

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :
(A n'utiliser que pour les
commandes de reproduction).

2 507 786

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 82 10068

(54) Procédé et dispositif de prospection directe de gisements d'hydrocarbures.

(51) Classification internationale (Int. Cl.³). G 01 V 3/17, 3/16.

(22) Date de dépôt 9 juin 1982.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée : Pologne, 10 juin 1981, n° P-231.633.

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande B.O.P.I. — « Listes » n° 50 du 17-12-1982.

(71) Déposant : INSTYTUT GORNICTWA NAFTOWEGO I GAZOWNICTWA, résidant en Pologne.

(72) Invention de : Jan Dzwinel.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Z. Weinstein,
20, av. de Friedland, 75008 Paris.

L'invention a pour objet un procédé et un dispositif de prospection directe de gisements d'hydrocarbures trouvant son application en géophysique de prospection.

On connaît déjà, d'après les ouvrages de Mrs
5 W.M. Telford, L.P. Geldart, R.E. Sheriff, A.A. Keys
"Applied Geophysics" et selon celui de A.G. Tarchov
"Elektrozawedka-Sprawocnik Geofizika", des procédés aériens
de prospection électromagnétique qui comprennent la mesure,
à partir d'un circuit géophysique monté dans un hélicoptère
10 en vol, de l'amplitude et de la phase du signal électro-
magnétique dans la bande de fréquences de 80 à 8000 Hz, le
long d'un réseau de profils de mesure désigné par voie
géodésique. Les mesures sont faites sur une ou deux
fréquences éloignées et à une ou deux hauteurs de vol, puis
15 ensuite elles sont soumises à une traductrice, qui va
continuer le processus de recherche en séparant sur le
territoire du vol les grandeurs anormales d'écarts
d'amplitude et de phase, tout en effectuant la corrélation
sur la base des informations géologiques possédées et en
20 tenant compte du savoir et de l'expérience personnelles
subjectives et on classe finalement l'anomalie.

Les appareils géophysiques de mesure appliqués
aux procédés de prospection aérienne comportent un cadre
émetteur à induction monté en position fixe sur l'hélicop-
25 tère, accordé à plusieurs fréquences dans la bande de 80 à
8000 Hz, alimenté par un générateur électronique desdites
fréquences d'une puissance pouvant atteindre 2,5 kW.
A une distance pouvant atteindre 150 m est disposé un cadre
récepteur à induction sur un câble de remorque dans un plan parallèle à
30 celui du cadre émetteur, avec un second cadre orthogonal, connectés ensem-
ble à un appareil de mesure de l'amplitude et de la phase.

Le défaut des procédés connus est leur faible
portée de prospection qui atteint 100 à 300 m sous le
niveau des eaux souterraines, fait dû en géophysique au
35 phénomène d'absorption poussée d'ondes électromagnétiques
au fur et à mesure de l'accroissement de la profondeur pour
les fréquences mises en œuvre, et en plus, ils sont

désavantageux en indiquant uniquement la présence ou l'absence de corps conducteurs, sans indiquer leur classification géologique, ce qui provient de leur propriété d'induction du fait de la bande de fréquences appliquées sensibles aux bons conducteurs. Comme autres défauts, il faut que la traductrice continue le processus en mettant à profit l'information géologique subjective, et il y a un manque de possibilité de réaction électrocinétique sur la structure électrique de l'espace poreux des roches contenant des gisements d'hydrocarbures, dû à la faible constante de temps de relaxation électrique de cette structure par rapport aux fréquences appliquées ainsi qu'un manque d'information électronique, durant le vol, d'un vecteur d'information géophysique à dimensions multiples dans le domaine de la fréquence, de la hauteur de vol et des composantes du champ électromagnétique, capable sans la participation de la traductrice et sans informations géologiques préliminaires, d'indiquer la nature du gisement géologique, la grandeur de probabilité de son existence et sa localisation.

Par contre le défaut des appareils géophysiques concerne l'application de la bande de fréquences de 80 à 8000 Hz et la faible puissance de rayonnement du cadre inducteur jusqu'à 2,5 kW, le manque de possibilité de commande du plan de positionnement du cadre émetteur durant le vol de l'hélicoptère ainsi que la construction électronique haute fréquence des générateurs de puissance. En outre, les appareils connus ne donnent pas la possibilité de définition électronique de la grandeur du vecteur à dimensions multiples d'information comme fonction de l'amplitude et de la phase du signal par rapport à la fréquence, à la polarisation du champ électromagnétique ni de la hauteur de vol ainsi que de la grandeur de probabilité de dépendance à la classe propre de gisements recherchés.

