(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 0 558 703 B1

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:
12.06.1996 Bulletin 1996/24

(21) Numéro de dépôt: **92917020.7**

(22) Date de dépôt: **24.07.1992**

(51) Int Cl.[6]: **E21B 47/12**, E21B 44/00

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR92/00730

(87) Numéro de publication internationale:
WO 93/06339 (01.04.1993 Gazette 1993/09)

(54) **DISPOSITIF DE TRAITEMENT ET D'INTERPRETATION DE DONNEES DE FORAGE DISPOSE AU FOND D'UN PUITS ET PROCEDE METTANT EN UVRE CE DISPOSITIF**

DATENVERARBEITUNGS-UND AUSWERTEVORRICHTUNG IN EINEM BOHRLOCH UND VERFAHREN ZUM EINSATZ DER VORRICHTUNG

DOWNHOLE DRILLING DATA PROCESSING AND INTERPRETING DEVICE AND METHOD FOR IMPLEMENTING SAME

(84) Etats contractants désignés:
AT BE CH DE DK ES FR GB GR IT LI LU NL SE

(30) Priorité: **26.09.1991 FR 9111866**

(43) Date de publication de la demande:
08.09.1993 Bulletin 1993/36

(73) Titulaire: **ELF AQUITAINE PRODUCTION**
F-92400 Courbevoie (FR)

(72) Inventeurs:
- **HENNEUSE, Henry**
F-64140 Billère (FR)
- **DRAOUI, Elyes**
F-64000 Pau (FR)

(74) Mandataire: **Timoney, Ian Charles Craig**
Elf Aquitaine Production
Département Propriété Industrielle
Tour Elf
Cédex 45
92078 Paris La Défense (FR)

(56) Documents cités:
AU-A- 546 119
GB-A- 2 247 477
US-A- 4 303 994
US-A- 4 695 957

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

EP 0 558 703 B1

Printed by Jouve, 75001 PARIS (FR)

Description

La présente invention se rapporte à un dispositif de traitement et d'interprétation de données de forage qui est disposé au fond d'un puits et, plus particulièrement, à un tel dispositif destiné à être utilisé dans un forage pétrolier.

La présente invention se rapporte également à un procédé permettant la mise en oeuvre de ce dispositif.

Lors du forage d'un puits, par exemple d'un puits pétrolier, il est souhaitable que le maître-foreur connaisse le comportement de la garniture et de l'outil au fond du puits afin de mieux contrôler les paramètres du forage. Il est préférable de connaître ces conditions en temps réel, ce qui nécessite des moyens de transmission des données du fond du puits à la surface.

Connaître les conditions en fond de puits permet de forer de façon plus sûre et de réduire les coûts du forage. De plus, le maître-foreur aura la possibilité de réagir rapidement à tout événement en fond de puits, par exemple, changement de type de roche, usure de l'outil ou instabilité mécanique.

Plusieurs moyens de transmission des données du fond à la surface ont été proposées. Parmi ces moyens se trouve la transmission par conducteur électrique, ou par ondes électromagnétiques. La transmission de données par ondes de pression dans la boue de forage a également été proposée. Dans un tel système, la pression de la boue circulant le long du train de tiges est modulée par exemple par l'intermédiaire d'une servovalve montée dans un sous-ensemble disposé dans le train de tiges adjacent à l'outil.

Les ondes de pression se propagent à environ 1500 m/s ; entre fond et surface, elles subissent de nombreuses réflections.

Compte tenu de la détérioration des limitations inhérentes à la modulation de la pression de la bcue, et de la nécessité de préserver la qualité des données, le débit de données reste faible.

Actuellement, le débit de transmission de données n'excède pas quelques bits par seconde.

A l'avenir, quelles que soient les améliorations dans les systèmes de transmission de données dans la boue, la vitesse de transmission des données du fond vers la surface restera limitée.

Afin de pallier cet inconvénient, il convient de prétraiter les données au fond, réduisant ainsi très significativement le volume des signaux à transmettre vers la surface.

Le document GB-A-2.216.661 décrit un dispositif de mesure des vibrations d'un train de tiges, disposé au fond du puits, et qui comporte un processeur destiné à enregistrer les données fournies par un accéléromètre. Le dispositif détecte les niveaux d'accélération qui excèdent une valeur prédéterminée et seuls ces niveaux sont signalés à la surface. Dans ce dispositif, donc, des données, qui sont fonction d'un seul paramètre, sont envoyées à la surface, uniquement quand un seuil prédéterminé est dépassé, et ceci sans qu'aucune analyse de comportements physiques n'ait été entreprise.

Le document EP-A-0 468 891 décrit un ensemble de mesure, placé à la surface à l'extrémité supérieure d'un train de tiges de forage, qui est destiné à transmettre par radio à un centre de traitement éloigné, Ces signaux complets qui sont fonction de mesures prises à la surface.

Deux documents, US 4,695,957 et US 4,303,994, décrivent des systèmes dans lesquels des mesures prises en fond de puits sont pré-traitées avant d'être envoyées à la surface. Dans le système du document US 4,695,957, ce prétraitement concerne la combinaison de mesures de couple et de poids axial prises au fond afin d'envoyer à la surface un signal unique. Dans le document US 4,303,994, un signal de référence est généré, en fond de puits, en fonction d'une condition de forage.

La présente invention a pour objet un procédé de traitement de données de forage, au fond d'un puits qui permet d'élaborer, au fond, divers diagnostics propres aux comportements global ou individuels de l'outil de forage, au train de tiges, de la boue de forage, et/ou du puits lui-même, et de signaler ces diagnostics à la surface par un des moyens de transmission de données habituels.

