

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :

(A n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction).

**2 495 777**

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

**N° 80 26071**

(54) Méthode et dispositif de contrôle automatique de l'intégrité des soudures d'assemblage mécanosoudés.

(51) Classification internationale (Int. Cl. 3). G 01 N 27/82; F 17 D 5/06; G 01 M 3/00, 19/00;  
G 01 N 29/04; G 05 B 19/18.

(22) Date de dépôt ..... 9 décembre 1980.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du  
public de la demande ..... B.O.P.I. — « Listes » n° 23 du 11-6-1982.

(71) Déposant : THOME Paul, résidant en France.

(72) Invention de : Paul Thome.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet A. Thibon-Littaye,  
11, rue de l'Etang, 78160 Marly-le-Roi.

-1-

Méthode et dispositif de contrôle automatique de l'intégrité des soudures d'assemblages mécano-soudés.

La présente invention a pour objet une méthode et un dispositif de contrôle automatique destinés à détecter, à mesurer, à surveiller 5 des fissures éventuelles et autres dommages dans des assemblages mécano-soudés. Elle concerne un véhicule circulant à l'intérieur d'un corps creux, portant un bras robot servant à positionner les sondes de mesure au contact des zones à contrôler.

Qu'il s'agisse de répondre aux exigences de qualité de la fabrication 10 (contrôle initial) et à celles de l'exploitation (dommages éventuels, corrosion, fatigue..), il est dans bien des cas exigé et nécessaire d'être assuré de l'intégrité d'une structure et de prévenir d'un risque d'accident. Ces diagnostics sont déjà imposés sur les centrales nucléaires, par exemple, et elles le seront prochainement de façon 15 plus critique sur les plate-formes off-shore.

Actuellement et même pour les exemples précités, dans bien des cas le contrôle est effectué manuellement ce qui limite considérablement la confiance que l'on peut attendre de ces mesures (off-shore) ou ce 20 qui demande un temps appréciable <sup>implique</sup> l'absorption de rayonnement pour les opérateurs (centrales nucléaires).

Par nature, la méthode utilisée ici mesure les paramètres définissant un défaut : localisation, orientation, dimensions. Elle est compatible avec une prise en mémoire de toutes les valeurs correspondantes ; par ailleurs, étant automatique elle s'affranchit des incertitudes 25 qui accompagnent tout procédé manuel.

Elle est particulièrement destinée à l'inspection des soudures d'assemblages tubulaires où l'un des éléments est accessible de l'intérieur. Elle répond à des conditions difficiles d'environnement qu'il s'agisse d'espace confiné ou d'un environnement hostile tel que dans

les centrales nucléaires ou en off-shore . Elle convient au contrôle d'assemblages tubulaires qu'il s'agisse de raboutage de canalisations , de piquages , ou encore de treillis tubulaires avec leurs noeuds de raccordement entre les membrures principales ( fûts ou piles , chords ) et les membrures secondaires ( bracings ) .

5

Dans le cas de plate-formes off-shore par exemple qui atteignent des dimensions colossales , les soudures se comptent par centaines . Les noeuds des treillis comportent jusqu'à 6 ou 8 bracings avec ou sans goussets raidisseurs . Ces soudures coïncident avec des zones particulièrement sollicitées susceptibles par leur nature complexe d'être sujettes à des défauts de fabrication , et par leur situation d'être soumises à des contraintes alternées génératrices de fissures de fatigue .

10

Le dispositif mécanique objet de l'invention réalise des mesures directes , exhaustives , précises et reproductibles , rapides et qui ne requièrent pas l'intervention en place d'un opérateur . Il répond donc aux exigences d'une surveillance en service ( "in-service inspection" ) . Il a pour fonction de positionner fermement et d'orienter correctement les palpeurs de mesure à quelques millimètres près par rapport aux cordons de soudure et de faire explorer dans ces conditions l'intégralité du cordon de soudure ( balayage de la soudure par les palpeurs ) . Ces palpeurs émettent des signaux et ils reçoivent des échos ou des "images" qui traduisent la présence de défauts . De préférence , on utilisera soit des sondes à courants de Foucault ( eddy current ) soit des sondes à ultrasons .

