



N° 897.644

Classif. Internat.: B23K/B21C

Mis en lecture le:

29 -02- 1984

LE Ministre des Affaires Économiques,

*Vu la loi du 24 mai 1854 sur les brevets d'invention;**Vu la Convention d'Union pour la Protection de la Propriété Industrielle;**Vu le procès-verbal dressé le 31 août 1983 à 15 h. 40*

au Service de la Propriété industrielle;

**ARRÊTE :**

**Article 1.** - Il est délivré à la Sté dite : WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION  
Westinghouse Building, Gateway Center, Pittsburgh  
Pennsylvania 15222 (Etats-Unis d'Amérique)

repr. par l'Office Kirkpatrick-G.C. Plucker à Bruxelles,

un brevet d'invention pour: Appareil et procédé d'usinage par laser en  
atmosphère non réactive,

qu'elle déclare avoir fait l'objet d'une demande de brevet  
déposée aux Etats-Unis d'Amérique le 1er septembre 1982,  
n° 414.242 au nom de R.A. Miller, et G.G. Lessman dont  
elle est l'ayant cause.

**Article 2.** - Ce brevet lui est délivré sans examen préalable, à ses risques et périls, sans garantie soit de la réalité, de la nouveauté ou du mérite de l'invention, soit de l'exactitude de la description, et sans préjudice du droit des tiers.

Au présent arrêté demeurera joint un des doubles de la spécification de l'invention (mémoire descriptif et éventuellement dessins) signés par l'intéressé et déposés à l'appui de sa demande de brevet.

Bruxelles, le 29 février 1984  
PAR DELEGATION SPÉCIALE:

Le Directeur

L. WUYTS



# MÉMOIRE DESCRIPTIF

DÉPOSÉ A L'APPUI D'UNE DEMANDE

DE

# BREVET D'INVENTION

FORMÉE PAR

WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION

pour

Appareil et procédé d'usinage par laser en atmosphère  
non réactive.

-----

Demande de brevet aux Etats-Unis d'Amérique n° 414.242  
du 1er septembre 1982 en faveur de R.A. MILLER  
et G.G. LESSMAN.

7



APPAREIL ET PROCEDE D'USINAGE PAR LASER  
EN ATMOSPHERE NON REACTIVE

La présente invention concerne d'une façon générale un appareil destiné à établir une ambiance d'usinage d'un gaz non réactif sensiblement pur et à recevoir une pièce dans cette atmosphère. Plus précisément, la présente invention concerne un appareil permettant d'introduire le gaz non réactif dans une chambre d'usinage de façon à éliminer tout gaz réactif et en outre, à permettre le déplacement contrôlable de la pièce placée dans l'atmosphère pure par rapport à un faisceau d'usinage et en particulier à un faisceau laser.

L'appareil de soudage de précision par laser de la présente invention concerne d'une façon générale la fabrication des faisceaux de barreaux de combustible nucléaire comme représenté sur la figure 1 des dessins. Comme représenté, le faisceau de barreaux de combustible nucléaire est un ensemble autonome constitué d'une flasque supérieure 12 et d'une flasque inférieure 14 entre lesquelles est disposée une matrice de barreaux de combustible nucléaire 18 arrangés en rangées et en colonnes et maintenus selon cette configuration par une pluralité de grilles 16 pour barreaux de combustible. Bien que non représentées sur la figure 1, des barres de contrôle sont introduites en des positions sélectionnées du réseau de barreaux 18 de combustible nucléaire. Les flasques 12 et 14 et les grilles 16 pour barreaux de combustible constituent une ossature qui soutient les barreaux de combustible 18 et les barres de contrôle. Les faisceaux de barreaux de combustible 10 sont chargés en des endroits prédéterminés à l'intérieur d'un réacteur nucléaire et, par conséquent, l'orientation des barreaux de combustible 18 les uns par rapport aux autres est rigoureusement contrôlée.

L'appareil de soudage de précision à laser de la présente invention est, dans une forme de réalisation donnée à titre d'illustration, lié à la fabrication des

7

grilles 16 pour barreaux de combustible qui sont représentées sur les figures 2A à 2E. La grille 16 pour barreaux de combustible a une structure sensiblement carrée, dont le pourtour est constitué de quatre parois extérieures de grille 22. Chaque extrémité d'une paroi extérieure de grille 22 est soudée par une soudure d'angle 30 à l'extrémité d'une paroi extérieure de grille perpendiculaire. Une pluralité de cloisons intérieures de grille 20 disposées en rangées et en colonnes perpendiculaires entre elles forment une pluralité d'alvéoles qui recevront les barres de contrôle et les barreaux de combustible nucléaire 18. Les cloisons intérieures de grille 20 dsposées le long des rangées et des colonnes présentent des encoches complémentaires à chacun de leurs points d'intersection 24 de façon à recevoir une cloison intérieure perpendiculaire 20. Une soudure d'intersection 32 est formée à chacun des points d'intersection 24, de sorte que l'on obtient une structure rigide du type boîte à oeufs. En outre, chacune des cloisons intérieures de grille 20 présente à chaque extrémité une paire de languettes 26 ayant une forme et une configuration telle qu'elles sont ajustées pour s'assembler exactemnt dans une rangée supérieure, ou inférieure d'encoches 28 ménagées dans les parois extérieures de grille 22, comme représenté sur la figure 2A. Une soudure 34 entre encoche et languette est réalisée le long des rangées supérieure et inférieure des encoches 28 ménagées dans les parois extérieures de grille 22. En outre, une pluralité de manchons de guidage 36 est disposée sur la face des manchons de la grille 16 des barreaux de combustible, pour recevoir et guider les barres de contrôle qui se placent dans ces manchons. Une série de soudures le long des encoches 40 maintient solidement les manchons de guidage 36 aux encoches correspondantes 38 formées dans les cloisons intérieures des grilles 20. L'appareil de soudage de



précision par laser de la présente invention s'adapte particulièrement bien à la réalisation d'une série d'opérations de soudage qui permettent d'exécuter chacune les soudures 30, 32, 34 et 40. L'appareil de soudage de précision à laser de la présente invention non seulement 5 contrôle les différents paramètres de génération du laser à savoir la largeur des impulsions, la hauteur de chaque impulsion laser et le nombre d'impulsions à appliquer à chaque soudure, mais il contrôle également le positionnement 10 séquentiel des grilles 16 pour barreaux de combustible par rapport au faisceau laser. Il est bien entendu qu'après chacune de ces soudures, la grille 16 pour barreaux de combustible est repositionnée et/ou que le point de focalisation du faisceau laser est modifié pour effectuer 15 le type particulier de soudure désirée.

En considérant maintenant les figures 2B et 2C, on peut voir une pluralité de doigts élastiques 44 disposés longitudinalement par rapport aux cloisons intérieures de grille 20 et parallèlement entre eux. Une paire de doigts 20 d'écartement 46 est disposée de chaque côté d'un doigt élastique correspondant 44 et assure avec le doigt élastique un serrage élastique des barreaux de combustible nucléaire 18 qui sont disposés à l'intérieur de l'alvéole formé par l'intersection des cloisons intérieures de 25 grille 20. Un doigt élastique 44a est disposé à droite comme représenté sur la figure 2C, face à un doigt d'écartement 46a de façon à maintenir un barreau de combustible nucléaire 18 de façon élastique entre eux.

Le procédé d'assemblage des cloisons intérieures de 30 grille 20 ensemble ainsi qu'avec les parois extérieures de grille 22 est représenté sur la figure 2D. Chacune des cloisons intérieures de grille 20 comprend une pluralité d'encoches complémentaires 52. Une cloison supérieure de grille 20a présente une fente orientée vers le bas 52a 35 tandis qu'une cloison inférieure de grille 20b présente





une pluralité de fentes 52b orientées vers le haut et dont la configuration et les dimensions permettent d'emboîter cette encoche dans une fente correspondante 52a de la cloison intérieure de grille 20a. A chaque extrémité de la cloison intérieure de grille 20, une paire de languettes 26 est prévue pour pénétrer à l'intérieur des encoches correspondantes 28 d'une paroi extérieure de grille 22.

Comme on le verra en détail par la suite, les cloisons intérieures de grille 20 sont soudées ensemble par des 10 soudures d'intersection 32 entre des languettes 48 faisant saillie et des portions de languette 50a et 50b. Plus précisément, une languette 48 faisant saillie est disposée entre un jeu correspondant de portions de languette 50a et 50b lorsque les cloisons intérieures de grille 20a et 20b 15 sont assemblées. Sous l'effet de l'application d'un faisceau laser à la languette 48 et aux portions de languette 48 et 50, une soudure d'intersection 32 est réalisée, elle est solidement robuste et sans contamination d'après les enseignements de la présente invention. En outre, chaque 20 extrémité de paroi extérieure de grille 22 présente une languette d'angle 54. Comme représenté sur la figure 2D, les parois extérieures de grille 22c et 22b ont respectivement des languettes d'angle 54b et 54c qui se recouvrent et qui sont soudées pour constituer la soudure d'angle 30.

25 Des pales 42 dépassent, comme représenté sur les figures 2C et 2E du côté pales de la grille pour barreaux de combustible 16 de façon à favoriser la turbulence de l'eau qui circule sur les barreaux de combustible nucléaire 18. En outre, comme représenté en particulier la figure 2C, 30 les manchons de guidage 36 sont alignés avec les alvéoles formés par les cloisons intérieures de grille 20 qui n'ont pas de doigt élastique 44 ni de doigt d'espacement 46, de façon à permettre le libre mouvement de la barre de contrôle dans l'alvéole et dans le manchon de guidage 36.

35 Le brevet des Etats-Unis d'Amérique no. 3.966.550





de Foulds et coll. et le brevet des Etats-Unis d'Amérique  
no. 3.791.466 de Patterson et coll. au nom du déposant  
de la présente invention, décrivent des grilles pour  
barreaux de combustible de l'art antérieur ayant une  
5 configuration semblable. Chacun de ces brevets décrit une  
grille pour barreaux de combustible dans laquelle les  
parois extérieures et les cloisons intérieures sont  
fabriquées en un alliage métallique convenable comme de  
l'Inconel, et les interconnexions indiquées ci-dessus sont  
10 effectuées par brasage au four. Mais, l'alliage de zirconium  
ou Zircaloy est réputé pour avoir la caractéristique sou-  
haitable d'une faible section d'absorption des neutrons qui  
conduit à un emploi plus efficace du combustible nucléaire  
dans le fonctionnement d'une centrale et par conséquent permet  
15 un espacement plus long des recharges en combustible  
effectuées par remplacement des faisceaux de barreaux de  
combustible nucléaire. En particulier, des grilles pour  
barreaux de combustible fabriquées en Zircaloy ont un plus  
faible taux d'absorption des neutrons créés par les  
20 barreaux de combustible que celui des cloisons fabriquées  
en Inconel. La fabrication des cloisons de grille en  
Zircaloy nécessite au moins plusieurs variantes du montage  
des grilles pour barreaux de combustible. Il faut d'abord  
préparer les encoches grâce auxquelles les cloisons  
25 intérieures de grille peuvent s'entrecroiser, avec des  
tolérances plus faibles étant donné que les cloisons de  
grille fabriquées en Zircaloy ne peuvent pas supporter  
à force c'est-à-dire qu'elles ne peuvent pas être mises  
en place au marteau mais qu'elles nécessitent plutôt un  
30 ajustage contrôlé permettant un "emboîtement" des intersec-  
tions des cloisons de grille. En outre, les cloisons de  
grille en Zircaloy ne peuvent pas être brasées car le  
chauffage du Zircaloy à une température suffisante pour  
fondre la brasure recuirait le Zircaloy et lui ferait  
35 perdre sa résistance mécanique.

7



L'usinage et, en particulier, le perçage et le soudage par laser du Zircaloy sont décrits dans des articles intitulés "Pressurisation des barreaux de combustible nucléaire en utilisant le soudage par laser",  
5 par Peter P. King et "Fixation extérieure de thermocouples à gaines de titane à des barreaux de combustible nucléaire au zirconium pour le réacteur des tests de pertes de fluide (LOFT)" parus tous deux dans les comptes-rendus de la Society of Photo-Optical Instrument Engineering,  
10 Volume 247, PROGRES DANS LES TECHNIQUES ET APPLICATIONS DU LASER (1980). Ces deux articles concernent particulièrement la fabrication des barreaux de combustible nucléaire semblables aux barreaux 18 représentés sur la figure 1. Dans l'article intitulé "Pressurisation des barreaux de  
15 combustible nucléaire en utilisant le soudage par laser" par Peter P. King, différentes techniques de soudage possibles sont présentées en dehors du soudage par laser. En particulier, le soudage à résistance en bout a été tenté mais jugé difficile à contrôler et à reproduire  
20 lorsqu'il s'agit de souder des gaines à parois minces. Egalement, le soudage à l'arc au tungstène sous haute pression de gaz a présenté des difficultés d'amorçage et de contrôle de l'arc sous des pressions relativement élevées. En particulier, les barreaux de combustible nucléaire sont  
25 présentés comme devant être chargés de particules combustibles et fermés par soudage à l'arc au tungstène en présence d'hélium de grande pureté. Ensuite, les barreaux de combustible sont introduits dans la chambre de pressurisation à laser par l'intermédiaire d'un presse-étoupe. Le capuchon  
30 de l'extrémité supérieure de chaque barreau de combustible est percé par un faisceau laser très concentré tandis que la chambre est pressurisée d'hélium de grande pureté. Après l'opération de perçage par laser, l'hélium pénètre par l'ouverture forcée et dans le barreau ; ensuite, le trou  
35 percé est fermé en déconcentrant le faisceau laser.



L'emploi de l'hélium à l'intérieur de la chambre de soudage non seulement fournit le gaz sous pression désiré à l'intérieur des barreaux, mais constitue un gaz inerte convenable qui ne s'oxyde pas rapidement (brûlage) et ne contamine pas le Zircaloy. En outre, un système de pressurisation complètement automatique des barreaux de combustible par laser est décrit, il utilise un système de commande à bande magnétique ou un mini-ordinateur pour faire progresser le barreau de combustible dans la chambre de pressurisation par laser jusqu'à la position de soudage par laser au point de focalisation du faisceau laser, de façon à verrouiller le presse-étoupe et à contrôler l'évacuation de la chambre et l'introduction du gaz hélium inerte et à contrôler le fonctionnement du laser pulsé de façon à percer d'abord le trou désiré et ensuite à fermer ce trou.

Le brevet des ETats-Unis d'Amérique no. 3.774,010 de Heer et coll. décrit une technique semblable de perçage et de fermeture d'un barreau de combustible nucléaire par laser. Ce brevet indique que le barreau de combustible nucléaire est amené en une seule position dans laquelle il est d'abord percé et ensuite refermé. Donc, il n'est évidemment pas nécessaire de repositionner la pièce ou de contrôler une série de fonctionnements du laser comme cela serait nécessaire pour effectuer des soudures d'intersection 32, des soudures d'angles 30, des soudures entre encoches et languettes 34 et des soudures le long des encoches 40 de la grille 16 pour barreaux de combustible telle qu'elle est représentée sur la figure 2A. En considérant le nombre et le type de soudures nécessaires pour fabriquer des grilles 16 pour barreaux de combustible, on voit qu'il est nécessaire de déplacer la grille 16 le long des axes X et Y en une série de pas de façon à effectuer les soudures d'intersection, tandis qu'il serait nécessaire de faire tourner la pièce ayant la forme de la





grille 16 par rapport au plan formé par les axes X et Y, afin d'effectuer les soudures de long de l'encoche 40 et les soudures entre languette et encoche 34.

L'art antérieur a reconnu le problème de la corrosion de frottement, selon lequel les surfaces des grilles 16 pour barreaux de combustible et les barreaux de combustible 18 frottent l'un contre l'autre, en augmentant la probabilité de contamination des soudures et de ruptures mécaniques éventuelles des grilles 16 pour barreaux de combustible. Les faisceaux de barreaux de combustible 10 comprenant les barreaux de combustible 18 et les grilles 16 sont destinés à être placés dans l'atmosphère hostile d'un réacteur à eau bouillante (BWR) ou d'un réacteur à eau pressurisée (PWR), dans lesquels le réfrigérant, qui est typiquement de l'eau, est surchauffé à une température de l'ordre de 395°C, c'est-à-dire que le point d'ébullition de l'eau de refroidissement est augmenté en soumettant cette eau à une pression extrêmement élevée. Dans ces conditions, toute contamination, et en particulier la corrosion de frottement est renforcée. Une publication intitulée "Caractéristiques spéciales de la corrosion extérieure des gaines de combustibles dans des réacteurs à eau bouillante", par Liv Lunde, et publiée dans NUCLEAR ENGINEERING AND DESIGN, (1975), décrit les différents mécanismes responsables de la corrosion de frottement. Premièrement, des particules métalliques sont libérées par rodage ou par la formation de soudures aux points de contact entre la grille 16 et ses barreaux de combustible 18. Ces particules métalliques s'oxydent ensuite en formant une poudre abrasive qui augmente l'action abrasive. Enfin, le métal qui se trouve au-dessous de la couche d'oxyde protectrice s'oxyde sous l'effet de l'enlèvement continu de l'oxyde métallique par frottement des surfaces l'une sur l'autre. En particulier, les alliages de zirconium sont particulièrement enclins à l'oxydation directe du métal par une action de

7

frottement.

On envisage simplement que la contamination continue des assemblages entre les cloisons intérieures et les parois extérieures des grilles 20 et 22 et les manchons de guidage 36 d'une grille 16 pour barreaux de combustible vont éventuellement entraîner un défaut de l'assemblage. En conséquence, les barreaux de combustible 18 sont soumis à des vibrations intenses dues au fort débit de l'eau ce qui entraîne une rupture consécutive des barreaux de combustible et la libération d'oxyde d'uranium dans l'eau de refroidissement. La plus grande partie de cet uranium est absorbée par des échangeurs d'ions, mais de petites quantités peuvent également se déposer sur les composants du noyau. La libération d'oxyde d'uranium dans l'eau de refroidissement renforce encore la vitesse de corrosion non seulement de la grille 16 pour barreaux de combustible mais aussi des barreaux de combustible 18. L'article de Lunde signale en particulier que le soudage des matériaux de la grille et des barreaux tels que les alliages de zirconium en atmosphère de soudage contaminée donne lieu à des soudures contaminées et entraîne donc les problèmes cités ci-dessus. En particulier, le problème du soudage au tungstène du Zircaloy et de l'effet nuisible de l'oxygène et de l'eau dans l'atmosphère de soudage sont traités. Des quantités élevées d'oxygène vont augmenter la dureté de la soudure.

Un autre article intitulé "Corrosion extérieure des gaines dans les PWR" par Stehle et coll. paru dans NUCLEAR ENGINEERING AND DESIGN (1975), décrit en particulier l'effet de la corrosion du Zircaloy en notant qu'à des températures dépassant 500°C la présence d'oxygène réduit la ductilité de ce métal. L'article de Stehle et coll. révèle en particulier que le principal problème du soudage à l'arc au tungstène est la contamination par des impuretés présentes dans le gaz de protection, y compris les particules de

7

combustible ou du matériau de l'électrode en tungstène. En particulier, une telle contamination apparaît sous la forme d'un oxyde d'uranium qui forme une couche épaisse d'oxyde blanc sur les barreaux de combustible 18. L'article 5 de Stehle et coll. conseille en particulier de maintenir des teneurs en eau et en oxygène inférieures à environ 20 et 10 ppm, respectivement. Bien que les articles de Lunde et de Stehle et coll. ne traitent pas des problèmes du soudage de gros éléments en Zircaloy et, en particulier, 10 des grilles en Zircaloy 16 pour barreaux de combustible l'expérience a montré que des soudures réalisées en atmosphère relativement impure avaient à l'origine un faible degré de contamination et que, après avoir été soumises à l'atmosphère agressive d'un réacteur nucléaire, elles 15 seraient particulièrement sujettes à la contamination par frottement. Il est donc particulièrement important que toute opération de soudage partiquée sur du Zircaloy et, en particulier, de soudage par laser soit effectuée en atmosphère pure et contrôlée pour s'assurer que la 20 contamination de la soudure est réduite au minimum et qu'elle ne se détériorera pas dans les conditions hostiles d'un réacteur nucléaire.

Le brevet des Etats-Unis d'Amérique no. 3.555.239 de Kerth est un des premiers exemples d'un ensemble important 25 de l'art antérieur présentant un appareil automatisé de soudage par laser dans lequel la position de la pièce, ainsi que la procédure de soudage sont commandées par un ordinateur numérique. Kerth présente le contrôle des faisceaux laser tout en contrôlant la pièce dans des mouvements d'un côté à 30 l'autre le long d'un axe X, horizontalement en avant et en arrière le long d'un axe Y et verticalement vers le haut et vers le bas le long d'un axe Z. Typiquement, des moteurs commandés par des impulsions sont excités par l'ordinateur numérique de façon à déplacer la pièce linéairement le long 35 d'un axe choisi. En outre, le soudage est effectué en





atmosphère contrôlé et, en particulier, la pression et le débit du gaz à l'intérieur de la chambre de soudage sont commandés par l'ordinateur numérique. En outre, un compteur permet de compter les impulsions de façon à contrôler  
5 de la même façon le nombre des impulsions laser appliquées à la pièce.

Le brevet des Etats-Unis d'Amérique no. 4.078.167 de Banas et coll. reconnaît le problème de la contamination atmosphérique du site d'une soudure au cours d'un soudage  
10 par laser. Le soudage par laser sous vide a été tenté, mais ce brevet signale que la soudure sous vide limite les dimensions et la forme de la pièce qui peut être traitée et qu'il diminue aussi la production par suite du temps nécessaire à la réalisation du vide. A titre de variante, la pièce  
15 peut être complètement plongée dans un gaz inerte, ou bien une gaine baladeuse peut appliquer un courant de gaz inerte connu comme de l'argon sur la surface de la pièce à souder. En particulier, le brevet des Etats-Unis d'Amérique no. 4.078.167 présente un écran de protection qui réalise une  
20 atmosphère inerte autour de l'emplacement de la soudure de la pièce au moment où la pièce est amenée sous l'écran de protection. Un gaz inerte, typiquement de l'argon, est orienté à travers un dispositif laissant passer le gaz et présentant une pluralité d'ouvertures pour former  
25 une couche uniforme de gaz inerte qui circule sur la pièce et s'écoule par un passage ménagé entre l'écran de protection et la pièce vers l'atmosphère. Le courant de gaz inerte empêche dans une certaine mesure les gaz atmosphériques, dont l'oxygène et l'eau de circuler dans la  
30 zone de soudage. Il est indiqué que le débit du gaz inerte est contrôlé de façon à protéger la soudure des gaz réactifs, mais que cela entraîne une turbulence du matériau fondu qui pourrait conduire à des soudures poreuses et irrégulières.

35 Le brevet des Etats-Unis d'Amérique no. 4.078.167 ne mentionne pas de métal particulier à souder et n'envisage

7



pas le soudage par laser du Zircaloy comme pour les grilles pour barreaux de combustible précédemment décrites. Le Zircaloy est connu comme étant très réactif à l'oxygène, à l'azote et à l'eau qui se trouvent dans l'atmosphère, et les essais de soudage qui ont conduit à la présente invention ont démontré en conclusion qu'une circulation de gaz inerte au voisinage immédiat de la zone de la soudure ne constituait pas une protection convenable pour le soudage du Zircaloy par laser. En conséquence, conformément aux enseignements de la présente invention, une atmosphère de gaz inerte comme de l'argon a été établie avec une pureté de l'ordre de 10 PPM, ce degré de pureté n'étant pas envisagé par le brevet des Etats-Unis d'Amérique no. 4.078.167.

L'exposé ci-dessus concernant l'art antérieur illustre les problèmes significatifs que pose la réalisation d'un soudage automatisé par laser sur un matériau fortement réactif comme du Zircaloy, au cours duquel la pièce est déplacée séquentiellement au moyen d'un contrôleur automatisé de façon à effectuer un certain nombre de soudures de précision. Comme cela a été indiqué ci-dessus, il est nécessaire de déplacer la pièce, c'est-à-dire la grille 16 soudée au laser selon les indications ci-dessus, le long de chacun des axes X, Y et Z par rapport au faisceau laser focalisé tout en maintenant une atmosphère environnante de pureté exceptionnellement élevée pour éviter la contamination du matériau soudé. En outre, on désire obtenir un niveau élevé du rendement du laser, même si la pièce doit passer par une séquence de position dans les trois dimensions par rapport au faisceau laser. En outre, la réalisation de soudures précises sur des pièces de faible dimension pose des problèmes, en particulier celui de maintenir le niveau de puissance du faisceau laser appliqué à des niveaux précis pour les différents types de soudure, en notant l'atténuation de la puissance





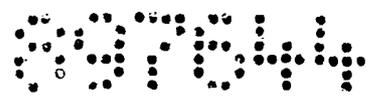
délivrée par le laser lorsqu'un système à laser comprenant le barreau laser et les lampes d'excitation est employé avec des taux d'utilisation élevés au cours de longues périodes ainsi que les effets des débris du soudage par  
5 laser.

La présente invention a donc pour objet de proposer un nouvel appareil perfectionné pour l'établissement d'un environnement pour usiner une pièce d'un gaz sensiblement pur qui ne réagisse pas avec le matériau de fabrication  
10 de la pièce.

L'invention réside largement dans un appareil de soudage constitué par : une chambre de soudage étanche aux gaz ayant une ouverture d'entrée inférieure et une ouverture de sortie supérieure pour assurer une  
15 circulation de débit contrôlable à l'intérieur de la chambre et un dispositif diffuseur placé dans la partie inférieure de ladite chambre de soudage et coopérant avec l'ouverture d'entrée pour répartir le gaz non réactif de  
20 façon sensiblement uniforme dans la section de la chambre de soudage, et capable d'assurer un écoulement uniforme et laminaire.

Il est proposé un appareil exécutant l'usinage, et en particulier, une atmosphère de soudage autour d'une pièce à souder, l'atmosphère de soudage étant constitué  
25 d'un gaz non réactif sensiblement pur qui réduit au minimum la contamination des soudures effectuées sur la pièce. Dans une forme de réalisation destinée à illustrer la présente invention, on propose une chambre de soudage capable de recevoir la pièce et de réaliser l'atmosphère de  
30 soudage à l'intérieur. La chambre de soudage possède une ouverture d'entrée disposée dans sa partie inférieure, cette ouverture étant associée à des moyens qui prennent la forme d'une pompe contrôlable pour orienter ou pomper un gaz non réactif ou gaz inerte, par exemple de l'argon,  
35 par l'ouverture d'entrée et pour l'introduire dans la

7



chambre de soudage. La chambre de soudage comprend également une ouverture de sortie par laquelle le gaz non réactif peut sortir de la chambre. En outre, des moyens qui sont représentés à titre d'illustration par un diffuseur plat répartissent le gaz non réactif de façon sensiblement uniforme dans toute la section de la chambre de soudage, de façon à ce qu'un écoulement laminaire de gaz non réactif soit appliqué sur la pièce et puisse s'échapper par l'ouverture de sortie. La chambre de soudage constitue un caisson sensiblement étanche aux gaz pour le gaz non réactif ce qui empêche tout échange de gaz non réactifs contenus à l'intérieur de la chambre de soudage et de tous gaz réactifs entourant ladite chambre.