Pour ce faire, l'invention propose un procédé de traitement de données de forage dans un ensemble de forage comprenant un train de tiges et un outil de forage, comportant les étapes suivantes:

- prise de mesures à l'extrimité inférieure du train de tiges, mesures fonction du comportement de l'outil de forage,
- génération de signaux représentant ces mesures,
- prétraitement des mesures,

caractérisée en ce que le procédé comporte, en outre, les étapes suivantes, effectuées en fond de puits,

- application d'algorithmes et dysfonctionnement aux signaux,
- détermination de la consommation d'énergie correspondant aux signaux, et
- envoi à la surface uniquement de messages de diagnostics, fondés sur les mesures interprétées au fond, messages qui sont représentatifs des dysfonctionnements du train de tiges et de l'outil.

Le procédé selon l'invention permet d'optimiser le traitement des données et de sortir des indications qui, une fois transmises à la surface, permettent d'améliorer les conditions du forage.

La présente invention a également pour objet un dispositif de traitement de données de forage mettant en oeuvre le procédé de l'invention.

Pour ce faire, l'invention propose un Dispositif de traitement de données de forage destiné à être monté

à l'extrémité inférieure d'un train de tiges, disposé dans un puits de forage, et mettant en oeuvre le procédé selon l'invention, le train de tiges étant muni d'un outil de forage, d'un ensemble de mesure et de moyens de transmission des données du fond vers la surface, caractérisé en ce que le dispositif comprend, de plus, des moyens permettant une interprétation, puis la génération de diagnostics à envoyer à la surface.

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 une vue schématique en coupe d'un ensemble de forage,
- la figure 2 représente schématiquement un circuit de traitement et d'interprétation, selon l'invention, et
- les figures 3 à 7 sont, chacune, des logigrammes permettant la mise en oeuvre du procédé selon l'invention.

Sur la figure 1, est représenté un ensemble de forage comprenant un mât 10 muni, de façon connue en soi, d'un crochet 12 auquel est suspendu un train de tiges, représenté généralement en 14. Le train de tiges 14 comprend un outil de forage 16, des masse-tiges 18 et des tiges de forage 20. Dans l'exemple illustré, le train de tiges 14 est mis en rotation par une table de rotation 22 ou par une tête d'injection motorisée. Un conduit 24 introduit de la boue de forage sous pression à l'intérieur des tiges 20. Cette boue sort à l'outil et circule dans l'espace entre la paroi du puits et le train de tiges 14. Elle est récupérée au niveau d'un conduit 26, recyclée puis dirigée vers des réservoirs de stockage (non représentés).

Selon l'invention, un dispositif de traitement et d'interprétation de données de forage 28 est disposé à l'intérieur de la garniture, aussi près que souhaité de l'outil, entre les masse-tiges 18 et l'outil 16. Comme il sera décrit plus en détail ci-après, le dispositif comprend un circuit de traitement et d'interprétation 30 et des moyens de transmission des données à la surface. Les moyens de transmission des données peuvent comprendre un câble électrique, un système de tiges câblées, un émetteur électromagnétique ou, dans l'exemple illustré, un système de transmission par des pulsions générées dans la boue.

Dans ce moyen de transmission, une servovalve montée dans un sous-ensemble 30 disposé adjacent à l'outil 16 est destinée à moduler sélectivement l'écoulement de la boue sous pression afin de créer des ondes de pression dans la boue. Des dispositifs de mesure et de contrôle sont disposés dans le sous-ensemble 30 permettant, de façon connue, de générer des ondes de pression dans la boue qui sont représentatives des messages transmis depuis le fond. Ces ondes de pression sont détectées à la surface par un capteur de pression 32, monté sur le conduit 24.

Le dispositif de traitement et d'interprétation de données de forage 28 ainsi que le procédé permettant sa mise en oeuvre permettent de traiter les diverses mesures prises au fond et d'envoyer vers la surface divers diagnostics, par exemple diagnostics de dysfonctionnement de l'ensemble de forage (la précession, les rebonds de l'outil, les ondes de torsion ou les bourrages) et de l'état de l'outil (usure des dents et roulements des tricônes, usure des outils de coupe).

En plus de ces diagnostics, le procédé de traitement selon l'invention permet d'avoir une quantification des différentes mesures dynamiques permettant d'avoir une échelle dans la sévérité des vibrations, permettant ainsi d'apprécier l'efficacité des actions entreprises en surface par le maître-foreur.

Comme il est représenté sur la figure 2, le circuit de traitement et d'interprétation 30 reçoit des données prises par divers dispositifs de mesure qui sont disposés dans un ensemble de mesure 36 (voir la figure 1) situé à côté de l'outil 16. Des données provenant de divers ponts de jauges de traction 38, torsion 40, ou flexion 42, de divers magnétomètres 46, d'accéléromètres axiaux 48, radiaux 50 et transverses 51 rejoignent au travers de filtres anti-repliement 52 un multiplexeur 54.

Après conversion analogique/numérique 56, les signaux sont traités par autant de processeurs 58 et de processeurs de signal 57 que nécessaires. Une entrée auxiliaire 60 permet de paramétrer entièrement le dispositif en surface (ou au fond dans le cas d'une transmission bidirectionnelle). Le circuit de traitement et d'interprétation 30 est alimenté par un sous-ensemble 62 qui comporte un alternateur 64 entraîné par la boue de forage au niveau d'une entrée 66, un circuit de régulation électrique 68 et des accumulateurs 70. Un bus de commande 74 pilote entre autre le système de transmission 76 relié à une servovalve de modulation 72.

