyquist vaut "1" à un instant $t = 0$ et "0" à l'instant $t = \pm nT$, où n est un entier supérieur à 0. La courbe, présentée à titre d'exemple, a l'équation $y = (\sin x)/x$ où x est égal t/T . On obtient la forme 2 de Nyquist en ajoutant deux formes 1 de Nyquist dont les pics sont séparés de T , comme cela est indiqué sur la partie b de la figure 4. La courbe résultante, présentée sur la partie c de la figure 4, possède la valeur "1" à l'instant $t=0$ et à l'instant $t=T$ et est égale à "0" aux instants $-T$ et $\pm nT$, où n est un entier supérieur à 1.

En relation avec la figure 3, on voit que l'enveloppe de la forme d'onde produite par le filtre transversal d'onde acoustique de surface, qui est présentée sur la partie b de la figure 3, possède la forme 2 de Nyquist. Elle est naturellement retardée par le filtre, mais, par commodité, son pic a été aligné avec celui de l'impulsion de lecture, si bien que la forme d'onde a une valeur prédéterminée équivalente à "1" pour $t = \pm (1/2)T$ et vaut "0" pour $t = \pm (n + 1/2)T$, où n est un entier supérieur à 0. On choisit la période T égale à l'intervalle séparant le passage devant la tête de lecture 2 de deux positions successives pour lesquelles une

une transition peut se produire.

Une forme d'onde correspondant à l'enveloppe du signal de sortie du filtre transversal d'onde acoustique de surface est produite par le démodulateur 7. La partie d de la figure 2 montre
5 les formes transformées de trois impulsions de lecture (lesquelles ont été encore une fois avancées si bien qu'elles sont alignées avec les impulsions de lecture dont elles dérivent). Puisque le processus de lecture est linéaire (en tout cas en première approximation), le théorème de superposition s'applique et la forme d'onde globale
10 est, comme le montre la partie e de la figure 2, la somme des impulsions transformées particulières dont chacune est déduite de la prise en compte de l'effet du démodulateur 7 sur une impulsion de lecture unique.

La forme d'onde démodulée que présente la partie e
15 de la figure 2 est modifiée par un redresseur 8 en ce qui peut être considéré comme étant la forme d'onde transformée finale, laquelle est présentée sur la partie f de la figure 2. (En pratique, le démodulateur peut effectuer le redressement). La forme d'onde transformée est soumise à un processus de rétablissement par l'intermédiaire
20 duquel le signal numérique enregistré initial est retrouvé. Au cours de ce processus, la forme d'onde présentée sur la partie f de la figure 2 est échantillonnée à intervalles égaux à ceux auxquels passent devant la tête de lecture 3 les positions pour lesquelles les transitions peuvent se produire, mais ces intervalles sont
25 déplacés par rapport au pic d'une impulsion de lecture isolée dans la forme d'onde transformée finale, d'une demi-période. A ces instants, cette forme d'onde a la valeur "0" ou "1". La raison en est que deux transitions possibles seulement peuvent contribuer à la forme d'onde à l'instant d'échantillonnage, à savoir celles (si elles existent)
30 qui ont un pic une demi-période avant ou après l'instant d'échantillonnage. Toutes les autres impulsions de lecture transformées sont nulles à l'instant d'échantillonnage. Si l'une seulement des deux transitions possibles est présente, l'amplitude de la forme d'onde vaut "1". Si les deux sont présentes, elle vaut "0", puisque les
35 deux impulsions sont de signes opposés.