Le procédé selon l'invention est caractérisé par le fait que durant le vol de l'hélicoptère le long de réseaux fermés, avantageusement rectangulaires, de

cheminements de profils de mesure disposés par étages, on mesure en synchronisme et on emmagasine dans une mémoire magnétique le spectre d'amplitude et de phase des restes du signal non compensé au point de départ ainsi que le signal de compensation à paramètres changés du spectre de fréquences, la position du plan de la boucle émettrice d'induction et la hauteur de vol de chaque cheminement fermé, et ensuite on forme par voie électronique sur cette base un vecteur multidimensionnel d'indication géophysique, qui sera transformé sur la base de mesures étalons en un indicateur discriminateur qui sera normalisé à la valeur de la probabilité. A chaque instant du vol, on classe électroniquement les mesures de prospection en classes d'images appartenant directement aux gisements d'hydrocarbures et aux zones improductives.

Le dispositif selon l'invention est caractérisé en ce que sous l'hélicoptère est suspendue, sur un arbre articulé et un châssis portant, une boucle émettrice à induction protégée par un régulateur automatique de positionnement du plan de la boucle et des amortisseurs, cette boucle étant connectée par un câble d'alimentation à un générateur de puissance. En outre, au moyen de fils porteurs sur le châssis portant, est monté verticalement un système orthogonal à trois antennes réceptrices à induction, enveloppées dans le plan horizontal par un revêtement aérodynamique sous forme d'un disque, dont les circuits récepteurs sont connectés à un câble commun au bloc de mesure, et les circuits compensateurs à un bloc de compensation qui est également couplé au bloc de mesure.

Un tel mode de réalisation du procédé suivant l'invention donne la possibilité d'indiquer directement la présence de terrains à gisements d'hydrocarbures, durant le vol ou juste après un faible retard dû au traitement de l'information par l'ordinateur, au cas où ledit bloc de mesure serait dépourvu d'un processeur de qualité convenable. En plus, l'invention permet de réaliser rapidement la prospection en conditions indépendantes de la morphologie et du caractère du terrain, ou dans la région

d'un plateau maritime ou océanique. Un avantage évident de ce mode de réalisation est la possibilité de prospection jusqu'à une profondeur de 5000 m, ainsi que celui d'une réaction électrocinétique sur la structure électrique de l'espace poreux des roches à gisements d'hydrocarbures, ainsi que l'élimination de l'interprétation géologique subjective et géophysique de la traductrice. En outre, le procédé selon l'invention permet durant le vol de former un vecteur d'information géophysique multidimensionnel dans le domaine de la fréquence, des composantes du champ électromagnétique et de l'altitude de vol, qui sera capable d'indiquer, sans l'aide de la traductrice et des informations géologiques préliminaires, la grandeur de probabilité d'existence d'un gisement d'hydrocarbures ainsi que sa localisation.

Le dispositif selon l'invention permet d'accroître nettement le rayonnement, d'une part, et de réduire la fréquence du cadre émetteur à induction à une gamme de 0,1 à 10Hz, d'autre part, en changeant le plan de sa position durant le vol, de manière à déterminer par voie électronique la grandeur du vecteur d'information multidimensionnel sous forme d'une fonction de l'amplitude et de la phase du signal mesuré envers la fréquence, la polarisation du champ électromagnétique et l'altitude du vol.

L'invention sera mieux comprise, et d'autres buts, caractéristiques, détails et avantages de celle-ci apparaîtront plus clairement au cours de la description explicative qui va suivre faite en référence aux dessins schématiques annexés donnés uniquement à titre d'exemple illustrant plusieurs modes de réalisation de l'invention, et dans lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique du dispositif de prospection directe, et
- la figure 2 montre une antenne inductrice à circuit de compensation.