20

La tête de mesure est déplacée contre la face interne de la membrure , en regard de la soudure . La zone de balayage des palpeurs est indiquée sur la figure 1 a . Les fissures sont détectées par des palpeurs droits et des palpeurs d'angle à ultrasons . La largeur de la soudure correspond à la zone de disparition des échos des ondes des palpeurs droits , sur la surface extérieure ; aussi les irrégularités des enregistrements révèlent-elles les manques de pénétration en racine de soudage ( défaut "D" figure 1 ) . Les autres fissures , collages et inclusions ( A,B,C,E,F,G fig.1 ) sont décelées dans le mode émetteur-récepteur ("pulse-echo") . On voit sur ces figures 1 qu'il n'y a aucune difficulté à déceler les fissures sur la membrure principale , et que , pour autant que les soudures sont entièrement pénétrées , toutes les fissures dans la soudure et dans la membrure secondaire seront elles aussi détectées .

25

30

35

Le dispositif de contrôle qui se déplace à l'intérieur d'une membrure permet le contrôle des soudures des membrures secondaires lorsque ces soudures sont entièrement pénétrées.

Il a pour fonction de déplacer une sonde contre ou à proximité de la surface intérieure de la membrure, de reconnaître l'emplacement des soudures, et d'en effectuer l'exploration pour trouver les fissures éventuelles, par balayage de cette soudure avec des sondes correctement orientées par rapport à la direction de la soudure.

10 Dans l'exemple illustré dans les figures 2, 3, 4, 5, ce "scanner interne" (SCI) est descendu dans une membrure verticale 1 sur laquelle ont été rapportées des membrures secondaires 2 par des soudures à pleine pénétration 3. Ces soudures sont contrôlées par un assemblage de palpeurs ultrasons 44 constituant la sonde 43 de mesure. Lorsque la sonde contrôle la position diamétrale opposée de la soudure, en 4, cette sonde est venue en 80 et elle a tourné de 180° sur elle-même. Le SCI ("scanner interne") est supporté par des câbles 8 liés à un manneton 7. Ces câbles assurent le maintien mécanique, l'alimentation électrique des moteurs, l'instrumentation et un circuit d'eau déminéralisée assurant le couplage de la sonde. Si les membrures étaient horizontales, on intégrerait un chariot automoteur au SCI.

25 Le SCI roule et se centre à l'intérieur de 1 grâce à des bras 11 et 27 pourvus de roues 15 en leur extrémité; ces bras sont déployés par des vérins 12. Ces bras s'accomodent d'une gamme de diamètre de membrure. Le diamètre minimal est représenté par la membrure 5 à laquelle correspond les positions 13 et 14 du vérin 12 et du bras 11 respectivement. Lorsque le SCI est en position choisie, définie à une dizaine de centimètres près, les roues 15 sont bloquées par freinage par 30 l'intermédiaire des câbles 16 qui, par les poulies de renvoi 18, sont commandées par le moteur 17.

35 Le SCI comporte une partie fixe 6 par rapport aux câbles, une partie mobile en cage d'écureuil tournant autour de l'axe du SCI, et une partie inférieure fixe également. Sur la partie rotative se déplace le module 40 portant la sonde 43. Le porte-sonde télescopique 41,42 est sorti pour

venir en appui contre la surface interne, il est susceptible d'être orienté par une rotation autour de son axe.

5 La partie fixe supérieure comporte une couronne 9 de même que la partie fixe inférieure 26. Sur cette couronne sont placés des roulements et des butées à billes 10 positionnant la partie mobile. Au travers de la partie fixe supérieure transitent les câbles 25 d'alimentation électrique et ceux d'alimentation reliés à la sonde. Ces câbles viennent sur un collecteur électrique glissant, multipolaire, ayant une partie fixe 24 et une partie rotative 22, cette dernière étant solidaire de la rotation de la partie mobile. Les câbles électriques 23 alimentent le moteur électrique pas à pas 34 qui assure le déplacement du module 40. Sur la partie fixe supérieure est fixé le moteur pas à pas 19 qui, par l'axe 20 et le pignon 21 assure la rotation de la partie mobile 31.