Sous un autre aspect de l'invention, le moyen de diffusion prend la forme d'une pièce réalisée en métal poreux et s'étendant sensiblement sur toute la section transversale de la chambre de soudage pour réaliser le courant laminaire souhaité. Le matériau poreux peut, à titre d'illustration, se présenter sous forme de fibres métalliques comprimées et frittées ayant une densité de l'ordre de 60 %.

Selon un autre aspect de la présente invention, la chambre de soudage est équipée d'un support qui reçoit la pièce en une position intermédiaire entre l'ouverture d'entrée et l'ouverture de sortie. Le support comprend une seconde ouverture d'entrée qui reçoit et répartit du gaz non réactif sur la pièce et qui dans une forme de réalisation donnée à titre d'illustration prend la forme d'une seconde plaque réalisée en matériau poreux tel que celui décrit ci-dessus.

Selon encore un autre aspect de la présente invention, des moyens sont prévus pour déplacer la chambre de soudage et sa pièce de façon contrôlable par rapport au faisceau de soudage. Pour permettre le mouvement désiré entre le faisceau de soudage et la chambre de soudage, des moyens





d'étanchéité sont installés de façon à recouvrir l'ouverture de sortie et en particulier à établir un écart uniforme entre le dispositif d'étanchéité et un bord de l'ouverture constitué par l'ouverture de sortie. Dans une  
5 forme de réalisation illustrant la présente invention, le bord de l'ouverture comprend une surface de rebord périphérique et le dispositif d'étanchéité est constitué d'une surface sensiblement plate placée à une distance  
10 uniforme de la surface du rebord périphérique de la chambre de soudage de façon à déterminer une ouverture de sortie par laquelle le gaz non réactif peut sortir de la chambre de soudage.

Selon encore un autre aspect de la présente invention, la pompe qui oriente le gaz non réactif vers l'intérieur  
15 de la chambre de soudage est mise en fonctionnement d'abord avec un débit relativement élevé pour pomper le gaz non réactif à l'intérieur de la chambre et ensuite pour refouler tout gaz réactif contenu dans la chambre de soudage par l'écart uniforme. Pour cela, le gaz non réactif choisi  
20 doit avoir une densité supérieure à celle du gaz réactif à éliminer de la chambre de soudage. Après évacuation des gaz réactifs de la chambre de soudage, le soudage peut s'effectuer en dirigeant le faisceau de soudage vers l'intérieur de la chambre de soudage pendant que l'on  
25 continue à pomper du gaz non réactif dans la chambre de soudage à un débit inférieur suffisant pour maintenir la pureté de l'atmosphère de soudage et réaliser des soudures sans contamination. Au cours du soudage, le gaz non réactif peut sortir par l'espace séparant la chambre de soudage  
30 de son dispositif d'étanchéité. L'espace uniforme permet aussi de déplacer facilement la chambre de soudage par rapport à son dispositif d'étanchéité afin de réaliser un certain nombre de soudures ainsi qu'un certain nombre de types de soudures différents.

35 On va maintenant décrire en détail une forme





de réalisation préférée de la présente invention en référence aux dessins annexés dans lesquels :

la figure 1 est une vue en perspective d'un faisceau de barreaux de combustible nucléaire comprenant une pluralité de grilles fabriquées selon les indications de la présente invention ;

les figures 2A à 2E sont respectivement une vue en perspective, une vue en plan, une vue latérale en coupe, une vue en perspective éclatée et une vue en plan d'une grille pour barreaux de combustible nucléaire fabriquée selon les indications de la présente invention et faisant partie de l'ensemble de la figure 1 ;

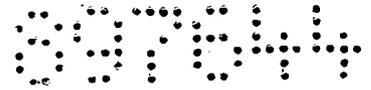
les figures 3A à 3L représentent par une série de vues en perspective la séquence des opérations de soudage de la grille pour barreaux nucléaires telle qu'elle est représentée sur les figures 2 et la figure 3M est un graphique représentant un profil du faisceau laser ;

la figure 4 est une vue en perspective de l'appareil de soudage de précision au laser selon les indications de la présente invention ;

la figure 5 est une vue éclatée en perspective du système structurel de support de l'appareil de soudage au laser représenté sur la figure 4 qui comprend une ossature principale et un support mobile qui soutient solidement un système laser par rapport à deux pièces, par exemple des grilles pour barreaux de combustible nucléaire qui sont placées dans des modules de positionnement gauche et droit ;

la figure 6 est une représentation schématique en perspective du système à laser faisant partie de l'appareil de soudage de précision à laser représenté sur les figures 4 et 5 destiné à orienter en temps partagé un faisceau laser émis par l'unique source laser vers chacune des deux pièces par exemple des grilles pour barreaux de combustible nucléaire ;

7



la figure 7 est une vue latérale en élévation du système de soudage par laser représenté sur la figure 4 ;

la figure 8 est une vue frontale partielle en élévation du système de soudage par laser représenté sur la  
5 figure 4 ;

la figure 9 est une vue en plan du système de soudage par laser le long de la ligne IX-IX de la figure 8 ;

la figure 10 est une vue latérale en coupe le long de la ligne X-X de la figure 8 ;

10 la figure 11 est une vue latérale en coupe le long de la ligne XI-XI de la figure 8 ;

la figure 12 est une vue frontale partielle en élévation d'après la perspective de la ligne XII-XII de la figure 11 ;

15 la figure 13 est une vue en coupe partielle du mécanisme assurant le mouvement de la table coulissante, le long de la ligne XIII-XIII de la figure 11 ;

la figure 14 est une vue éclatée en perspective d'une chambre de soudage comme représenté sur la figure 4 et de  
20 son mécanisme de positionnement sélectif de sa monture tournante ;

la figure 15 est une vue frontale en coupe le long de la ligne XV-XV de la figure 9 illustrant en particulier la chambre de soudage, son mécanisme de rotation sélective  
25 de sa monture tournante, et un dispositif d'entraînement en rotation par rapport à l'axe B couplé au mécanisme ci-dessus ;

la figure 16 est une vue en plan partiellement tronquée de la monture tournante disposée à l'intérieur de  
30 la chambre de soudage de la figure 14 ;

la figure 17 est une vue en coupe de la monture tournante le long de la ligne XVII-XVII de la figure 16 ;

la figure 18 est une vue latérale en coupe de la monture tournante le long de la ligne XVIII-XVIII de la  
35 figure 17 ;





la figure 19 est une vue schématique d'un système d'alimentation en argon, dans lequel un gaz inerte approprié, par exemple l'argon est délivré à partir d'une cuve à chacune des chambres de soudage et à chacun des ensembles des lentilles de focalisation du laser ;

les figures 20A et 20B constituent un schéma de principe du système de commande réalisé par ordinateur pour le système de soudage par laser indiquant la relation entre les circuits d'interface et l'unité centrale de traitement (CPU), la mémoire et chacun des mécanismes de positionnement des chambres, un second système analogue de commande par ordinateur, le système laser, le système d'alimentation en argon, le système de réalisation du vide, le dispositif d'entraînement en rotation par rapport à l'axe B, l'analyseur d'oxygène, l'analyseur d'humidité et la pile thermo-électrique ;

les figures 21A et 21B sont respectivement des vues avant du panneau d'affichage de l'appareil de soudage par laser et du panneau fonctionnel de la machine, respectivement associés à la source d'alimentation du laser comme représenté sur la figure 4 et à l'unité centrale de traitement représentée sur les figures 20A et 20B ;

les figures 22A et 22B constituent un organigramme de haut niveau du programme de la pièce illustrant les pas de la procédure de commande selon lesquels le système de soudage par laser est commandé de façon à effectuer une série de soudures sur la grille pour barreaux nucléaires, de façon précise ; et

les figures 23A, 23B et 23C sont des sous-programmes d'application qui sont appelés par des codes M, S et T mentionnés dans le programme de pièces tel qu'il est représenté sur la figure 22 et concernant respectivement la présentation des sous-programmes d'application de CHARGEMENT/ DECHARGEMENT DU CHARIOT, CONTROLE DE L'ATMOSPHERE et SELECTION DU DEBIT DE GAZ.

7



Les grilles 16 pour barreaux de combustible sont constituées selon les indications ci-dessus de cloisons intérieures et de parois extérieures de grille 20 et 22 qui sont assemblées et soudées ensemble comme représenté sur les figures 2A à 2E. Chacune des parois ou cloisons de grille 20 et 22 est emboutie à partir d'un rouleau continu de matériau plat et accumule une certaine quantité d'huile à la surface au cours de l'opération d'emboutissage. Le film d'huile est nettoyé et ensuite, la paroi ou la cloison est recuite et puis assemblée dans une monture pour pièces selon les indications présentées dans la demande de brevet belge déposée ce même jour au nom de la demanderesse pour : "DISPOSITIF, BANDE DE RETENUE ET PROCÉDE POUR L'ASSEMBLAGE DE GRILLES DE SUPPORT DE BARRES DE COMBUSTIBLE NUCLEAIRE". Ensuite, la grille 16 et la monture sont soudées par le système de soudage par laser 100 de la présente invention qui exécute chacune des soudures d'intersection 32, des soudures d'angle 30, des soudures d'encoches et de languettes 34 et des soudures le long des encoches 40 dans une atmosphère pure de gaz inerte. En se reportant maintenant aux figures 3A à 3L, on peut voir la séquence des opérations de soudage en présence d'un gaz inerte, décrites conformément à la présente invention. Le système de soudage par laser 100 sera décrit en détail ultérieurement ; on pense que la compréhension de la façon dont la pièce, c'est-à-dire la grille 16 pour barreaux de combustible, est manipulée dans chacune des trois dimensions, va faciliter la compréhension du fonctionnement du système de soudage par laser 100. Comme cela apparaît d'après les dessins, la grille 16 pour barreaux de combustible avance par incrément le long de ses axes X et Y dans un plan et tourne de façon sélective par rapport à son axe Y. Il est significatif que le mouvement décrit ci-dessus soit effectué à l'intérieur d'une chambre dans laquelle une atmosphère de gaz inerte est maintenue avec un fort degré de pureté. La première opération est illustrée

7

sur la figure 3A au cours de laquelle la grille 16 pour  
barreaux de combustible est placée à l'intérieur de  
l'atmosphère contrôlée telle qu'elle a été réalisée par la  
chambre de soudage, ses pales 42 étant orientées vers le  
5 haut. Une monture pour le soudage est décrite dans la demande  
de brevet belge déposée ce même jour au nom de la demanderesse pour :  
"PLAQUES DE SOUDAGE POUR UNE GRILLE DE SUPPORT DE BARRES DE COMBUSTIBLE  
NUCLEAIRE" qui permet de disposer de façon  
10 rigide les cloisons intérieures 20 et les parois exté-  
rieures 22 de la grille les unes par rapport aux autres  
au cours des opérations de soudage. Une monture de suppres-  
sion des pales est un outil qui permet de dévier les pales  
42 de façon à placer ces pales à l'intérieur de la monture  
de soudage ; la monture à suppression des pales est décrite  
15 dans la demande de brevet belge déposée ce même jour au nom de la  
demanderesse pour : "DISPOSITIF ET PROCEDE DE POSITIONNEMENT DE LAMES  
ET D'AILETTES POUR DES GRILLES DE SUPPORT DE BARRES DE COMBUS-  
COMBUSTIBLE NUCLEAIRE." L'atmosphère est purifiée  
20 grâce à l'envoi de gaz argon dans la chambre de soudage  
jusqu'à ce que le degré de pureté souhaité soit atteint,  
c'est-à-dire 10 ppm d'eau et 7 ppm d'oxygène. Lorsque  
l'atmosphère pure a été établie, la grille 16 pour barreaux  
de combustible est déplacée dans une série de mouvements  
élémentaires le long des axes X et Y de façon à ce que  
25 chacun des points 24 d'intersection entre les cloisons  
intérieures de grille 20 soient alignées avec un faisceau  
laser 178 et qu'ensuite, une quantité contrôlée d'énergie  
leur soit appliquée pour effectuer la soudure d'intersec-  
tion 32. Comme on le verra en détail par la suite, le fais-  
30 ceau laser 178 comprend un laser pulsé Nd:YAG qui est  
excité par des lampes d'excitation pulsées elles-mêmes  
alimentées par une tension étalonnée de façon à délivrer  
un niveau spécifié d'énergie à la grille 16. En particulier,  
le nombre des impulsions appliquées au point d'intersection  
35 24 entre les cloisons intérieures de grille 20 est contrôlé

7

comme représenté sur la figure 3M, de façon à ce que six impulsions du faisceau laser soient dirigées vers la pièce pour former la soudure d'intersection 32, chaque impulsion ayant une largeur d'impulsion de 6,2 ms, une fréquence de 20 impulsions par seconde (ips), une puissance moyenne de 350 watts, et une puissance crête de 2.580 watts. Les soudures d'intersection 32 sont formées en mettant en service le faisceau laser 178 lorsque la grille 16 pour barreaux de combustible a été placée en alignement avec le faisceau laser 178.

L'étape suivante est représentée sur la figure 3B, au cours de cette opération, la grille 16 pour barreaux de combustible est tournée autour de son axe Y de 90° par un mécanisme qui sera décrit par la suite, de façon à ce qu'un premier jeu de soudures sur encoche et languette 34 et une première soudure d'angle 30 soient effectuées. Ces soudures sont des soudures longitudinales qui sont effectuées en déplaçant la grille 16 pour barreaux de combustible le long de son axe X pendant que le faisceau laser 178 est orienté vers la pièce. Dans une forme de réalisation destinée à illustrer la présente invention, les soudures d'angle ainsi que les soudures entre encoche et languette 34 sont effectuées avec un faisceau laser 178 ayant une largeur d'impulsion de 2,2 ms, une fréquence d'impulsions de 50 ips et une puissance moyenne de 350 watts, la grille 16 pour barreaux de combustible étant déplacée à une vitesse égale à 76 mm/minute (IPM). La figure 3b représente la position relative du faisceau laser 178 pour effectuer chacune des soudures 34a entre encoche et languette et chaque soudure d'angle 30a.

Ensuite, comme représenté sur la figure 3C, la grille 16 pour barreaux de combustible est tournée dans le sens des aiguilles d'une montre de façon à ce que la paroi extérieure de grille opposée 22b soit alignée avec le faisceau laser 178, et à ce qu'un second jeu de soudures 34b entre

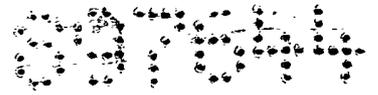
7



encoche et languette et une seconde soudure d'angle 30b soient réalisées. Ensuite, comme représenté sur la figure 3D, la grille 16 pour barreaux de combustible est tournée de 90° dans le sens inverse des aiguilles d'une montre ce qui  
5 la ramène à sa position originale telle qu'elle est représentée sur la figure 3A, puis la grille 16 pour barreaux de combustible et sa monture de soudage sont sorties de la chambre de soudage.

Comme représenté sur les figures 3E à 3H, un ensemble  
10 semblable d'opération de soudage est effectué. Après avoir été sortie de la chambre, la grille 16 pour barreaux de combustible et sa monture de soudage sont retournées de façon à placer le côté des pales vers le bas et sont ensuite tournées d'environ 90° par rapport à leur axe Z dans le sens  
15 des aiguilles d'une montre de façon à ce que la paroi extérieure de grille non soudée 22c soit tournée vers la porte de la chambre de soudage. La grille 16 et sa monture de soudage sont bloquées en une position sûre par rapport à la chambre de soudage et au faisceau laser. A l'origine, l'air  
20 qui se trouve dans la chambre de soudage est éliminé par le gaz argon jusqu'à un niveau de pureté acceptable. Ensuite, comme représenté sur la figure 3E, la grille 16 pour barreaux de combustible est déplacée par incrément au cours d'une  
25 série de pas le long des axes X et Y, de façon à ce que chacune des soudures d'intersection 32 soit effectuée comme cela a été expliqué ci-dessus. A la fin des soudures d'intersection 32, la grille 16 pour barreaux de combustible est tournée de 90° dans le sens inverse des aiguilles d'une montre autour de son axe Y de façon à ce que la paroi extérieure de grille 22c  
30 soit amenée sous le faisceau laser 178 et à ce qu'un troisième jeu de soudures 34c entre encoche et languette soit effectué ainsi qu'une troisième soudure d'angle 30c. Ensuite, comme représenté sur la figure 3G, la grille 16 pour barreaux de combustible est tournée de 180° par rapport à son axe Y  
35 de façon à présenter la quatrième paroi extérieure de grille





22d au faisceau laser 178, et à réaliser un quatrième jeu de soudures 34d entre encoche et languette et une quatrième soudure d'angle 30d. Ensuite, au cours du pas représenté sur la figure 3H, la grille 16 pour barreaux de combustible est  
5 tournée de 90° dans le sens inverse des aiguilles d'une montre ce qui la ramène à sa position originale avant de sortir la grille et la monture de soudage de la chambre de soudage.

En se reportant maintenant aux figures 3I à 3L, on peut voir le procédé selon lequel les manchons de guidage 36  
10 sont soudés à la grille 16 pour barreaux de combustible.

A l'origine, la grille 16 pour barreaux de combustible est dégagée de sa monture de soudage qui est nécessaire pour les pas des figures 3A à 3H et est placée dans une monture pour soudage des manchons telle que celle qui est décrite  
15 dans la demande de brevet belge déposée ce même jour au nom de la demanderesse pour : "GRILLE A BARREAUX COMBUSTIBLES AVEC DES MANCHONS SOUDES DANS DES BANDES ENCOCHES."

la monture de soudage des manchons comprend une pluralité de goujons de fixation disposés dans certains alvéoles  
20 sélectionnés parmi ceux qui sont formés par les cloisons intérieures de grille 20 pour recevoir les manchons de guidage 36, c'est-à-dire dans les ouvertures ayant des encoches 38 dans leurs bords périphériques comme représenté sur la figure 3J. En particulier, des goujons de repérage positionnent de  
25 façon précise les manchons de guidage 36 de façon à ce que leurs axes soient centrés par rapport aux surfaces des cloisons intérieures de grille 20 et parallèles à ces cloisons. Les manchons de guidage 36 étant alignés avec précision et  
assemblés avec la grille 16 pour barreaux de combustible, la  
30 grille 16 et sa monture pour soudage des manchons sont placées à l'intérieur de la chambre de soudage et fixées par rapport à la chambre et par rapport au faisceau laser 178. Ensuite, l'air est éliminé par du gaz argon jusqu'au degré de pureté voulu. Ensuite, comme représenté sur la figure  
35 3J, la grille 16 pour barreaux de combustible est tournée de

7



45° dans le sens inverse des aiguilles d'une montre et ensuite la monture de soudage des grilles et des manchons est bloquée dans cette position à 45° par rapport au passage du faisceau laser 178, comme représenté sur la figure 3J.

5 Ensuite, une série de soudures le long des encoches 40 est effectuée avec une largeur d'impulsion de 6,2 ms, une fréquence d'impulsions de 20 i/s, une puissance moyenne de 255 watts et une vitesse de soudage de 25,4 mm/minute (10 IPM). La grille 16 pour barreaux de combustible est

10 déplacée le long de l'axe Y à la vitesse indiquée tandis que le faisceau laser 178 est pulsé. Comme on le verra en détail par la suite, il faut refocaliser le faisceau laser 178 sur chaque rangée horizontale de manchons de guidage 36 comme représenté sur la figure 3J. Une série de soudures le long

15 des encoches 40 est effectuée en déplaçant la grille 16 pour barreaux de combustible le long de son axe Y, et amenant chaque manchon de guidage 36 en position par rapport au faisceau laser 178, en mettant le faisceau laser en fonctionnement pour effectuer la soudure 40 et ensuite en déplaçant la

20 grille 16 pour barreaux de combustible de façon à aligner le prochain manchon de guidage 36. Lorsqu'une seule rangée horizontale de manchons de guidage 36 a été soudée, la grille 16 pour barreaux de combustible est déplacée le long de son axe X jusqu'à la position qui aligne la prochaine

25 rangée de manchons de guidage 36 avec le faisceau laser 178. Il faut ensuite focaliser à nouveau le faisceau laser 178 pour effectuer les soudures le long des encoches 40. Comme représenté sur les figures 3J et 3K, le manchon de guidage 36 s'emboîte dans quatre encoches 38 et des soudures le long

30 des encoches 40 sont effectuées sur les faces opposées des manchons de guidage 36.

Lorsqu'un côté de manchon de guidage 36 a été soudé, il faut tourner la grille 16 de 90° dans le sens inverse des aiguilles d'une montre comme représenté sur la figure

35 3K pour exposer l'autre encoche opposée 38 au faisceau



laser 178. Après la rotation, une série de soudures le long des encoches 40 est effectuée selon les explications ci-dessus. Enfin, au cours de l'opération représentée sur la figure 3L, la grille 16 pour barreaux de combustible est  
5 tournée de 45° dans le sens des aiguilles d'une montre, par rapport à sa position originale avant de sortir la grille 16 et sa monture de soudage des manchons de la chambre de soudage pour terminer les opérations de soudage de la grille 16 pour barreaux de combustible.

10 En se référant maintenant à la figure 4, on peut voir le système de soudage par laser 102 assurant le contrôle de la série des soudures et en particulier des soudures d'intersection 32, des soudures entre languette et encoche 34, des soudures d'angle 30 et des soudures le long des  
15 encoches 40 qui sont nécessaires à la fixation des cloisons intérieures et des parois extérieures des grilles 20 et 22 ensemble pour constituer la grille 16 pour barreaux de combustible et fixer les manchons de guidage 36 à la grille 16 en commandant un système à laser 102 (représenté  
20 en détail dans les dessins qui suivent) de façon à ce qu'il émette un faisceau laser 178 d'énergie contrôlée, de façon à positionner successivement et précisément la grille 16, et à contrôler l'arrivée d'un gaz inerte convenable, par exemple de l'argon, dans l'atmosphère duquel le soudage par  
25 laser des soudures ci-dessus va être effectué. Chacune des pièces, par exemple des grilles 16 pour barreaux de combustible, est successivement amenée dans chacune des positions de soudage grâce à son module de positionnement 106a ou 106b, le module 106a étant représenté sur la figure 4. En particu-  
30 lier, une chambre de soudage 108 est associée à chacun des modules de positionnement 106 pour recevoir sa grille 16 et réaliser une atmosphère dans laquelle le soudage par laser pourra être effectué et, en particulier pour établir une atmosphère de gaz inerte tout en permettant les mouvements  
35 de la grille 16 qui sont nécessaires pour effectuer la série

de soudures. Le module de positionnement droit 106a comprend une porte d'armoire droite 114a qui est représentée en position ouverte. Une porte identique d'armoire gauche 114 b est représentée en position fermée et il est bien entendu qu'elle doit couvrir le module gauche de positionnement correspondant 106b ainsi que la chambre de soudage gauche 108b. Une armoire 104 contient encore les modules de positionnement droit et gauche 106a et 106b, ainsi que le système à laser 102, une ossature principale 122, un système de purge à l'argon 118 et un système d'alimentation en argon 473 qui seront décrits ci-dessous. Une paire de tapis détecteurs constituent des zones de sécurité droite et gauche 134a et 134b immédiatement à l'avant des modules de positionnement droit et gauche respectivement 106a et 106b ; les zones 134a et 134b détectent la présence d'un opérateur sur celles-ci pour éviter d'entraîner la chambre de soudage correspondante 108 en une position extérieure à l'armoire 104.

Une source d'alimentation du laser 120 est représentée sur la figure 4 et reliée par des conducteurs convenables au système laser 102 de façon à contrôler l'émission de lumière cohérente par le laser d'une manière qui sera expliquée plus complètement par la suite. En outre, il est prévu un système de commande par ordinateur 124 comprenant une première commande numérique par ordinateur (CNC) ou commande droite 126a et une seconde CNC identique gauche 126b, respectivement associées au contrôle des opérations de laser qui interviennent à l'intérieur des modules de positionnement droit et gauche 106a et 106b. Comme on le verra par la suite, les CNC droite et gauche 126a et 126b réclament le contrôle du système laser 102 de sorte que les CNC se partagent dans le temps le contrôle du système laser 102. La source d'alimentation du laser 120 comprend un panneau d'affichage du soudage par laser 132 qui est représenté plus en détail sur la figure 23A et chacune des CNC 126a et

126b comprend respectivement un panneau fonctionnel de machine (MFP) 130 qui est représenté plus en détail sur la figure 21B.

L'ossature principale 122 est représentée plus complètement sur la figure 5, et est destinée au montage ajustable du système laser 102 en position alignée avec les modules de positionnement droit et gauche 106a et 106b. Une fois alignés avec le système laser 102, les modules de positionnement droit et gauche 106a et 106b sont rigidement fixés par rapport à l'ossature principale 122 et donc par rapport au système laser 102 afin d'assurer que l'alignement du faisceau laser 178 peut être contrôlé avec précision par rapport à chacun des modules de positionnement 106a et 106b et donc par rapport aux grilles 16 pour barreaux de combustible, contenus dans ces modules. L'ossature principale 122 est constituée d'une plaque supérieure 142 et d'une plaque inférieure 143 (voir figure 7), soudées chacune à une ossature en tube carré. Comme représenté sur la figure 7, des blocs de calage et des amortisseurs 224 sont fixés à la plaque inférieure 143 et permettent d'isoler le système à laser 102 ainsi que les modules de positionnement droit et gauche 106a et 106b des vibrations qui pourraient être communiquées au système de soudage par laser 100 par le sol sur lequel le système de soudage par laser 100 repose. En outre, les blocs de calage et les amortisseurs 224 amortissent aussi toutes les vibrations qui pourraient provenir des systèmes d'entraînement à moteur (qui vont être décrits ci-dessous) associés à chacun des modules de positionnement droit et gauche 106a et 106b. La plaque supérieure 142 est aplanie par usinage après avoir été soudée à son ossature en tube carré, de façon à constituer une surface de référence pour les autres composants du système qui seront montés dessus. Ces autres composants sont boulonnés ou goujonnés sur la plaque supérieure 142 ou par rapport à elle de façon à maintenir des alignements

précis.

