

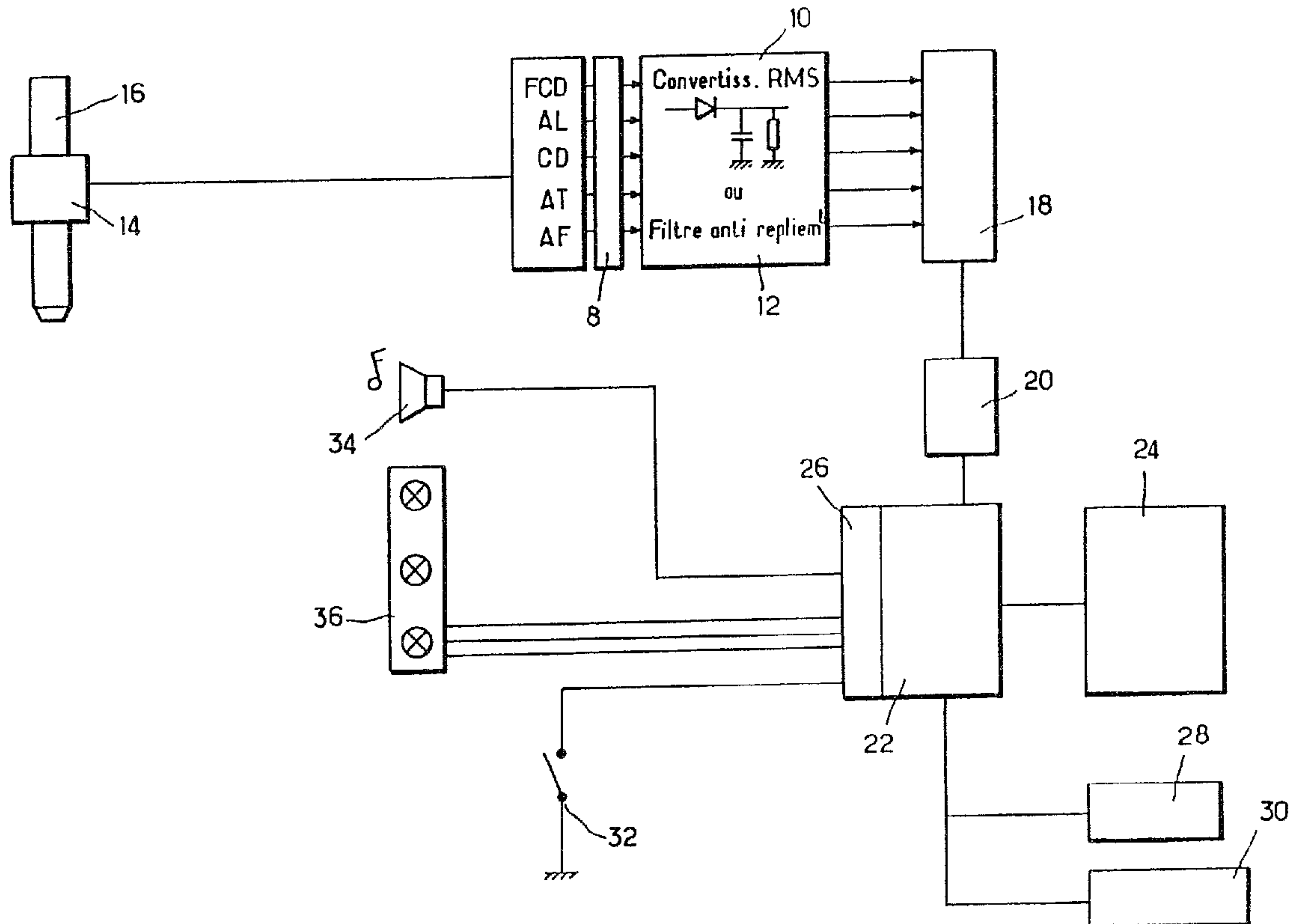


(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 1992/02/25
 (87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 1992/09/03
 (45) Date de délivrance/Issue Date: 2001/11/20
 (85) Entrée phase nationale/National Entry: 1992/10/13
 (86) N° demande PCT/PCT Application No.: FR 92/00169
 (87) N° publication PCT/PCT Publication No.: WO 92/14908
 (30) Priorité/Priority: 1991/02/25 (91/02201) FR

(51) Cl.Int.⁵/Int.Cl.⁵ E21B 44/00, E21B 47/00
 (72) Inventeur/Inventor:
 Henneuse, Henry, FR
 (73) Propriétaire/Owner:
 ELF EXPLORATION PRODUCTION, FR
 (74) Agent: ROBIC

(54) Titre : METHODE DE SURVEILLANCE AUTOMATIQUE DE L'ETAT VIBRATOIRE D'UNE GARNITURE DE FORAGE

(54) Title: METHOD FOR AUTOMATICALLY MONITORING THE VIBRATIONAL CONDITION OF A DRILL STRING



(57) Abrégé/Abstract:

Méthode de surveillance automatique de l'état vibratoire d'une garniture de forage pourvue de capteurs, ladite méthode comportant les étapes suivantes: obtention d'un spectre de référence pour chacun des capteurs, obtention d'un spectre pour chacun des capteurs en situation réelle, comparaison des deux spectres afin de détecter d'éventuelles instabilités au niveau des grandeurs mesurées par les capteurs, signalisation desdites instabilités au moyen de dispositifs auditifs et/ou visuels.



DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIEE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS (PCT)

<p>(51) Classification internationale des brevets ⁵ : E21B 44/00, 47/00</p>	<p>A1</p>	<p>(11) Numéro de publication internationale: WO 92/14908 (43) Date de publication internationale: 3 septembre 1992 (03.09.92)</p>
<p>(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR92/00169 (22) Date de dépôt international: 25 février 1992 (25.02.92) (30) Données relatives à la priorité: 91/02201 25 février 1991 (25.02.91) FR (71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): SOCIETE NATIONALE ELF AQUITAINE (PRODUCTION) [FR/FR]; Tour Elf, 2, place de la Coupole, La Défense 6, F-92400 Courbevoie (FR). (72) Inventeur; et (75) Inventeur/Déposant (US seulement) : HENNEUSE, Henry [FR/FR]; 10, rue Pasteur, F-64140 Billère (FR). (74) Mandataire: TIMONEY, Charles; Société Nationale Elf Aquitaine (Production), Dept. Propriété Industrielle, Tour Elf, F-92078 Paris-La Défense Cédex 45 (FR).</p>		<p>(81) Etats désignés: AT (brevet européen), BE (brevet européen), BF (brevet OAPI), BJ (brevet OAPI), CA, CF (brevet OAPI), CG (brevet OAPI), CH (brevet européen), CI (brevet OAPI), CM (brevet OAPI), DE (brevet européen), DK (brevet européen), ES (brevet européen), FR (brevet européen), GA (brevet OAPI), GB (brevet européen), GN (brevet OAPI), GR (brevet européen), IT (brevet européen), JP, LU (brevet européen), MC (brevet européen), ML (brevet OAPI), MR (brevet OAPI), NL (brevet européen), NO, SE (brevet européen), SN (brevet OAPI), TD (brevet OAPI), TG (brevet OAPI), US. Publiée Avec rapport de recherche internationale.</p>

(54) Title: METHOD FOR AUTOMATICALLY MONITORING THE VIBRATIONAL CONDITION OF A DRILL STRING

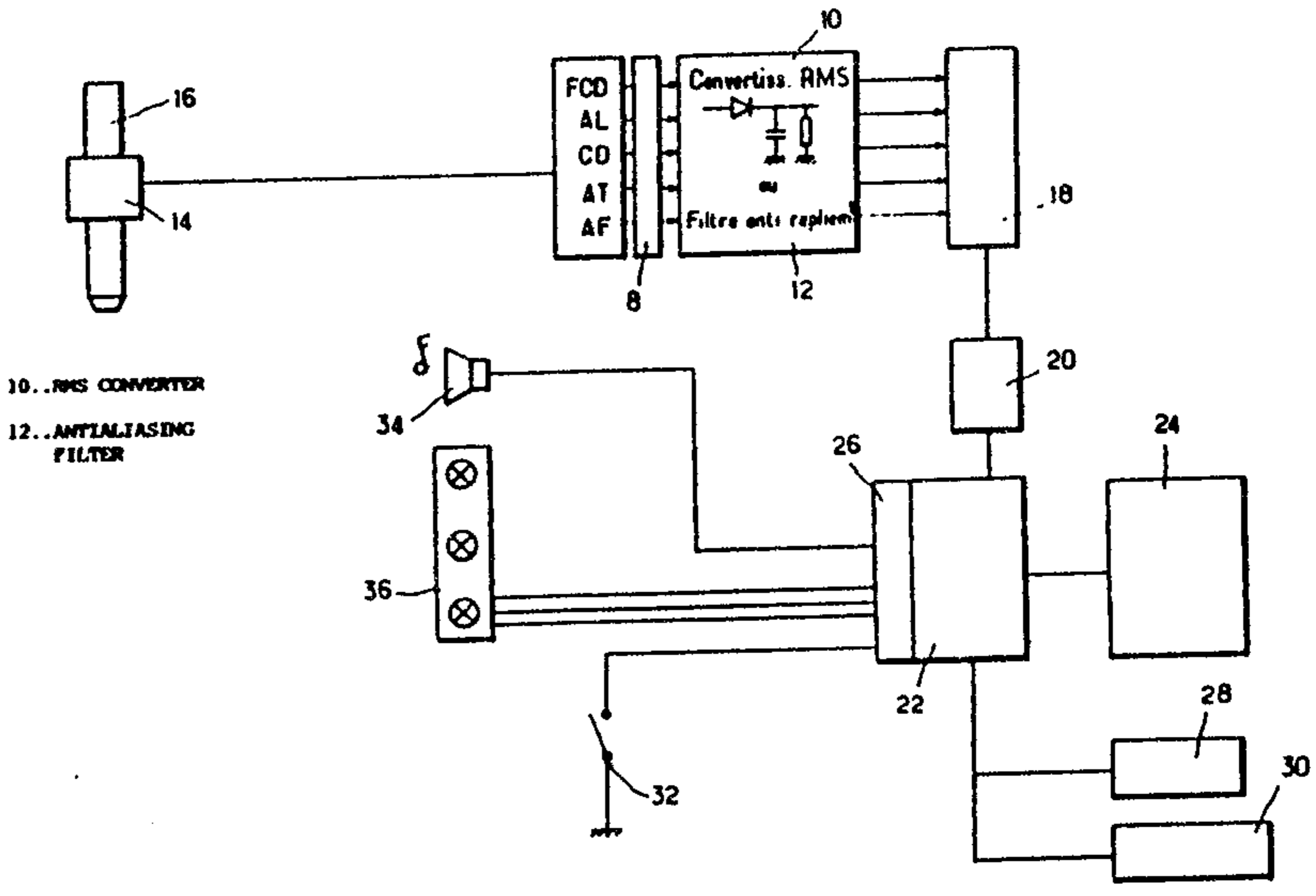
(54) Titre: METHODE DE SURVEILLANCE AUTOMATIQUE DE L'ETAT VIBRATOIRE D'UNE GARNITURE DE FORAGE

(57) Abstract

A method for automatically monitoring the vibrational condition of a drill string fitted with detectors comprises the following steps: obtaining a reference spectrum for each detector; obtaining a spectrum for each detector representing the actual situation; comparing the two spectra to detect possible instabilities in the values measured by the detectors; indication of said instabilities by means of audio and/or visual devices.