La forme d'onde transformée finale est échantillonnée par un signal provenant d'une horloge 9, lequel signal est appliqué à un circuit d'échantillonnage 10 recevant le signal de sortie du redresseur 8. Ceci amène la production du signal numérique représenté sur la partie g de la figure 2, ce signal étant délivré à un circuit bistable 11. Le circuit 11 retrouve l'information numérique enregistrée initiale, telle que la représente la partie a de la figure 2 en modifiant son signal de sortie lorsqu'il reçoit un signal de valeur "1" et en ne le modifiant pas lorsqu'il reçoit un signal "0". L'effet de cette opération est d'éliminer la contribution de l'impulsion dont le pic précède immédiatement l'instant d'échantillonnage pour les cas où cette impulsion est présente. Le signal de sortie du circuit 11 est présenté sur la partie h de la figure 2 (où il est retardé d'une demi-période afin de ramener l'alignement du diagramme avec l'information enregistrée initiale). Il reproduit l'information enregistrée et est le signal de sortie du canal de lecture.

Le signal de lecture est amplifié par un amplificateur 12 avant d'être délivré au modulateur 5 précédant le filtre transversal d'onde acoustique de surface. Pour permettre de maintenir aux instants d'échantillonnage les amplitudes des impulsions de lecture transformées particulières égales à la valeur attendue, l'amplificateur 12 a un gain réglable, et un circuit de commande 13 contrôle la forme d'onde du redresseur 8 et détecte des pics isolés, lesquels sont comparés à une valeur de référence dans le but de créer un signal de modification du gain de l'amplificateur 12 en cas de besoin afin de maintenir l'amplitude d'une impulsion de lecture transformée égale à une valeur de référence (qui a été appelée "1" dans la précédente discussion) aux instants d'échantillonnage.

L'horloge 9 est un oscillateur ajustable. Il est commandé par un circuit 14 qui compare le signal de sortie de l'horloge 9 avec l'information enregistrée afin de maintenir leur synchronisation. Le circuit 14 contrôle les pics de la forme d'onde afin de détecter ceux qui sont symétriques, c'est-à-dire ceux qui ne sont pas déplacés par l'interférence. Leur cadencement est comparé avec le signal de sortie de l'horloge (avec déplacement d'une demi-période pour permettre la coïncidence avec le pic attendu) et un signal est délivré

afin de modifier la fréquence ou la phase de l'horloge si le pic se produit plus tôt ou plus tard que cela n'est attendu.

Le signal enregistré peut contenir une information redondante afin d'assurer que la plus longue période possible entre 5 impulsions de synchronisation ne dépasse pas une valeur voulue. Ceci permet également une détection d'erreur et l'élimination d'une composante continue du courant d'écriture qui pourrait résulter de totaux inégaux de "uns" et de "zéros".

Au lieu d'un filtre donnant, comme cela est décrit, 10 une forme 2 de Nyquist pour l'impulsion de lecture transformée, il pourra être utilisé un filtre donnant une impulsion d'une autre forme, par exemple une forme 1 de Nyquist. Dans ce cas, la détection des chiffres enregistrés consiste simplement à examiner les pics de la forme d'onde transformée finale. Cette forme possède toutefois un 15 rapport signal-bruit moins favorable.

Dans le dispositif décrit, la série de bits enregistrée est le signal de sortie du circuit bistable 11. Il est également possible d'envisager que l'information à enregistrer soit précodée par application à un circuit bistable dont le signal de sortie sert à 20 produire le courant d'écriture. Dans ce cas, le circuit bistable 11 n'est pas utilisé et le signal de sortie du circuit d'échantillonnage 10 produit lui-même l'information voulue. (Par exemple la série de bits de la partie g de la figure 2 produit, lorsqu'elle est appliquée à un circuit bistable, la série de bits de la partie a de la 25 figure 2 et, si ce signal est ainsi précodé, puis enregistré, il est récupéré directement à la sortie du circuit d'échantillonnage 10.)

Si cela est souhaitable, il est possible d'effectuer la transformation dans des étages comportant plus d'un filtre transversal d'onde acoustique de surface.

30 A titre d'exemple la fréquence de l'onde porteuse peut valoir dix fois le débit de données, ce qui, pour un débit de données de 5 à 10 millions de bits par seconde, implique une fréquence d'onde porteuse de 5 à 10 MHz.