10 15 La couronne fixe 9 est également pourvue d'une alimentation en eau déminéralisée arrivant par le conduit 81 et débouchant dans une rainure cylindrique 82. Ce circuit d'eau sert à alimenter la partie mobile par une canalisation 84 débouchant dans la chambre délimitée entre la partie fixe et la partie mobile par les joints toriques d'étanchéité 83.

20 25 La partie fixe inférieure 26 comporte un moteur pas à pas 89 couplé avec le moteur 19. Le collecteur 29 assure la liaison électrique avec la partie rotative inférieure 92. Une centrale électrohydraulique 28 alimentée par 30 actionne les vérins des bras 27. Cette centrale est protégée par un capot 88.

30 35 La partie mobile rotative comprend une flasque cylindrique supérieure et une flasque cylindrique inférieure reliées par des tirants 33 et par une vis à billes 32. L'alimentation électrique de la partie fixe inférieure est réalisée par des câbles passant dans 33. Le circuit d'eau déminéralisé 84 est raccordé à un enrouleur - tambour 86 porté par le bras 87. De ce tambour part le conduit 93 assurant l'alimentation en eau du module 40. De même, un enrouleur-tambour 35 maintient en tension les câbles 36 d'alimentation électrique et d'instrumentation reliés au module 40.

Le module 40 se déplace sur les tirants 33. Il est entraîné par la vis à billes 32, maintenue par les paliers 37, et dont la rotation est commandée par le moteur pas à pas 34 attaquant la couronne dentée 38.

Le module 40 a pour fonction d'assurer l'appui des capteurs ( de la sonde ) contre la membrure et d'orienter cette sonde par rapport à la soudure. Les câbles d'instrumentation sont reliés aux sondes qui, par ailleurs, seront noyées par une circulation d'eau déminéralisée ou 5 de tout autre fluide de couplage.

Ces fonctions seront réalisées de la manière exposée ci-après.

Le module comporte un puits cylindrique 94 , radial. Ce puits contient 10 une chemise 45 centrée par les roulements 50 et 51, et dont la rotation relativement à 40 est commandée par un moteur pas à pas 48 attaquant par un pignon conique 49 une couronne dentée 71 solidaire de 45. L'extrémité de 45 comporte un collecteur électrique anulaire dont une face 53 est solidaire de 45 alors que l'autre face 52 est solidaire du module. Le collecteur est relié par le câble 75 à la prise de raccordement 15 46 laquelle reçoit l'extrémité du câble 36. Une bague d'étanchéité 90 protège la chambre comprise entre 94 et 45.

A l'extrémité et à l'intérieur de 45 est fixé l'enrouleur-tambour 56 assurant le maintien en tension des câbles d'instrumentation 57 reliés 20 à la sonde. Une canalisation d'eau 74 solidaire de 40 traverse coaxialement la face de la chemise 45. Elle est centrée par un roulement 73 et elle possède un joint torique d'étanchéité 72. Cette extrémité est protégée par le capot fixe 47 . Cette extrémité est également traversée radialement par un axe portant 25 deux pignons, le pignon cylindrique 77 extérieur est attaqué par une couronne 70 centrée par le roulement 79; le pignon conique intérieur attaque l'extrémité 78 de l'axe filté 60 dont la mise en rotation va assurer le déploiement du bras télescopique. La rotation de la couronne 70 est commandée par le moteur pas à pas 54 avec son pignon conique 55 attaquant la denture conique correspondante de 70. L'étanchéité est assurée par le joint 76.

Le bras télescopique comporte un tube intérieur 42 et un tube coaxial 41. Ils coulissent sans tourner à l'intérieur de 45 grâce aux plats 35 58, et ils sont donc asservis à la rotation de 45. Le tube 41 comporte des paliers autolubrifiants de guidage 66 et 68; Le tube 42 comporte des paliers autolubrifiants de guidage 62 et 65. La course du tube intérieur est définie par la longueur de la

portée 63 jusqu'à la butée 64. La course du tube extérieur 41 est limitée à la butée 67 de la chemise.

Le déploiement du tube télescopique est commandé par la rotation de l'axe fileté 60 sur lequel coulisse un écrou 61 à renvoi de billes solidaire

5 dû tube intérieur 42. Cet axe est maintenu concentrique par un roulement 59 s'appuyant sur la chemise et par une bague en teflon 100 en l'autre extrémité.