Une mémoire 59 non-volatile est destinée à stocker de l'information de façon temporaire ; cette information est réservée à une interprétation au retour de l'outil en surface.

D'autres dispositifs de mesure peuvent être utilisés pour permettre de déterminer les paramètres suivants : poids sur l'outil, couple, pressions interne et externe, températures interne et externe et débit de la boue.

Avec les mesures de fond de l'ensemble de mesure 36, le circuit de traitement 30 permet de signaler à la surface divers états, dysfonctionnements ou défaillances ou sévérité de vibration de l'ensemble de forage.

Un procédé mettant en oeuvre le dispositif de la présente invention est représenté schématiquement sur la figure 3.

Les signaux provenant des divers ponts de jauges 38 à 51 formant l'ensemble de mesure 36 sont prétraités, le cas échéant, en 80 afin d'enlever les décalages (offsets), remettre les mesures à l'échelle physique et les replacer dans un repère fixe. Ce prétraitement est représenté plus en détail sur la figure 4. La signification des sigles représentant les signaux est donnée ci-

dessous :

DBNX : Moment de flexion au fond, selon l'axe X
DBNY : Moment de flexion au fond, selon l'axe Y
DMGX : Mesures magnétométriques selon l'axe X
DMGY : Mesures magnétométriques selon l'axe Y
DWOB : Poids sur l'outil
DACZ : Accélération selon l'axe Z
DTOB : Couple sur l'outil.

Cette étape de prétraitement permet de vérifier que l'ensemble des mesures est correct et permet également de calculer la vitesse de rotation de l'outil à partir de mesures magnétométriques DMGX et DMGY. Les mesures étant faites dans un repère mobile, il convient de les replacer dans le repère fixe.

Ensuite, comme représenté sur la figure 3, les signaux émanant directement des capteurs 36, ainsi que les signaux prétraités, passent par des algorithmes de dysfonctionnement 82 et des observateurs 84.

Les algorithmes de dysfonctionnements 82 sont représentés plus en détail sur les figures 5 et 6. Ces algorithmes permettent de quantifier l'entropie des différentes mesures dynamiques (DWOB ; DTOB ; DBNX ; DBNY).

A partir de ces mesures, on peut détecter les états suivants de la garniture de forage :

- niveau de rebonds de l'outil,
- présence et caractérisation d'instabilités de rotation,
- présence et caractérisation de vibrations latérales chaotiques,
- usure de l'outil (roulements, dents, ...),
- perte de duse dans l'outil,
- fuites au niveau du moteur du fond,
- qualification de fonction des shock-sub,
- bourrage à l'outil,
- bourrage ou coincement aux stabilisateurs.

L'étape du procédé représentée sur la figure 6 permet de détecter tous les types de précession et de les quantifier en fonction de leurs sens.

Sur la figure 7 est représentée la dernière étape de traitement des données, celle des observateurs 84. Cette étape permet de déterminer l'énergie consommée par l'outil par unité de roche détruite. Avec ces données, on peut préparer un bilan énergétique de l'outil- qui constitue, pour le foreur, un bon indicateur du fonctionnement de l'outil et de son avancement.

Avec l'évolution de l'état de compréhension des phénomènes mécaniques en fond de puits, le dispositif tiendra compte des nouvelles capacités de diagnostics.

Le capteur de pression 32, destiné à détecter les pulsions générées dans la boue, est relié à un décodeur de trame et à une station d'interprétation (non représentés) que réalise avantageusement un calculateur de bureau.

Ainsi, selon l'invention, le circuit de traitement 30, au lieu d'envoyer à la surface de nombreuses données, fonction de chacune des mesures prises au fond, n'envoie à la surface que des signaux qui illustrent l'état de fonctionnement de l'ensemble de forage. Bien évidemment, le débit nécessaire à ces transmissions reste compatible avec l'état de la technique.

Même après élaboration de messages abrégés, le débit peut s'avérer encore trop faible. Le dispositif de traitement et d'interprétation est capable de définir la priorité dans l'envoi de ces messages.

Afin d'assurer un champ d'investigation plus large, le dispositif de traitement et d'interprétation de données de forage de l'invention peut être utilisé en combinaison avec un dispositif de mesures dynamiques pour tige de forage tel que décrit dans le document EP-A-0431136, ou dans les demandes de brevet français 90 09638 ou 90 12978.

Revendications

1. Procédé de traitement de données de forage dans un ensemble de forage comprenant un train de tiges (14) et un outil (16) de forage, comportant les étapes suivantes:

   - prise de mesures à l'extrémité inférieure du train de tiges (14), mesures fonction du comportement de l'outil de forage (16),
   - génération de signaux représentant ces mesures,
   - prétraitement des mesures,

   caractérisé en ce que le procédé comporte, en outre, les étapes suivantes, effectuées en fond de puits,

   - application d'algorithmes de dysfonctionnement aux signaux,
   - détermination de la consommation d'énergie correspondant aux signaux, et
   - envoi à la surface uniquement de messages de diagnostics, fondés sur les mesures interprétées au fond, messages qui sont représentatifs des dysfonctionnements du train de tiges (14) et de l'outil (16).