Un support mobile 140 est boulonné à la plaque supérieure 142 et constitué d'une paire de pattes 141 et 139 ayant chacune un goujon qui la maintient à la plaque supérieure 142. Chacun des modules de positionnement 106 est monté sur l'ossature principale 122 et constitué, comme représenté sur la figure 5, d'un socle 150 boulonné à la plaque supérieure 142 en chacun des quatre angles. Chaque module de positionnement 106 comprend des parois latérales 152 et 154 boulonnées chacune au socle 150 comme représenté sur les figures 5 et 10. Chaque module 106 comprend une paroi arrière ou support vertical 248, comme représenté sur la figure 10. Une glissière verticale 252 est à son tour boulonnée sur deux plaques d'assemblage 246, comme représenté sur la figure 10. Une plate-forme 244 de X-Y est à son tour boulonnée aux deux plaques d'assemblage 246, un de chaque côté, comme représenté sur la figure 9. Comme représenté sur la figure 10, la plate-forme 244 de X-Y reçoit et soutient le système de positionnement 288 en X-Y qui permet de déplacer la chambre de soudage 108 par incrément le long des axes X et Y sous le contrôle de sa CNC 126. Chacun des modules de positionnement 106 comprend encore, comme représenté sur la figure 5, une plaque supérieure ou plaque d'étanchéité 156 qui est placée très près, c'est-à-dire à moins de 1 mm de la plaque d'étanchéité 156 et dans un plan sensiblement parallèle à la plaque d'étanchéité 156 qui constitue le dessus de sa chambre de soudage 108 comme représenté sur la figure 8. L'examen de la figure 8 montre que l'écartement précis et la relation entre la chambre de soudage 108 et sa plaque d'étanchéité 156 permettent au système de positionnement 288 en X-Y de déplacer la chambre de soudage 108 tout en maintenant la relation entre la chambre de soudage 108 et sa plaque d'étanchéité 156. Cette relation précise est établie en positionnant précisément la plate-forme 244 par

rapport à sa plaque d'étanchéité 156 comme cela va être expliqué plus loin.

Comme représenté sur les figures 7 et 9, une paire de glissières verticales 252 est solidement fixée par des  
5 goujons à la plaque supérieure 142. En particulier, deux goujons traversent la base de chaque glissière verticale 252 et la fixent à la plaque supérieure 142. Un chariot mobile 250 est installé sur chaque glissière verticale 252 et comprend une vis de positionnement 254 orientée dans  
10 une direction sensiblement perpendiculaire à la surface de référence de la plaque supérieure 142 de façon à ce que le chariot 250, la glissière verticale 252 et la plate-forme 244 puissent être précisément alignés. Le chariot 250 est boulonné et goujonné à la glissière verticale 252 du module  
15 de positionnement 106. Le chariot 250 et sa vis de positionnement 254 peuvent être réalisés à titre d'illustration selon le modèle de fabrication Milwaukee Machine Components Company sous le numéro de modèle RB16-32-20-L. Les glissières verticales 252 permettent de monter ou d'abaisser la plate-  
20 forme 244 de X-Y pour l'adapter aux modifications du processus ou de la hauteur de la chambre de soudage 108. Trois goujons fixent la plate-forme 244 de X-Y à ses plaques d'assemblage 246 mais ils peuvent en être dégagés pour libérer la plate-forme 244 de X-Y. Alors, les jeux de clavette 256 et 258  
25 sont tirés au moyen de leurs vérins à vis. Ensuite une manivelle (qui n'a pas été représentée sur les dessins), associée à la vis de positionnement 254 est tournée de manière à ramener la position de la plate-forme 244 de X-Y vers le haut ou vers le bas puis ensuite la glissière  
30 verticale 252 est boulonnée et goujonnée à son chariot 250 et la plate-forme 244 de X-Y est boulonnée à la glissière verticale 252. Lorsque la plate-forme 244 de X-Y se trouve à la hauteur voulue, elle est mise de niveau, c'est-à-dire que la surface supérieure de la chambre de soudage 108 et  
35 la surface inférieure de la plaque d'étanchéité 156 qui

délimitent un espace entre elles sont réglées parallèlement l'une à l'autre puis deux nouvelles clavettes 256 et 258 sont positionnées et des goujons sont ramenés dans de nouveaux trous forés et alésés dans les parois latérales  
5 152 et 154 aux nouveaux emplacements.

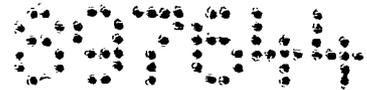
Le système de purge à l'argon 118 est présenté plus complètement sur la figure 5. L'argon qui s'échappe des chambres de soudage 108 au cours de la purge et du soudage tombe en bas de chacun des modules de positionnement 106  
10 et s'écoule par une pluralité d'ouvertures d'échappement 151 ménagées dans les socles 150a et 150b. A l'avant de l'ossature principale 122 se trouvent deux ouvertures 148a et 148b recouvertes d'une toile métallique 146. La toile métallique 146 et l'ossature principale 122 constituent  
15 une paire de collecteurs 144a et 144b qui sont reliés à un conduit d'échappement (non représenté) à l'arrière de l'ossature principale 122 en passant par un registre 226 (voir figure 7), et par un conduit 228 jusqu'à un ventila-  
20 teur 230, de façon à ce que l'argon éparpillé soit expulsé hors de l'armoire 104 par l'intermédiaire d'un conduit d'échappement d'argon 232 qui sort du bâtiment. Le registre 226 contrôle le débit de l'argon. Le ventilateur 230 établit une pression négative ou vide lorsque les portes de l'armoire 114 sont fermées. Le ventilateur 230 peut être réalisé à  
25 titre d'illustration comme un ventilateur d'échappement fabriqué par Dayton Electric Company sous le numéro de modèle 2C887. L'écartement entre la surface supérieure de la chambre de soudage 128 et la plaque d'étanchéité 156 comme représenté sur les figures 9 et 17 est typiquement  
30 de l'ordre de 0,76 mm de façon à permettre le mouvement de la chambre de soudage 108 le long des axes X et Y et permettre également un écoulement régulier de l'argon vers l'extérieur de la chambre de soudage 108.

Comme représenté sur la figure 5, le support mobile  
35 140 positionne le système à laser 102 et, en particulier

la source d'émission du laser qui prend la forme d'un  
barreau laser 170 ainsi que l'optique correspondante par  
rapport à la surface de référence de l'ossature principale  
122 et plus particulièrement par rapport aux pièces qui  
5 sont des grilles 16 pour barreaux de combustible. Le bar-  
reau de laser 170 est disposé à l'intérieur d'un boîtier  
de tête de laser 166 et monté sur une plaque d'outillage  
optique 168 dont la planéité a été usinée avec des  
tolérances très serrées. La plaque d'usinage optique 168  
10 est monté sur un socle à laser 162 lui-même installé sur  
le support mobile 140 et, en particulier sur sa traverse  
157 et son longeron horizontal 159. En plus du boîtier de  
la tête de laser 166, un miroir mobile 172 de commutation  
du faisceau et son dispositif de manoeuvre constitué d'un  
15 moteur pas à pas 175 ainsi que des défecteurs fixes du  
faisceau réalisés par des miroirs 174, 176a et 176b sont  
également montés sur la plaque d'outillage optique 168.  
Comme représenté sur la figure 6, le miroir 172 de commuta-  
tion du faisceau en forme de lame est couplé au moteur pas-  
20 à pas 175 qui le fait tourner successivement de façon  
à l'amener dans et à le retirer de la position dans laquelle  
il réfléchit ou transmet le faisceau laser 178 émis par le  
barreau laser 170.

Le socle du laser 162 supporte la plaque d'usinage  
25 optique 168 et il est à son tour monté sur le support  
mobile 140. Le support mobile 140 est réalisé par le soudage  
de tubes carrés et assure une rigidité suffisante pour  
maintenir l'alignement précis du faisceau laser 178 émis  
par le barreau laser 170 et des grilles 16 pour barreaux de  
30 combustible. Le socle à laser 162 est boulonné à une paire  
de vérins de calage 158a et 158b placés à chaque extrémité  
de la traverse 157. Un palier sphérique 160 est placé à  
l'arrière du longeron horizontal 159 pour constituer un  
point unique de soutien du socle du laser 162 de façon à  
35 ce que ce dernier puisse tourner autour d'un axe 164





lorsque chacun des vérins de calage avant 158a et 158b est soulevé ou abaissé. Le palier sphérique 160 est placé à une hauteur fixe de façon à constituer un pivot à partir duquel le socle à laser 162 peut être soit levé verticalement soit abaissé de l'angle désiré par les vérins de calage 158a et 158b.

Le plan du socle à laser 162 doit rester rigide au moment où les forces des vérins lui sont appliquées par les vérins de calage 158a et 158b au cours de l'alignement initial du système de soudage par laser 100. Comme on le verra plus loin, le socle à laser 162 soutient aussi une paire d'ensemble à laser 222 d'axe Z qui permettent d'ajuster linéairement des ensembles 204 de lentilles correspondant de focalisation du laser (voir figure 6) pour concentrer le faisceau laser sur les grilles 16 pour barreaux de combustible à l'intérieur des chambres de soudage correspondantes 108. Le socle à laser 162 constitue une surface de boulonnage pour le montage des ensembles de positionnement 222 de l'axe Z (voir figure 7). Chaque ensemble 222 d'axe Z du laser est rigidement fixé au socle du laser 162 de façon à déplacer l'ensemble des lentilles 204 de focalisation du laser le long de son axe Z qui est perpendiculaire à la surface supérieure du socle de laser 162. Comme représenté sur la figure 5, le laser 170 émet un faisceau laser 177 qui est focalisé sur le miroir 172 à commutation du faisceau, qui oriente alternativement le faisceau laser 177 d'abord vers le miroir d'orientation verticale 176a et puis vers le miroir d'orientation verticale 176b en formant ainsi un faisceau laser droit 178a et un faisceau laser gauche 178b. Les faisceaux laser 178a et 178b sont orientés au travers d'ouvertures 180a et 180b ménagées dans les modules de positionnement 106a et 106b respectivement.

Le système laser 102 tel qu'il est représenté sur la figure 5 et schématiquement sur la figure 6 peut, dans une





forme de réalisation de la présente invention, donnée à titre d'illustration, prendre la forme du système à laser fabriqué par Raytheon sous la désignation de modèle no. SS500. Le système à laser 102 comprend le barreau laser 5 170 qui, à titre d'exemple, peut prendre la forme d'un laser à cristaux Nd:YAG et une paire de lampes éclair linéaires au krypton disposée dans une tête de laser de haut rendement. La tête de laser comprend un miroir à réflexion totale 182 et un miroir à réflexion partielle 10 184 placés à chaque extrémité du barreau laser 170. L'obturateur 188 intérieur à la cavité est disposé entre le barreau laser 170 et le miroir à réflexion totale 182 et commandé sélectivement pour libérer un nombre sélectionné d'impulsions du laser de façon à ce que l'énergie communi- 15 quée au système de soudage par laser puisse être contrôlée avec précision comme on l'expliquera par la suite. La tête du laser est réalisée par une construction modulaire ce qui permet de remplacer facilement et indépendamment les uns des autres tous les éléments optiques y compris le 20 barreau laser 170, les lampes d'excitation 186 et les miroirs 182 et 184. Les lampes d'excitation 186 peuvent être rapidement remplacées sans modifier l'alignement optique. En outre, les lampes d'excitation ou lampes éclair 186 sont refroidies par une circulation d'eau sur 25 toute leur longueur y compris sur leurs connecteurs d'extrémité. Le déclenchement des lampes assure le fonctionnement pulsé en parallèle des lampes d'excitation 186 par excitation de la cavité. Le barreau laser 170 devra à titre d'exemple, être choisi de façon à obtenir une puissance 30 moyenne de 400 watts sur la pièce avec une puissance appliquée au réseau de formation des impulsions qui ne dépasse pas 15 kW lorsque les impulsions ont une largeur de 6 ms et de 2 ms et une fréquence d'impulsion de 20 Hz et de 50 Hz respectivement. Un obturateur à bascule 35 190 peut passer d'une première position dans laquelle il

7



oriente le faisceau laser 177 le long d'un chemin optique dévié 196 vers un absorbeur de faisceau 194 pendant les périodes où les pièces en forme de grilles 16 pour barreaux de combustible doivent être remplacées à l'intérieur des  
5 chambres 108. Un mécanisme d'entraînement 192 est représenté avec pour objet de faire passer l'obturateur 190 de sa première position d'interception du faisceau à une seconde position dans laquelle le faisceau 177 est concentré par un ensemble de lentilles 198 étalant le faisceau sur un  
10 mécanisme d'orientation du faisceau constitué par le miroir mobile 172 de commutation de faisceau et le miroir fixe 174. Lorsque le miroir de commutation 172 est placé en position d'interception du faisceau laser 177, ce dernier est dévié le long du trajet 178a vers le miroir d'orientation verti-  
15 cale 176a pour être orienté verticalement. L'ensemble 204 des lentilles de focalisation du laser intercepte et focalise le faisceau laser 178a sur la grille 16 pour barreaux de combustible qui se trouve à l'intérieur de la chambre 108a. Comme représenté, l'ensemble 204 des lentilles  
20 de focalisation du laser, comprend, comme on le verra en détail par la suite, une lentille 202 et un tube portelentille 200 positionné le long d'une droite par l'ensemble 222 d'axe Z du laser. Lorsque le miroir de commutation 172 est tourné par le moteur 175 et qu'il quitte sa position  
25 d'interception du faisceau laser 177, le faisceau est dévié par le miroir fixe 174 pour former le faisceau laser 178b qui est orienté par le miroir d'orientation verticale 176 b vers la chambre de soudage 108b.

Les lampes d'excitation 186 sont alimentées par une  
30 source d'alimentation 120 représentée d'une façon générale sur la figure 4. La source d'alimentation 120 peut être constituée à titre d'exemple d'une source de tension continue régulée qui charge un réseau de formation d'impulsions (PFN) par l'intermédiaire d'une inductance de charge.  
35 La CNC correspondante 126 ferme alternativement des commu-



tateurs (redresseurs commandés au silicium) ce qui charge le réseau PFN à partir de la batterie de condensateurs réservoir de la source d'alimentation continue et décharge le réseau PFN dans les lampes d'excitation 186 de façon  
5 à exciter le barreau laser 170 qui émettra une série d'impulsions laser. Les lampes d'excitation 186 peuvent fonctionner en mode "atténué", c'est-à-dire que les lampes 186 sont alimentées à un niveau de courant continu inférieur au seuil du laser et que des impulsions de courant élevé  
10 sont superposées au courant atténué pour la génération des impulsions au laser. Le réseau PFN devra délivrer des impulsions de 2 ms et de 6 ms.

Pour faciliter l'alignement initial de la chambre de soudage 108, et en particulier celui de la grille 16 pour  
15 barreaux de combustible avec le faisceau laser 178, des moyens de visée de la grille 16 sont installés, et permettent en particulier de déterminer la position exacte de la grille par rapport au faisceau laser 178, et prennent la forme d'une caméra de télévision d'alignement 206 alignée  
20 de façon à établir un trajet d'image 214 coïncidant avec le trajet du faisceau laser 178a. Comme représenté sur la figure 6, le trajet d'image 214 est focalisé par une lentille 210, choisie sélectivement par un Bureau de Radiologie de la Santé (BRH) ou un obturateur de sécurité  
25 212 et traverse le miroir à transmission partielle 176 pour atteindre la caméra de télévision 206. La lentille 202, outre qu'elle focalise le faisceau laser 178 sur la grille 16 pour barreaux de combustible, focalise aussi avec l'aide de la lentille 210 l'image de la grille 16  
30 sur la caméra de télévision 206. Selon des explications qui seront données ci-dessus, l'ensemble 204 des lentilles de focalisation du laser comprend aussi une lampe d'éclairage qui est sélectivement excitée de façon à éclairer la grille 16 à des fins d'alignement. L'obturateur BRH-212  
35 est sélectivement ouvert ou fermé pour permettre d'aligner

7

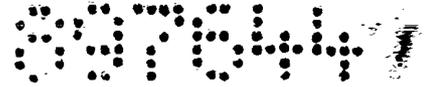


la grille 16 avec le faisceau laser 178, et reste fermé pendant toutes les autres périodes pour assurer la sécurité.

Comme représenté sur la figure 6, chacune des chambres de soudage 108 peut être déplacée depuis une première position de soudage représentée en pointillé et jusqu'à une seconde position sortie. Lorsque la chambre de soudage 108 se trouve dans sa seconde position, le faisceau 178 est dirigé par un miroir d'orientation verticale 176 vers un dispositif de mesure de puissance c'est-à-dire une pile thermoélectrique 218 maintenue à l'intérieur d'un tube-écran 216. Périodiquement, la chambre de soudage 108 est amenée en sa seconde position sortie et le faisceau laser 178 est orienté vers la pile thermoélectrique 218 qui donne une indication de la puissance délivrée par le barreau laser 170 et réellement appliquée à la grille 16 pour barreaux de combustible. Sous l'effet de l'importante charge imposée au système laser 102, il est prévu que le rendement du laser diminue par suite de l'épuisement du barreau laser 170 et/ou de ses lampes d'excitation 186, ainsi que sous l'effet de la présence de fumée et des débris résultant du soudage par laser. Donc, pour obtenir des soudures précises et reproductibles, la tension appliquée aux lampes d'excitation augmente pendant la durée du système laser 102 en fonction des résultats des mesures de la pile thermoélectrique.

L'armoire 104 du système de soudage par laser 100 sert à confiner l'argon sortant des chambres de soudage 108 de façon à ce qu'il soit expulsé par le système de purge d'argon 118 décrit ci-dessus. Pour amener la chambre de soudage 108 à sa seconde position ou position sortie, dans laquelle la pièce et, en particulier la grille 16 pour barreaux de combustible peuvent être remplacées, les portes 114 des armoires sont montées de façon à pouvoir être amenées en position ouverte par un mouvement rectiligne qui est représentée sur la figure 4. Dans une forme de





réalisation de la présente invention donnée à titre  
d'illustration, un mécanisme d'ouverture de portes 234  
comme celui de la figure 7 comprend deux cylindres à câble  
tous deux boulonnés à l'ossature principale 122. Un  
5 cylindre auxiliaire à air comprimé maintient constante la  
tension sur le câble et absorbe l'allongement qui résulte  
du fonctionnement des portes 114 des armoires. La pression  
de l'air appliquée à ces cylindres est contrôlée par un  
régulateur. L'air appliqué aux cylindres du câble est  
10 contrôlé par une vanne à solénoïde. Les portes 114 peuvent  
se déplacer le long de rails montés sur des amortisseurs.  
Dans une forme de réalisation de la présente invention donnée  
à titre d'illustration, les cylindres pneumatiques du câble  
peuvent prendre la forme des dispositifs fabriqués par  
15 Tolomatic sous le numéro de modèle 100-150.

En se référant maintenant aux figures 8, 9 et 10, on  
peut voir une table coulissante 262 qui permet de déplacer  
la chambre de soudage 108 de l'armoire 104 jusqu'à sa  
seconde position sortie, dans laquelle l'opérateur de la  
20 machine peut retirer la grille 16 pour barreaux de combus-  
tible de la chambre de soudage 108. Pour cela, la table  
coulissante 262 est montée sur une plate-forme 244 de X-Y  
positionnée avec précision pour être entraînée effectivement  
par un moteur d'entraînement 266 selon un mouvement  
25 linéaire entre sa première position de soudage et sa seconde  
position dans laquelle elle est sortie de l'armoire 104. La  
table coulissante 262 porte un rail de sécurité 264 qui est  
en saillie par rapport au bord frontal de la table coulis-  
sante 262 pour d'éviter de blesser l'opérateur. Le moteur  
30 266 d'entraînement de la glissière est couplé par une chaîne  
d'entraînement 272 à une vis d'entraînement 268 qui se visse  
dans un boulon à épaulement 274 pour entraîner une équerre  
support 276 solidement fixée à la table coulissante 262.  
Comme représenté en particulier sur la figure 10, la vis  
35 d'entraînement 268 est montée à l'une ou l'autre extrémité

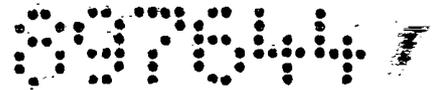




sur une paire de coussinets 270. Comme représenté plus en  
détail sur les figures 8 et 9, deux arbres support 278 sont  
solidement fixés à la surface inférieure de la table  
coulissante 262 et sont sensiblement parallèles entre eux  
5 et permettent le mouvement rectiligne souhaité de la table  
coulissante 262 entre ses première et deuxième positions.  
Comme représenté sur les figures 8, 12 et 13, chacun des  
arbres support 278 comprend un support d'arbre 310 monté  
à l'une ou l'autre extrémité de l'arbre support 278, et il  
10 est boulonné à la surface inférieure de la table coulissan-  
te 262 et fixé à l'arbre 278 par un boulon 311. Deux cous-  
sinets 282 sont installés sur la longueur de l'arbre 278 et  
reçoivent et soutiennent l'arbre au cours de son mouvement  
rectiligne.

15 Comme représenté en particulier sur la figure 11, des  
moyens de limitation du mouvement de la table coulissante  
262 entre sa position intérieure et sa position extérieure,  
sont réalisés sous la forme d'une butée 308 rigidement fixée  
à la table coulissante 262. De chaque côté de la butée 308,  
20 sont installées des équerres de butée 300 et 302 dans  
lesquelles se vissent respectivement des écrous de position-  
nement 304 et 306. Les écrous de positionnement 304 et 306  
sont disposés de façon à sélectionner des limites variables  
du mouvement de la table coulissante 262. Les équerres de  
25 butée 300 et 302 sont fixées par des goujons à la plate-  
forme 244 de X-Y.

En se reportant maintenant aux figures 8 et 9, on peut  
voir des moyens de positionnement précis de la plate-forme 244  
de X-Y et donc la chambre de soudage 108 dans sa première  
30 position de soudage à l'intérieur du module de positionnement  
106 et dans sa seconde position où elle est sortie de  
l'armoire 104, et où l'opérateur peut facilement retirer  
la grille 16 pour barreaux de combustible de la chambre de  
soudage 108. Il est primordial que la chambre de soudage 108  
35 et en particulier, la grille 16 pour barreaux de combustible



qu'elle contient soient placées avec précision par rapport au faisceau laser 178 comme représenté sur les figures 6, 8 et 9. Pour cela, un dispositif de repérage avant 284 oriente sélectivement son goujon de repérage 316 comme

5 représenté sur la figure 11 d'une première position rentrée jusqu'à une seconde position de verrouillage, dans laquelle il pénètre à l'intérieur d'une ouverture 318 d'une pièce de positionnement 317 solidement fixée à la table coulissante 262 afin de positionner précisément la table coulissante 262 par rapport au faisceau laser 178. Une pièce de

10 positionnement semblable 312 est solidement fixée à la table coulissante 262, dans sa partie arrière, pour recevoir le goujon de repérage 316 du dispositif de repérage avant 284 et donc positionner et maintenir

15 la table coulissante 262 ainsi que par conséquent la chambre de soudage 108 dans sa seconde position sortie. Comme représenté plus précisément sur la figure 12, le dispositif de repérage avant 284 comprend une équerre de repérage 322 solidement fixée à la plate-forme 244 à une

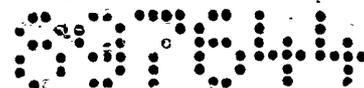
20 extrémité et portant à son autre extrémité, une équerre à crochet 320 à laquelle est suspendu par une chape 324 un dispositif d'entraînement 314 qui commande le goujon de repérage 316. Un second dispositif de repérage ou dispositif arrière 286 est représenté sur les figures 7 et 9

25 et il sert à fixer solidement la table coulissante 262 par rapport au faisceau laser 178. Le dispositif de repérage arrière 286 est solidement fixé à son module de positionnement 106 par une équerre de repérage 324 fixée au support vertical 248 et comprend un dispositif de commande 315

30 et un goujon de repérage 319 entraîné depuis une première position rentrée jusqu'à une seconde position de verrouillage dans laquelle le goujon de repérage 319 pénètre à l'intérieur d'une ouverture 325 d'une pièce de positionnement 321 fixée à la table coulissante 262. La table coulissante

35 262 est donc fixée aux angles opposés d'une diagonale par





les goujons de repérage 319 et 316 des dispositifs de repérage arrière et avant 286 et 284 respectivement, ce qui établit une relation fixe entre la table coulissante 262 et le faisceau laser 178. Les dispositifs de repérage avant 5 et arrière 284 et 286 peuvent à titre d'illustration prendre la forme de mécanismes à plongeur tels que ceux que fabrique DeStaco.

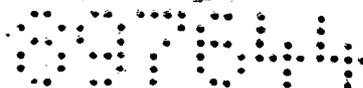
En considérant maintenant les figures 8 et 10, on voit que chacun des modules de positionnement 106 comprend 10 des moyens capables de positionner avec précision la chambre de soudage 108 et en particulier de la grille 16 pour barreaux de combustible qu'elle contient en une pluralité de positions précisément contrôlées le long des axes X et Y d'un plan, et également pour faire tourner ce plan d'un 15 angle précisément contrôlé par rapport à l'axe Y, de façon à pouvoir effectuer une variété de soudures au moyen du faisceau laser 178. Le système de positionnement 288 en X-Y est placé comme représenté sur la figure 11, à savoir monté sur la table coulissante 262 pour supporter et positionner la 20 chambre de soudage 108. Le système de positionnement 288 en X-Y comprend une table de positionnement 290 en X et une table de positionnement 292 en Y montée sur la première. Les tables de positionnement 290 et 292 en X et en Y peuvent à titre d'exemple prendre la forme du mécanisme fabriqué par 25 la Shaum Manufacturing Company sous le numéro de produit DC1212. La table de positionnement 290 en X permet de déplacer la chambre 108 dans une direction sensiblement perpendiculaire au plan de la figure 8, tandis que la table de positionnement 292 en Y déplace la chambre 108 le long d'une 30 direction perpendiculaire au plan de la figure 10. La table de positionnement 292 en Y est associée à un moteur d'entraînement 296 en Y qui comprend un résolveur et un tachymètre, de façon à faire progresser la chambre de soudage 108 de distances élémentaires précises. De la même manière, la 35 table de positionnement 290 en X est associée à un moteur

d'entraînement en X, à un résolveur et à un tachymètre 294.

Un mécanisme de rotation 238 par rapport à l'axe B tel qu'il est représenté d'une façon générale sur la figure 9 peut être couplé avec la chambre de soudage 108 et en particulier avec une monture tournante 240 fixée par un montage tournant à l'intérieur d'une paroi latérale de la chambre de soudage 108 de façon à faire tourner la monture tournante 242 comme représenté sur la figure 9. Il est bien entendu que la grille 16 pour barreaux de combustible peut être fixée à la monture tournante 240 de façon à pouvoir tourner par rapport à l'axe Y.

La chambre de soudage 108 et sa monture tournante 240 vont maintenant être décrites plus précisément en se référant aux figures 14 et 15, comme comprenant une plaque inférieure 326, des parois avant et arrière 329a et 329b et des parois latérales 327a et 327b. Un rebord supérieur 331 est prévu sur le pourtour supérieur des parois ci-dessus pour constituer une surface d'étanchéité plate 333 qui est placée dans un plan sensiblement parallèle à la surface inférieure de la plaque d'étanchéité 156 et très près de cette plaque. La relation précise entre la surface d'étanchéité 333 et la plaque d'étanchéité 156 assure un débit régulier de l'argon sortant de la chambre de soudage 108 et pénétrant dans le module de positionnement 106, ainsi que le mouvement de la chambre de soudage 108 et de sa grille 16 pour barreaux de combustible, le long des axes X et Y dans un plan sensiblement parallèle à la surface inférieure de la plaque d'étanchéité 156.