Sur les gisements étudiés, constituant l'objet de prospection, perpendiculairement à leur extension, on détermine des côtes visibles par le pilote, d'un cheminement

fermé de profils de mesure présentant la forme d'un rectangle. Les côtés longs de profils du rectangle, devront couper le gisement selon les limites déterminant sa tierce centrale et être prolongés des deux côtés du gisement sur une distance égale à trois fois celle de la superficie de ce dernier. Le long du cheminement fermé de profils, à un intervalle égale au $1/3$ de la largeur moyenne du gisement présent dans la région prospectée, arrondie aux cent mètres, on marquera, au moyen de ces côtes visibles par le pilote, les points détaillés de rabattement topographique de mesure. L'hélicoptère, équipé du dispositif selon l'invention à signaux compensés au niveau du bruit dans les antennes de mesure, va débiter la mesure de la grandeur du signal de compensation, de l'amplitude et de la phase des composantes H_x , H_y , et H_z à partir d'un coin du rectangle fermé de cheminement à la plus haute altitude de h_1 égale au $1/3$ de la largeur moyenne du gisement prospecté. La mesure est faite sur 6 fréquences à la fois, soit : 8 Hz, 4 Hz, 2 Hz, 1 Hz, 0,5 Hz et 0,25 Hz. Le premier survol se fera de manière à ce que la boucle inductrice d'alimentation soit en position horizontale, tandis que le second survol du rectangle s'effectuera sous un angle d'inclinaison de 45° dans le sens du vol le long du premier profil coupant le gisement, par contre au troisième survol cette inclinaison de 45° sera du côté gauche dudit premier profil. Ensuite, sur la tranche du profil constituant une courte partie de liaison du cheminement rectangulaire, le pilote descendra en altitude de 25 % par rapport à celle d'origine, et il recommencera ce même cycle de mesures à cette dernière altitude h_2 . Ainsi, en survolant et réduisant à chaque fois de 25 % l'altitude suivante, en maintenant une synchronisation permanente d'enregistrement des survols de rabattements détaillés, cet hélicoptère équipé d'un système géophysique à enregistrement numérique, pourra emmagasiner dans une mémoire magnétique les informations relatives à l'objet de la prospection

entreprise. Ces informations sous forme d'un vecteur multidimensionnel de formule générale

$$\bar{A} = A \bar{a}(xy) + \bar{\varphi}(xy)$$

où : $\bar{a}_h^{ikj}(xy)$ - vecteur d'amplitude au point x,y

5 $\bar{\varphi}_h^{iHj}(xy)$ - vecteur de phase au point x,y

$h = h_1, h_2, h_3$ - altitude de vol

$i = 0,25 ; 0,5 ; 1 ; 2 ; 4 ; 8$ - fréquence

$k = H_x, H_y, H_z$ - composantes orthogonales du champ électromagnétique

10 $j = 0^\circ, +45^\circ, -45^\circ$ - angle d'inclinaison de la boucle
x, y - coordonnées topographiques au moment de la mesure

constituent une documentation de reconnaissance de tels gisements dans la région prospectée sans recourir à l'aide de la traductrice et aux informations géologiques.

15 La suite du processus consiste à déterminer, au moyen d'un processeur électronique, des facteurs de la fonction de discrimination

$$F_{hijk}(\bar{a}_{xy}) \text{ et } F_{hijk}(\bar{\varphi}_{xy}) A_0, B_{hijk} C_{hijk}$$

20 selon des algorithmes généralement connus, et à calculer les discriminants $g(xy)$ suivant la relation :

$$g(xy) = A_0 + \sum_{h=1}^h \sum_{i=1}^i \sum_{j=1}^j \sum_{k=1}^k B_{hijk}(F) \times (\bar{a}_{xy})^{hijk+C(F)x} \times (\bar{\varphi}_{xy})^{hijk} \quad (1)$$

remplissant les conditions :

25 $0,8 \leq g(xy) \leq 1$ pour tous les gisements d'étude d'hydrocarbures

$-0,8 \geq g(xy) \geq -1$ pour toutes les régions d'étude à "manque de gisements"

$$h^* + i^* + j^* + k^* = \min \gamma \quad (2)$$

30 où : $\gamma = h + i + j + k$ somme de toutes les combinaisons du code de mesure

$g(xy)$ - discriminant standard de la grandeur de probabilité.