(57) Abrégé **X**

Méthode de surveillance automatique de l'état vibratoire d'une garniture de forage pourvue de capteurs, ladite méthode comportant les étapes suivantes: obtention d'un spectre de référence pour chacun des capteurs, obtention d'un spectre pour chacun des capteurs en situation réelle, comparaison des deux spectres afin de détecter d'éventuelles instabilités au niveau des grandeurs mesurées par les capteurs, signalisation desdites instabilités au moyen de dispositifs auditifs et/ou visuels.



2080483

METHODE DE SURVEILLANCE AUTOMATIQUE DE
L'ETAT VIBRATOIRE D'UNE GARNITURE DE FORAGE

5 La présente invention se rapporte à une méthode de surveillance automatique de l'état vibratoire d'une garniture de forage.

10 La recherche en milieu pétrolier a conduit à doter en leur sommet les garnitures de forage de nombreux capteurs tels que des accéléromètres et/ou des jauges de contrainte, permettant d'accéder à des grandeurs telles que les accélérations de torsion, axiales ou transverses, la force axiale, le couple et les moments de fléchissement.

15 Toutefois, l'information vibratoire émanant de ces capteurs recèle une complexité évidente pour un non-spécialiste désirant l'exploiter. En effet, les analyseurs de spectres traditionnels ne produisent en général que des courbes dont l'analyse n'est pas immédiate. Or, le maître-foreur doit connaître de manière instantanée le comportement
20 vibratoire de sa garniture, et notamment une éventuelle instabilité dudit comportement afin de pouvoir régler au plus vite et au mieux les différents paramètres du forage, à savoir le poids sur l'outil, la vitesse de rotation ainsi que le débit de boue.

25 Ces instabilités se produisent du fait que la garniture constitue un ensemble mécanique possédant ses modes propres qui est susceptible de répondre aux diverses sollicitations mécaniques intervenant lors du forage, tels que le travail de l'outil sur la roche et les interactions
30 entre le puits et ladite garniture, ceci étant vrai aussi bien axialement que latéralement ou en torsion.

De telles instabilités sont à proscrire car elles sont à l'origine d'une contrainte supplémentaire apportée au matériau risquant d'entraîner une rupture de la garniture ;
35 de plus, elles consomment une part d'énergie qu'il serait préférable de transmettre directement à l'outil, ce dernier la transformant alors en énergie de destruction de la roche, ce qui contribue à un avancement du forage plus efficace.

La présente invention a donc pour objet une méthode de surveillance automatique de l'état vibratoire d'une garniture de forage qui permet d'exploiter les mesures fournies par un ensemble de capteurs situés au sommet d'une garniture de forage, notamment en avertissant un utilisateur de manière simple d'éventuelles instabilités au niveau de ces mesures.

Pour ce faire, l'invention propose une méthode de surveillance automatique de l'état vibratoire d'une garniture de forage pourvue de capteurs, ladite méthode
10 comportant les étapes suivantes:

- traitement des grandeurs vibratoires mesurées dans une situation de forage stable, dite de référence, en vue d'obtenir un signal de référence pour chacun des capteurs,
- traitement des grandeurs vibratoires mesurées dans une situation de forage réelle en vue d'obtenir un signal réel pour chacun des capteurs,
- comparaison du signal réel et du signal de
20 référence afin de détecter d'éventuelles instabilités au niveau des grandeurs mesurées par les capteurs,
- signalisation desdites instabilités au moyen de dispositifs de signalisation appropriés perceptibles par les sens,

caractérisé en ce que lesdits traitements des grandeurs vibratoires mesurées consistent à échantillonner le signal de référence et le signal réel à une fréquence prédéterminée et à déterminer les valeurs efficaces des spectres de fréquences de ces signaux;

30 en ce que ladite étape de comparaison consiste à calculer, raie par raie, le rapport des valeurs efficaces du signal réel, aux valeurs efficaces du signal de référence, afin de s'affranchir d'un étalonnage des

capteurs et des caractéristiques de transmission de la garniture de forage,

et en ce que si ledit rapport est inférieur à une valeur d'alerte, aucun avertissement n'est émis par les dispositifs de signalisation, si ledit rapport est compris entre ladite valeur d'alerte et une valeur de sécurité, cet état est signalé par les dispositifs de signalisation par un premier type de signal perceptible par les sens et si ledit rapport est supérieur à ladite valeur de sécurité, cet état est signalé par les dispositifs de signalisation par un second type de signal perceptible par le sens qui invite le responsable du forage à modifier les paramètres de forage.

La présente invention vise aussi un dispositif de surveillance automatique de l'état vibratoire d'une garniture de forage, caractérisé en ce qu'il comporte:

- une pluralité de capteurs (14) montés sur la garniture de forage (16) pour mesurer les grandeurs vibratoires générées pendant le forage,
- des moyens de traitement des grandeurs vibratoires mesurées (10, 12) afin de produire un signal de référence dans une situation stable de forage, dite de référence, et un signal réel dans une situation de forage réelle pour chacun des capteurs,
- des moyens de calcul des valeurs efficaces de chacun de ces signaux,
- des moyens de détermination du spectre de fréquences (32) de chacun de ces signaux,
- des moyens de comparaison (22) du signal obtenu dans la situation de forage réelle et du signal obtenu dans la situation de forage de référence, et

- des moyens de signalisation (36) qui entrent en action lorsque lesdits rapports deviennent supérieurs à une valeur prédéterminée.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description ci-après faite en référence aux dessins annexés sur lesquels:

- la figure 1 est un dessin schématique de l'ensemble du système de surveillance;
- 10 - la figure 2 est un logigramme décrivant certaines étapes de la signalisation à l'utilisateur; et
- les figures 3a, 3b et 3c sont des courbes explicatives de la présente invention.