L'homme de l'art comprendra que les éléments constitu- 35 tifs du dispositif décrit ci-dessus de traitement du signal délivré au filtre transversal d'onde acoustique de surface 4 sont des éléments

normalisés ou pouvant être facilement construits au moyen de circuits électroniques classiques. Ils ne sont pas donc décrits de façon plus détaillée. Le filtre de l'invention améliore le rapport signal-bruit du processus de lecture et, par conséquent, son aptitude à séparer
5 les bits enregistrés, de sorte qu'il est possible de les enregistrer avec une plus grande densité. Même si l'on suppose que des imperfections pratiques amènent un certain écart par rapport au dispositif idéal décrit ci-dessus, on peut attendre du dispositif décrit qu'il permette une amélioration, d'un facteur de 1,5 à 2, de la capacité de
10 stockage et du débit de données d'un dispositif de stockage à disque magnétique de type courant.

Des filtres transversaux ont été réalisés sous forme de registres à décalage tels que le filtre transversal à circuit collecteur itératif. Ce type de filtre nécessite toutefois une forme
15 d'onde d'échantillonnage synchronisée avec les signaux d'information, et ceci pose un difficile problème de synchronisation, puisque le signal d'entrée appliqué à un tel filtre est mal adapté à la fourniture de signaux de synchronisation précis. La fréquence de porteuse du filtre transversal à onde acoustique de surface peut toutefois
20 être regardée comme un signal d'échantillonnage d'une fréquence suffisamment élevée pour éviter la nécessité d'une synchronisation.

Bien entendu, l'homme de l'art sera en mesure d'imaginer, à partir de l'appareil et du procédé dont la description vient d'être donnée à titre simplement illustratif et nullement limitatif, diver-
25 ses variantes et modifications ne sortant pas du cadre de l'invention.

REVEN DICATIONS

1. Appareil de reproduction d'information numérique enregistrée sur un support magnétique sous forme de transitions entre régions du support magnétisées en sens opposés, l'appareil comprenant une tête de lecture qui délivre une forme d'onde de lecture lors du déplacement relatif du support magnétique par rapport à la tête de lecture, la forme d'onde de lecture étant constituée d'impulsions de lecture résultant chacune du déplacement relatif de l'une des transitions devant la tête de lecture, et les impulsions de lecture étant soumises à une interférence mutuelle, un moyen de transformation qui transforme la forme d'onde de lecture en une forme d'onde transformée, et un moyen qui extrait de la forme d'onde transformée un signal numérique dépendant de l'information enregistrée, l'appareil étant caractérisé en ce que le moyen de transformation (12, 5, 4, 7, 8) comporte en série un modulateur (5) qui module une onde porteuse en fonction d'un signal déduit du signal de sortie de la tête de lecture, un filtre transversal d'onde acoustique de surface (4), et un démodulateur (7) qui élimine l'onde porteuse, et en ce que les paramètres du filtre transversal d'onde acoustique de surface, en relation avec ceux des autres parties du moyen de transformation, sont de nature à faciliter l'extraction dudit signal numérique par commande de la manière dont, ou au moins réduction du degré auquel, les formes transformées des impulsions de lecture interfèrent entre elles.
2. Appareil selon la revendication 1, où les transitions se produisent en des positions choisies parmi plusieurs positions uniformément réparties sur le support, l'appareil étant caractérisé en ce que le moyen d'extraction comporte un moyen d'échantillonnage (10) qui échantillonne l'amplitude de la forme d'onde transformée à plusieurs instants d'échantillonnage, les paramètres du moyen de transformation étant tels qu'une impulsion de lecture distincte (32) est transformée en une impulsion (34) dont l'amplitude, telle qu'elle est échantillonnée à chaque instant d'échantillonnage (nT), est sensiblement nulle ou présente une relation sensiblement prédéterminée vis-à-vis d'une valeur de référence.

3. Appareil selon la revendication 2, caractérisé en ce que le moyen d'échantillonnage (10) est conçu pour effectuer l'échantillonnage au rythme auquel les positions du support pour lesquelles des transitions peuvent avoir lieu passent devant la tête de lecture.