Comme représenté sur la figure 15, un joint support 332 est placé sur la plaque inférieure 326 de façon à former une chambre collectrice qui reçoit le courant d'argon pénétrant par l'ouverture d'entrée 338. La chambre collectrice est constituée d'un capot inférieur 328, d'un diffuseur plat 330 et d'un collier de fixation 334 ayant la forme d'un cadre et permettant de retenir le bord périphérique



de la plaque de diffusion 330 par rapport au joint support 332. Deux tubulures 336, comme représenté sur les figures 14 et 15 (une seule a été représentée), répartissent le courant d'argon dans la chambre collectrice. Il est

5 significatif que le diffuseur plat 330 soit constitué d'acier inoxydable uniformément fritté ayant une densité d'environ 60 % et à titre d'illustration d'une forme de réalisation de la présente invention elle est constituée d'un matériau appelé "Feltmetal" , elle a une épaisseur

10 d'environ 3,00 mm et à la forme d'un carré d'environ 38 cm de côté et est fabriqué par Brunswick sous le n. FM1110. Le diffuseur plat 330 recouvre la totalité du fond de la chambre de soudage 108 et constitue le moyen de produire un écoulement laminaire gazeux qui élimine l'air de la

15 chambre de soudage 108 en le faisant "flotter" avec un minimum de turbulence. La densité supérieure de l'argon est régulièrement distribuée dans toute la section droite de la chambre de soudage 108 afin d'éliminer effectivement l'air de cette chambre et d'établir une atmosphère de gaz

20 inerte, à savoir d'argon ayant un fort degré de pureté. On s'est aperçu qu'une atmosphère ayant une pureté de l'ordre de 10 parties par million (PPM) d'eau et 7 ppm d'oxygène permettait d'obtenir des soudures nettement

25 meilleures sur du Zircaloy. On a essayé différents métaux poreux pour déterminer le plus efficace ; il a été prouvé que l'on obtenait de meilleurs résultats avec un matériau plus épais, de densité plus élevée, par exemple une plaque en fibre d'acier inoxydable fritté ayant une densité de 60 %. En outre, il est significatif que le diffuseur plat 330

30 recouvre sensiblement la totalité du fond de la chambre de soudage 108 avec une structure support non diffusante aussi réduite que possible. Quand la surface de diffusion diminue par rapport à la surface du fond de la chambre, le temps et la quantité d'argon nécessaires à la purge de la chambre

35 de soudage 108 de l'air et de l'humidité qu'elle contient

augmentent. Par exemple, un diffuseur plat 330 qui ne couvrirait que le quart de la surface du fond ne serait pas plus efficace que la simple application d'un courant de gaz dans la chambre de soudage 108 par un tube ou autre buse. Comme représenté sur la figure 15, le diffuseur plat 330 est effectivement scellé aux parois latérales 327 et aux parois avant et arrière 329 de façon à ce que l'argon qui pénètre dans le collecteur soit forcé de diffuser à travers la plaque 330 et ne puisse pas simplement contourner le diffuseur plat 330 pour circuler le long des parois latérales avant et arrière. La structure indiquée à titre d'illustration pour supporter le diffuseur plat 330 oblige l'argon introduit sous un débit relativement élevé ne va pas être dévié du diffuseur plat 330. Les deux tubulures 336 ainsi que la forme du collecteur constitué du capot inférieur 328 et du diffuseur plat 330 assurent une répartition régulière du gaz dans la section droite de la chambre de soudage 108. Comme on l'a vu ci-dessus, la surface d'étanchéité 333 se trouve dans un plan sensiblement uniforme, et parallèle à la surface inférieure de la plaque d'étanchéité 156, à une distance inférieure à 1 mm et dans une forme de réalisation donnée à titre d'exemple, à une distance de 0,76 mm pour assurer une distribution régulière à l'intérieur et à la sortie de la chambre de soudage 108. L'emploi d'une garniture d'étanchéité entre la chambre de soudage 108 et la plaque d'étanchéité 156 a été évité car elle aurait eu tendance à imposer un traînage inutile au système de positionnement 288 en X-Y et donc à ralentir la vitesse avec laquelle les soudures pouvaient être réalisées. Il est bien entendu qu'un écoulement de gaz, comme on le verra en détail par la suite, qui pénètre dans la chambre de soudage 108 et qui en sort empêche les autres gaz contaminants de pénétrer dans la chambre 108. Le maintien d'un écoulement régulier de gaz inerte pénétrant dans la chambre de soudage 108 réussit à garantir la pureté de



l'atmosphère de soudage à l'intérieur de la chambre de soudage 108. Comme on l'a déjà indiqué ci-dessus, la contamination des soudures est évitée à un degré élevé suffisant pour garantir l'intégrité structurelle de la grille 16 pour barreaux de combustible même lorsque celle-ci est exposée à l'environnement hostile d'un réacteur nucléaire dans lequel la grille 16 pour barreaux de combustible est soumise à des courants importants d'eau surchauffée qui ont tendance à contaminer rapidement n'importe quelle soudure et à entraîner la détérioration structurelle de la grille 16 de même qu'à rompre les barreaux de combustible 18.

La chambre de soudage 108 reçoit par un montage pivotant la monture tournante 242 sur laquelle est installée la grille 16 pour barreaux de combustible en vue du soudage par laser en atmosphère inerte. Comme représenté sur la figure 14, la monture tournante 242 comprend un premier arbre 510 et un second arbre de monture 368. Le premier arbre 510 peut tourner dans un palier 346 monté grâce à un capot d'ouverture 342 dans une ouverture 343 méangée dans la paroi latérale 327b de la chambre de soudage 108. Un capot d'alimentation 348 monté de façon à recouvrir le palier 346, soutient une ouverture d'entrée d'argon 500 dont il assure l'étanchéité et par laquelle l'argon arrivant par une conduite souple 490 est appliqué à la monture tournante 242. L'arbre 368 est monté dans un palier 356 (voir figure 15) installé à l'intérieur d'un boîtier de palier 344 fixé à la paroi latérale 327a. L'arbre 368 est, à son tour, rigidement couplé à une roue de positionnement 358 dont la rotation est contrôlée de façon à faire tourner sélectivement et à orienter rigidement la position de la monture tournante 242 à l'intérieur de la chambre de soudage 108 par rapport au faisceau laser 178. Un mécanisme de repérage 370 est installé dans un boîtier 372 fixé à la paroi latérale 327a de façon à verrouiller effectivement la position de la roue de positionnement 358 et par conséquent



la position angulaire de la monture tournante 242, et à libérer la roue de positionnement 358, afin que le système d'entraînement 238 puisse la faire tourner par rapport à l'axe B comme on l'expliquera par la suite. Le mécanisme de repérage 370 comprend un goujon de repérage 378 qui est poussé par un ressort 376 dans une des ouvertures 379 afin de positionner et de verrouiller effectivement la roue de positionnement 358 dans la position correspondante. Le mécanisme de repérage 370 comprend aussi un arbre de positionnement 374 relié au goujon 378 et monté à l'intérieur du boîtier 372 dans le but de guider le goujon 378 le long de son axe, ainsi qu'une équerre de dégagement 380 qui peut appuyer sur le ressort 376 et libérer la roue de positionnement 358 afin qu'elle soit entraînée en rotation par le système d'entraînement 238 de rotation autour de l'axe B.

Comme représenté sur les figures 14, 17, et 18, la monture tournante 242 est constituée d'un cadre 502 monté entre les arbres 510 et 368 qui sont alignés l'un par rapport à l'autre de chaque côté du cadre 502. Deux entretoises 504 parallèles entre elles sont montées entre des côtés opposés du cadre 502 et forment des ouvertures 505 à travers lesquelles l'écoulement laminaire d'argon est orienté vers la grille 16 pour barreaux de combustible lorsqu'elle est placée sur la surface support 540 la plus élevée. La grille 16 pour barreaux de combustible est maintenue dans une monture de soudage 542 elle-même verrouillée sur la monture tournante 242 par deux goujons de fixation 524. La monture de soudage 542 est représentée en pointillé sur la figure 15 et décrite dans une demande de brevet belge déposée ce même jour au nom de la demanderesse pour : " PLAQUE DE SOUDAGE POUR UNE GRILLE DE SUPPORT DE BARRES DE COMBUSTIBLE NUCLEAIRE," l'argon est introduit dans la chambre de soudage 108 par la première ouverture d'arrivée d'argon 338 qui se trouve dans la partie la plus basse de la chambre de soudage 108 et par une seconde entrée d'argon 500 qui l'oriente à

travers un conduit transversal 512 et de là par deux conduits axiaux 514 jusqu'aux ouvertures de sortie 506 ménagées dans les entretoises 504. Une seconde plaque de diffusion 520 recouvre les ouvertures 505, et est fixée à la monture tournante 242 par un cadre de fixation 518 fixé par des vis qui retiennent la seconde plaque de diffusion 520 à l'intérieur d'un logement 516 formé dans la monture tournante 242. On voit donc qu'il existe un moyen d'introduire un autre courant de gaz inerte d'argon, à travers la pièce et, en particulier à travers les cloisons intérieures et les parois extérieures 20 et 22 de la grille 16 pour barreaux de combustible, de façon à garantir la pureté de l'atmosphère et l'intégrité des soudures par laser qui sont effectuées sur cette grille.

Les goujons de repérage 524 sont constitués, comme représenté sur les figures 17 et 19, par une tête de blocage 526 dont le bord inférieur verrouille solidement la monture de soudage 542 en position sur la surface support 540 de la monture tournante 242. La tête de verrouillage 526 est installée par un montage souple et tournant au moyen d'une pièce en porte-à-faux 528 fixée à son autre extrémité à un support 530. Le support 530 est lui-même installé dans une ouverture 534 de manière à ce que son collier 532 soit bien ajusté dans un logement 536 et maintenu dans ce logement par une vis 538. De cette façon, la grille 16 pour barreaux de combustible une fois supportée par sa monture de soudage 542 peut être progressivement abaissée jusqu'à la surface-support 540 de façon à ce que des ouvertures de la monture de soudage 542 soient alignées avec et reçoivent les têtes de verrouillage 526 des goujons de repérage 524 qui, poussés par leurs ressorts, sont déviés et pénètrent dans ces ouvertures et qu'ensuite les têtes 526 soient poussées par leurs pièces en porte-à-faux 528 en une position de verrouillage du support.

Comme représenté sur la figure 14, la chambre de

soudage 108 est équipée d'un détecteur d'humidité 410  
donnant une indication de la teneur en humidité dans l'at-  
mosphère de la chambre en parties par million. En outre,  
le tube-écran 216 est monté au moyen d'une équerre-écran  
5 414 sur la paroi arrière 329b de la chambre de soudage 108.  
Un support d'appareil de mesure 412 est également fixé  
à la paroi arrière 329b pour supporter la pile thermo-  
électrique 218 en alignement avec le faisceau laser 178  
lorsque la chambre de soudage 108 est placée dans sa  
10 seconde position ou position sortie représentée en poin-  
tillé sur la figure 6 et que le tube porte-lentille 200  
est aligné dans l'axe du tube-écran 216. Comme cela a été  
indiqué ci-dessus, le système à laser 102 est périodique-  
ment calibré de façon à ce que des quantités précises  
15 d'énergie laser soient appliquées par le faisceau laser 178  
à la grille 16 pour barreaux de combustible. En outre, comme  
représenté sur la figure 15, la plaque d'étanchéité 156  
est percée d'une ouverture 426 alignée avec la pièce, c'est-  
à-dire avec la grille 16, lorsque la chambre de soudage 108  
20 est disposée et verrouillée dans sa première position ou  
position de soudage par les ensembles de repérage avant et  
arrière 284 et 286. Lorsque l'ensemble 204 des lentilles  
de focalisation du laser est aligné avec la pièce montée  
sur la monture tournante 242, l'ensemble 222 d'axe Z du  
25 laser est actionné et oriente l'ensemble 204 des  
lentilles de focalisation du laser vers le bas le long de  
l'axe Z, comme représenté sur les figures 6 et 16 de sorte  
que l'ensemble 204 et en particulier sa lentille 202 sont en  
position de focalisation du faisceau laser 178 sur la pièce.  
30 Dans cette position, l'ensemble 204 des lentilles de focali-  
sation du laser est aligné dans l'axe à l'intérieur d'une  
bague-écran 420 concentrique à l'ouverture 426. En plus, un  
capot-écran 422 est monté sur la bague 420 et présente  
un rebord orienté vers l'intérieur formant une ouverture  
35 424 de dimension légèrement supérieure à celle de l'ensemble

7



204 des lentilles de focalisation du laser, afin d'éviter l'exposition de l'opérateur à l'émission laser dirigée vers l'intérieur de la chambre de soudage 108.

Comme représenté sur les figures 7 et 8, le soufflet 5 expansible 456 est relié à la partie supérieure du tube porte-lentille 200 et à un boîtier protecteur 461 par un adaptateur de soufflet 464. L'ensemble laser 222 d'axe Z comprend une table 458 d'axe Z sur laquelle est monté l'ensemble 204 des lentilles de focalisation du laser au 10 moyen de la monture de lentille 460 et et le moteur d'entraînement 470 d'axe Z représenté sur la figure 7 entraîne cette table sélectivement par incrément. Comme les moteurs d'entraînement 294 et 296 des axes X et Y, le 15 moteur d'entraînement 470 d'axe Z comprend aussi un résolveur et un tachymètre qui délivrent des signaux de sortie indiquant la position précise de la table 458 d'axe Z ainsi que la vitesse de son mouvement. La table 458 d'axe Z est montée en une position verticale, de sorte qu'elle exerce sur le moteur d'entraînement 470 d'axe Z 20 une force qui est équilibrée par une paire de rouleaux à ressort 466 respectivement associés aux câbles 472 placés sur les rouleaux 466 et fixés à la table 458 de l'axe Z par un moyen approprié comme par exemple une vis 468. La table 458 d'axe Z peut dans une forme de réalisation donnée à titre 25 d'exemple de la présente invention prendre la forme d'une table fabriquée par Design Components, Inc. sous la désignation SA100. Le couplage entre le moteur d'entraînement 470 d'axe Z et la table 458 d'axe Z peut à titre d'exemple être réalisé sous la forme des composants fabriqués 30 par Shaum Manufacturing, Inc., sous la désignation "Heli-Cal" nos. 3477-16-8 et 5085-8-8. Le moteur d'entraînement 470 d'axe Z peut à titre d'illustration prendre la forme d'un contrôleur asservi à courant continu tel que celui que fabrique Control Systems Research, Inc. sous la 35 désignation SM706RH.





La figure 19 représente un système d'alimentation en argon 473 qui établit un courant de gaz inerte convenable, par exemple de l'argon, dans la chambre de soudage 108 et à l'ensemble 204 de lentilles du laser avec des débits variables sélectionnés. Le soudage par laser de matériaux volatils comme le Zircaloy dont sont constituées les cloisons intérieures et les parois extérieures de grille 20 et 22, doit être effectué en atmosphère inerte étant donné la nature fortement réactive du Zircaloy vis-à-vis de l'oxygène, de l'azote et de l'eau. Des essais de soudage ont montré qu'un courant de gaz inerte au voisinage immédiat de la zone de soudage d'une pièce ne constituait pas une protection convenable par rapport à l'oxygène et à l'eau pour obtenir la grande qualité exigée pour les soudures qui doivent supporter l'environnement hostile d'un réacteur nucléaire sans défaillance. Le système d'alimentation en argon 473, tel que représenté sur la figure 21 comprend la chambre de soudage 108 comme représenté plus en détail sur la figure 14. Le système d'alimentation en argon 473 comprend une cuve d'alimentation en argon 474 associée à une vanne d'écoulement 476 qui sépare la cuve d'alimentation en argon 474 du reste du système 473. Cette vanne 476 est maintenue complètement ouverte lorsqu'il est nécessaire d'arrêter complètement le système. L'argon s'écoule depuis la cuve 474 par la vanne 476 jusqu'à un régulateur 478 qui établit dans le système une pression qui ne doit pas dépasser un niveau maximal, par exemple 3,5 atm. Il est envisagé de contrôler le débit d'argon appliqué à chacune des chambres de soudage 108a et 108b et à l'ensemble 204 des lentilles de focalisation du laser à une pluralité de valeurs différentes selon que la grille 16 est en cours de chargement dans la chambre 108, que la chambre 108 est en cours de purge ou qu'une opération de soudage est en cours. Par exemple, la purge de la chambre de soudage 108 nécessite un débit relativement élevé de



gaz inerte et à ce moment la pression ne devrait pas dépasser le niveau maximal. Pour cela une soupape de sûreté 482 est montée sur une tubulure 480 pour recevoir le débit de gaz et le répartir à chacun des contrôleurs 5 de débit massique 484, 486 et 488. Les contrôleurs de débit massique 484, 486 et 488 sont respectivement reliés à la chambre de soudage 108, à la monture tournante 242 et à l'ensemble 204 des lentilles du laser. En particulier, un débit contrôlé de l'écoulement du gaz est délivré par 10 le contrôleur de débit massique 484 au moyen d'une conduite souple 490 à l'ouverture d'entrée d'argon 338 par laquelle l'argon est dirigé vers chacune des tubulures 336 comme représenté sur la figure 15. De la même manière, l'écoulement de gaz venant du contrôleur de débit massique 486 est 15 dirigé par la conduite souple 490 vers l'ouverture d'entrée d'argon 500 comme représenté sur les figures 15 et 18, de sorte que l'argon est dirigé par les conduites 512 et 514 et sort par les ouvertures de sortie 506 ménagées dans la monture tournante 242. Il est bien entendu que les conduites 20 souples 490 doivent permettre le mouvement de la chambre de soudage 108 quand elle se déplace vers l'intérieur ou vers l'extérieur de l'armoire 104 au moyen de la table coulissante 262. Le courant de gaz est orienté, du contrôleur de débit massique 488 par une conduite souple 490 vers 25 l'ensemble 204 des lentilles du laser de façon à ce que de l'argon puisse être orienté par un jet dans l'espace qui se trouve immédiatement au-dessous de la lentille de focalisation 202. Ce courant d'argon évite aux particules d'oxyde microscopiques formées par le soudage au laser à l'intérieur 30 de la chambre de soudage 108 de contaminer la lentille 202.

Le capteur d'humidité ( $H_2O$ ) 410 est installé dans la chambre de soudage 108 et associé à un moniteur d'humidité 492. L'opérateur et la CNC 126 vérifient le niveau d'humidité à l'intérieur de la chambre de soudage 108 pendant les 35 opérations de purge et de soudage, de façon à pouvoir





inhiber le soudage par laser si la teneur en humidité dépasse un niveau spécifié, par exemple 10 ppm. En outre, une sonde à oxygène 496 est installée dans la plaque d'étanchéité 156 et échantillonne l'argon qui s'échappe 5 par l'ouverture périphérique ménagée entre le bord supérieur 331 de la chambre de soudage 108 et la plaque d'étanchéité 156. Il est bien entendu que la sortie de la sonde à oxygène 496 sert aussi à donner une indication de la teneur en azote de l'air contenu dans la chambre 108.

10 La surveillance de l'atmosphère de la chambre de soudage 108 commence au moment où la chambre de soudage 108 est placée dans sa première position de soudage. La sonde à oxygène ainsi que le moniteur 496 ont chacun une entrée pour gaz d'étalonnage qui permet d'appliquer directement 15 un courant de gaz à la sonde 496. La sortie de la sonde 496 est appliquée à un analyseur d'oxygène 494 dont le résultat exprimé en parties par million (ppm) peut être affiché sur l'appareil de surveillance 498 du moniteur. Comme on le verra plus loin, la CNC 126 peut être program-

20 mée de façon à ce que la séquence de soudage ne puisse pas être lancée avant que le niveau d'oxygène ne soit descendu au-dessous d'une valeur programmée, par exemple 7 ppm. Pendant le soudage, l'échantillonnage de l'oxygène est automatiquement interrompu pour éviter la contamination de la 25 sonde 496 par les débris du soudage.

Le système d'alimentation en argon 473 applique un courant de gaz inerte, par exemple de l'argon avec un débit sensiblement constant à la chambre de soudage 108 pour maintenir l'atmosphère sensiblement pure à l'intérieur de 30 cette chambre, c'est-à-dire au-dessous des limites de contamination par l'oxygène et l'eau qui ont été définies ci-dessus. Le débit est variable selon que le système de soudage par laser 100 et en particulier sa chambre de soudage 108 sont dans leur cycle de chargement et de 35 déchargement, ou dans leur cycle de purge ou dans leur



cycle de soudage. Comme on le verra plus loin, la CNC 126 associée à la chambre de soudage 108 contrôle directement le débit massique des contrôleurs 484, 486 et 488, selon l'une quelconque valeur parmi une pluralité de 5 débits possibles. En particulier, il existe quatre potentiomètres pour chaque contrôleur de débit massique. La CNC 126 commande un potentiomètre sélectionné pour établir le débit de gaz nécessaire à chacun des cycles de chargement et de déchargement, de purge et de soudage. Pour 10 modifier le débit programmé, la CNC 126 adresse le potentiomètre, que l'opérateur a réglé pour établir le débit souhaité. Le débit apparaîtra sur un indicateur numérique convenable du contrôleur. Les contrôleurs de débit massique sont étalonnés en litres normalisés par minute 15 (SLPM).

Quand l'opérateur ouvre la chambre de soudage 108 pour charger et décharger une grille 16, la chambre de soudage 108 doit être glissée sur la table coulissante 262 par rapport à la plaque d'étanchéité 156 et la 20 plaque d'étanchéité 156 ne doit pas être ouverte comme une porte. Cette technique de coulissage réduit la turbulence air/argon et réduit au minimum les courants d'air qui auraient sinon tendance à mélanger de l'air avec l'argon dans la chambre 108. Pendant le cycle de chargement/ 25 déchargement, le courant d'argon est réglé à une valeur faible pour maintenir l'atmosphère d'argon aussi pure que possible, il est typiquement de l'ordre de 30 pieds cubes à l'heure (0,85 m<sup>3</sup>/h). Un débit élevé pendant le cycle de chargement/déchargement provoquerait de la turbulence qui 30 entraînerait de l'air vers l'intérieur de la chambre de soudage 108. Le chargement/déchargement de la grille 16 devrait être effectué au moyen du dispositif mécanique de serrage tel que celui décrit dans la demande de brevet 35 belge déposée de même jour au nom de la demanderesse pour: " APPAREIL DE SAISIE ET DE MANIPULATION DE PIECES D'USINAGE POUR SYSTEMES DE

7

## SOUDEGE AU LASER ET AUTRES SYSTEMES ANALOGUES."

Si un tel dispositif de soudage n'était pas employé, l'opérateur introduirait ses mains dans la chambre 108 et augmenterait le mélange air/argon tout en introduisant une humidité supplémentaire indésirable dans l'atmosphère d'argon.

Immédiatement avant le cycle de soudage et lorsque la chambre de soudage 108 a été ramenée à sa première position de soudage, c'est-à-dire sous la plaque d'étanchéité 156, les contrôleurs de débit massique 484 et 486 sont contrôlés par leur CNC 126 pour établir un débit relativement élevé de gaz inerte de l'ordre de 400 pieds cubes/heure ( $1,13 \text{ m}^3/\text{h}$ ) de façon à ce que la chambre de soudage 108 telle qu'elle est représentée sur la figure 16 c'est-à-dire avec des dimensions carrées de  $35,6 \text{ cm} \times 40,6 \text{ cm} \times 40,6$  environ puisse être purgée en abaissant le niveau d'oxygène au-dessous de 10 ppm en une minute environ.

Lorsque le cycle de purge est terminé, le système de soudage par laser 100 et en particulier sa CNC 126 sont préparés à lancer le cycle de soudage par laser, au cours duquel un débit de gaz sensiblement abaissé, placé sous le contrôle des contrôleurs de débit massique 484 et 486 peut être introduit dans la chambre de soudage 108. Les pompes d'échantillonnage du gaz de soudage qui alimentent la sonde à oxygène 498 sont automatiquement arrêtées pour éviter la contamination par les débris du soudage. Un débit relativement faible, de l'ordre de  $0,85 \text{ m}^3/\text{heure}$  a été jugé suffisant pour maintenir l'atmosphère de la chambre de soudage au-dessous des niveaux de pureté définis ci-dessus. Comme représenté sur les figures 14 et 15, le gaz argon est introduit par les tubulures 336 et traverse le diffuseur plat 330 en établissant un courant gazeux laminaire qui fait "flotter" l'air en l'expulsant de la chambre de soudage 108. La densité supérieure de l'argon et le débit sensiblement constant de ce gaz expulse effectivement l'air

de la chambre de soudage 108. Le diffuseur 330 est fabriqué en fibres d'acier inoxydable fritté, la plaque ayant une densité d'environ 60 % et une épaisseur de 3,2 mm environ. En outre, le diffuseur plat 330 recouvre sensiblement la totalité de la section inférieure de la chambre de soudage 108, sa structure-support non diffusante étant aussi réduite que possible. Quand la surface du diffuseur diminue par rapport à la section droite de la chambre 108, le temps et la quantité d'argon nécessaire à la purge de la chambre de soudage 108 de l'air qu'elle contient augmentent, ceci est une considération importante lorsque l'on doit réaliser une production rapide et importante de grilles 16. En outre, le diffuseur plat 330 doit être convenablement scellé aux parois de la chambre de soudage 108 de façon à ce que l'argon incident soit forcé de diffuser au travers de la plaque 330 et ne puisse pas simplement contourner cette plaque en s'élevant le long des parois 327 et 329. La barrette de maintien 334 est disposée sur la surface périphérique supérieure du diffuseur plat 330 pour éviter celle-ci de dévier sous l'effet des débits élevés de gaz qui risqueraient sinon de déformer la plaque 330. De multiples entrées de gaz prenant la forme de paire de tubulures 336 améliorent la répartition du gaz dans la chambre de soudage 108.

De façon analogue, l'ensemble 204 des lentilles à laser tel qu'il est représenté sur la figure 15 n'a pas besoin d'être très fortement étanche par rapport au capot 422. L'espace qui les sépare constitue une ouverture permettant à l'argon de s'échapper de la chambre de soudage 108 lorsqu'un courant élevé d'argon est utilisé pour purger la chambre de soudage 108 de l'air qu'elle contient. étant donné qu'il y a une diffusion de tous les gaz les uns dans les autres, un débit constant de gaz est particulièrement nécessaire pendant les cycles de soudage et de purge pour maintenir une atmosphère pure. Bien qu'un petit écart soit

de préférence nécessaire entre la chambre 108 et la plaque d'étanchéité 156, comme entre le capot 422 et l'ensemble 204 des lentilles du laser, le reste de la chambre de soudage 108 ne doit présenter aucune fuite.