La figure 1 représente une garniture de forage 16 dont l'état vibratoire est détecté par des capteurs 14. Ces derniers fournissent une information vibratoire complexe sur la garniture de forage, comprenant la composante dynamique de force (FCD) mesurée au crochet de suspension de la garniture de forage, l'accélération longitudinale
20 (AL), la composante dynamique du couple (CD), l'accélération de torsion (AT) et l'accélération de flexion (AF). Ces signaux subissent un traitement analogique dans des convertisseurs RMS (root mean square) 10 ou un traitement numérique après passage dans un filtre anti-repliement 12.

Les données provenant des convertisseurs 10 ou du filtre antirepliement 12 sont regroupées dans un multiplexeur 18, puis transmises à un convertisseur analogique-numérique 20 et enfin à un ou plusieurs
30 processeurs 22. Le ou les microprocesseurs 22 sont éventuellement assistés par un ou plusieurs processeurs de signal 24 et sont couplés à une interface 26; l'utilisateur peut transmettre des informations au(x) processeur(s) 22 au moyen d'un clavier 28 et d'un lien de communication 30. On

peut rentrer au niveau de l'interface 26 certaines informations concernant les spectres de référence 32 relatifs à chaque capteur, ladite interface 26 étant reliée à des moyens de signalisation auditifs 34 et/ou visuels 36.

Afin de détecter d'éventuelles instabilités au niveau des grandeurs mesurées par les capteurs, il convient de procéder aux étapes suivantes:

- Obtention d'un spectre de référence pour chacun des capteurs dans une situation de forage stable, dite de référence.

Pour ce faire, deux méthodes sont possibles. Le maître-foreur détermine dans le premier cas un état qu'il juge adéquat à un forage efficace, assisté éventuellement en cela par un spécialiste des vibrations dans le domaine du forage. A cet état correspondent différentes mesures vibratoires fournies par les capteurs, ces mesures étant traitées de la façon décrite ci-après de manière à obtenir des spectres de référence relatifs à chacun des capteurs. Le traitement des mesures vibratoires peut être effectué soit de manière grossière, c'est-à-dire qu'elles sont échantillonnées à une fréquence faible, par exemple 10 Hz, et que seule est retenue leur valeur efficace, soit de manière plus fine, à savoir qu'elles sont échantillonnées à une fréquence supérieure à 400 Hz après un filtrage anti-repliement soigné.

Dans le second cas, un logiciel de simulation auquel on fournit des renseignements mécaniques sur la garniture de forage produit les spectres relatifs à chacun des capteurs, le logiciel de simulation pouvant le cas échéant être intégré au système lui-même. L'information ainsi produite est introduite au niveau du ou des processeurs au moyen d'une interface de communication,

5a

ledit processeur n'oeuvrant plus ensuite que par comparaison avec ces éléments de référence.

- Obtention d'un spectre réel en situation de forage réelle:

A cette fin, les mesures vibratoires fournies par les capteurs et qui ont été indiquées précédemment, sont traitées de la même manière que pour l'obtention du spectre de référence, ladite manière étant décrite ci-dessus. L'information est alors transmise au processeur après une
10 conversion analogique - numérique des mesures.

- Comparaison des données et signalisation d'éventuelles instabilités:

Cette comparaison peut se faire soit au niveau des valeurs efficaces uniquement, soit au niveau du spectre tout entier.

On rappelle que la valeur efficace est égale à l'énergie contenue dans un domaine de fréquence choisi. Cette valeur est désignée dans le texte par l'abréviation bien connue RMS (root mean square). Lorsque l'on ne donne
20 pas de précision, la valeur efficace est égale à l'énergie pour toutes les fréquences comprises entre 0 et l'infini. On peut également définir une valeur efficace entre deux fréquences particulières.

En ce qui concerne les valeurs efficaces, le processeur compare, raie par raie, la valeur efficace du spectre réel à celle du spectre de référence déterminées précédemment, cette comparaison s'effectuant sous la forme du rapport des deux valeurs, ce qui permet de s'affranchir d'un étalonnage des capteurs toujours délicat.

30 Comme représenté sur la figure 2, si aucune valeur efficace n'excède 10 fois son niveau de référence,

5b

la situation est considérée comme stable, et aucun avertissement n'est adressé au maître-foreur.

Si le niveau de l'une d'entre elles au moins est compris entre 10 et 100 fois son niveau de référence, le maître-foreur est alerté et peut, s'il le juge nécessaire, faire varier les paramètres du forage.

Si le niveau de l'une d'entre elles au moins excède 100 fois son niveau de référence, le maître-foreur est alerté de l'existence d'une situation très instable et se doit d'y remédier au plus vite.

Le traitement au niveau des spectres est du même type. En effet, les spectres élaborés sur chaque mesure par le processeur sont comparés, raie par raie avec ceux de référence. De même que pour les valeurs efficaces, les critères correspondant à des rapports respectivement 10 et 100 fois plus grands que la référence sont retenus dans l'exemple illustré. Toutefois, dans un cas comme dans l'autre, les valeurs 10 et 100 sont arbitraires et sont susceptibles d'être modifiées.