Ces facteurs sont calculés d'abord pour les composantes i, k pour $j_1=0$ lorsque le vol se fait à l'altitude h_1 , ensuite pour les composantes $j_2 = 45^\circ$ et $j_3 = -45^\circ$ pour cette même altitude h_1 , ensuite pour les vols plus bas à l'altitude h_2 pour les deux altitudes h_1 et h_2 , enfin pour les trois altitudes h_1, h_2 et h_3 pour le survol de mesure à l'altitude h_3 .

On introduit dans la mémoire magnétique du bloc de mesure les facteurs calculés, qui remplissent les conditions de l'équation (2), et le processeur est mis en programme pour le calcul en vol de la grandeur $g(xy)$ pour chaque point de mesure (xy) et pour chaque équation (2) finalement déterminée qui correspondra à l'altitude h_1^* ; h_2^* etc.... Cette opération achève le processus d'étude, qui est une préparation à l'indication directe de gisements d'hydrocarbures durant les vols suivants de prospection. Le processus ultérieur de prospection consiste en ce que sur toute la région prospectée, y compris les gisements éventuels mis à profit à l'étude, on désigne un réseau de profils parallèles de prospection conformément au sens du pendage régional. Les profils sont déterminés et marqués par un géodésien, pour le pilote, à des intervalles tels que le gisement le plus petit supposé puisse avoir la chance d'être entrecoupé au moins par deux profils et au moins par un point de rabattement détaillé topographique de mesure. L'hélicoptère s'envole à la prospection du même point, où l'on a effectué la compensation des signaux dans les antennes de mesure d'étude, à l'altitude la plus haute h_1^* . A part l'enregistrement sur une bande magnétique de toutes les amplitudes et phases des composantes du vecteur \bar{A} , on enregistre à chaque point (xy) la grandeur du discriminant égale à la probabilité $g(xy)$, dont les variations peuvent être, en outre, observées par l'opérateur sur un moniteur d'images. Après avoir atteint une valeur de probabilité de +0,8 ou plus, on donne l'ordre au navigateur de prolonger le vol à trois distances de la largeur d'anomalie observée de grande probabilité, et au point le plus proche on tourne de 90° et

on ferme le cheminement de mesure par le profil voisin comme durant le processus d'étude. Le processus ultérieur de prospection comprendra le vol de l'hélicoptère suivant un cheminement fermé à une altitude diminuée à chaque fois de la même manière que pour l'étude, pour les valeurs déterminées optimales des composantes selon l'équation (2) des conditions codées du vecteur : h^* , i^* , j^* , k^* .

Durant le survol de l'anomalie découverte d'une grande probabilité, à part l'enregistrement permanent numérique des données, indispensables aux travaux détaillés et de contrôle sur l'ordinateur de la base, l'opérateur, sur la base des observations du moniteur avec le concours du navigateur, définira sur la carte le centre de probabilité maximum ainsi que les lieux, où la valeur de $g(xy)$ atteint une grandeur égale à 0,5 de probabilité. Après la localisation du gisement découvert d'hydrocarbures, l'hélicoptère continuera sa course de mesure le long du profil, et après la rencontre d'une seconde anomalie importante de probabilité de présence d'un gisement d'hydrocarbures, il répétera le cycle de vol tout en diminuant l'altitude. Les objectifs distinctifs aux valeurs de probabilité de 1,0 après détermination de leurs positions sur la base de la répartition des isolignes de probabilité, seront traités sur la carte créée à partir des tables de tous les profils de mesure comme gisements d'hydrocarbures. Les objectifs à valeurs de probabilité inférieures à 80 % devront être vérifiés par des systèmes terrestres de prospection directe avant de prendre la décision de localisation des sondages.

Pour d'autres variantes de prospection, on admettra des valeurs de fréquence dans la bande de 0,1 à 10 Hz, ainsi que d'autres valeurs angulaires, de sens d'inclinaison de la boucle émettrice à induction et de taux en pour cent de l'altitude de vol. En outre, on appliquera d'autres algorithmes publiés de la fonction de reconnaissance de l'image et du choix optimal des composantes du vecteur \bar{A} de la séquence de leur emmagasinement et la valeur du seuil reconnaissant l'objectif découvert comme gisement d'hydrocarbures.