5 Bien que l'argon soit plus lourd que l'air et qu'il ait tendance à sortir par toutes fuites de la chambre 108, de l'air peut aussi être aspiré vers l'intérieur de la chambre 108 par le même orifice en contaminant donc l'atmosphère de la chambre de soudage 108.

10 En considérant maintenant les figures 20A et 20B, on peut voir un schéma de principe fonctionnel du système de commande par ordinateur 124 et en particulier de la commande numérique par ordinateur droite (CNC) 126a et la façon dont sa connexion est réalisée avec l'autre CNC 126b représentée uniquement par un seul rectangle sur le diagramme. A  
15 cet égard, il est bien entendu que l'autre CNC 126b est constituée des mêmes éléments que la CNC 126a comme représenté sur les figures 20A et 20B. La CNC 126a est constituée d'une unité centrale de traitement (CPU) et d'une mémoire  
20 portant le numéro 560. Dans une forme de réalisation de la présente invention donnée à titre d'illustration, la CNC 126 et en particulier son unité centrale 560 peuvent prendre la forme de l'ordinateur fabriqué par l'auteur de la présente invention sous le numéro 2560. L'unité  
25 centrale 560 est dotée d'une mémoire à noyau de 64 K et particulièrement adaptée par son architecture et sa programmation à la commande des machines. Il est bien entendu qu'une CNC standard 2560 comprend un logiciel superviseur de base appelé ici ou bien système principal de boucles des  
30 taches , ou programme d'exploitation, qui agit sur la nature d'un programme d'exécution pour surveiller le fonctionnement de la totalité du système. Dans la structure des données telle qu'elle est établie dans la CNC modèle 2560, des jeux de codes, à savoir des codes S, T et M sont  
35 utilisés pour effectuer des opérations spéciales ou adaptées auxquelles se prête particulièrement bien la CNC 2560.

7

En particulier, un programme de pièces est programmé avec les codes M, S et T qui appellent ou commandent des sous-programmes appelés ici sous-programmes d'application de façon à ce que des fonctions sélectionnées parmi lesquelles

5 le contrôle du courant d'argon et un choix de mode particulier de soudage sont effectués. En outre, le programme de pièces est programmé avec des codes X, Y et Z qui contrôlent le mouvement communiqué par les moteurs d'entraînement 294 et 296 de X et Y à la pièce et par le moteur

10 d'entraînement 570 de Z à l'ensemble 204 des lentilles du laser respectivement. En particulier, les codes X et Y désignent l'amplitude du mouvement qui doit être communiqué à la pièce ayant la forme de grille 16 pour barreaux de combustible entre les opérations de soudage ou bien la

15 destination de cette pièce. De la même manière, le code Z contrôle l'amplitude du mouvement à communiquer à l'ensemble 204 de lentilles du laser de façon à ce que le faisceau laser 178 soit focalisé sur la grille 16 pour barreaux de combustible. En particulier, les codes Z sont nécessaires

20 pour effectuer les soudures le long des encoches 40, pour lesquelles la monture tournante 242 est tournée en dehors de son plan normal perpendiculaire au faisceau laser 178 ce qui nécessite de focaliser à nouveau l'ensemble 204 des lentilles du laser. En plus, la mémoire de l'unité

25 centrale 560 possède une zone spéciale de stockage appelée zone de stockage des programmes de pièces, qui sert au stockage des programmes de pièces qui seront exécutés par le programme du système d'exploitation. Comme on le verra par la suite, le programme de pièces désigne essentiellement

30 les pas du processus de soudage en atmosphère contrôlée inerte et plus précisément il est programmé par les codes M, S et T qui définissent le mode de soudage et le débit d'argon. La zone de stockage des programmes de pièces stocke le programme de pièces tel qu'il est défini ci-dessous

35 dans les figures 22A et 22B. Le programme de pièces est



introduit dans la mémoire de l'unité centrale 560 au moyen d'une unité à bande magnétique 586 par l'intermédiaire de l'interface 590 ; dans une forme de réalisation de la présente invention donnée à titre d'exemple, l'unité à bande magnétique 586 peut prendre la forme de l'unité fabriquée par Qantex sous le numéro 220. Le programme de pièces peut aussi être enregistré sur bande perforée et introduit par un lecteur de bande 584 au moyen d'une interface 588 à micro-processeur ; à titre d'illustration, le lecteur de bande perforée 584 peut prendre la forme du lecteur fabriqué par Decitex. En outre, l'interface à micro-processeur 588 permet aussi d'afficher des messages de données sur l'écran cathodique 133. En outre, différents paramètres peuvent être introduits dans la mémoire de l'unité centrale 560 par l'opérateur au moyen du clavier alphanumérique 131 par l'intermédiaire de l'interface 588. Le clavier alphanumérique 131 et l'écran cathodique 133 sont montés sur les armoires d'ordinateur 129a et 129b comme représenté sur la figure 4.

Comme représenté sur les figures 20A et 20b, l'unité centrale 560 est associée par l'intermédiaire d'une pluralité de cartes de commande et d'entraînement 566, 568 et 570 le long des axes en boucles fermées respectivement associées aux moteurs d'entraînement 294 et 296 de X et Y, et au moteur d'entraînement 470 de l'axe Z. Il est bien entendu que chacun des moteurs d'entraînement est associé à son tachymètre et à son résolveur qui donnent une indication de la vitesse de déplacement ainsi que de la distance parcourue ce qui conduit à contrôler de façon extrêmement précise le mouvement des tables 290, 292 et 458 des axes X, Y et Z. De plus, le signal de sortie de commande tel qu'il est déduit de la carte de commande 566 est appliqué à un amplificateur asservi 567 afin pour être comparé à un signal indicatif de la vitesse du moteur, et obtenir un signal de sortie qui commandera le moteur d'entraînement

7



296 de Y. Comme on le voit schématiquement, chacun des moteurs 294, 296 et 470 est associé à une vis sans fin 295, 297, et 471 qui entraîne effectivement sa table correspondante 290, 292 et 458 de X, Y et Z. Un jeu de commutateurs limites 572 est associé à la vis sans fin 295 de façon à détecter la position de cette vis sans fin 295 et donc la position X de la table de positionnement 290 et pour délivrer des signaux à l'unité centrale 560 par l'intermédiaire d'une interface d'entrée et sortie 562. En particulier, les commutateurs limites 572a et 572c délivrent des signaux de sortie indiquant si la table de positionnement 290 de X a été placée aux limites de sa course les plus en avant et les plus en arrière, tandis que le commutateur limite 572b indique si la table 290 de X est placée en position de repos, c'est-à-dire si la table de positionnement de X est placée dans sa position de référence par rapport au faisceau laser 178. Un jeu analogue de commutateurs limites est associé à la vis sans fin 471 entraînant la table 458 de l'axe Z. Un jeu de commutateurs limites 574a, b et c est associé à la vis sans fin 297 entraînant la table 292 de Y ; un quatrième commutateur limite 574d est associé à la vis sans fin 297 pour détecter le moment où la table de positionnement 292 de Y a été amenée dans sa position centrale, c'est-à-dire dans la position où la chambre de soudage 108 peut-être sortie de l'armoire 104.

Comme représenté sur les figures 20A et 20B, un lot de dispositifs périphériques est associé avec et contrôlé par l'unité centrale 560 par l'intermédiaire des interfaces à isolation optique 562 et 564. En particulier, l'autre CNC 126b échange un jeu de signaux d' "établissement de liaison" par l'intermédiaire de la liaison CNC 558 et de l'interface 562 avec l'unité centrale 560 de façon à ce que chacune des CNC 126a et 126b puisse demander et obtenir le contrôle du miroir 172 commutateur du faisceau en partage du temps. Comme l'explique la demande de brevet

7



belge déposée ce même jour au nom de la demanderesse pour: "DISPOSITIF DE COMMANDE PAR CALCULATEUR D'UN APPAREIL D'USINAGE A LASER", chacune des deux CNC 126a et 126b peut demander et obtenir ensuite le contrôle du miroir 172

5 de commutation du faisceau afin d'orienter le faisceau laser 178 vers sa propre chambre de soudage 108. Après utilisation la CNC 126 forme un signal de libération du laser de façon à ce que l'autre CNC 126 puisse demander et ensuite bloquer le laser pour son propre usage.

10 Le système à laser 102 peut dans une forme de réalisation de la présente invention donnée à titre d'illustration prendre la forme du système à laser fabriqué par Raytheon sous le numéro de modèle SS500 qui est constitué d'une source d'alimentation pour laser 120 telle

15 qu'elle est représentée sur la figure 4, ainsi que d'un système de commande du laser 592 couplé par l'interface 562 à l'unité centrale 560. Comme représenté sur la figure 20B, le système de commande du laser 592 est couplé au panneau d'affichage 132 du soudage par laser qui, comme

20 représenté sur la figure 4 est monté sur la source d'alimentation du laser 120 et représenté en détail sur la figure 21A. Le panneau d'affichage 132 du soudage par laser comprend un réseau de voyants et de touches qui commandent et affichent la condition du système à laser 102 et de son

25 système de commande 592. Avant que le barreau laser 170 puisse être amorcé et qu'il émette son faisceau de rayonnement laser 177, les déclenchements du laser doivent être mis en service ou validés. L'opérateur agit sur une touche éclairée 600 pour appliquer la haute tension venant de la

30 source d'alimentation laser 120 au réseau de formation des impulsions à condition que la source d'alimentation du laser soit en mode d'attente. Lorsque la source d'alimentation du laser délivre une haute tension, la touche 600 HE LASER MARCHE s'allume. Un voyant 602 OBTURATEUR OUVERT s'allume

35 lorsque l'obturateur à bascule 190 est placé en position

ouverte et que l'obturateur de sécurité BRH 212 est également en position ouverte, de façon à ce que le faisceau laser 177 soit dirigé vers l'une des deux chambres de soudage 108 et que la caméra de télévision 206 puisse voir 5 l'image de la grille 16 pour barreaux de combustible. Un voyant AMORCAGE LASER 604 s'allume lorsque le barreau laser 170 est en fonctionnement, c'est-à-dire lorsque les lampes d'excitation 186 sont déclenchées, lorsque l'obturateur 188 intérieur à la cavité s'ouvre et que sa CNC 126 a obtenu 10 le contrôle du système laser 102. Un voyant de position 608 de FAISCEAU COMMUTE VERS L'INTERIEUR s'allume lorsque le miroir 172 de commutation du faisceau est placé dans la position qui oriente le faisceau laser vers la chambre de soudage droite 108a, tandis qu'un voyant de position 15 FAISCEAU COMMUTE VERS L'EXTERIEUR 612 s'allume lorsque le miroir 172 de commutation du faisceau est dans l'autre position, qui oriente le faisceau laser 177 vers l'autre chambre de soudage, c'est-à-dire la chambre gauche 108b. Un voyant 610 de GAZ APPLIQUE s'allume lorsqu'un débit 20 particulier du gaz argon a été sélectionné par sa CNC 126. L'opérateur agit sur une touche 614 de MIROIR AU REPOS pour orienter le miroir 172 de commutation du faisceau dans sa position de repos ou de référence. L'opérateur agit sur un voyant 616 de DECLENCHEMENT des lampes pour valider les 25 circuits de déclenchement des lampes du laser à condition que la haute tension du laser ait été mise en service. L'opérateur agit sur une touche d'ARRET HT LASER 618 pour supprimer la sortie haute tension de la source d'alimentation du laser 120. Les appareils de mesure 498 et 492 sont des 30 appareils numériques qui affichent en permanence la teneur en oxygène et la teneur en eau à l'intérieur de la chambre de soudage 108.

Comme représenté sur les figures 20A et 20B, l'unité centrale 560 délivre des signaux de commande par l'inter- 35médiaire de l'interface 562 à isolation optique pour

7

actionner le système de commande du laser 592. En particulier, les sorties de l'interface sont appliquées au système de commande du laser 592 pour mettre la sortie haute tension de la source d'alimentation 120 en marche ou à l'arrêt, pour valider les déclenchements des lampes du laser, pour placer l'obturateur à bascule 190 et l'obturateur de sécurité BRH 212 en positions ouvertes, pour lancer le processus de soudage, pour sélectionner un mode particulier de soudage par laser selon l'un des codes M51 à M54, pour fixer la fréquence de répétition des impulsions (FREQUENCE DE REPETITION) telle qu'elle est déduite du code T, pour fixer le niveau de puissance déduit du code S, pour fixer la largeur des impulsions, et positionner le miroir 172 de commutation du faisceau. Des signaux sont formés par le système de commande du laser 592 pour indiquer la fin d'une soudure ainsi que l'état du laser pour être appliqués à l'unité centrale 560 par l'interface à isolation optique 562. Au moment de la formation de signaux d'arrêt d'urgence, les opérations du système de soudage par laser 102 et en particulier du système de commande du laser 592 peuvent être arrêtées selon une procédure d'urgence.

De plus, l'unité centrale 560 développe des signaux qui sont transmis par l'interface à isolation optique 562 pour commander le mécanisme d'ouverture de la porte 234 représenté sur la figure 7 afin d'ouvrir, ou de fermer les portes 114 de l'armoire 104. Des signaux de verrouillage ou de déverrouillage de la chambre de soudage 108 sont appliqués en particulier à chacun des ensembles de repérage avant et arrière 284 et 286 comme représentés sur la figure 9. Les signaux de sortie sont déduits des ensembles 572, 574 et 576 de commutateurs limites et sont appliqués à l'interface 562. Des signaux sont également appliqués à un système de refroidissement du laser par une circulation d'eau 620. Les lampes 186 d'excitation du laser ou lampes éclair ainsi que la cavité qui est délimitée par les



miroirs 182 et 184 sont refroidies par le système de refroidissement à eau en boucle fermée qui délivre de l'eau propre, pure et à une température régulée, sous la pression et le débit souhaités. Bien que cela ne soit pas représenté, il est bien entendu dans la technique que le système de refroidissement du laser par circulation d'eau comprend une pompe, un échangeur de chaleur eau-eau, un réservoir, un dispositif de déionisation, un filtre et un régulateur de température. La chaleur dégagée par le barreau laser 170 et par l'absorbeur de faisceau 194 est appliquée à l'eau et retirée du système. En outre, un signal de commande est appliqué à la lampe 428 de l'ensemble 204 de lentilles du laser pour éclairer la grille 16 pour barreaux de combustible, de façon à ce que le système de positionnement 288 de X-Y puisse être réglé le long de l'axe X, ou de l'axe Y pour aligner le point de départ de la grille 16 pour barreaux de combustible par rapport au faisceau laser 178.

Des signaux d'entrées délivrées par la sonde à oxygène 496 et le capteur d'humidité sont également prévus par rapport à la chambre de soudage 108 pour délivrer des signaux analogiques indiquant en parties par million la teneur en oxygène et en eau dans l'atmosphère de la chambre de soudage. De la même manière, la pile thermoélectrique 218 telle qu'elle est placée dans le tube-écran 216 délivre un signal analogique indicatif de la puissance que le faisceau laser 178 lui applique. Les sorties de la sonde 496, du capteur 410 et de la pile thermoélectrique 218 sont appliquées aux voltmètres numériques correspondants 578, 580 et 582 qui transforment les signaux d'entrée analogiques en signaux numériques correspondants qui sont appliqués par l'intermédiaire de l'interface à isolation optique 564 à l'unité centrale 560. L'interface 564 délivre des signaux appropriés de sélection d'appareils de mesure à chacun des voltmètres numériques 578, 580 et 582 pour

appliquer de façon sélective un seul signal numérique à la fois à l'unité centrale 560 par l'intermédiaire de l'interface 564. Selon le fonctionnement du système de soudage par laser 100, l'unité centrale 560 applique des signaux par l'intermédiaire de l'interface à isolation optique 564 à chacun des contrôleurs de débit massique 488, 484 et 486 pour contrôler le débit d'argon respectivement appliqué à l'ensemble 204 des lentilles du laser, à la monture tournante 242 et à la chambre de soudage 108. De même, des signaux sont appliqués au moteur 388 de l'axe B, de façon à faire tourner la roue de positionnement 358 et la monture tournante 242. - Comme on l'a expliqué ci-dessus, la position angulaire de la roue de positionnement 358 est détectée par la pluralité de commutateurs de proximité 402a-d qui délivrent un signal binaire à appliquer à l'unité centrale 560 par l'interface 564.

Maintenant, d'après la figure 21B, on peut voir le panneau des fonctions de la machine (MFP) 130 tel qu'il est monté dans l'armoire 129 de l'ordinateur représenté sur la figure 4 pour appliquer, comme le suggère la figure 20A, des entrées vers l'unité centrale 560 par l'intermédiaire de l'interface à isolation optique 564. Les différentes fonctions de commande telles qu'elles sont mises en oeuvre par les touches et les commutateurs sélecteurs du panneau des fonctions de la machine 130, vont maintenant être décrites. La touche ARRET D'URGENCE 680 est actionnée par l'opérateur en cas d'urgence pour mettre la CNC 126 hors service. Lorsque cette touche est enfoncée, toutes les sorties numériques déduites de l'unité centrale 560 sont invalidées et tous les systèmes auxiliaires comme le système d'alimentation en argon 473, le système laser 102, les unités d'entraînement 294 et 296 de X et Y ainsi que l'unité d'entraînement 470 de Z sont arrêtés. L'opérateur agit sur une touche de COMMANDE EN SERVICE 668 pour amener la CNC 126 à l'état de marche, dans lequel la tension d'alimentation

est appliquée aux différents éléments logiques et ou  
différents registres de données sont effacés. Lorsque  
l'opérateur appuie sur la touche 668 et la maintient  
enfoncée, les lampes qui éclairent de l'arrière différentes  
5 touches du panneau des fonctions de la machine 130 sont  
excitées et permettent d'effectuer un test convenable de  
ces touches; L'opérateur agit sur une touche ANNULATION  
656 pour annuler la CNC 126 et en particulier pour annuler  
toutes les commandes en service qui ont été mémorisées  
10 dans le tampon actif du programme de l'unité centrale 560  
et des sorties sélectionnées sont ramenées à l'état initial.  
Les codes M et G tels qu'ils ont été définis au cours du  
programme des pièces sont ramenés à l'état initial. Au cours  
de l'exécution des différents programmes, la touche 656  
15 s'allume pour demander à l'opérateur d'effectuer une  
fonction d'effacement. Une touche MESSAGE 638 s'allume  
périodiquement ou clignote périodiquement pour indiquer  
qu'il y a un message de diagnostic à afficher sur l'écran  
cathodique 133. Lorsque l'opérateur agit sur cette touche,  
20 tous les messages de diagnostic en vigueur sont effacés  
de l'écran et la lampe éclairant la touche 638 a son  
excitation coupée. Un voyant de TEST I 636 s'allume pour  
signaler que la chambre de soudage 108 a été placée dans sa  
seconde position, ou position sortie d'étalonnage et que  
25 la circulation d'eau de refroidissement appliquée à la pile  
thermoélectrique 218 a été mise en service. L'opérateur  
agit sur une touche 666 d'ASSERVISSEMENT MARCHE pour appli-  
quer la tension alternative aux moteurs d'entraînement 294  
et 296 des axes X et Y ainsi qu'au moteur d'entraînement 470  
30 de l'axe Z et elle s'allume lorsque les différents moteurs  
d'entraînement sont en service. L'opérateur appuie sur et  
maintient enfoncée une touche GOUJONS SORTIS 634 pour  
actionner les ensembles de repérage avant et arrière 284 et  
286 et sortir ainsi leurs goujons de repérage 316 et 319  
35 jusqu'à la position dégoujonner de la table coulissante



262 en vue d'un mouvement ultérieur. La CNC 126 doit être en mode MANUEL pour permettre cette fonction. La touche GOUJONS RENTRES 652 s'allume lorsque les goujons de repérage 316 et 319 sont complètement rentrés.

5 L'opérateur appuie sur et maintient enfoncée une touche GOUJONS RENTRES 652, pour actionner les ensembles de repérage avant et arrière 284 et 286 et amener les goujons de repérage 316 et 319 dans les ouvertures de positionnement prévues dans la table coulissante 262. De la même  
10 manière, la CNC 126 doit être dans son mode MANUEL pour permettre cette fonction. Lorsque les goujons de repérage 316 et 319 sont complètement introduits dans leurs ouvertures de positionnement, la touche 652 permet de disposer la porte 114 en position complètement fermée, la touche PORTE  
15 FERMEE 650 s'allume. L'opérateur peut agir sur une touche 630 de CHAMBRE OUVERTE et la maintenir enfoncée pour activer le moteur d'entraînement 266 de la glissière de façon à ce que la table coulissante 262 et sa chambre de soudage 108 soient amenées dans leur seconde position c'est-  
20 à-dire sortie. Pour commander la table coulissante 262, la CNC 126 doit être en mode MANUEL, l'ensemble 204 des lentilles du laser doit être complètement rentré le commutateur limite 576b détectant cette position et la table de positionnement 292 de Y doit être placée en position  
25 centrale comme doit le détecter le commutateur limite 574d. Lorsque la table coulissante 262 a été placée dans sa seconde position ou position sortie, la touche 630 de CHAMBRE OUVERTE s'allume. De même, l'opérateur peut agir sur une touche 650 de PORTE FERMEE et la maintenir enfoncée  
30 pour actionner le moteur d'entraînement 266 de la table coulissante entraînant la table dans la direction inverse afin de ramener la table coulissante 262 dans sa première position ou position de soudage. Pour faire rentrer la table coulissante 262, la CNC 126 doit être en mode MANUEL,  
35 l'ensemble 204 des lentilles du laser doit être complètement



rentré, la porte 114 doit être ouverte, les ensembles de repérage avant et arrière 284 et 286 doivent être actionnés de façon à rentrer leurs goujons de repérage et la table de positionnement 292 de Y doit être centrée.

5 Lorsque la table coulissante 262 a été placée dans sa première position de soudage, la touche 650 PORTE FERMEE s'allume.

Une touche MAINTIEN DE L'AVANCE 660 est enfoncée à l'origine pour positionner la fonction MAINTIEN DE L'AVANCE, 10 selon laquelle les moteurs d'entraînement 294, 296 et 470 de X, Y et Z ont leur excitation coupée ; en conséquence, le mouvement de la chambre de soudage 108 le long de ces axes X ou Y, à l'exception du mouvement de la monture tour- nante 242 autour de son axe B, et le mouvement de l'ensemble 15 204 des lentilles du laser le long de son axe Z sont inhibés. En agissant une seconde fois sur la touche MAINTIEN DE L'AVANCE 660, la fonction de MAINTIEN DE L'AVANCE est libérée, ce qui permet le mouvement de la chambre de soudage 108 le long de ses axes X et Y et le mouvement de l'ensemble 20 204 des lentilles du laser le long de son axe Z. L'opérateur agit sur une touche 658 de DEMARRAGE DU CYCLE pour lancer l'exécution des données du programme de pièces lorsque la CNC 126 est dans l'un de ces modes AUTO, CYCLE UNIQUE ou MDI (entrée manuelle des données). La touche 658 de 25 DEMARRAGE DU CYCLE s'allume lorsque la CNC 126 exécute les données d'un programme de pièces. L'opérateur appuie sur une touche MANUEL 678 pour amener la CNC 126 en mode de fonctionnement MANUEL. Lorsque cette commande CNC est en mode MANUEL, la touche MANUEL 678 s'allume. L'opérateur 30 enfonce une touche 676 MDI UNIQUE pour amener la CNC 126 à son mode de fonctionnement avec introduction manuelle des données en mode UNIQUE MDI; dans ce MODE UNIQUE MDI, la touche 667 s'allume. Le mode UNIQUE MDI est un outil de diagnostic et lorsque cette fonction est introduite, l'opérateur a la 35 possibilité d'introduire des pas d'un programme de pièces

au clavier 131 dans une zone désignée ou tampon de la mémoire de l'unité centrale. Lorsque l'opérateur agit sur la touche DEMARRAGE DE CYCLE 658, le programme introduit est lu et exécuté pas à pas. L'opérateur appuie sur une touche 674 MDI CONTINUE pour amener la CNC 126 dans son mode de fonctionnement MDI CONTINU. Le mode MDI CONTINU est semblable au mode MDI UNIQUE, mais lorsque l'opérateur appuie sur la touche 658 DEMARRAGE DU CYCLE, le programme introduit par l'opérateur est entièrement lu comme si la commande fonctionnait en mode automatique. L'opérateur appuie sur la touche 672 CYCLE UNIQUE pour amener la CNC 126 en mode CYCLE UNIQUE et la touche 672 s'allume pendant ce mode. L'opérateur appuie sur la touche 670 AUTO pour amener la CNC 126 en mode de fonctionnement AUTOMATIQUE et la touche 670 AUTO s'allume pendant le mode correspondant.

Un commutateur sélecteur de % AVANCE 682 à douze positions permet une dérogation manuelle du réglage de la vitesse d'avance à laquelle les moteurs d'entraînement 294 et 296 de X et Y entraînent respectivement les tables de positionnement 290 et 292 en X et Y. Comme cela a été indiqué, la vitesse d'avance est variable par incrément de 10 % entre 10 % et 120 % selon la position du commutateur du pourcentage d'AVANCE 682. Un commutateur sélecteur de MODE PAS A PAS 684 à sept positions permet de sélectionner l'un des MODES PAS A PAS suivant des axes : RAPIDE, LENT, 1,000, 0,1000, 0,0100, 0,0010 et 0,0001. Les modes RAPIDE et LENT sont des modes pas à pas du type "coulé" au cours desquels un mouvement sensiblement continu est communiqué aux tables de positionnement 290 et 292 de X et Y, tandis que dans les autres modes, les mouvements communiqués aux tables de positionnement 290 et 292 de X et Y ont des amplitudes unitaires. L'opérateur appuie sur la touche 622 RENTREE X pour provoquer un mouvement pas à pas le long de l'axe X dans la direction moins c'est-à-dire vers l'intérieur du

module de positionnement 106, autrement dit dans la direction ascendante comme représenté sur la figure 9. Une touche 640 SORTIE X commande un mouvement pas à pas le long de l'axe X dans la direction plus ou sortie du module de positionnement 106, c'est-à-dire un mouvement descendant comme représenté sur la figure 9. L'opérateur agit sur une touche 624 Y GAUCHE pour provoquer un mouvement pas à pas le long de l'axe Y dans la direction plus ou direction gauche, c'est-à-dire que la chambre de soudage 108 est alors déplacée vers la gauche comme représenté sur la figure 9. L'opérateur agit sur une touche 642 Y DROITE pour provoquer un mouvement pas à pas le long de l'axe Y dans la direction moins ou direction DROITE, c'est-à-dire que la chambre de soudage 108 est déplacée vers la droite comme représenté sur la figure 9.