4. Procédé de lecture d'information numérique enregistrée sur un support magnétique sous forme de transitions entre régions du support magnétisées en sens opposés, qui consiste à produire un déplacement relatif entre la tête de lecture et le support magnétique, la tête de lecture étant ainsi amenée à produire une forme d'onde de lecture constituée d'impulsions de lecture, dont chacune résulte du déplacement relatif d'une seule desdites transitions devant la tête de lecture, les impulsions de lecture étant soumises à une interférence mutuelle, à transformer la forme d'onde de lecture en une forme d'onde transformée et à extraire de la forme d'onde transformée un signal numérique dépendant de l'information enregistrée, le procédé étant caractérisé en ce que le signal à transformer passe, en séquence, dans un modulateur, où une onde porteuse est modulée en fonction d'un signal d'entrée déduit du signal de sortie de la tête de lecture, dans un filtre transversal d'onde acoustique de surface, et dans un démodulateur, où l'onde porteuse est éliminée, et en ce que les paramètres du filtre d'onde acoustique de surface sont tels que la transformation facilite l'évaluation dudit signal numérique par commande de la manière dont, ou au moins par une sensible réduction du degré auquel, les formes transformées des impulsions de lecture interfèrent entre elles dans la forme d'onde transformée.

5. Procédé selon la revendication 4, où les transitions se produisent en des positions choisies parmi plusieurs positions uniformément réparties sur le support, le procédé étant caractérisé en ce que, dans l'extraction, ladite amplitude numérique de la forme d'onde transformée est échantillonnée à plusieurs instants d'échantillonnage, et en ce que la forme transformée d'une impulsion de lecture isolée est transformée en une impulsion dont l'amplitude, telle qu'elle est échantillonnée à chaque instant d'échantillonnage, est sensiblement nulle ou présente une relation sensiblement prédéterminée avec une valeur de référence.

6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que l'échantillonnage est effectué au rythme auquel les positions du support auxquelles des transitions peuvent se produire passent devant la tête de lecture.