2. Dispositif de traitement de données de forage (28) destiné à être monté à l'extrémité inférieure d'un train de tiges (14), disposé dans un puits de forage, et mettant en oeuvre le procédé selon la revendication 1, le train de tiges (14) étant muni d'un outil de forage (16), d'un ensemble de mesure (36) et de moyens (30) de transmission des données du fond vers la surface, caratérisé en ce que le dispositif comprend, de plus, des moyens permettant une interprétation, puis la génération de diagnostics à en-

voyer à la surface.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Verarbeitung von Bohrdaten in einer Bohranordnung mit einem Bohrgestänge (14) und einem Bohrwerkzeug (16), welches folgende Schritte aufweist:

   - Vornehmen von Messungen am unteren Ende des Bohrgestänges (14) und von Funktionsmessungen des Verhaltens des Bohrwerkzeugs (16),
   - Erzeugung von diese Messungen darstellenden Signalen,
   - Vorverarbeitung der Messungen,

   dadurch gekennzeichnet, daß das Verfahren außerdem folgende, am Grund des Schachtes ausgeführte Schritte aufweist

   - Anwenden von Fehlfunktions-Algorithmen auf die Signale,
   - Bestimmung des den Signalen entsprechenden Energieverbrauchs und
   - Senden nur der Diagnosemeldungen an die Oberfläche, die auf den am Grund interpretierten Messungen basieren und die Fehlfunktionen des Bohrgestänges (14) und des Werkzeugs (16) repräsentieren.

2. Vorrichtung zur Verarbeitung von Bohrdaten (28) für die Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, welche dazu bestimmt ist, an dem unteren Ende eines in einem Bohrschacht angeordneten Bohrgestänges (14) angebracht zu werden, wobei das Bohrgestänge (14) mit einem Bohrwerkzeug (16), einer Meßanordnung (36) und mit Einrichtungen (30) zur Übertragung von Daten vom Grund zur Oberfläche ausgestattet ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung außerdem Einrichtungen aufweist, die eine Interpretation und die anschließende Erzeugung von an die Oberfläche zu sendenden Diagnosen erlauben.

Claims

1. Method of processing drilling data in a drilling assembly comprising a drill string (14) and a drilling tool (16), comprising the following steps:

   - taking measurements at the lower end of the drill string (14), which measurements are a function of the behaviour of the drilling tool (16);
   - generating signals representing these measurements;
   - preprocessing the measurements;

   characterised in that the method furthermore comprises the following steps, which are performed at the bottom of the shaft;

   - applying malfunction algorithms to the signals;
   - determining the energy consumption corresponding to the signals, and
   - transmitting only diagnostic messages, based on the measurements interpreted at the bottom, which messages are representative of malfunctions of the drill string (14) and the tool (16), to the surface.

2. Device (28) for processing drilling data intended to be mounted at the lower end of a drill string (14) arranged in a drilling shaft, and performing the process according to Claim 1, the drill string (14) being provided with a drilling tool (16), with a measuring assembly (36) and means (30) for transmitting the data from the base to the surface, characterised in that the device furthermore comprises means permitting an interpretation, and the generation of diagnostics which are to be transmitted to the surface.