La tête de 42 porte la sonde 43 équipée de palpeurs à ultrasons 44 montés individuellement sur des ressorts de façon à compenser la courbure de

10 la membrure et à assurer ainsi un couplage correct.

Le fonctionnement du SCI est le suivant: le SCI est descendu à une dizaine de centimètres près d'une position repérée et il est bloqué en

15 position. Le module est alors rapidement déplacé une fois que la sonde a été sortie et est venue au contact de la surface intérieure du tube.

La sonde enregistre le passage de la soudure car elle ne reçoit plus les échos de retour de la surface extérieure de la membrure. Elle

intercepte donc dans son trajet deux signaux correspondant au croisé de la soudure par une même génératrice.

20 Le module est alors positionné à mi-distance de ces signaux puis on lui fait subir une rotation. Les nouveaux signaux dans cette direction transversale à la première, définissent l'axe de la membrure secondaire.

Comme les dimensions et les inclinaisons du noeud sont connues, on sait 25 le profil théorique de la soudure. Comme l'on connaît le centre de cette soudure, on connaît alors sa position sur membrure avec une précision satisfaisante. Les moteurs pas à pas sont alors commandés pour que la

sonde balaye totalement la soudure et reste constamment orientée perpendiculairement à la tangente à la soudure : en effet les transduc-

30 teurs à ultrasons émettent des ondes transversales ( inclinées sur la normale à la surface ) qui doivent être correctement orientées pour détecter les fissures le long du cordon de soudage. Eventuellement la sonde balaye également transversalement la soudure en se déplaçant progressivement le long de celle ci. Toutes ces opérations sont

35 réalisées par commande numérique.

Revendications

- I Méthode de contrôle non destructif automatique des soudures entre deux membrures où la tête d'inspection est à chaque instant orientée pour demeurer dans une même configuration par rapport à la direction du cordon de soudure,  
5 caractérisée en ce que le contrôle s'effectue par la face interne de la membrure principale et que la position de la tête de mesure est asservie à celle du cordon de soudage .
- II Méthode selon 1 où la position du cordon de soudure est détectée à 10 partir d'une mesure selon une génératrice et d'une mesure selon une section circulaire . Le dispositif d'inspection étant alors réglé en position à partir de ces deux mesures, et le déplacement de la tête d'inspection étant programmé par une commande numérique .
- 15 III Dispositif de contrôle pour application des méthodes précédentes constitué d'un chariot mobile à l'intérieur de la membrure, portant un bras télescopique radial avec en son extrémité une tête d'inspection dotée de quatre degrés de liberté ( selon l'axe du chariot, radialement, en rotation autour de l'axe du chariot, et en rotation sur lui-même ).  
20
- IV Chariot selon 3 comportant deux extrémités fixes portant des roues de centrage du chariot dans la membrure et un système de blocage contre celle-ci;  
25 deux flasques reliées par des rails de guidage formant un équipage pouvant tourner sur lui-même entre les deux extrémités fixes, un tambour qui se déplace sur les rails de guidage et qui porte un bras radial télescopique tournant sur lui-même, possédant en son extrémité la tête d'inspection.  
30
- V Chariot selon 4 où la tête d'inspection est parcourue par une circulation d'eau assurant le couplage des palpeurs et préservant les mécanismes contre toute pollution, et où les connections électriques et les alimentations en fluides sont assurées par des collecteurs cylindriques ou annulaires faisant la liaison entre les extrémités fixes et les flasques mobiles.  
35
- VI Chariot selon 5 où les mouvements de sortie et d'orientation du bras télescopique du tambour sont réalisés par des moteurs en confinement étanche, où le corps du bras comporte à l'extérieur un collecteur électrique annulaire et où il comporte à l'intérieur un enrouleur recevant les câbles d'instrumentation.  
40
- 45 VII Méthode de contrôle selon 2 où le chariot est positionné au voisinage de la position présumée de la soudure, puis bloqué; où le tambour est déplacé axialement le bras étant déployé, et où après détection des traversées de la soudure le tambour se place entre ces deux indications, où l'équipage tourne alors sur lui-même et la tête de mesure enregistre de nouveau deux traversées de soudure, où la position théorique de la soudure est alors calculée et où l'inspection proprement dite par balayage débute par asservissement de la position et de l'orientation de la tête d'inspection selon le  
50

profil théorique du cordon . Cette programmation est réalisée par commande numérique.