Comme représenté sur la figure 2, la présente invention permet, de manière simple, de signaler au maître-foreur le niveau d'instabilité des différentes grandeurs mesurées par les capteurs. Dans l'exemple illustré, on utilise un ensemble de voyants, analogue aux feux d'intersection classiques destinés à régler la circulation routière, ainsi que différents signaux auditifs.

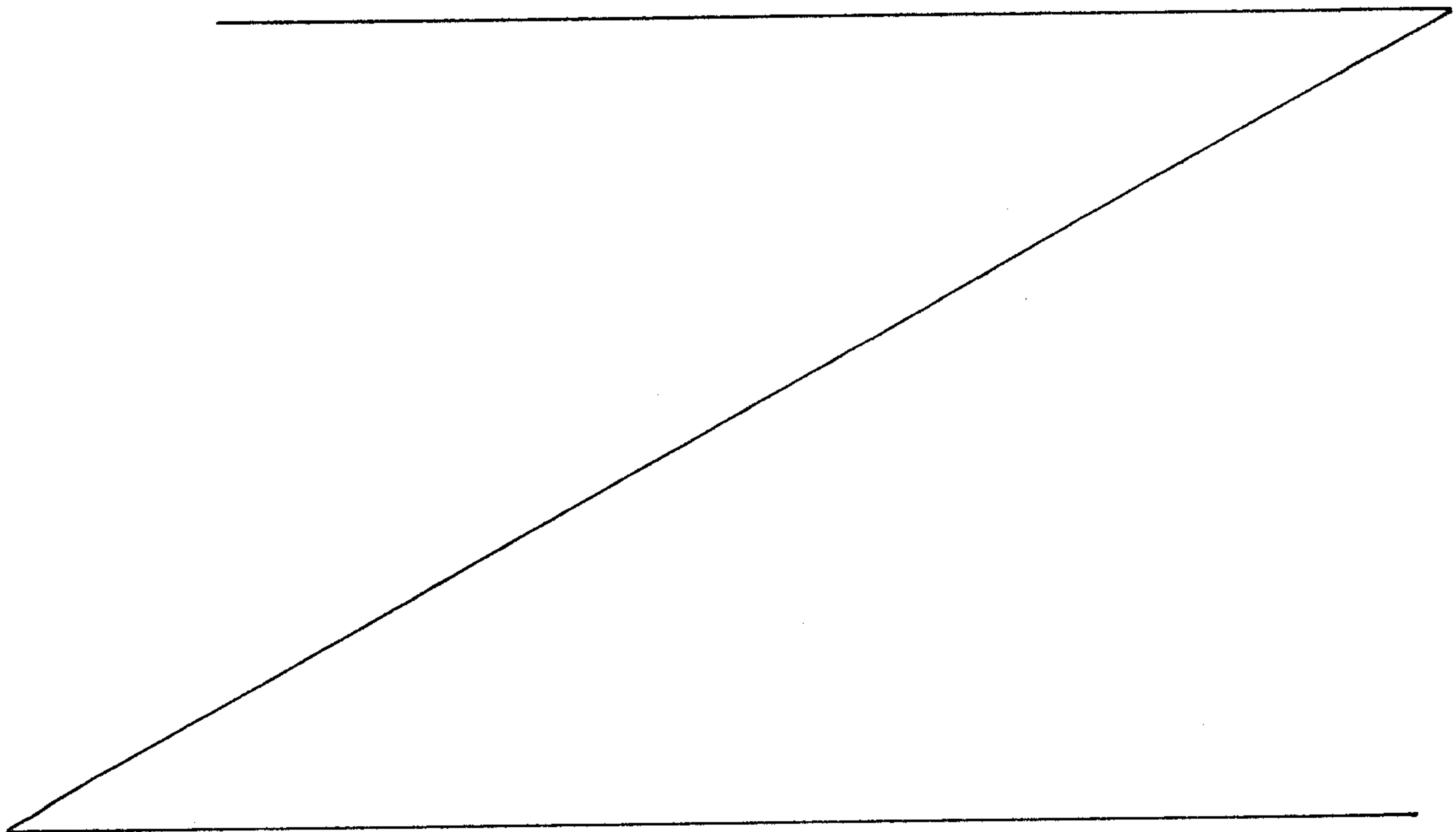
Dans l'exemple illustré, un voyant vert indique au maître-foreur l'existence d'une situation stable, un voyant orange complété par un signal sonore discontinu débrayable l'avertit d'une instabilité relative et un voyant rouge complété par un signal sonore continu l'alerte d'une forte instabilité.

Les figures 3a, 3b et 3c sont des courbes

5c

explicatives de la présente invention. Les courbes 3a et 3b sont des spectres obtenus pour un même capteur, l'un 3A étant un spectre de référence et l'autre 3B étant un spectre instantané correspondant à une situation réelle, lesdits spectres s'étendant sur une gamme de fréquences de 0,5 à 50 Hz. La courbe 3C représente le rapport du spectre instantané sur le spectre réel sur le domaine de fréquences précédant. A partir des différentes valeurs de ce rapport, l'appareil est en mesure de signaler à l'utilisateur s'il est nécessaire d'apporter, le cas échéant, une modification aux différents paramètres de forage.

Il est à noter que ce système de surveillance peut être complété par de nombreux algorithmes lui permettant d'élargir sensiblement ses possibilités. Ainsi, il peut détecter une éventuelle disparition des vibrations, correspondant respectivement à des rapports 1/10 entre le spectre réel et le spectre de référence pour une disparition relative et 1/100 pour une disparition notable. La disparition des vibrations se révèle aussi préoccupante que l'accroissement des amplitudes, car elle traduit entre autres l'effondrement du puits au-dessus de l'outil.