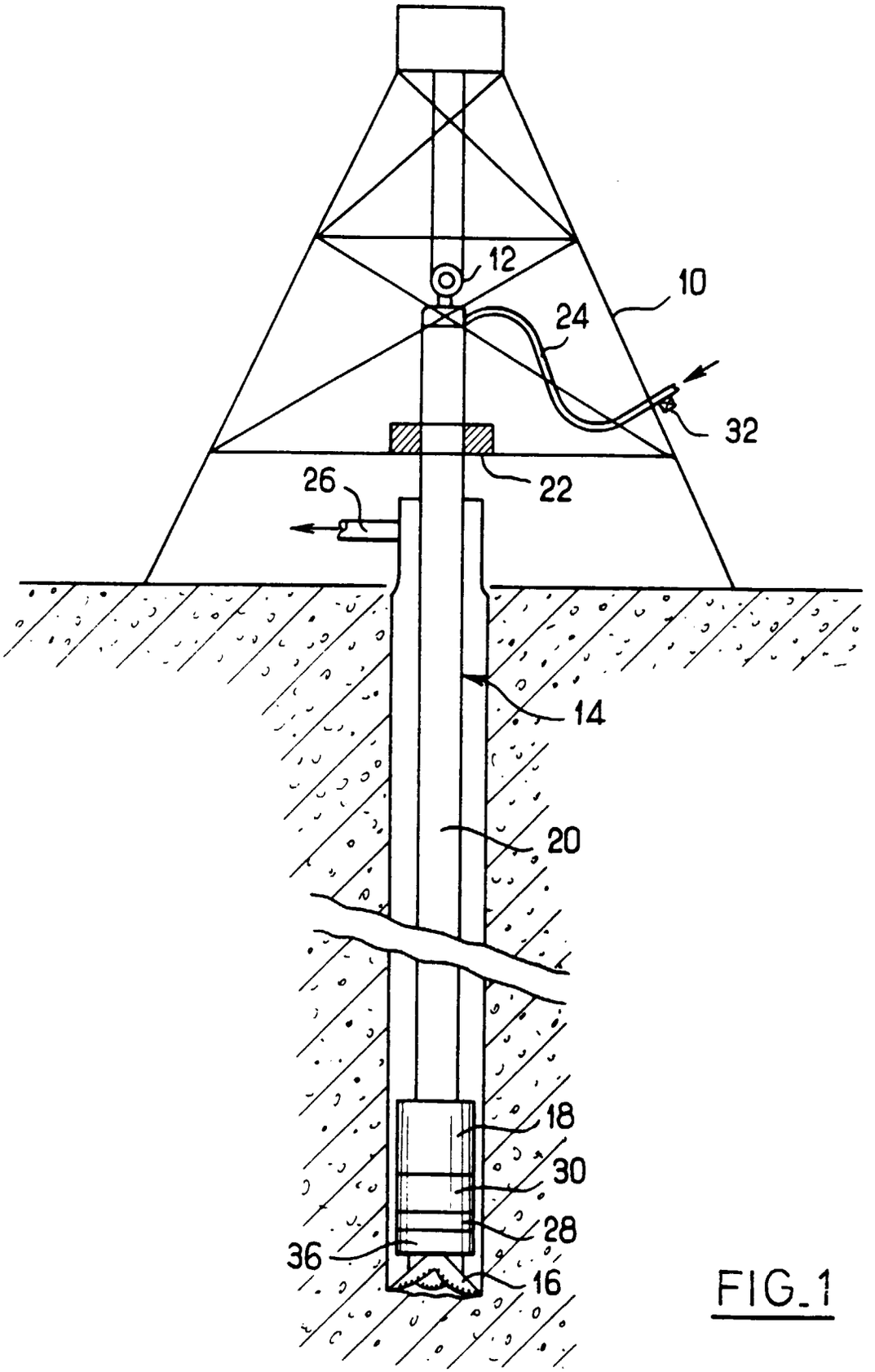


FIG_1

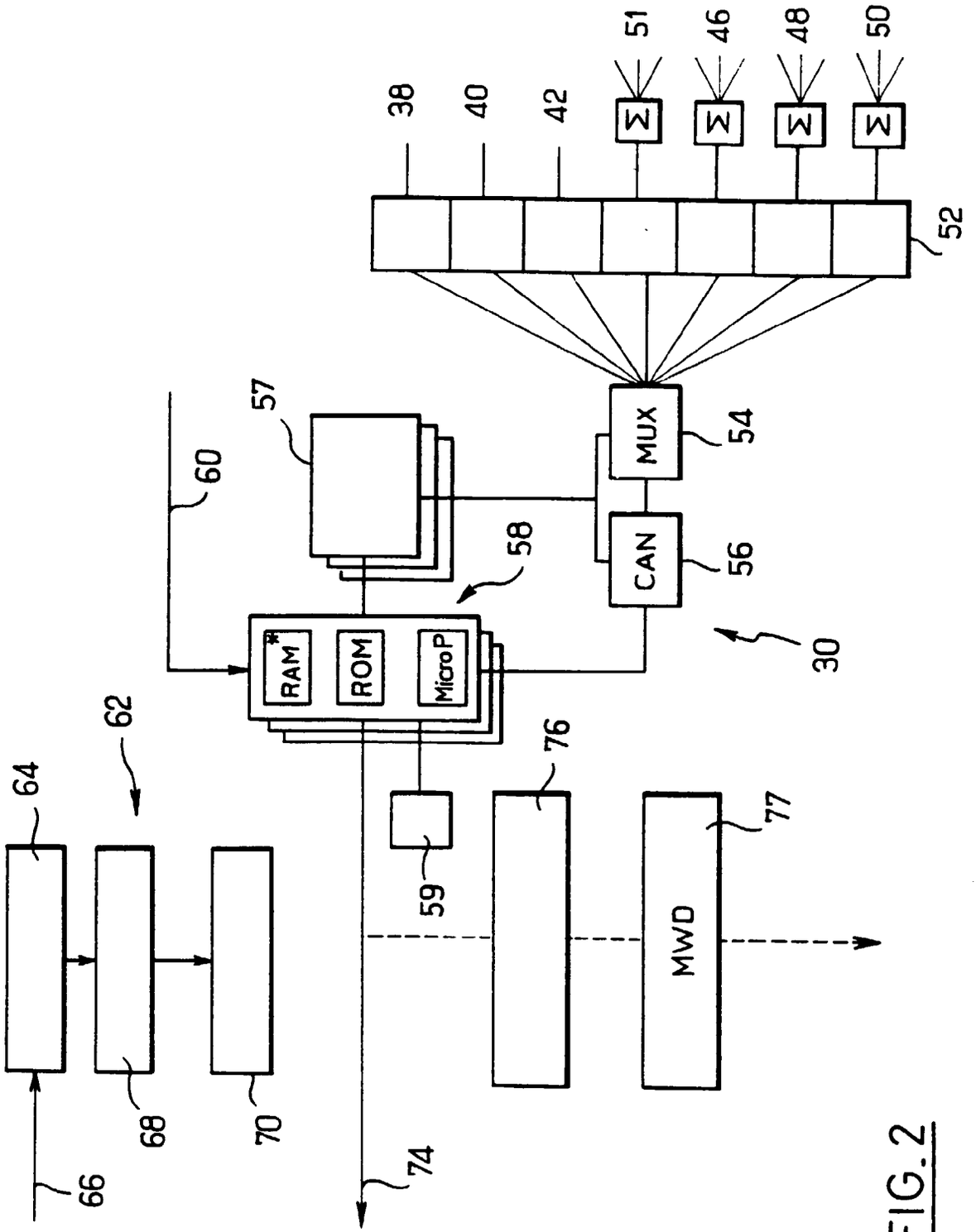

38
40
42
51
46
48
50
52
MUX
54
CAN
56
57
58
60
RAM
ROM
MicroP
30
62
64
66
68
70
74
76
59
77
MWD

FIG. 2