Sous l'hélicoptère 1 est suspendu un arbre à articulation 3, par un verrouillage 2, où est fixé un cadre porteur 4 d'un diamètre de 6 m. Le positionnement du plan du cadre 4 se fait à partir de la cabine de l'hélicoptère 1 par des régulateurs automatiques de la position du plan d'une boucle 5 contrôlée au moyen de palpeurs 6 équipés d'amortisseurs 7. Ce cadre porteur 4 est assemblé à un monte-charge électrique 8 et il comporte une boucle d'induction 9 à spires multiples formée à partir d'un câble isolé monofil à 700 enroulements, alimentée en courant alternatif par un générateur de puissance 10 à intensité pouvant atteindre 50 A, au moyen d'un câble 19. Le champ électromagnétique engendré par cette partie du système est reçu par un système orthogonal, suspendu par des brins 11 à l'arbre 3 à une distance de 30 m, enveloppé dans le plan horizontal par un revêtement aérodynamique sous forme d'un disque, composé de trois antennes réceptrices à induction 12 des composantes H_x , H_y , H_z , dont chacune d'elles présente des circuits récepteurs 13 et des circuits compensateurs 14 enroulés sur un noyau, lesdits circuits étant alimentés à partir d'un bloc de compensation 15, par le même passage du courant d'alimentation de la boucle 9 d'induction. La valeur de l'intensité du courant de compensation est déterminée au point de départ des mesures sur le principe de moindre valeur du signal dans les circuits de mesure 13, et ensuite on enregistre en synchronisme durant le vol avec les signaux provenant du milieu rocheux dans un bloc de mesure 16 équipé d'un processeur et d'une mémoire magnétique, et qui est relié aux circuits 13 par un câble collecteur 20.

Selon un autre mode de réalisation, dans une variante du dispositif selon l'invention, on prévoit que les circuits récepteurs 13 des antennes réceptrices 12 à induction H_x et H_y ainsi que leurs circuits de compensation 14 soient connectés en série, rendant ainsi minimales les exigences imposées de linéarité poussée des antennes par rapport au sens du vol. En outre, le diamètre du cadre porteur 4 est de 2 à 10 m, et le nombre de spires de la

5 boucle d'induction 9 est de 200 à 1000, pour une intensité de courant de 30 à 100 A, par contre la distance des antennes 12 est de 10 à 100m. Les antennes réceptrices 12 sont suspendues à un seul fil 11 disposé verticalement au centre, et le niveau de leurs plans x, y est déterminé par un palpeur 17 et enregistré par le bloc de mesure 16, ce niveau étant réglé par les propriétés aérodynamiques d'un revêtement en plastique 18 sous forme d'un plateau recouvrant les antennes réceptrices 12 à induction.

R E V E N D I C A T I O N S

1. Procédé de prospection directe de gisements d'hydrocarbures, caractérisé en ce qu'on mesure en synchronisme, durant le vol d'un hélicoptère le long de réseaux fermés constitués avantageusement en chemins rectangulaires
5 de profils de mesure disposés en étages, et qu'on groupe dans une mémoire magnétique le spectre d'amplitude et de phase des restes du signal non compensé au point de départ, ainsi que le signal de compensation, en faisant varier les paramètres du spectre de fréquences, ceux de la position du
10 plan de la boucle émettrice à induction et d'altitude de vol de chaque cheminement fermé, puis ensuite à partir de cela, on forme par voie électronique un vecteur multidimensionnel d'indices géophysiques que, sur la base de mesures étalons, on transforme en facteurs discriminants standardisés en grandeurs de probabilité, et en ce qu'ensuite à
15 chaque instant du vol on classe par voie électronique les mesures de prospection en classes d'images appartenant directement soit aux gisements d'hydrocarbures ou aux zones non productives.

20 2. Dispositif de prospection directe de gisements d'hydrocarbures, caractérisé en ce que sous un hélicoptère (1) est suspendue, à un arbre à articulation (3) et un cadre porteur (4), une boucle émettrice (9) à induction protégée par un régulateur automatique (5) de positionnement du plan d'une boucle et par des amortisseurs (7),
25 connectée par un câble d'alimentation (19) à un générateur de puissance (10), ainsi qu'un système orthogonal de trois antennes réceptrices (12) à induction, accroché verticalement au cadre (4) par un brin (11), enveloppées
30 dans le plan horizontal par un revêtement aérodynamique (18) présentant la forme d'un plateau, composé de circuits récepteurs (13) et de circuits compensateurs (14), lesdits circuits récepteurs (13) étant connectés à un bloc de mesure (16) au moyen d'un câble collecteur, tandis que les
35 circuits compensateurs (14) sont connectés au bloc de compensation (15) qui est couplé à celui de mesure (16).