1 / 4

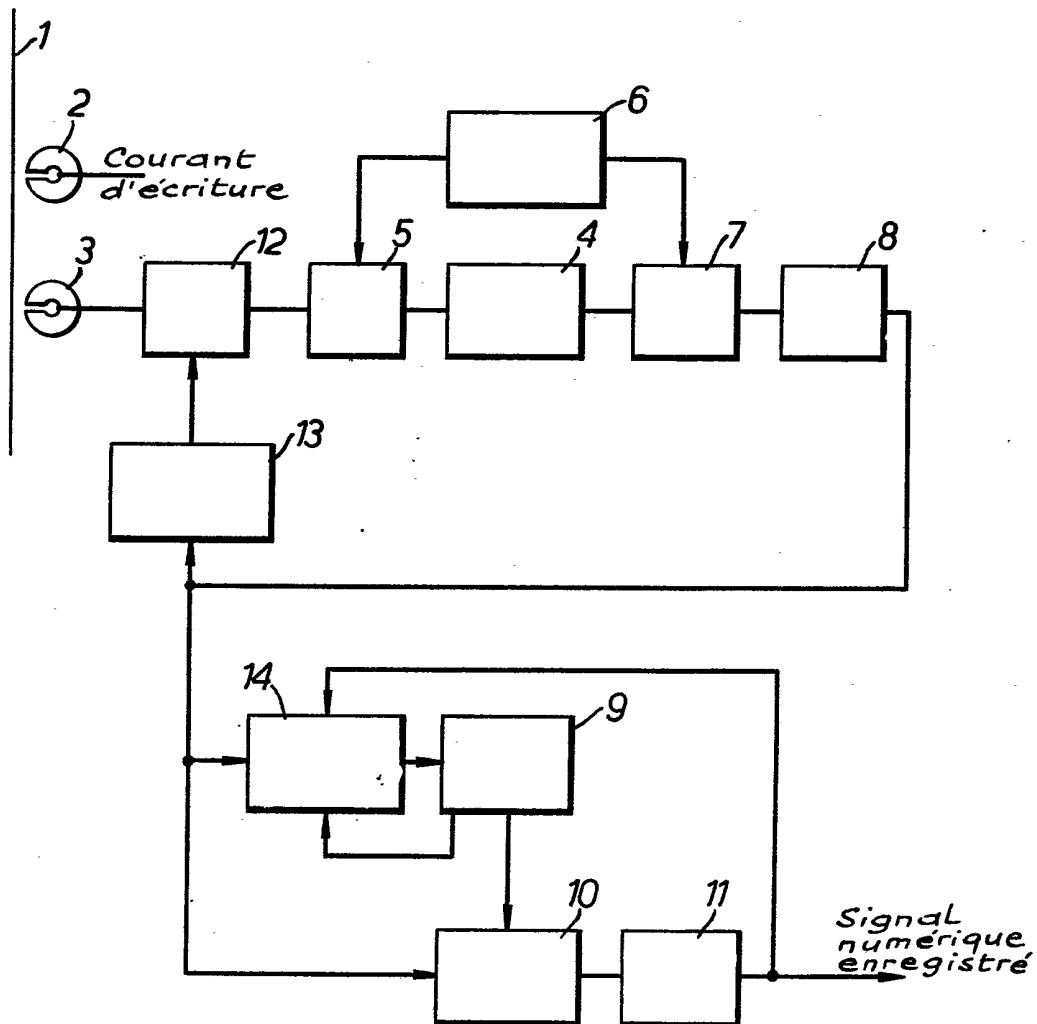
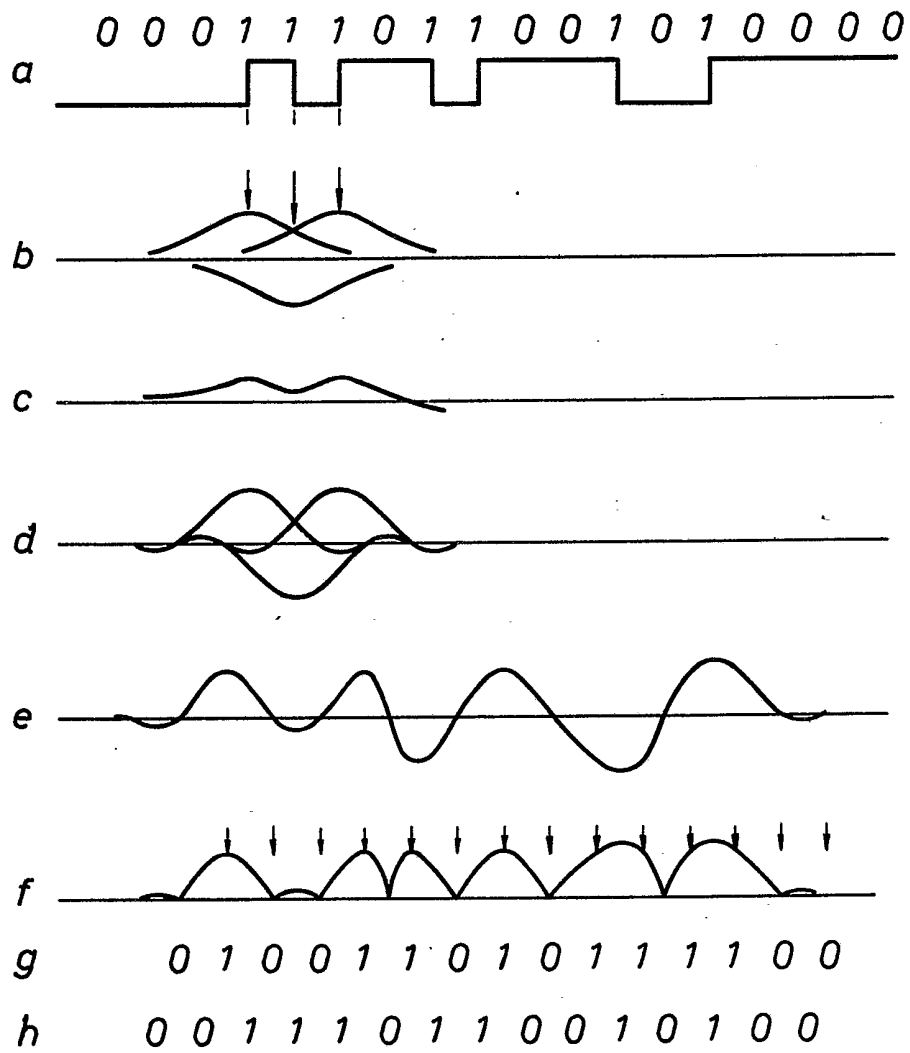