L'opérateur appuie sur une touche 626 MONTEE Z pour commander un mouvement pas à pas le long de l'axe Z dans la direction moins ; c'est-à-dire que le moteur d'entraînement 470 de l'axe Z est excité de façon à entraîner la table 458 de l'axe Z dans une direction moins ou direction de MONTEE, comme représenté sur la figure 7. L'opérateur appuie sur une touche 644 de descente Z pour provoquer un mouvement pas à pas le long de l'axe Z dans la direction plus, au cours duquel la table 458 de l'axe Z et l'ensemble 204 des lentilles du laser disposé sur cette table sont entraînés dans la direction plus ou DESCENTE comme représenté sur la figure 7. Une touche B CW 628 (sens des aiguilles d'une montre) provoque un mouvement de déplacement de la monture par rapport à l'axe B dans le sens des aiguilles d'une montre ou sens plus, si la CNC 126 a été placée en mode MANUEL. En particulier, en appuyant sur la touche 628, l'opérateur commande le moteur d'entraînement 388 par rapport à l'axe B de façon à faire tourner la roue de positionnement 358 dans le sens des aiguilles d'une montre comme représenté sur la figure 7. L'opérateur appuie sur

une touche B CCW 646 (sens inverse des aiguilles d'une montre) pour provoquer un mouvement dans le sens inverse des aiguilles d'une montre ou direction moins par rapport à l'axe B si la CNC 126 a été placée en mode MANUEL. En particulier, le moteur d'entraînement 388 d'axe B est commandé de façon à entraîner la roue de positionnement 358 dans le sens inverse des aiguilles d'une montre comme représenté sur la figure 7.

La procédure de soudage des cloisons intérieures de grilles 20 entre elles et avec les parois extérieures de grille 22 et de soudage de la grille 16 aux manchons de guidage 36 a été décrite ci-dessus en se référant aux figures 3A à 3K ; ces figures illustrent la série des mouvements de la grille 16 pour barreaux de combustible le long de chacun de ses axes X, Y et Z jusqu'à la position convenable de la grille 16 pour barreaux de combustible par rapport au faisceau laser 178, de façon à effectuer les soudures d'intersection 32, les soudures d'angle 30, les soudures entre encoche et languette 34 et les soudures le long des encoches 40. Les cloisons intérieures et parois extérieures de grilles 20 et 22 sont assemblées de façon à construire la grille 16 pour barreaux de combustible comme cela a été expliqué dans les demandes de brevet belge déposées ce même jour au nom de la demanderesse pour :

"DISPOSITIF ET PROCEDE DE POSITIONNEMENT DE LAMES ET D'AILETTES POUR DES GRILLES DE SUPPORT DE BARRES DE COMBUSTIBLE NUCLEAIRE" et "DISPOSITIF, BANDE DE RETENUE ET PROCEDE POUR L'ASSEMBLAGE DE GRILLES DE SUPPORT DE BARRES DE COMBUSTIBLE NUCLEAIRE".

Ensuite, la grille 16 pour barreaux de combustible est placée sur la monture de soudage 542 représentée sur la figure 15 et décrite dans la demande de brevet en attente intitulée "SOUDAGE DES PLAQUES CONSTITUANT UNE GRILLE POUR BARREAUX DE COMBUSTIBLE" (Westinghouse no. 50.107) ; la monture de soudage 542 est à son tour fixée de façon amovible par des goujons de repérage 524 à la monture

tournante 242 elle-même montée par un montage pivotant à l'intérieur de la chambre de soudage 108. conformément aux explications ci-dessus, la grille 16 pour barreaux de combustible peut être tournée par rapport à son axe B de façon à être amenée dans une position où elle reçoit le faisceau laser 178 pour effectuer les soudures le long des encoches 40. Le système de positionnement 288 de X-Y est commandé de façon sélective pour déplacer les tables de positionnement 290 et 292 de X et Y au cours d'une séquence de pas élémentaires le long des axes X et Y afin de positionner la grille 16 pour barreaux de combustible par rapport au faisceau laser 178, et à pouvoir effectuer les soudures d'intersection 32, puis après rotation sur la monture tournante 242, les soudures 34 entre encoches et languettes ainsi que les soudures d'angle 30 sont effectuées.

La commande de la machine au cours de cette procédure est assurée par la CNC 126 et en particulier par l'unité centrale 560 qui comprend une mémoire stockant le programme de pièces 700 qui va maintenant être décrit en se reportant à la figure 19. Le programme de pièces 700 est introduit au cours du pas 702, lorsque l'opérateur place la CNC 126 en mode automatique en appuyant sur la touche AUTO 670 du panneau 130 des fonctions de la machine. Ensuite, l'opérateur introduit une commande sur le clavier alphanumérique 131 du panneau pour appeler le programme de pièces et l'exécuter. Après, l'opérateur appuie sur la touche 658 de DEMARRAGE DE CYCLE. Puis, au cours du pas 708, un code programmé M81 appelle un sous-programme d'application de CHARGEMENT/DECHARGEMENT DE LA CHAMBRE pour actionner le moteur d'entraînement 266 qui amène la table coulissante 262 de sa première position de soudage à sa seconde position ou position sortie, dans laquelle un opérateur peut charger une grille 16 pour barreaux de combustible déjà assemblée mais pas encore soudée ainsi que sa monture de soudage 542

sur la monture tournante 242. La grille 16 pour barreaux de combustible et sa monture de soudage 542 sont verrouillées par les goujons de repérage 524 en une position prédéterminée sur la monture tournante 242 par rapport au faisceau laser 178. Le sous-programme de CHARGEMENT/DECHARGEMENT DE LA CHAMBRE est expliqué plus en détail en se reportant à la figure 23A. Au cours du pas 710, l'opérateur charge la grille 16 pour barreaux de combustible et sa monture de soudage 542 sur la monture tournante 242, avec l'assistance d'un manipulateur de chargement/déchargement qui est décrit dans la demande de brevet belge déposée ce même jour au nom de la demanderesse pour : "APPAREIL DE SAISIE ET DE MANIPULATION DE PIÈCES D'USINAGE POUR SYSTEMES DE SOUDAGE AU LASER ET AUTRES SYSTEMES ANALOGUES". A la fin du pas 708, l'exécution du programme de pièces est suspendue jusqu'à ce qu'au pas 712, l'opérateur appuie sur la touche 658 de DEMARRAGE DE CYCLE pour reprendre l'exécution du programme de pièces. Ensuite, le pas 714 appelle le sous-programme d'application de CHARGEMENT/DECHARGEMENT pour recharger la chambre 108 dans sa première position ou position de soudage sous le faisceau laser 178. Lorsque la chambre a été ramenée en position, un code M permet d'appeler le sous-programme d'application VERIFICATION DE L'ATMOSPHERE DE LA CHAMBRE, avant que la chambre de soudage 108 soit purgée des impuretés telles l'oxygène et l'eau qu'elle contient par introduction d'argon sous un débit relativement élevé par les tubulures 336 et le diffuseur plat 330, et qu'au cours de cette opération l'argon plus lourd élimine l'air en l'expulsant par l'espace qui sépare le rebord 331 de la chambre et la plaque d'étanchéité 156. Le débit particulier d'argon est fixé par un code M grâce auquel le contrôleur de débit massique 484 est positionné de façon à établir un courant de débit élevé en direction de la chambre de soudage 108. De manière analogue, les contrôleurs de débit massique 486 et 488 associés à la monture tournante 242

et à l'ensemble 204 des lentilles du laser sont positionnés à un débit plus élevé pour accélérer la purge de la chambre de soudage 108. Le code M particulier appelle le sous-programme d'application de SELECTION DU DEBIT DE GAZ comme  
5 comme cela sera davantage expliqué en examinant la figure 251. Ensuite, le pas 716 du programme de pièces positionne les codes M91 qui vont faire tourner la monture tournante 242 et en particulier actionner l'entraînement de rotation 238 autour de l'axe B pour faire tourner la monture tour-  
10 nante 242. En particulier, le code M91 tel qu'il est exécuté par le pas 716 appelle le sous-programme d'application de ROTATION DE LA MONTURE. Le pas 718 sert à initialiser ou à commander le sous-programme d'application de VERIFICATION DE L'ATMOSPHERE DE LA CHAMBRE pour surveiller  
15 l'atmosphère qui règne à l'intérieur de la chambre de soudage 108 en analysant sa teneur en oxygène et en eau afin d'éviter de poursuivre l'exécution du programme de pièces avant que les teneurs en oxygène et en eau ne sont pas descendues au-dessous de niveaux prédéterminés.  
20 Le sous-programme de VERIFICATION DE L'ATMOSPHERE DE LA CHAMBRE va être davantage décrit en se reportant à la figure 23B.

Lorsque le pas 718 a déterminé que l'atmosphère intérieure de la chambre de soudage 108 est suffisamment pur,  
25 le pas 720 répond aux codes X et Y en entraînant de façon contrôlable les tables de positionnement 290 et 292 de X et Y de façon à ce que la première soudure à effectuer soit placée le long de l'axe Z en coïncidence avec le faisceau laser 178. La position de soudage initiale est identifiée  
30 par un ensemble de codes X et Y qui sont interprétés en formant des signaux de commande appropriés qui sont appliqués aux moteurs d'entraînement 294 et 296 de X et Y. De la même manière, un code Z est interprété et des signaux de commande sont appliqués au moteur d'entraînement 470  
35 de l'axe Z, de façon à positionner l'ensemble 204 des

lentilles du laser pour focaliser le faisceau laser 178 sur la soudure initiale de la grille 16 pour barreaux de combustible. A la fin de ces pas, le pas 720 amène le programme de pièces à un arrêt. Au pas 722, l'opérateur  
5 peut commander manuellement au moyen d'une action appropriée sur la touche 622 RENTREE X, la touche 640 SORTIE X, la touche 624 Y GAUCHE et la touche 642 Y DROITE, la position des tables de positionnement 290 et 292 de X et Y de façon à aligner précisément la première soudure de la  
10 grille 16 pour barreaux de combustible avec le faisceau laser 178. Dans ce but, l'obturateur de sécurité BRH 212 est fermé ce qui permet à l'opérateur de voir l'image de grille telle qu'elle est affichée sur l'écran 133 et obtenue à partir de la caméra de télévision d'alignement  
15 206. L'objectif de la caméra 206 présente un réticule électronique grâce auquel l'opérateur peut aligner précisément la première soudure avec le faisceau laser 178. De la même manière, l'opérateur manipule la touche 626 MONTEE Z et la touche DESCENTE Z 644 pour commander le mouvement  
20 de l'ensemble 204 des lentilles du laser et placer précisément la lentille laser 202 pour focaliser le faisceau laser 178 sur la grille 16 pour barreaux de combustible.

Pour relancer l'exécution du programme de pièces, l'opérateur, au cours du pas 724, appuie sur la touche  
25 DEMARRAGE DE CYCLE 658. Ensuite, au pas 726, le programme de pièces calcule les différences entre les coordonnées X et Y de la position de la soudure initiale et de la position alignée, c'est-à-dire la nouvelle position de la grille lorsqu'elle a été alignée au pas 722, les différences  
30 étant désignées sous le nom de décalages X et Y. De la même manière, la différence entre la position initiale de repos le long de l'axe Z et la position focalisée de l'ensemble 204 des lentilles du laser constitue le décalage Z. Les décalages X, Y et Z sont stockés dans une zone désignée de  
35 la mémoire et employés par la CNC 126 pour calculer la

7

position précise de chaque soudure compte tenu de la position ajustée ou décalée de la grille 16 pour barreaux de combustible.

Ensuite, le pas 728 définit les différents paramètres du système laser 102 et en particulier programme les codes S, T et M qui déterminent respectivement le niveau de puissance, la fréquence des impulsions, la largeur des impulsions et le type de soudure, c'est-à-dire s'il s'agit d'effectuer une soudure d'intersection 32, une soudure d'angle 30, une soudure entreencoche et languette 34 ou une soudure le long d'une encoche 40. En particulier, le niveau de puissance du système laser 102 est déterminé par un code S qui est appliqué par un sous-programme d'application SERVICE DE CODE S. De la même manière, la fréquence des impulsions est fixée par un CODE T desservi par le sous-programme d'application de SERVICE DE CODE T. La largeur des impulsions est fixée par l'un des CODES M M55-M60 correspondant à des largeurs de 1 à 6 ms, qui appellent l'exécution du sous-programme d'application de REGLAGE DE LA LARGEUR DES IMPULSIONS LASER. De la même manière, il existe quatre types de soudure correspondant aux codes M51 à M54, qui appellent l'exécution du sous-programme d'application de REGLAGE DU MODE LASER. Ensuite, le pas 730 fixe par l'emploi de l'un des CODES M M61 à M64, le débit particulier d'argon nécessaire à une opération de soudage et commande en particulier le sous-programme d'application de SELECTION DU DEBIT DE GAZ, comme cela sera expliqué en détail ultérieurement en considérant la figure 23C. Ensuite, au cours du pas 732, le code M fixé parmi les codes M51 à M54 appelle le sous-programme d'application D'EXECUTION D'UNE SOUDURE PAR LASER. D'une façon générale, le sous-programme d'application d'EXECUTION D'UNE SOUDURE PAR LASER demande ou commande d'abord l'emploi du laser au moyen du sous-programme d'application ACCES LASER, de façon à ce que l'autre CNC 126b soit vérifiée en examinant

les sorties DEMANDE LASER et VERROUILLAGE LASER de l'autre CNC 126b, et au cas où ces signaux sont présents, que la CNC 126a attende l'apparition du signal de sortie DEVERROUILLAGE LASER de l'autre CNC 126b, et qu'à ce moment  
5 la CNC 126a demande et ensuite, verrouille le laser pour son propre usage. En obtenant l'usage du système laser 102 la CNC 126a dispose les miroirs 172 de commutation du faisceau de façon à orienter le faisceau laser 178 vers sa propre chambre de soudage 108. Pui, les positions des  
10 tables de positionnement 290 et 292 de X et Y sont vérifiées pour voir si elles sont arrêtées dans leur position convenable et un délai alloué au positionnement doit expirer avant l'amorçage du barreau laser 170. Ensuite, le pas 732 attend un signal FIN LASER indiquant que l'opération de  
15 soudage a été terminée avant de libérer le miroir 172 de commutation du faisceau et de commander le système de positionnement 288 de X-Y de façon à amener la grille 16 pour barreaux de combustible dans sa position suivante et la préparer à l'exécution de la série de soudures suivantes.  
20 Ensuite, le pas 736 décide si le type particulier de soudure tel qu'il a été défini par l'un des codes M, M51 à M54 a été terminé et sinon, le programme de pièces revient au pas 732 pour exécuter la soudure suivante et puis au pas 734 pour amener la grille 16 pour barreaux de combustible  
25 dans sa position suivante de soudage. Ensuite, le pas 735 détermine si le code M88 a été programmé pour commander le sous-programme d'application ATTENTE DE L'AUTRE CNC, par lequel un signal est transmis à l'autre CNC 126b pour indiquer qu'une série de soudures a été terminée et puis  
30 pour attendre une réponse de l'autre CNC 126b ; pendant cet intervalle, l'exécution du programme de pièces est suspendue.

Lorsqu'un type particulier de soudure a été terminé, le programme de pièces passe au pas 738 au cours duquel il  
35 s'arrête et examine lequel des codes M, M51 à M54 a été

programmé pour déterminer le prochain type de soudure. Ensuite, au pas 740, une décision est prise concernant l'exécution de la totalité du soudage d'au moins un côté de la grille 16 pour barreaux de combustible et si le soudage n'est pas terminé, le programme de pièces revient au pas 716, de façon à ce que la séquence des pas 716 à 738 soit répétée. La première séquence des pas de soudage telle que représentée sur les figures 3A à 3D est effectuée du côté des pales de la grille 16 pour barreaux de combustible nucléaire avant qu'il soit nécessaire de sortir la grille 16 pour barreaux de combustible de sa chambre de soudage 108 pour la retourner et la ramener dans la chambre de soudage 108. Au pas 742, le système laser 102 est mis hors service en envoyant un signal qui place le commutateur à bascule 190 dans la position représentée en trait plein sur la figure 6 qui oriente le faisceau laser 177 vers l'absorbeur de laser 194.

Ensuite, le pas 744 fixe le code M82 qui commande le appeler le sous-programme d'application de CHARGEMENT/ DECHARGEMENT DU CHARIOT, au cours duquel le moteur d'entraînement 266 de la table coulissante est commandé de façon à amener la table coulissante 262 à sa seconde position ou position sortie, dans laquelle il est possible de sortir la grille 16 pour barreaux de combustible de la chambre de soudage 108. A ce moment, l'opérateur amène le manipulateur manuel pour sortir la grille 16 pour barreaux de combustible avec sa monture de soudage 542 de la chambre de soudage 128 et effectuer les opérations manuelles qui préparent la séquence suivante des pas de soudage. Par exemple, lorsque les soudures d'intersection 32 ont été effectuées du côté des pales de la grille 16 pour barreaux de combustible, selon les pas représentés sur les figures 3A à 3D, la grille 16 pour barreaux de combustible est sortie et tournée de façon à pouvoir exécuter les soudures d'intersection 32 qui se présentent sur la face opposée ou face

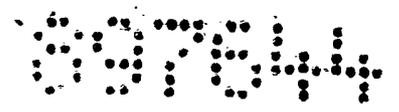


des manchons de guidage de la grille 16 pour barreaux de combustible comme on le voit sur les pas des figures 3E à 3H. Lorsque les soudures d'intersection ont été terminées sur les deux faces de la grille 16 pour barreaux 5 de combustible, la grille est sortie et les manchons de guidage 36 sont placés sur la grille, avant l'exécution des soudures le long des encoches 40 comme l'indiquent les pas 3I à 3L.

Il est bien entendu que le programme de pièces tel 10 qu'il est illustré sur les figures 22A et 22B définit une pluralité de code M, S et T qui commandent de façon sélective les sous-programmes d'application tels qu'ils sont décrits et expliqués en détail dans la demande de brevet belge déposée ce même jour au nom de la demanderesse pour: "SYSTEME 15 D'USINAGE A LASER. En particulier, les sous-programmes d'application suivants sont définis dans la demande de brevet citée: EXECUTION DU CODE S, EXECUTION DU CODE T, REGLAGE DE LA LARGEUR DES IMPULSIONS LASER, REGLAGE DU MODE LASER, EXECUTION D'UNE SOUDURE PAR LASER, ACCES AU LASER, SYNCHRO, 20 PRINCIPAL, ANNULATION, REGLAGE DE LA PUISSANCE LASER, DECALAGE DU NIVEAU, ATTENTE DE L'AUTRE CNC, VERIFICATION DU NIVEAU DE PUISSANCE DE SECURITE.

Le sous-programme d'application CHARGEMENT/DECHARGEMENT CHARIOT est représenté sur la figure 23A et commande le 25 moteur d'entraînement 266 de la table coulissante 262 de façon à déplacer cette table ainsi que sa chambre de soudage 108 entre sa première position de soudage et sa seconde position, tout en s'assurant que la porte 114 est ouverte, que l'ensemble 204 des lentilles de laser 30 est rentré, et que les goujons de repérage 316 et 319 sont retirés, pour permettre à la table coulissante 262 de se déplacer. A l'origine, au pas 760, le code M tel qu'il a été fixé au pas 708 du programme de pièces représenté sur la figure 24 est exécuté pendant le cycle d'exécution du 35 drapeau de commande du programme du système d'exploitation.

7



En particulier, le pas 708 fixe un code M M82 qui décharge la table coulissante 262 et sa chambre de soudage 108 tandis qu'au pas 710, un code M, M81 est fixé qui permet de ramener la table coulissante 262 à sa seconde position  
5 ou position de soudage. Ensuite, le pas 762 accède à la zone de sécurité 134 située en avant de la chambre de soudage 108 où elle doit se placer et si cette zone est libre, le pas 764 commande le moteur d'entraînement 470 de Z pour amener l'ensemble 204 des lentilles de laser  
10 en position de repos. Ensuite, le pas 766 actionne les moteurs d'entraînement 294 et 296 de X et Y de façon à amener les tables de positionnement 290 et 292 de X et Y dans leur position centrale et dans leur position de repos ou position sortie respectivement. Puis, le pas 768 commande  
15 le MAINTIEN DE L'AVANCE pour amener les tables de positionnement 290 et 292 de X et Y à l'arrêt et le mécanisme d'ouverture de porte 234 est actionné de façon à amener la porte 114 en position ouverte. Ensuite, les ensembles de repérage avant et arrière 284 et 286 sont commandés et  
20 remontent leurs goujons de repérage 316 et 319 de façon à libérer la table coulissante 262. Ensuite, le pas 772 actionne le moteur d'entraînement 266 de la table coulissante pour qu'il amène la table coulissante 262 vers l'extérieur lorsqu'un code M M82 a été fixé ou vers  
25 l'intérieur lorsqu'un code M M81 a été fixé. Puis, le pas 774 actionne les ensembles de repérage avant et arrière 284 et 286 pour qu'ils placent leurs goujons de repérage 316 et 319 en position de verrouillage par rapport à la table coulissante 262. Puis, la porte de l'armoire 114 est  
30 fermée en réponse au code M M81, et au pas 780, le MAINTIEN DE L'AVANCE est libéré. Au pas 782, une décision est prise selon que le code M, M81 a été fixé pour indiquer que la chambre de soudage 108 doit être chargée et si c'est le cas, le sous-programme d'application de VERIFICATION D'ATMOSPHERE  
35 DE LA CHAMBRE, tel que représenté sur la figure 25F est





commandé pour s'assurer que l'atmosphère à l'intérieur de la chambre de soudage a une pureté suffisante pour permettre le soudage. Ensuite, le pas 784 annule le drapeau de commande de sous-programme et le pointeur de séquence  
5 avant de sortir.

Le sous-programme d'application de VERIFICATION DE L'ATMOSPHERE DELLA CHAMBRE est représenté sur la figure 23B et appelé depuis le pas 718 du programme de pièces représenté sur la figure 22A, la commande étant exécutée  
10 pendant le cycle d'exécution du drapeau de commande suivant de la boucle principale des tâches ou du programme du système d'exploitation. En principe, ce sous-programme d'application lit le capteur d'humidité 410 et la sonde à oxygène 496 disposés pour donner des indications de la  
15 teneur en oxygène et en eau de l'atmosphère intérieure de la chambre de soudage 108 et déterminer si l'atmosphère de soudage est suffisamment pure. Les indications des teneurs en oxygène et en eau sont comparées avec des limites spécifiées pour déterminer la condition "BON-  
20 MAUVAIS" de l'atmosphère de soudage par laser. Au pas 862, le drapeau "BON-MAUVAIS" est annulé. Ensuite, le pas 864 affiche sur l'écran 133 de la CNC 126, le message "VERIFICATION DU GAZ DE LA CHAMBRE" indiquant que la teneur en oxygène et la teneur en eau de l'atmosphère de la chambre  
25 vont être mesurées. Ensuite, le pas 866 accède à la sonde d'oxygène 496 sélectionnée et définit un délai au cours duquel la teneur en oxygène de l'échantillon est évaluée avant que l'unité centrale 560 ne reçoive l'indication. De la même manière, le pas 868 sélectionne le capteur  
30 d'humidité souhaitée 410 et fixe un délai au cours duquel des échantillons sont prélevés avant que l'unité centrale 560 n'accepte l'indication. Ensuite, le pas 870 convertit les indications analogiques de la sonde à oxygène 496 et du capteur d'humidité 410 en valeurs numériques et compare  
35 ces valeurs avec les limites présélectionnées. Le pas 872



détermine si les valeurs de la teneur en oxygène et de la teneur en humidité sont inférieures aux limites fixées et sinon le pas 874 fixe un délai avant de préparer le prochain ensemble des indications d'eau et d'oxygène, et  
5 le pas 876 fait apparaître un message d'alarme "indication défectueuse" sur l'écran au pas 876. Si l'indication obtenue est mauvaise ou au-dessus de la limite, les pas 874 et 872 sont répétés en espérant qu'au fur et à mesure de la purge de l'air contenu dans la chambre de soudage  
10 108, le degré de pureté souhaité sera obtenu en un temps relativement court, par exemple une minute. Si une seule lecture correcte est obtenue, à partir du pas 872, le pas 880 détermine si trois bonnes lectures de ce type ont été faites et sinon, les pas 864 à 872 sont répétés. Après  
15 trois lectures correctes, déterminées par le pas 880, le pas 882 positionne le drapeau conditionnel BON avant de revenir au programme de pièces et en particulier au pas 720 tel qu'il est représenté sur la figure 22A.

Le sous-programme d'application de SELECTION DU DEBIT  
20 DE GAZ est représenté sur la figure 23C et est appelé en positionnant un code M particulier, à savoir l'un des codes M M61 à M64, au cours des pas 714 et 730 du programme de pièces représenté sur les figures 22A et 22B et est exécuté pendant le cycle suivant d'exécution du drapeau de  
25 commande de la boucle principale des tâches ou du programme du système d'exploitation. Ensuite, au pas 932, les trois valeurs sélectionnées du débit venant de l'interface à isolation optique 564, comme représenté sur la figure 22 sont annulées, avant qu'au pas 934, la sortie de sélection  
30 du débit sélectionnée appliqué à l'un des contrôleurs de débit massique 484, 486 et 488 ne soit fixée conformément au code M programmé. Ensuite, le pas 936 invalide la sélection manuelle du débit telle que celle qu'effectuerait  
35 l'opérateur en appuyant sur l'une des touches MDI (Entrée Manuelle des Données) CONTINUE ou MDI UNIQUE 674 ou 676 et en introduisant ensuite le débit désiré au clavier 131.