1/5

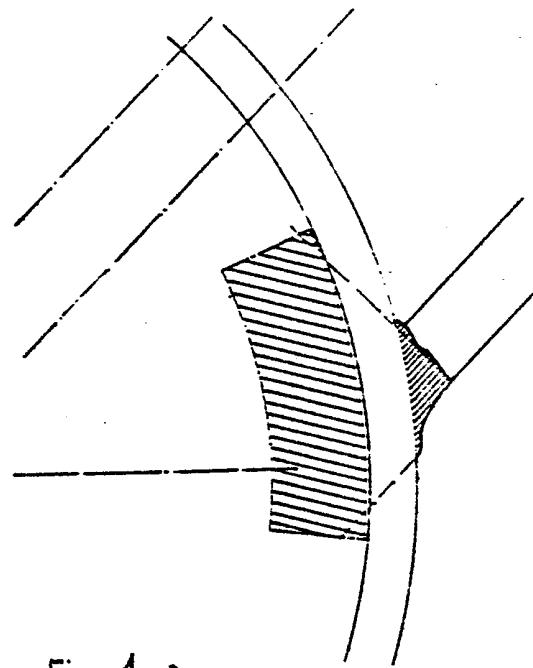


Fig 1-a

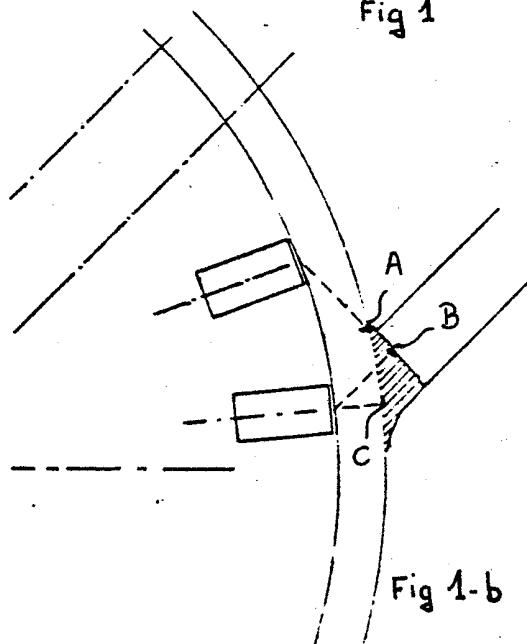


Fig 1-b