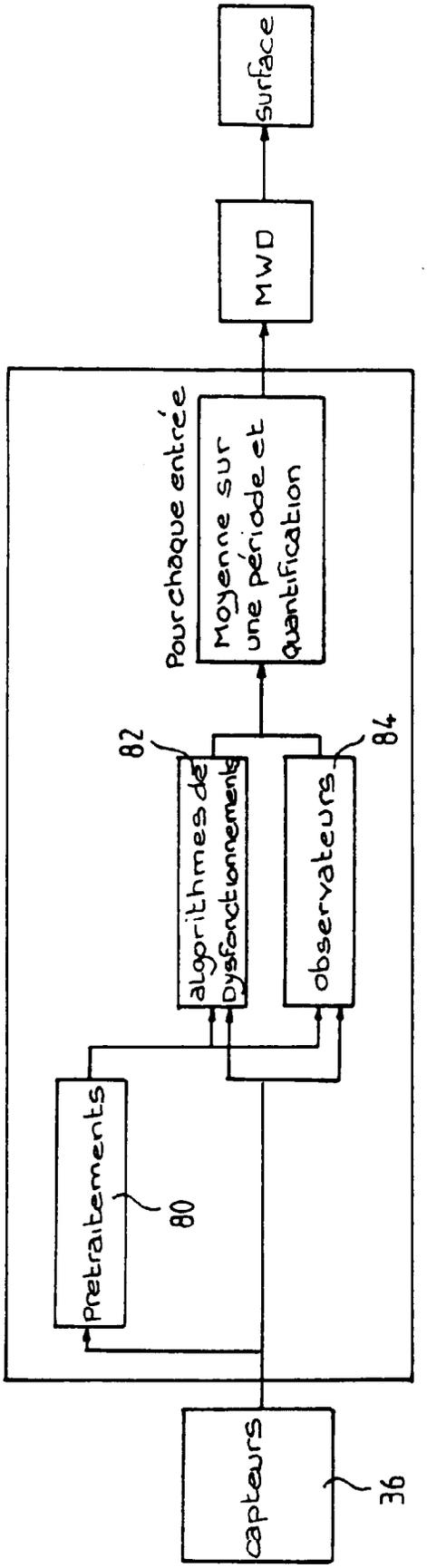

surface
MWD
Pour chaque entrée
Moyenne sur une période et quantification
82
algorithmes de dysfonctionnements
observateurs
84
Pretraitements
80
capteurs
36