De plus, le système objet de la présente invention permet le traitement de données émises depuis le fond par un outil approprié et transmises à la surface par une quelconque méthode de mesure en cours de forage.

5 Ainsi, à partir des différents signaux auditifs et/ou visuels qui lui parviennent, le maître-foreur peut, le cas échéant, apporter les modifications qui lui semblent nécessaires au niveau des différents paramètres de forage, tels que le poids sur l'outil, la vitesse de rotation et le
10 débit de boue.

REVENDICATIONS

1. Procédé de surveillance automatique d'un état vibratoire d'une garniture de forage, ladite garniture étant équipée de capteurs qui permettent de mesurer des grandeurs vibratoires générées pendant un forage, ledit procédé comportant les étapes suivantes:

10 - traitement des grandeurs vibratoires mesurées dans une situation de forage stable, dite de référence, en vue d'obtenir un signal de référence pour chacun des capteurs,

- traitement des grandeurs vibratoires mesurées dans une situation de forage réelle en vue d'obtenir un signal réel pour chacun des capteurs,

- comparaison du signal réel et du signal de référence afin de détecter d'éventuelles instabilités au niveau des grandeurs mesurées par les capteurs,

20 - signalisation desdites instabilités au moyen de dispositifs de signalisation appropriés perceptibles par les sens,

caractérisé en ce que lesdits traitements des grandeurs vibratoires mesurées consistent à échantillonner le signal de référence et le signal réel à une fréquence prédéterminée et à déterminer les valeurs efficaces des spectres de fréquences de ces signaux;

en ce que ladite étape de comparaison consiste à calculer, raie par raie, le rapport des valeurs efficaces du signal réel, aux valeurs efficaces du signal de référence, afin de s'affranchir d'un étalonnage des

capteurs et des caractéristiques de transmission de la garniture de forage,

et en ce que si ledit rapport est inférieur à une valeur d'alerte, aucun avertissement n'est émis par les dispositifs de signalisation, si ledit rapport est compris entre ladite valeur d'alerte et une valeur de sécurité, cet état est signalé par les dispositifs de signalisation par un premier type de signal perceptible par les sens et si ledit rapport est supérieur à ladite valeur de sécurité, cet état est signalé par les dispositifs de signalisation par un second type de signal perceptible par le sens qui invite le responsable du forage à modifier les paramètres de forage.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que lesdites étapes de traitement des grandeurs vibratoires mesurées consistent à faire passer ces grandeurs successivement dans des filtres programmables et des convertisseurs RMS.

3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que les étapes de traitement des grandeurs vibratoires mesurées consistent à faire passer ces grandeurs successivement dans un multiplexeur, un convertisseur analogique-numérique et des processeurs.

4. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il consiste à effectuer un traitement grossier en échantillonnant les grandeurs vibratoires mesurées à une faible fréquence, égale à 10 Hz.

5. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il consiste à effectuer un traitement plus fin en échantillonnant les grandeurs vibratoires mesurées à une fréquence plus élevée, supérieure à 400 Hz.

6. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite valeur d'alerte correspond à un rapport entre les valeurs efficaces en situation réelle aux valeurs efficaces en situation de référence, égal à 10.

10 7. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite valeur de sécurité correspond à un rapport entre les valeurs efficaces en situation réelle aux valeurs efficaces en situation de référence, égal à 100.

8. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la signalisation de l'état vibratoire de la garniture de forage est réalisée par trois feux tricolores, un voyant vert indiquant l'existence d'une situation stable, un voyant orange avertissant d'une instabilité relative et un voyant rouge indiquant une forte instabilité.

20 9. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la signalisation de l'état vibratoire de la garniture de forage est réalisée par un signal sonore, une absence de signal sonore indiquant l'existence d'une situation stable, un signal sonore discontinu débrayable avertissant d'une instabilité relative et un signal sonore continu indiquant une forte instabilité.

10. Dispositif de surveillance automatique de l'état vibratoire d'une garniture de forage, caractérisé en ce qu'il comporte:

- une pluralité de capteurs (14) montés sur la garniture de forage (16) pour mesurer les grandeurs vibratoires générées pendant le forage,
- des moyens de traitement des grandeurs vibratoires mesurées (10, 12) afin de produire un signal de référence dans une situation stable de forage, dite de référence, et un signal réel dans une situation de forage réelle pour chacun des capteurs,
- des moyens de calcul des valeurs efficaces de chacun de ces signaux,
- des moyens de détermination du spectre de fréquences (32) de chacun de ces signaux,
- des moyens de comparaison (22) du signal obtenu dans la situation de forage réelle et du signal obtenu dans la situation de forage de référence, et
- des moyens de signalisation (36) qui entrent en action lorsque lesdits rapports deviennent supérieurs à une valeur prédéterminée.

11. Dispositif selon la revendication 10, caractérisé en ce qu'il comprend une batterie de filtres programmables (8), des convertisseurs RMS (10), un multiplexeur (18), un convertisseur analogique-numérique (20) et plusieurs processeurs (22).