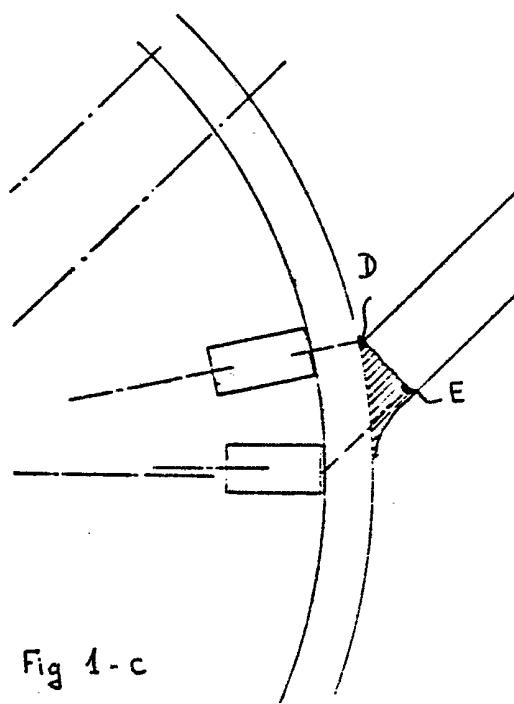


Fig 1-c

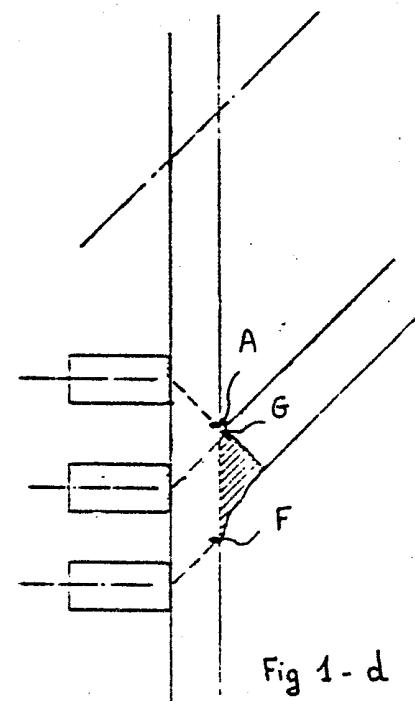
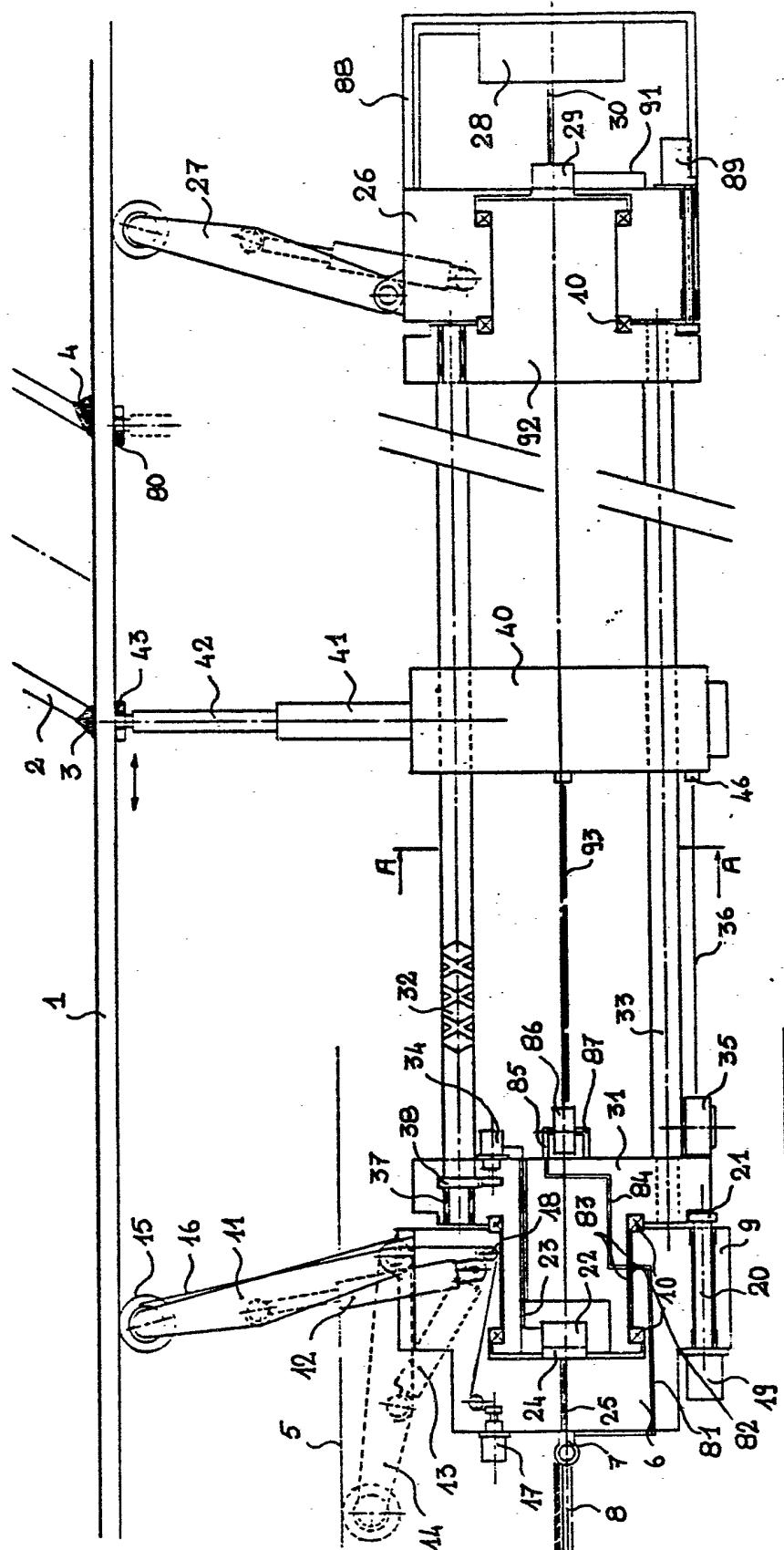