FIG.3

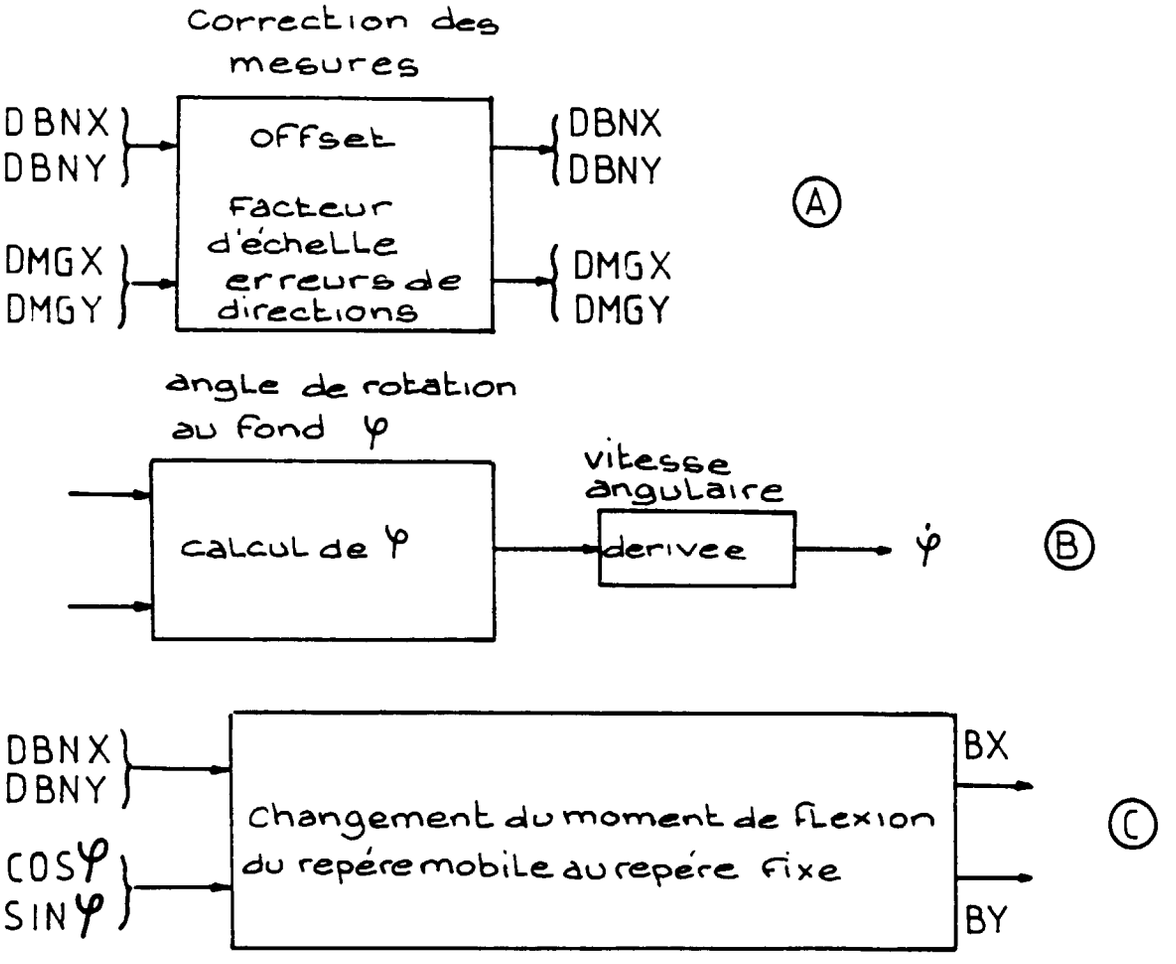

Correction des mesures
DBNX
DBNY
offset
Facteur d'échelle
erreurs de directions
DBNX
DBNY
DMGX
DMGY
DMGX
DMGY
A
angle de rotation au fond φ
calcul de φ
vitesse angulaire
derivee
φ̇
B
DBNX
DBNY
COSφ
SINφ
Changement du moment de flexion du repére mobile au repére fixe
BX
BY
C

FIG_4

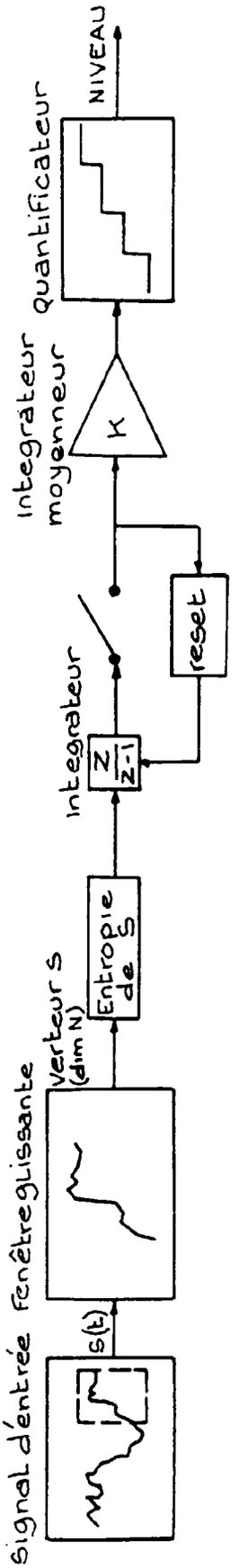

Signal d'entrée
s(t)
fenêtre glissante
Vecteur S (dim N)
Entropie de S
Integrateur
Z / Z-1
reset
Integrateur moyenneur
K
Quantificateur
NIVEAU