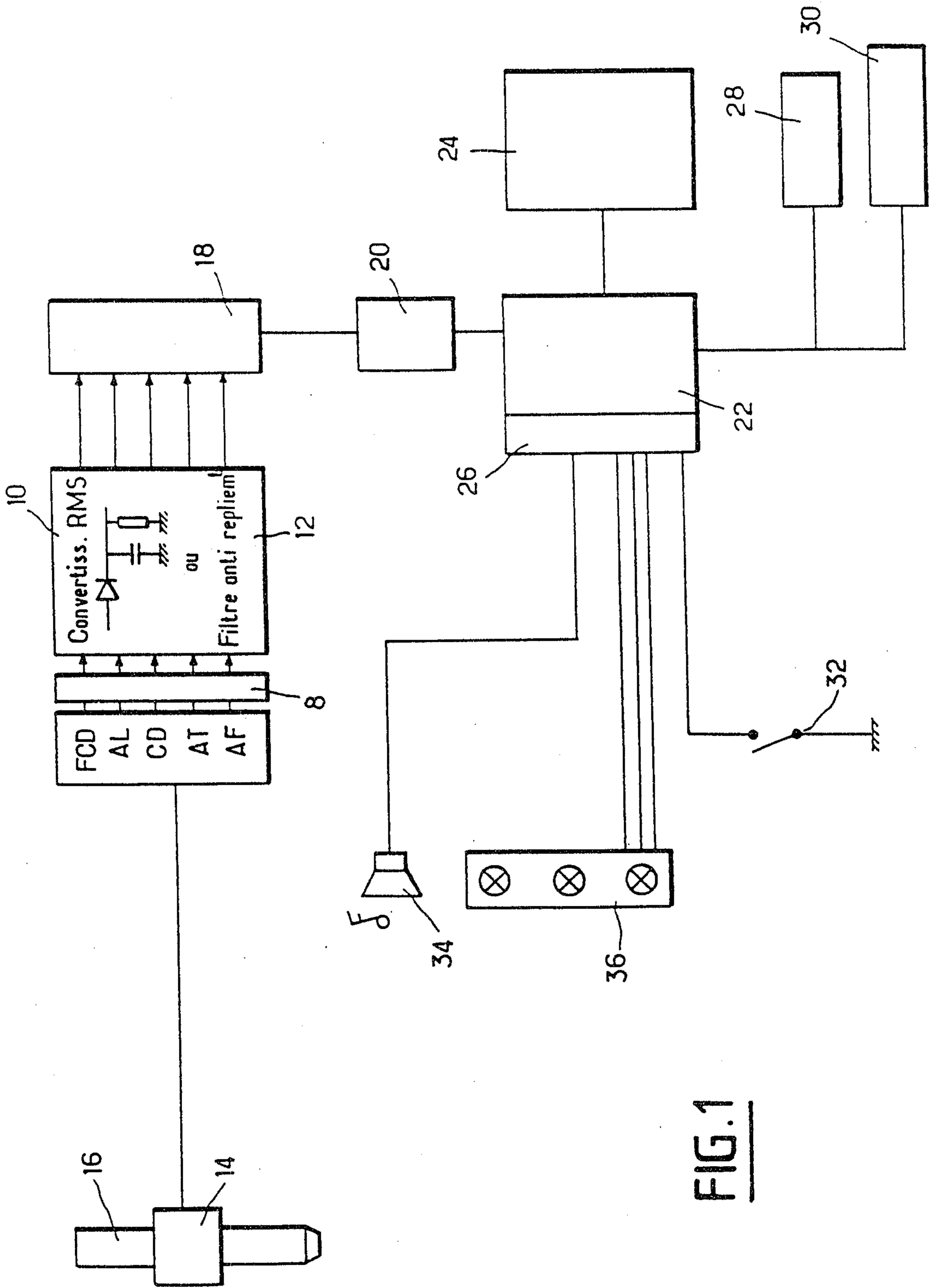


FIG.1

FIG. 2

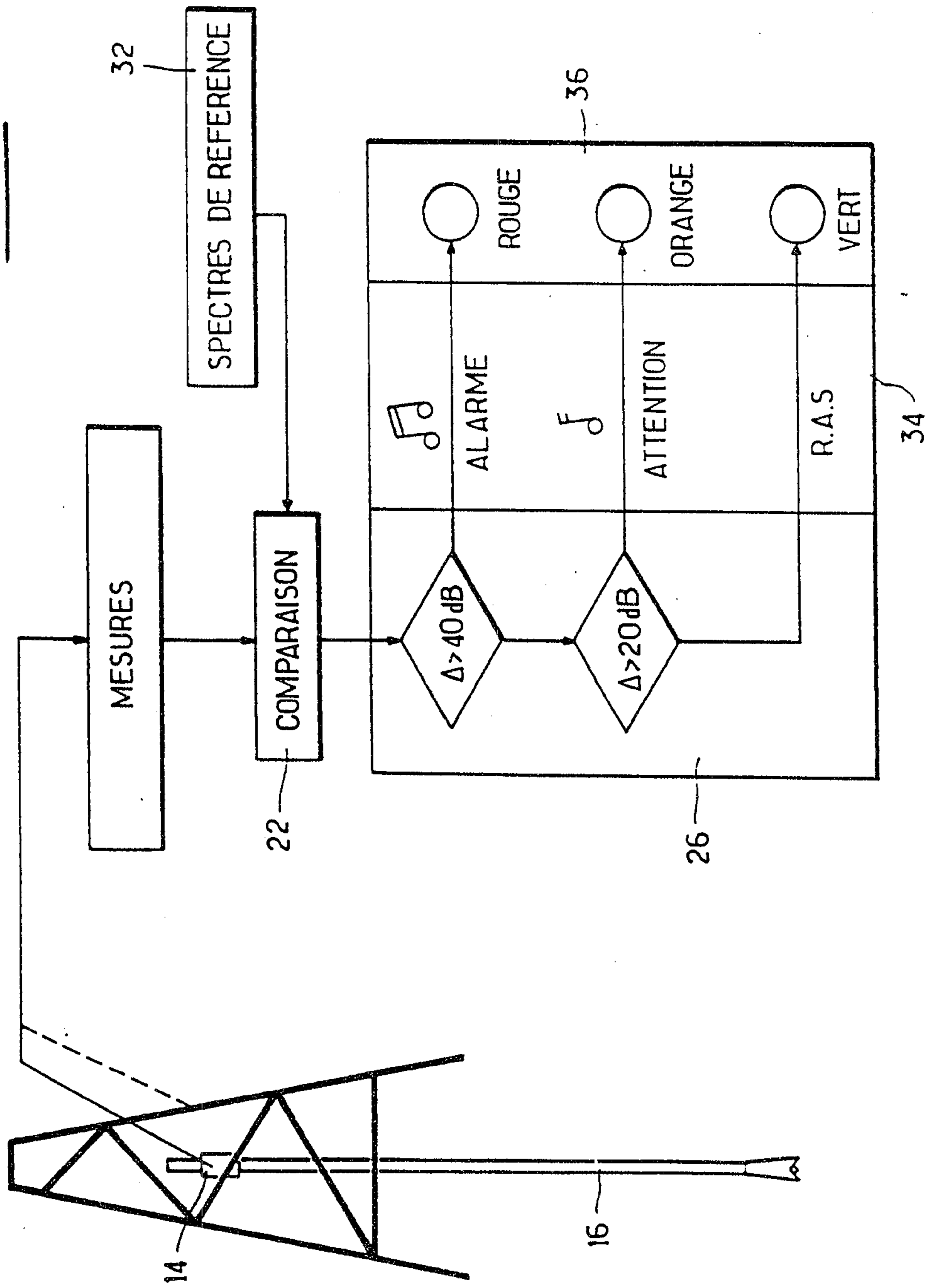