Fig 1-d

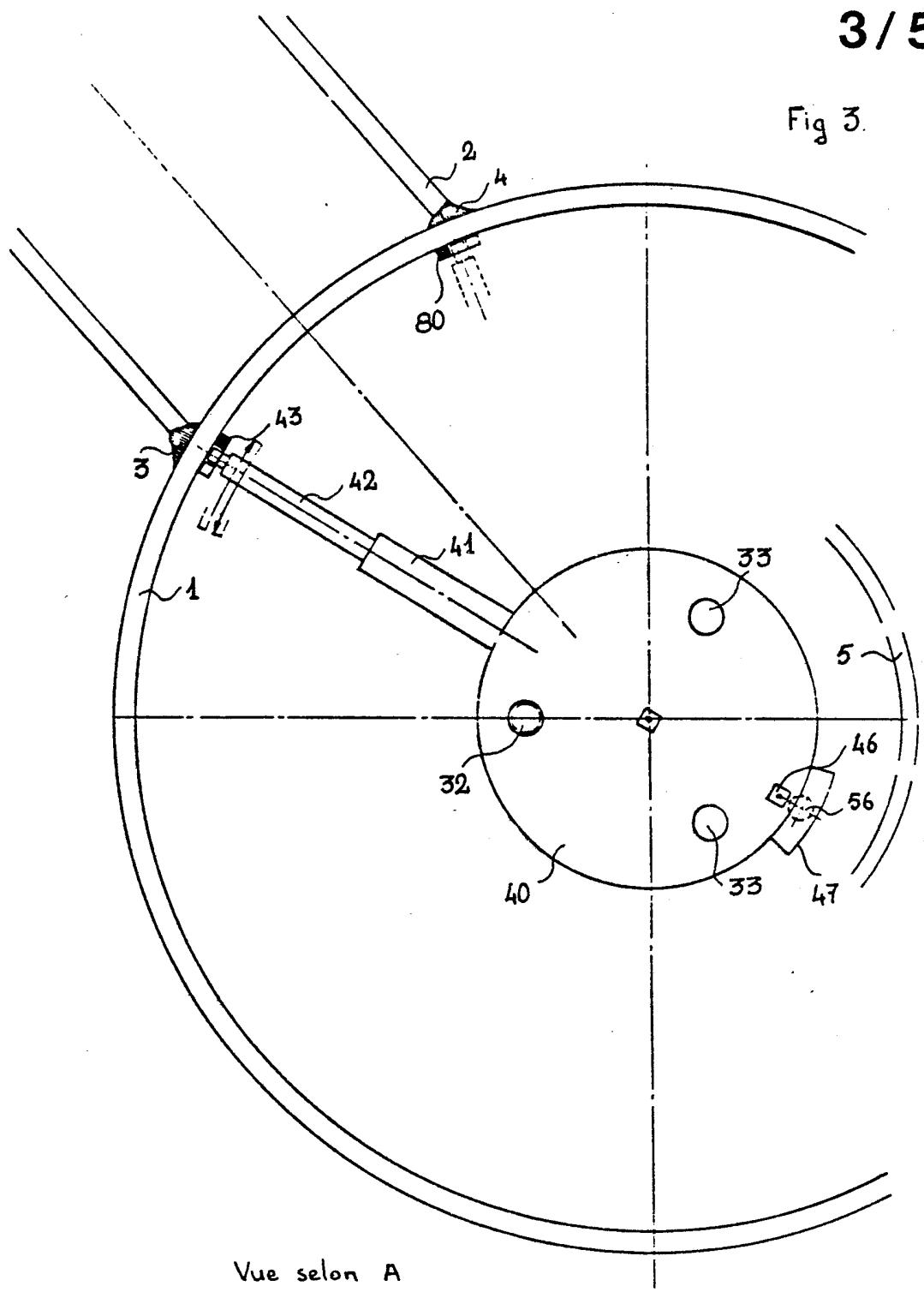
2/5

Fig. 2