IDENTIFICATION DES NUMEROS DE REFERENCE EMPLOYES SUR LES  
DESSINS

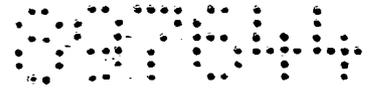
<u>LEGENDE</u>	<u>NO Ref</u>	<u>FIGURE</u>
AUTRE CNC	126b	20B
5 MFP (PANNEAU DES FONCTIONS DE LA MACHINE)	130	20A
CLAVIER ALPHANUMERIQUE	131	20A
PANNEAU D'AFFICHAGE DE LA MACHINE DE SOUDAGE PAR LASER	132	20B
10 ECRAN CATHODIQUE	133	20A
PILE THERMOELECTRIQUE	218	20A
MECANISME D'OUVERTURE DE PORTE	234	20B
MOTEUR D'ENTRAINEMENT DE TABLE COULISSANTE	266	20B
15 MOTEUR DE ROTATION AUTOUR DE L'AXE "B"	388	20A
COMMUTATEURS DE PROXIMITE	402a-e	20A
CAPTEUR D'HUMIDITE	410	20A
LAMPE	428	20B
20 CONTROLEUR DE DEBIT MASSIQUE (CHAMBRE)	484	20A
CONTROLEUR DE DEBIT MASSIQUE (MONTURE)	486	20A
CONTROLEUR DE DEBIT MASSIQUE 25 (LENTILLE)	488	20A
1999	492	21A
SONDE A OXYGENE	496	20A
1999	498	21A
SYSTEME DE REFROIDISSEMENT 30 DU LASER PAR EAU	520	20B
UNITE CENTRALE DE TRAITEMENT (CPU ET MEMOIRE)	560	20A
INTERFACE A ISOLATION OPTIQUE DES ENTREES ET SORTIES NUMERIQUES	562	20A
35 INTERFACE A ISOLATION OPTIQUE DES ENTREES ET SORTIES NUMERIQUES	564	20A

7

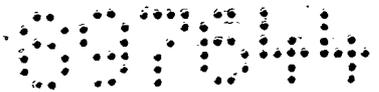


	<u>LEGENDE</u>	<u>NO REF</u>	<u>FIGURE</u>
	CARTE D'ENTRAINEMENT ET DE COMMANDE		
	D'AXE	566	20A
	"X"	567	20B
5	CARTE D'ENTRAINEMENT ET DE COMMANDE		
	D'AXE	568	20A
	"Y"	569	20B
	CARTE D'ENTRAINEMENT ET DE COMMANDE		
	D'AXE	570	20A
10	"Z"	571	20B
	VOLTMETRE NUMERIQUE	578	20A
	VOLTMETRE NUMERIQUE	580	20A
	VOLTMETRE NUMERIQUE	582	20A
	LECTEUR DE BANDE PERFOREE	584	20A
15	DOUBLE UNITE A BANDE MAGNETIQUE	586	20A
	INTERFACE DU MICROPROCESSEUR	588	20A
	INTERFACE A BANDE MAGNETIQUE	590	20A
	SYSTEME DE CONTROLE DU LASER	592	20B
	G/PL	600	21A
20	G/IL	602	21A
	G/IL	604	21A
	G/IL	608	21A
	G/IL	610	21A
	G/IL	612	21A
25	G/PB	614	21A
	G/PL	616	21A
	G/PB	618	21A
	A/PB	622	21B
	A/PB	624	21B
30	A/PB	626	21B
	A/PB	628	21B
	R/PL	630	21B
	R/PL	632	21B
	R/PL	634	21B
35	A/PL	636	21B

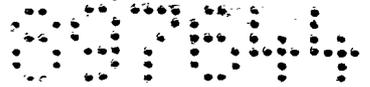
7



	<u>LEGENDE</u>	<u>No. Ref</u>	<u>FIGURE</u>
	R/PL	638	21A
	A/PB	640	21B
	A/PB	642	21B
5	A/PB	644	21B
	A/PB	646	21B
	G/PL	648	21B
	G/PL	650	21B
	G/PL	652	21B
10	W/PL	656	21B
	G/PG	658	21B
	R/PL	660	21B
	G/PL	666	21B
	G/PL	668	21B
15	G/PL	670	21B
	G/PL	672	21B
	A/PL	674	21B
	A/PL	676	21B
	B/PL	678	21B
20	R/PL	680	21B
	PLACER LA CNC EN MODE AUTOMATIQUE	702	22A
	APPELER LE PROGRAMME DE PIECES	704	22A
	APPUYER SUR "DEMARRAGE DU CYCLE"	706	22A
	DECHARGER LA CHAMBRE LE CODE "M"		
25	APPELLE CE SOUS-PROGRAMME		
	D'APPLICATION, ARRETER ET ATTEN-		
	DRE	708	22A
	CHARGER LA GRILLE SUR LA MONTURE	710	22A
	APPUYER SUR "DEMARRAGE DU CYCLE"	712	22A
30	APPELER LE CHARGEMENT/DECHARGEMENT		
	ET LA VERIFICATION DE L'ATMOS-		
	PHERE DE LA CHAMBRE, DES CODES "M"		
	APPELLENT CES SOUS PROGRAMMES		
	D'APPLICATION	714	22A
35	ROTATION DE LA MONTURE	716	22A



<u>LEGENDE</u>	<u>No. Ref</u>	<u>FIGURE</u>
APPELER LE SOUS-PROGRAMME D'APPLICATION QUI SURVEILLE L'ATMOSPHERE DE LA CHAMBRE :		
5 O <sub>2</sub> et H <sub>2</sub> O	718	22A
AMENER LA CHAMBRE ET LES LENTILLES AUX COORDONNEES X,Y ET Z DE LA SOUDURE INITIALE, ARRETER	720	22A
10 L'OPERATEUR FOCALISE LES LENTILLES ET ALIGNE LA GRILLE	722	22A
APPUYER SUR "DEMARRAGE DU CYCLE"	724	22B
INTRODUIRE LES DECALAGES X,Y & Z	726	22B
REGLER LE SYSTEME LASER :		
15 1) NIVEAU DE PUISSANCE (CODE S)		
2) FREQUENCE DES IMPULSIONS (CODE T)		
3) LARGEUR DES IMPULSIONS (CODE M)		
20 4) TYPE DE SOUDURE (CODE M)		
APPELER LES SOUS-PROGRAMMES D'APPLICATION CORRESPONDANTS	728	22B
REGLER LE DEBIT D'ARGON POUR LE SOUDAGE (CODE M)	730	22B
25 EXECUTER LA SOUDURE PAR LASER		
APPELER LES SOUS-PROGRAMMES D'APPLICATION :		
1) COMMANDE DU MIROIR		
2) REGLAGE DU MIROIR EN POSITION		
30 3) VERIFICATION DES MOUVEMENTS		
4) LIBERATION DU LASER		
5) ATTENTE DE "LASER TERMINE"	732	22B
AMENER LA GRILLE EN POSITION POUR LA SOUDURE SUIVANTE (X,Y)	734	22B
35 VERIFIER LE CODE M	735	22B



	<u>LEGENDE</u>	<u>NO. REF</u>	<u>FIGURE</u>
	CE TYPE DE SOUDURE EST-IL TERMINE	736	22B
	ARRET, EXAMEN DES CODES M DU TYPE		
	DE SOUDURE SUIVANT	738	22B
5	TOUS LES TYPES DE SOUDURES SONT-		
	ILS TERMINES	740	22B
	ARRET DU LASER	742	22B
	AMENER LA CHAMBRE EN POSITION DE		
	DECHARGEMENT, DEMONTAGE DE LA		
10	GRILLE	744	22B
	APPELER PAR LE CODE M (M81,		
	M82) POSITIONNER AU PAS 708,		
	EXECUTION PENDANT LE CYCLE		
	D'EXECUTION DU DRAPEAU DE		
15	COMMANDE	760	23A
	POSITIONNER LE DRAPEAU DE COMMANDE,		
	VERIFIER LA ZONE DE SECURITE	762	23A
	SOULEVER LA LAMPE, LES LENTILLES		
	EN POSITION DE REPOS	764	23A
20	POSITIONNER LA TABLE X-Y :		
	1) AXE Y CENTRE		
	2) AXE X ETENDU	766	23A
	POSITIONNER LE MAINTIEN D'AVANCE		
	ET OUVRIR LA PORTE DU POSTE DE		
25	TRAVAIL	768	23A
	SOULEVER LE GOUJON DE VERROUIL-		
	LAGE DE L'ENTRAINEMENT X	770	23A
	SORTIR LA TABLE X (M82) OU		
	LA RENTRER (M81)	772	23A
30	ABAISSER LE GOUJON DE VERROUIL-		
	LAGE DE LA TABLE X	774	23A
	FERMER LA PORTE DU POSTE DE		
	TRAVAIL (POUR M81 UNIQUEMENT)	778	23A
	RELACHER LE MAINTIEN D'AVANCE	780	23A
35	POUR M81, ANNULER LE MAINTIEN		
	D'AVANCE ET COMMANDER LA VERIFI-		
	CATION DE L'ATMOSPHERE DE CHAMBRE	782	23A



	<u>LEGENDE</u>	<u>NO. REF</u>	<u>FIGURE</u>
	ANNULER LE DRAPEAU DE COMMANDE DE SOUS-PROGRAMME ET LE POINTEUR DE SEQUENCE	784	23A
5	COMMANDE AU PAS 720, EXECUTE PENDANT LE CYCLE SUIVANT D'EXECUTION DU DRAPEAU DE COMMANDE	860	23B
10	ANNULER LE DRAPEAU CONDITIONNEL "BON-MAUVAIS"	862	23B
	AFFICHER LA "VERIFICATION DU GAZ DE LA CHAMBRE"	864	23B
15	SELECTIONNER L'APPAREIL DE MESURE DE O <sub>2</sub> , RETARDER JUSQU'A LA LECTURE	866	23B
	SELECTIONNER L'APPAREIL DE MESURE DE H <sub>2</sub> O , RETARDER JUSQU'A LA LECTURE	868	23B
20	VERIFIER LES INDICATIONS H <sub>2</sub> O ET O <sub>2</sub> PAR RAPPORT AUX LIMITES INDICATIONS INFERIEURES AUX LIMITES	870	23B
	FIXER UN DELAI	872	23B
	MAUVAISE INDICATION ?	874	23B
25	ALARME	876	23B
	3 BONNES INDICATIONS	878	23B
	POSITIONNER LE FRAPEAU CONDI- TIONNEL "BON"	880	23B
30	COMMANDE PAR DES CODES M (M61- M64) FIXES AUX PAS 714,730, EXECUTES PENDANT LE CYCLE D'EXECUTION DU DRAPEAU DE COMMANDE	930	23C
	INVALIDER 3 INDICATIONS DE DEBIT DE GAZ (GF)	932	23C
35	REMISE A ZERO DE LA SORTIE GF SELON LE CODE M D'INITIALISATION	934	23C

7

<u>LEGENDE</u>	<u>NO. REF</u>	<u>FIGURE</u>
INVALIDER LE CHOIX MANUEL DE DEBIT	936	23C
ENSEMBLES DE REPERAGE AVANT 5 ET ARRIERE	284 & 286	20B

7

REVENDEICATIONS

1. Appareil de soudage comprenant :

5 une chambre de soudage étanche au gaz (108) ayant une ouverture d'entrée à sa partie inférieure et une ouverture de sortie à sa partie supérieure pour établir un courant de débit contrôlable dans la chambre, et

10 un diffuseur (330) placé dans la partie inférieure de la chambre de soudage en coopération avec l'entrée pour répartir le gaz inerte sensiblement régulièrement dans toute la section transversale de la chambre de soudage et permettant d'obtenir un écoulement laminaire uniforme.

15 2. Appareil selon la revendication 1, dans lequel le diffuseur (330) est placé sensiblement sur la totalité de la surface transversale de la chambre de soudage (108).

20 3. Appareil selon la revendication 1, dans lequel le diffuseur (330) est placé dans une portion de la surface transversale de la chambre de soudage suffisante pour établir le courant laminaire souhaité de gaz inerte autour de la pièce.

4. Appareil selon l'une des revendications 2 ou 3, comprenant encore une seconde entrée.

25 5. Appareil selon l'une des revendications précédentes, dans lequel un second diffuseur est associé au dispositif de montage pour répartir uniformément le second courant contrôlé de gaz inerte autour de la pièce.

6. Appareil selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel le ou chacun des diffuseurs est constitué d'un organe poreux.

30 7. Appareil selon la revendication 6 dans lequel l'organe poreux a une densité suffisante pour établir le courant laminaire souhaité de gaz inerte autour de la pièce.

35 8. Appareil selon la revendication 7, dans lequel la densité de l'organe poreux est de l'ordre de 60 %.

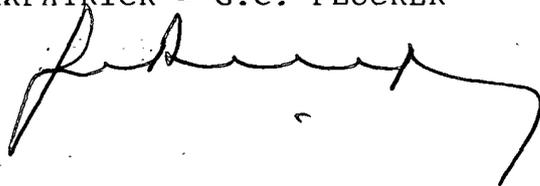
9. Appareil selon la revendication 7, dans lequel l'organe poreux est constitué de fibres d'acier inoxydable comprimé.

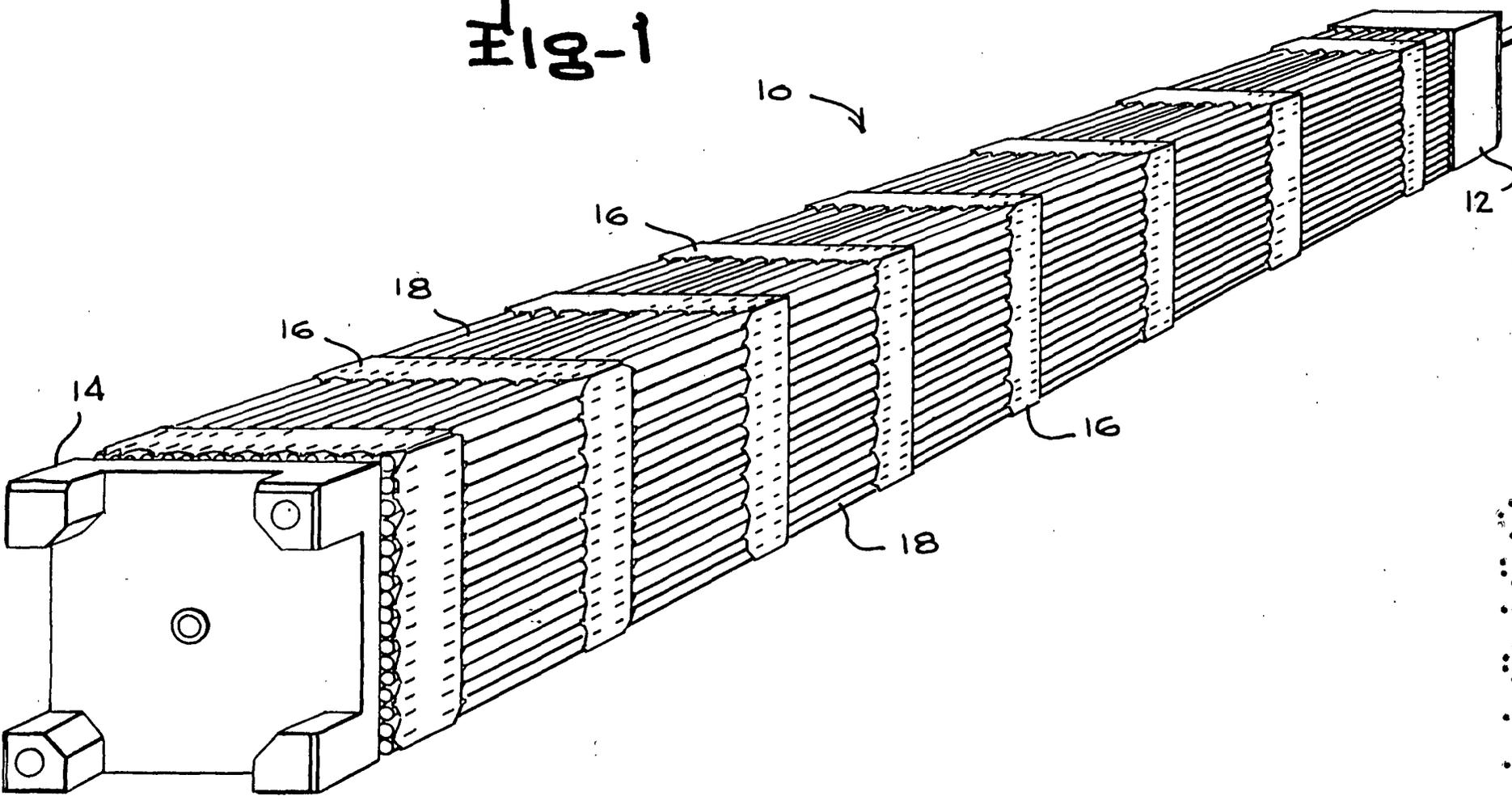
10. Appareil selon la revendication 8, dans lequel  
5 l'organe poreux est constitué de fibres de nickel comprimé.

11. Appareil selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant un pourvoyeur de courant de gaz non réactif ayant un premier débit suffisant pour garantir la pureté du gaz non réactif à l'intérieur de la chambre  
10 de soudage pendant le soudage de la pièce et ayant un second débit relativement plus élevé pour aspirer les gaz réactifs dans la chambre de soudage par le dispositif de sortie.

Bruxelles, le 31 août 1983

P.Pon. de WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION  
OFFICE KIRKPATRICK - G.C. PLUCKER

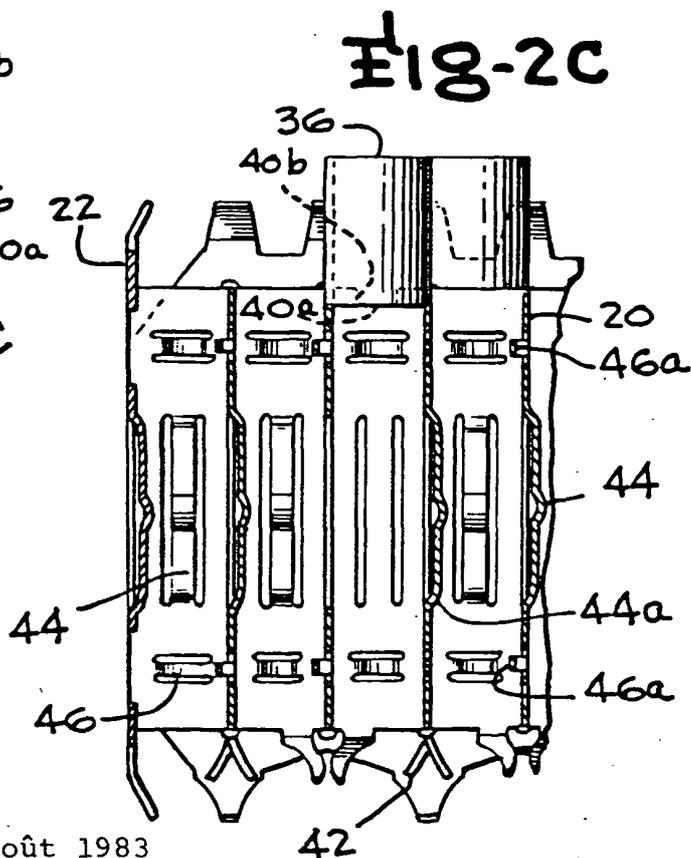
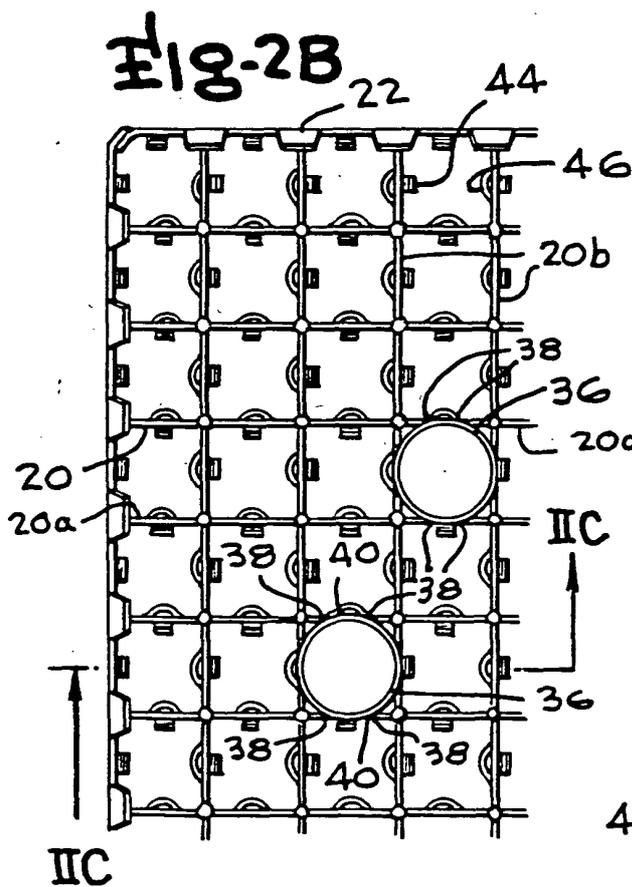
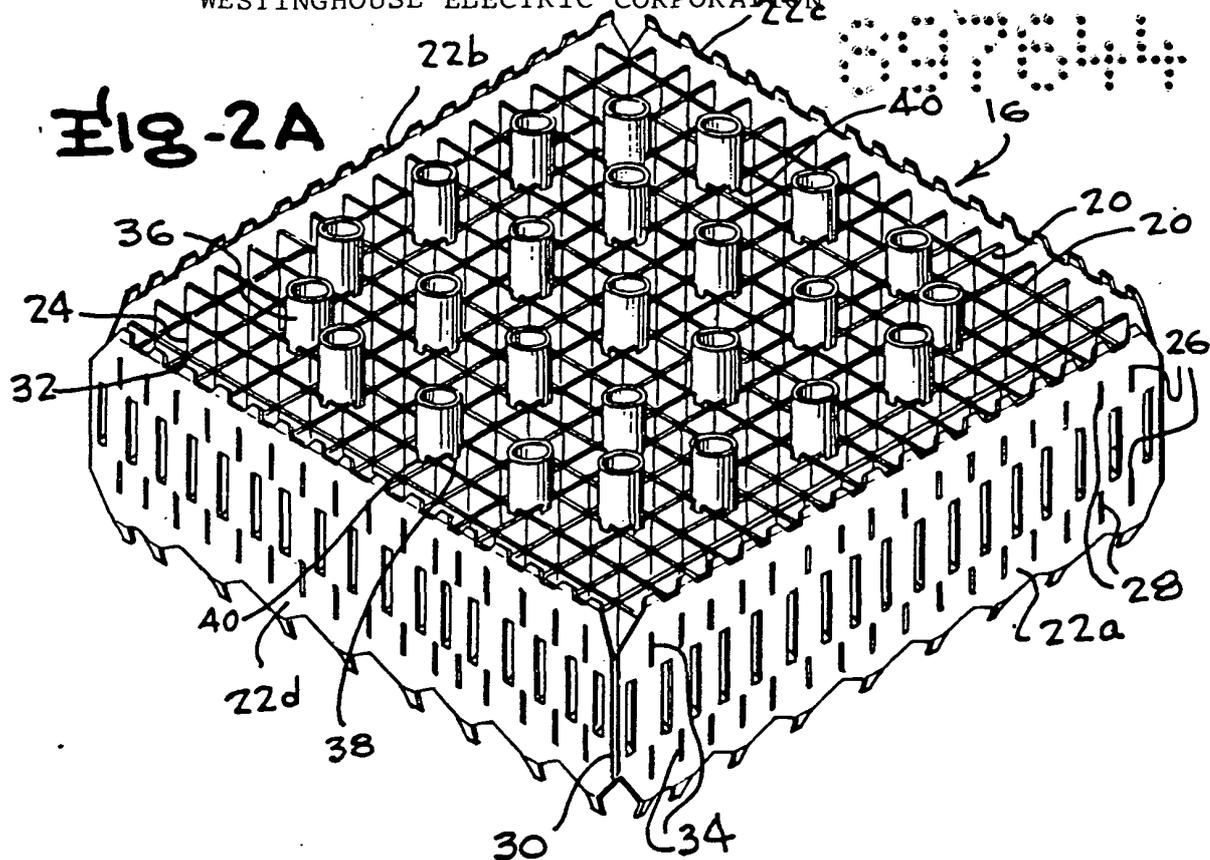




#18-1

Bruxelles, le 31 août 1983  
 P. Don. de WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION  
 OFFICE KIRKPATRICK - G.C. PLUCKER.





Bruxelles, le 31 août 1983  
 P.Pon.de WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION  
 OFFICE KIRKPATRICK - G.C. PLUCKER.

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'G.C. Plucker', is located at the bottom of the page.

Fig-2D

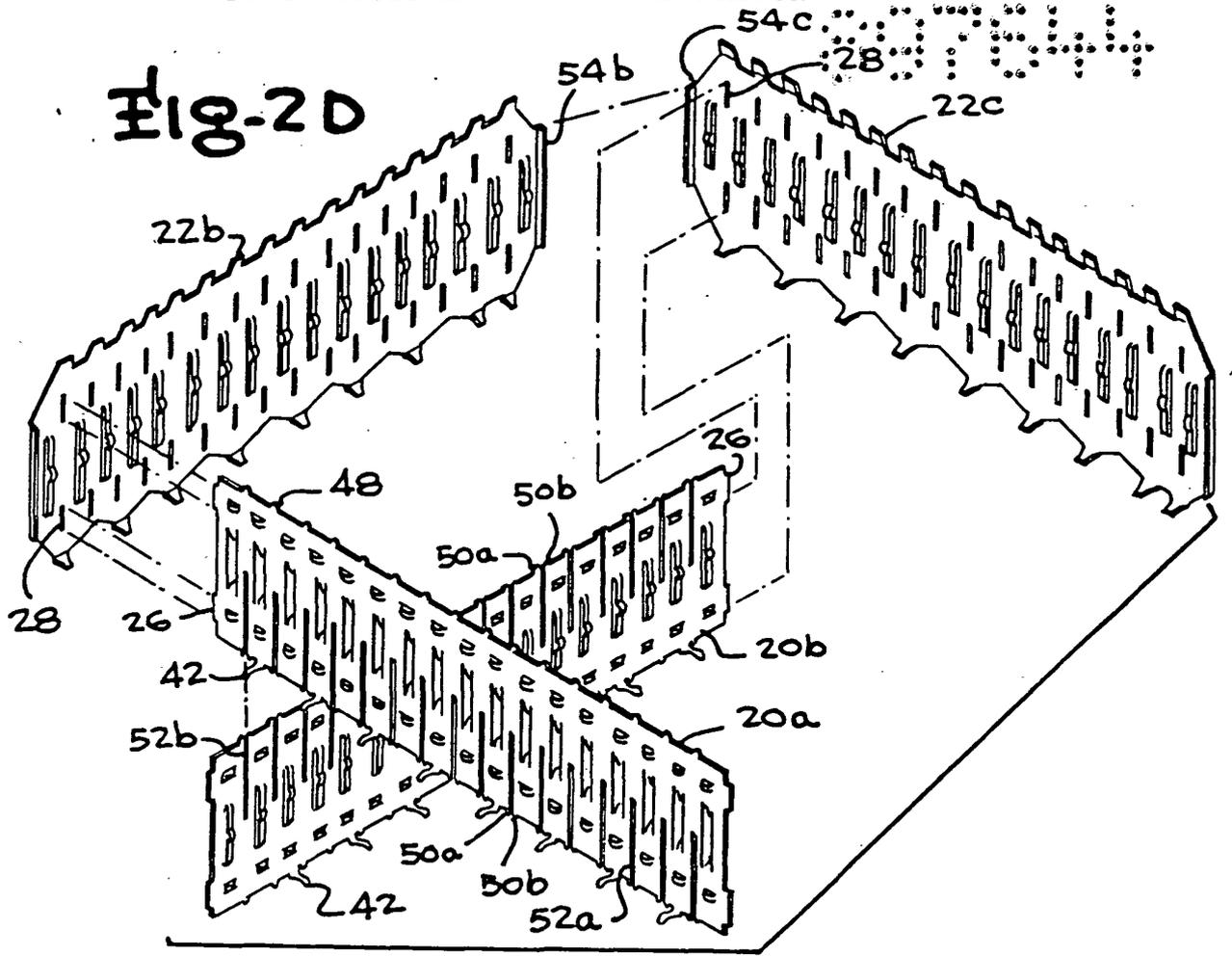
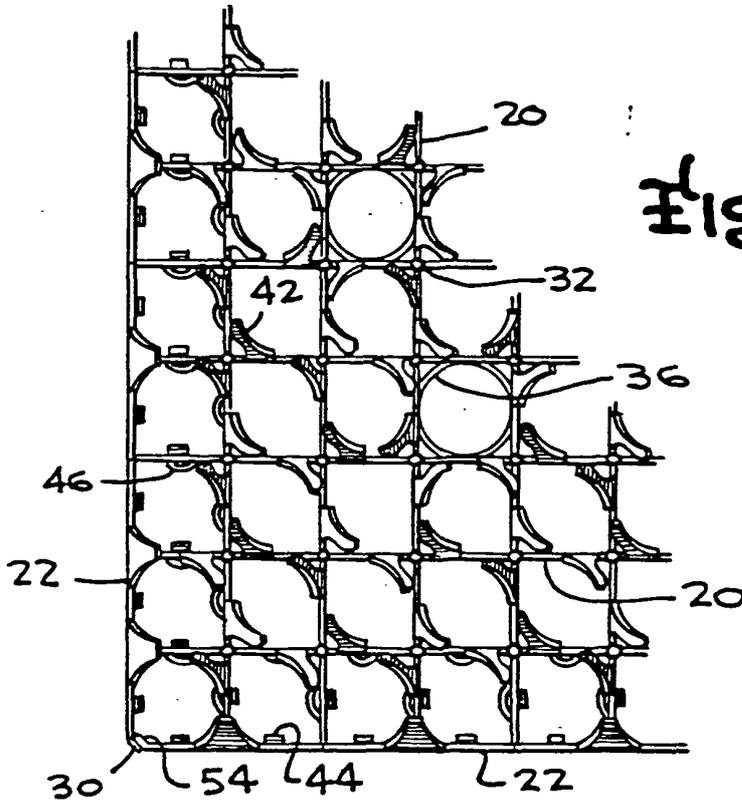


Fig-2E



Bruxelles, le 31 août 1983  
 P.Pon.de WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION  
 OFFICE KIRKPATRICK G.C. PLUCKER.