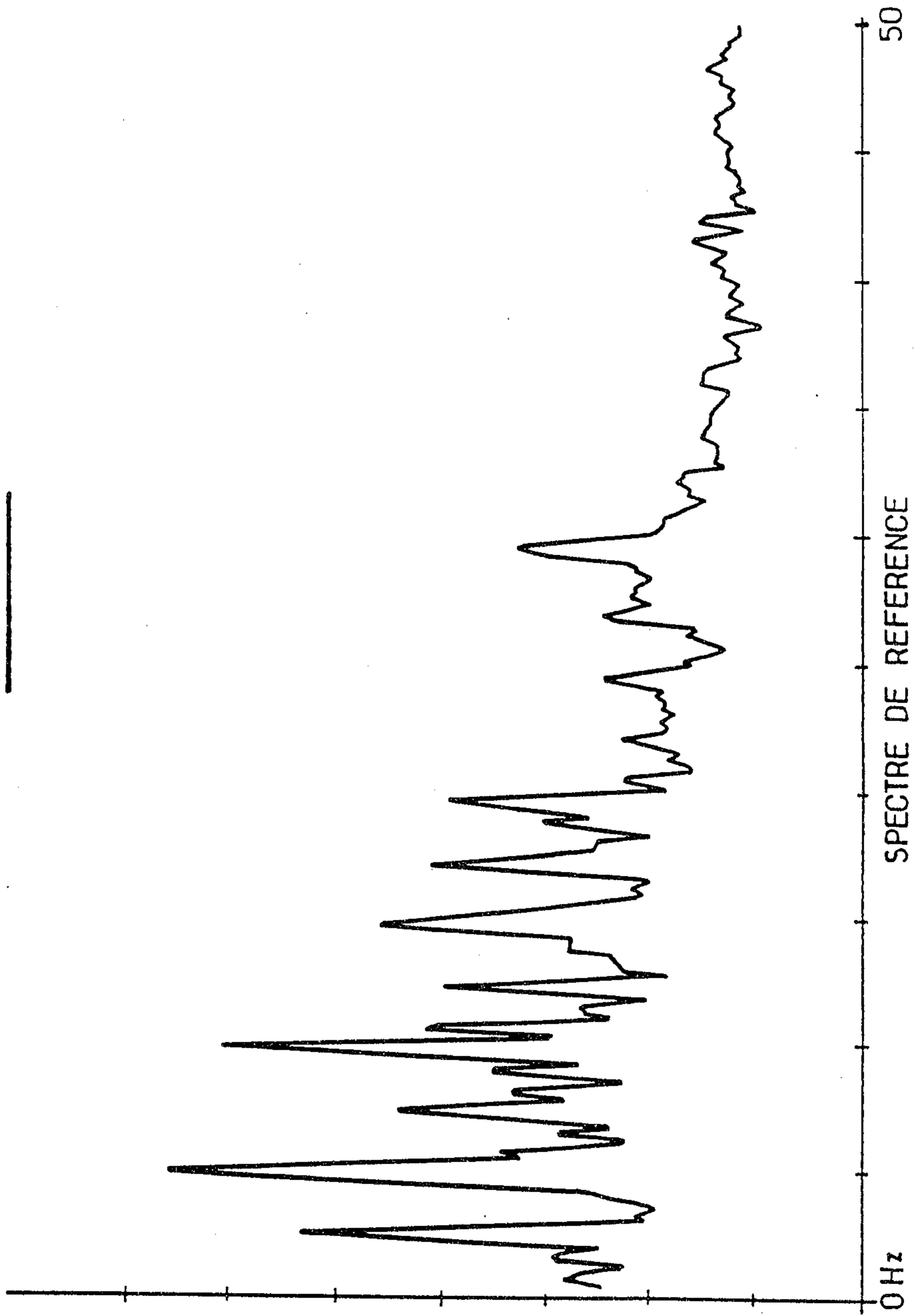


FIG. 3a



4 / 5

2080483

FIG. 3b