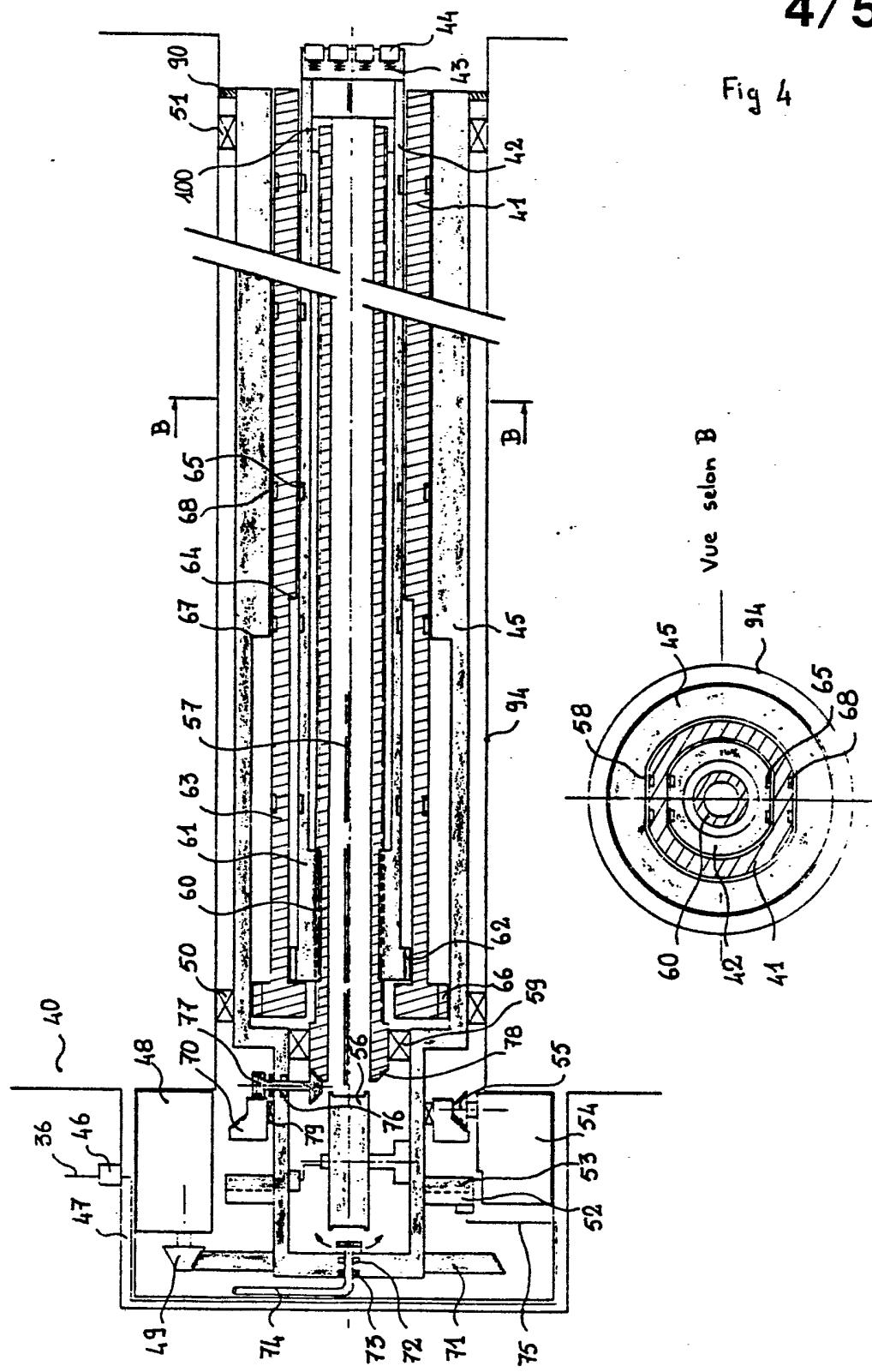
3 / 5

Fig 3.



4/5

Fig 4



5/5