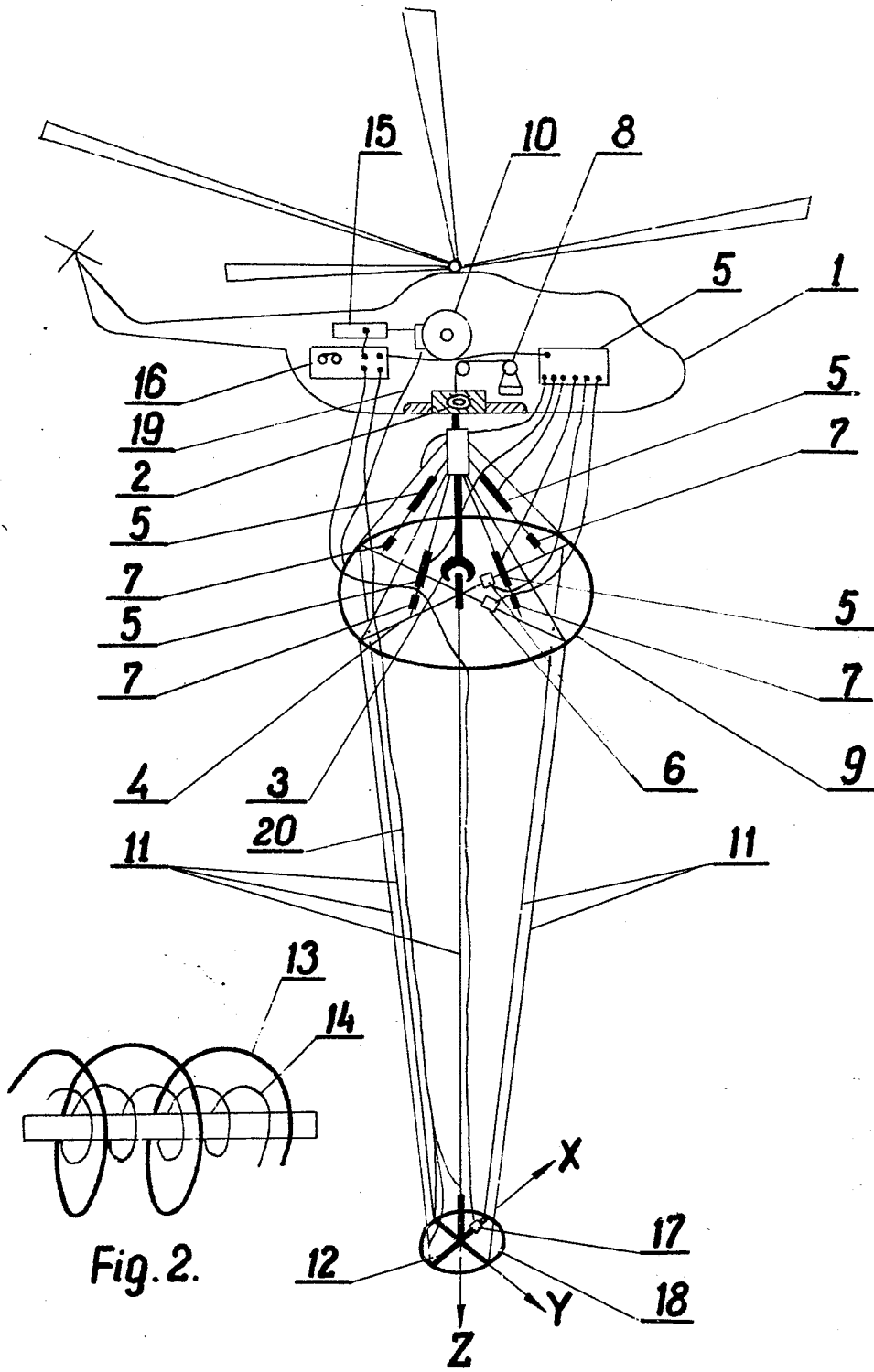


Fig. 2.

Fig. 1.