FIG. 1.

2/4

**Fig. 2.**

3/4

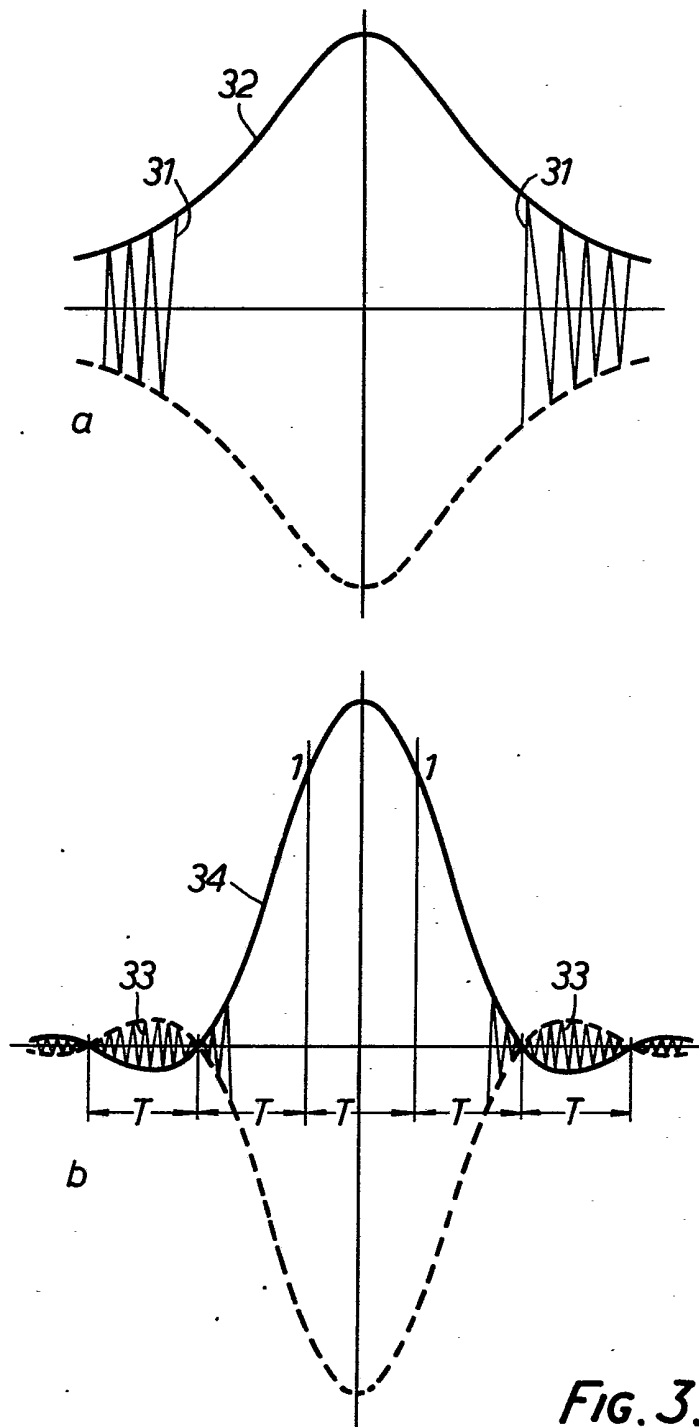


FIG. 3.