FIG.5

FIG.6

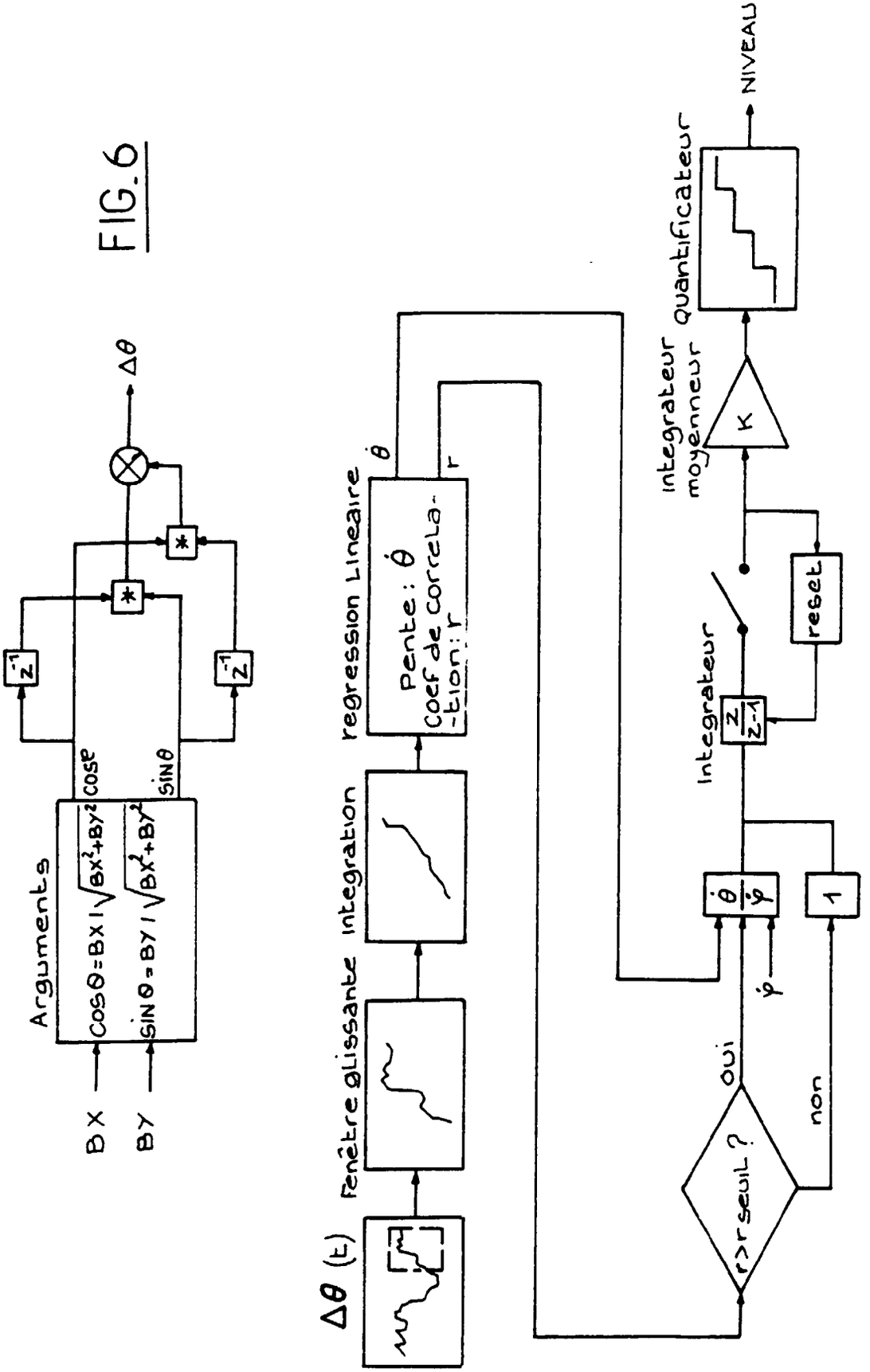
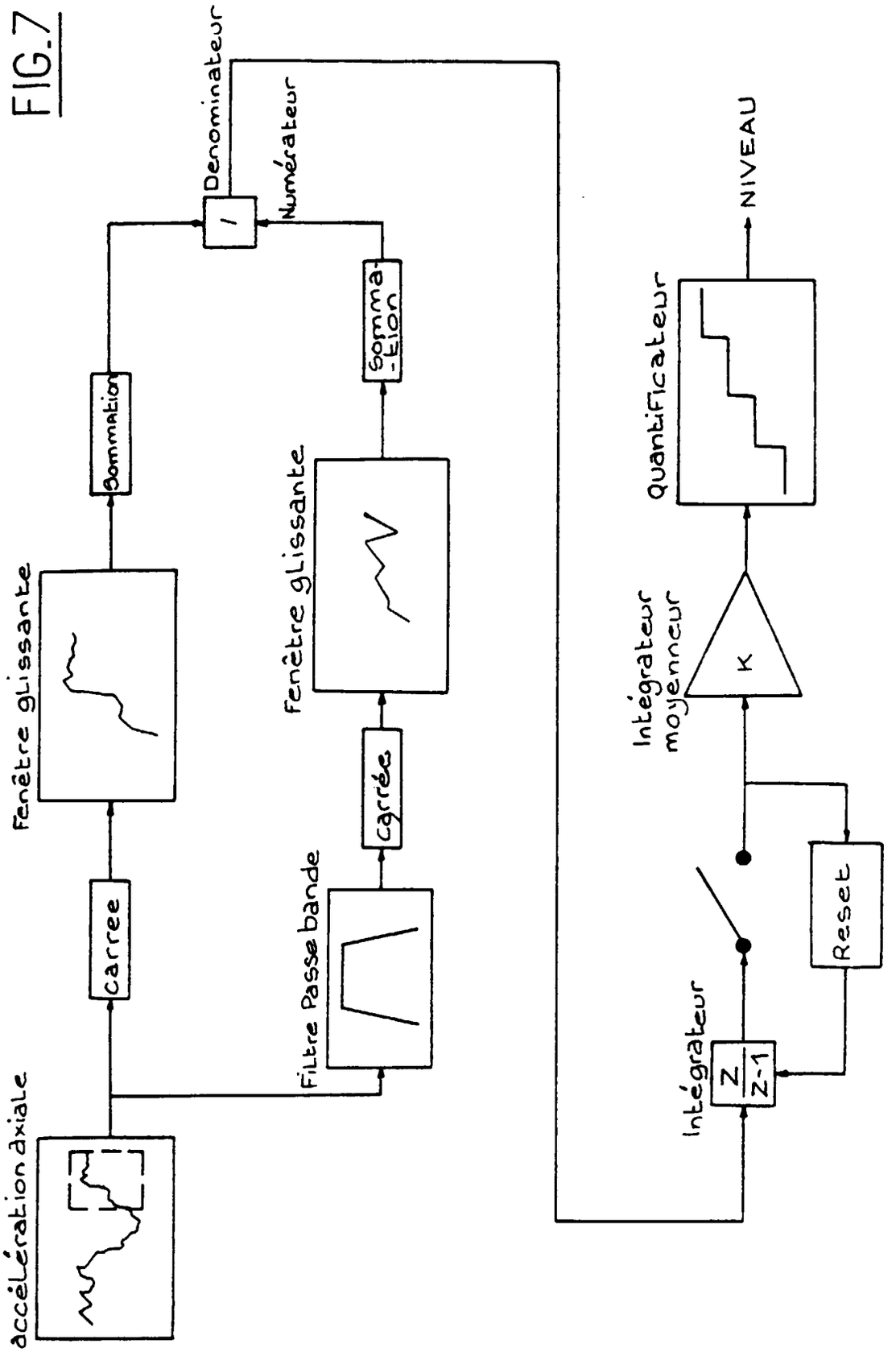

Δθ
Arguments
BX
BY
COSθ=BX/√(BX²+BY²)
SINθ=BY/√(BX²+BY²)
COSθ
SINθ
Z⁻¹
Δθ (t)
Fenêtre glissante
Integration
regression Lineaire
Pente: θ̇
Coef de correla-tion: r
θ̇
r
Integrateur
Z/(Z-1)
reset
Integrateur moyenneur
K
Quantificateur
NIVEAU
θ̇/φ̇
1
φ̇
oui
non
r>r seuil ?

FIG.7


accélération axiale
carree
Fenêtre glissante
Sommation
Filtre Passe bande
Carrées
Fenêtre glissante
Somma-tion
Dénominateur
Numérateur
/
Intégrateur
Z
Z-1
Reset
Intégrateur moyenneur
K
Quantificateur
NIVEAU