4/4

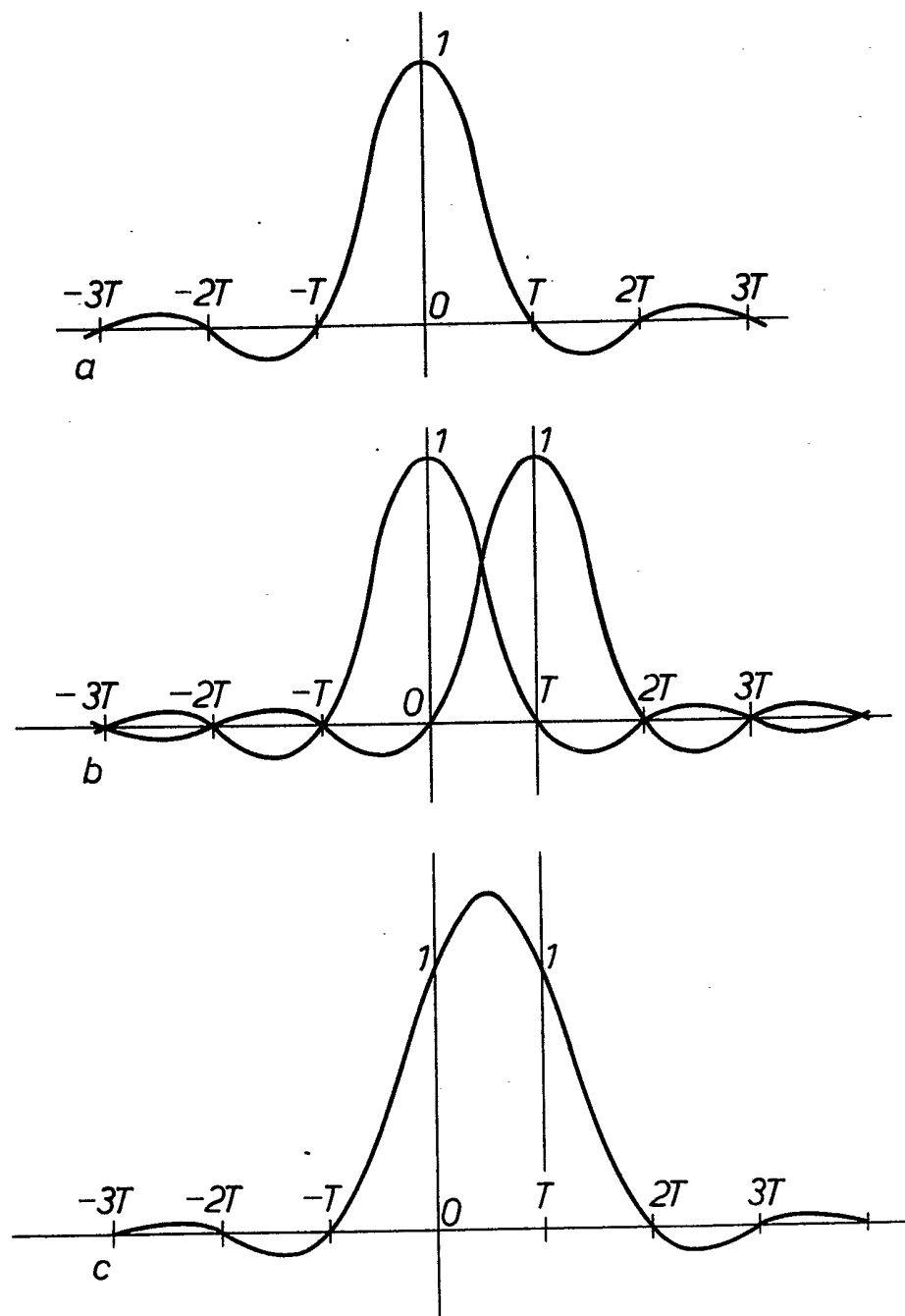


FIG. 4.