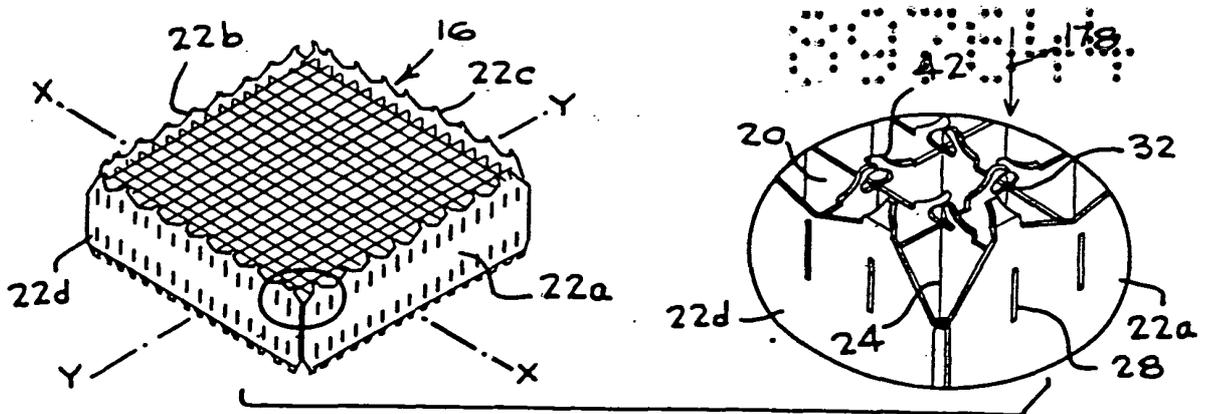


Fig. 3A

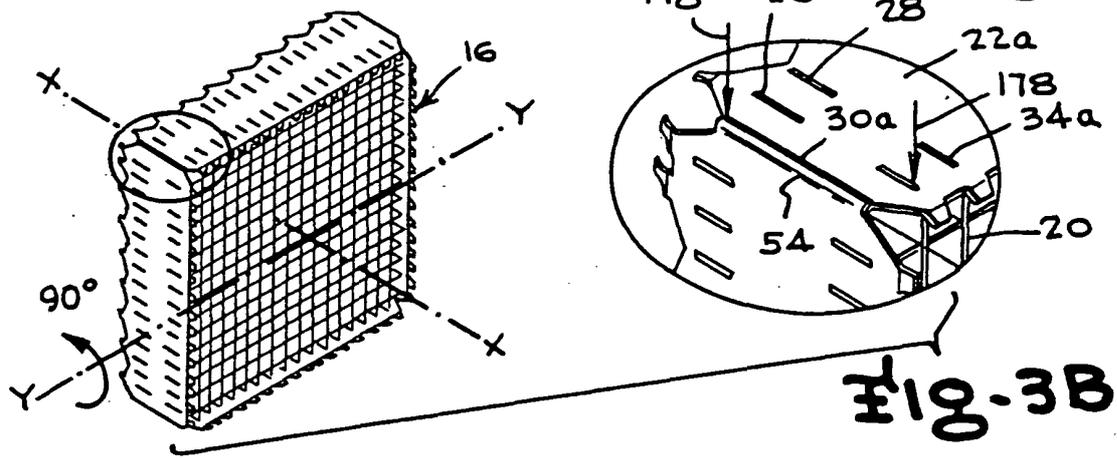


Fig. 3B

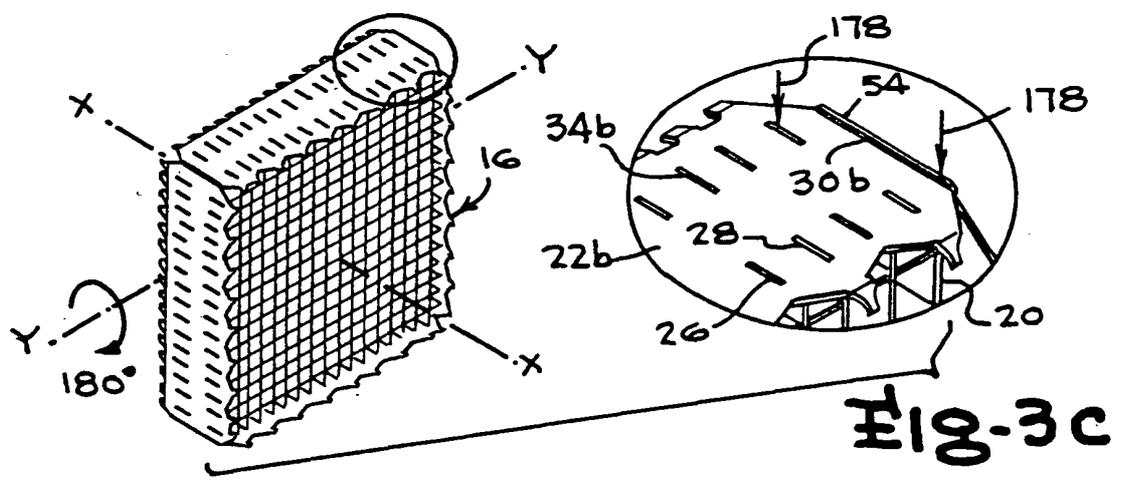


Fig. 3C

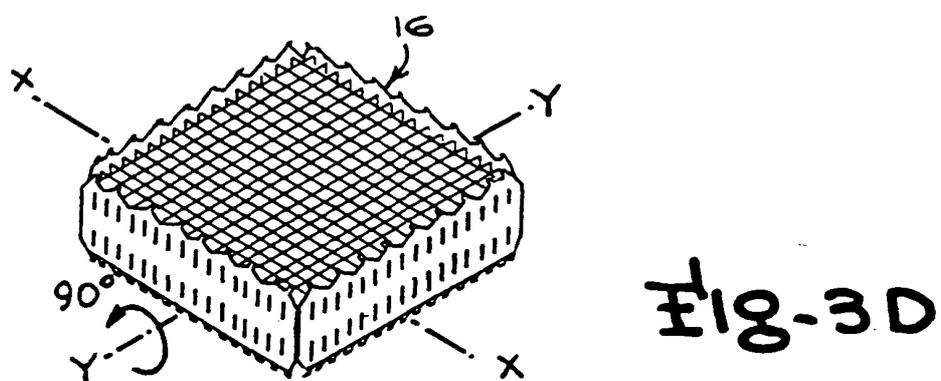


Fig. 3D

Bruxelles, le 31 août 1983  
P. Pon. de WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION  
OFFICE KIRKPATRICK - G.C. PLUCKER.

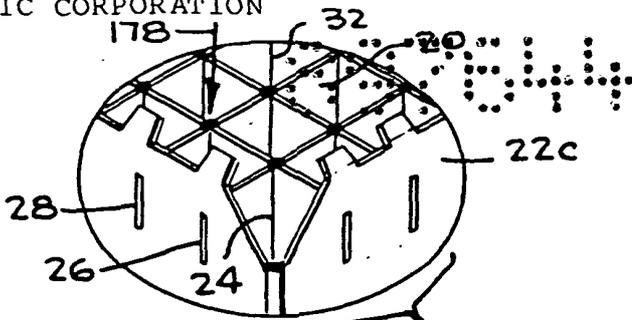
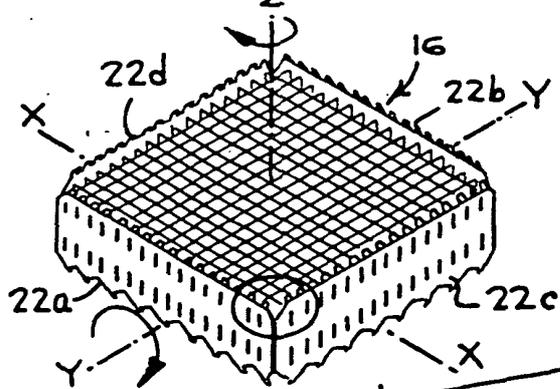


FIG-3E

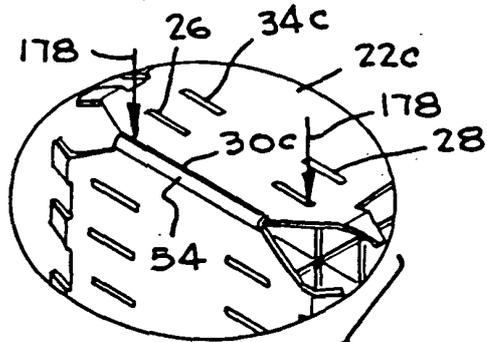
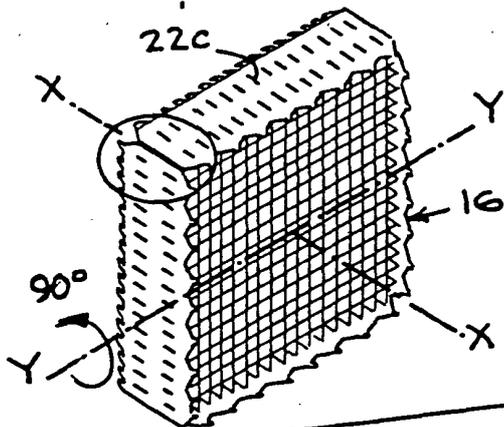


FIG-3F

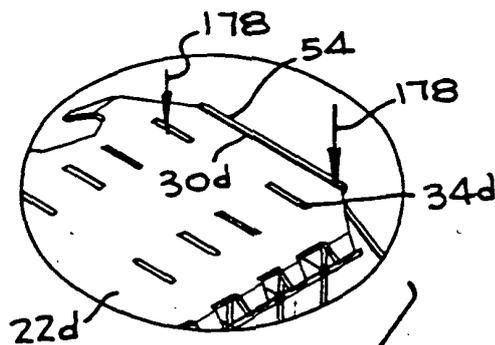
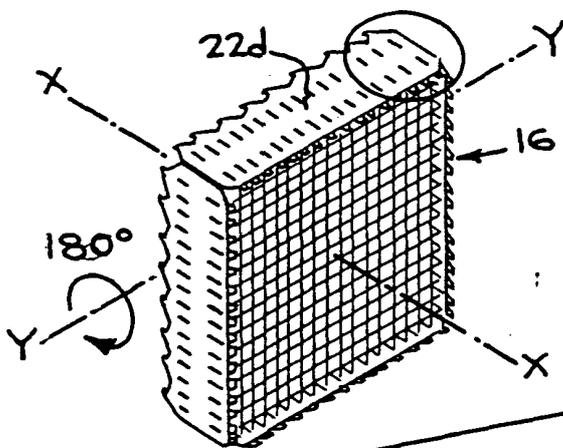


FIG-3G

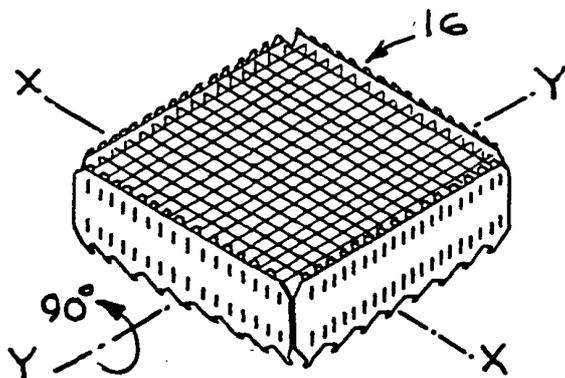
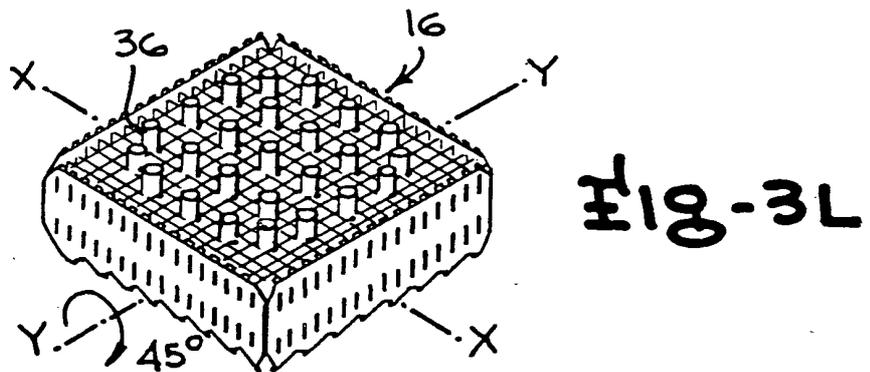
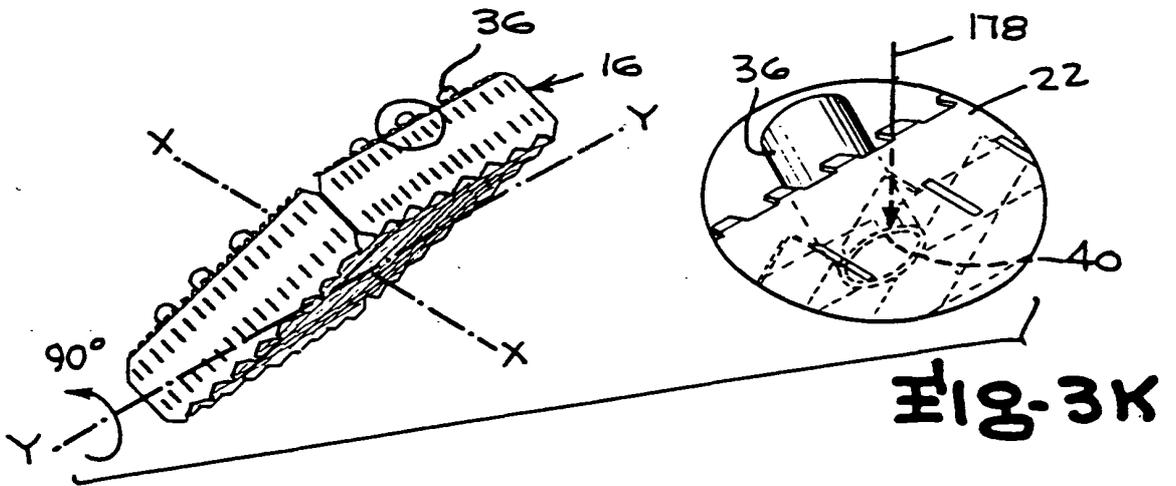
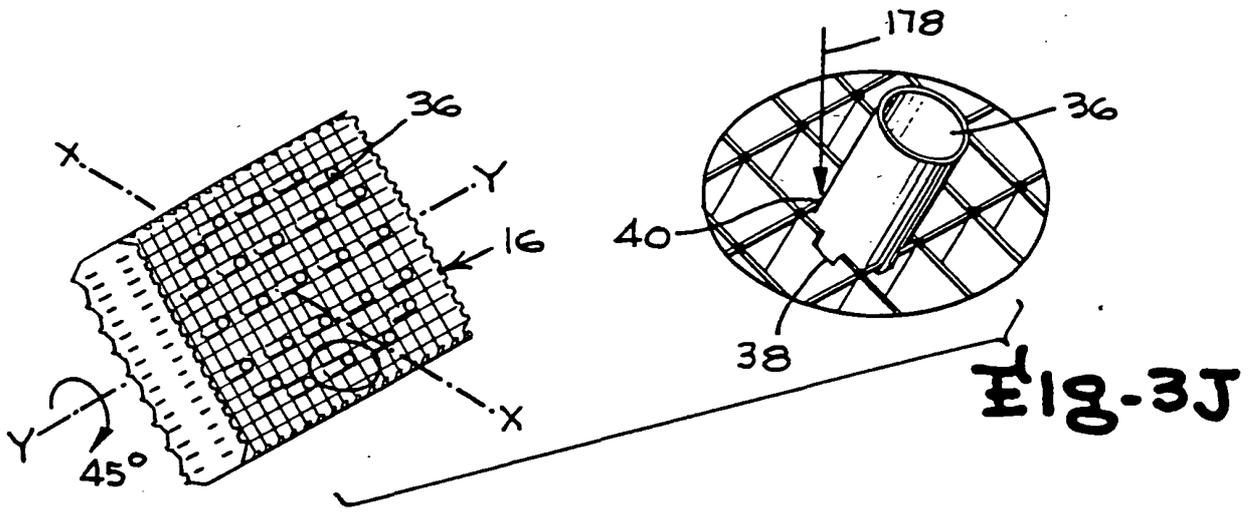
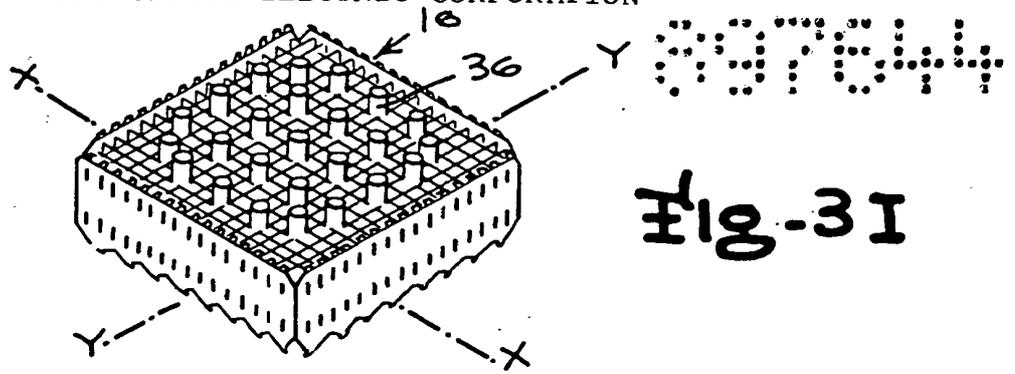
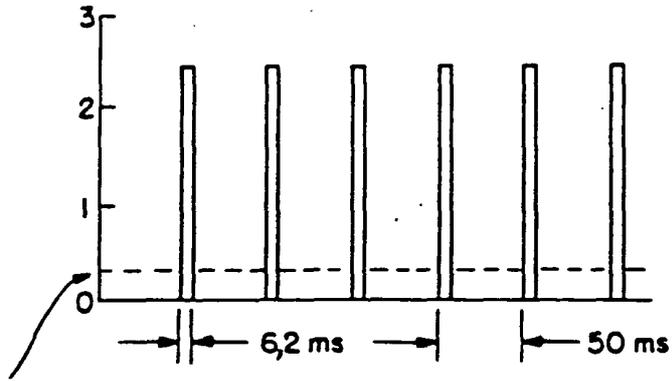
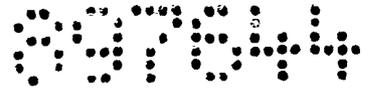


FIG-3H

Bruxelles, le 31 août 1983  
 P.Pon.de WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION  
 OFFICE KIRKPATRICK - G.C. PLUCKER.



Bruxelles, le 31 août 1983  
 P.Pon.de WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION  
 OFFICE KIRKPATRICK & G.O. PLUCKER.

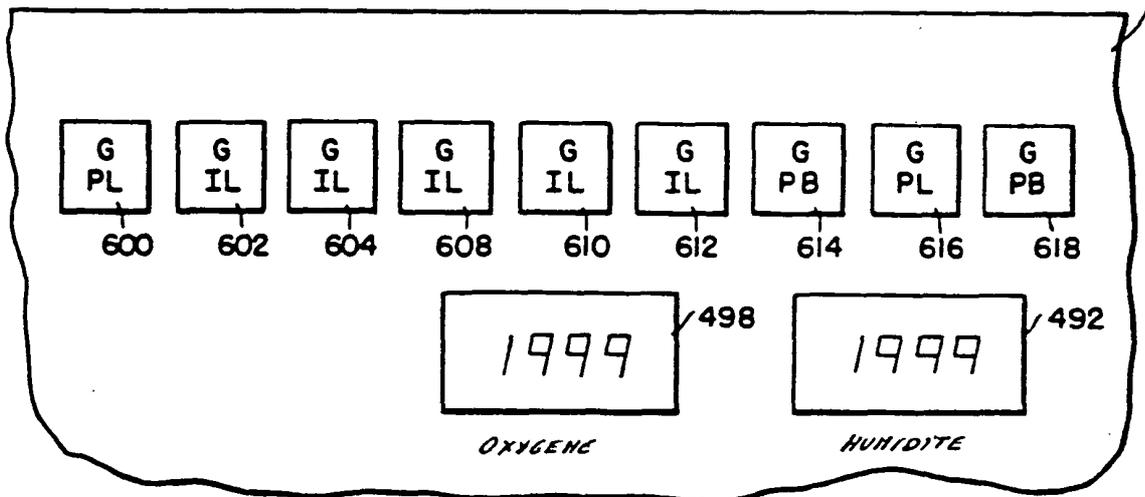


PUISSANCE MOYENNE  
DU FOURS

Fig-3M

Fig-21A

132



Bruxelles, le 31 août 1983  
P.Pon.de WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION  
OFFICE KIRKPATRICK - G.C. PLUCKER.

Bruxelles, le 31 août 1983  
P. Bon de WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION  
OFFICE KIRKPATRICK - G.C. PLUCKER.

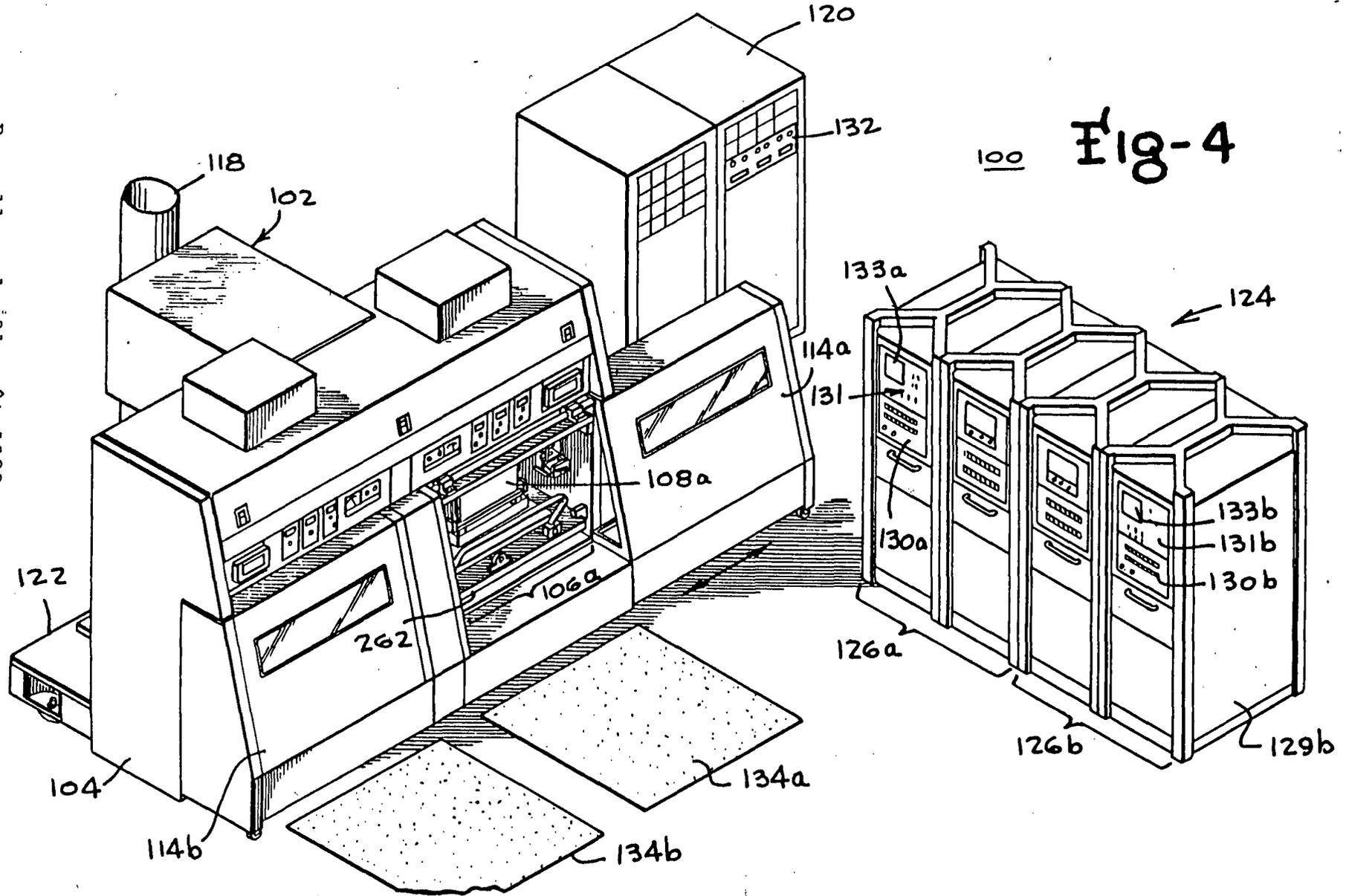


Fig-4





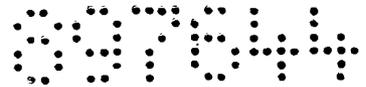
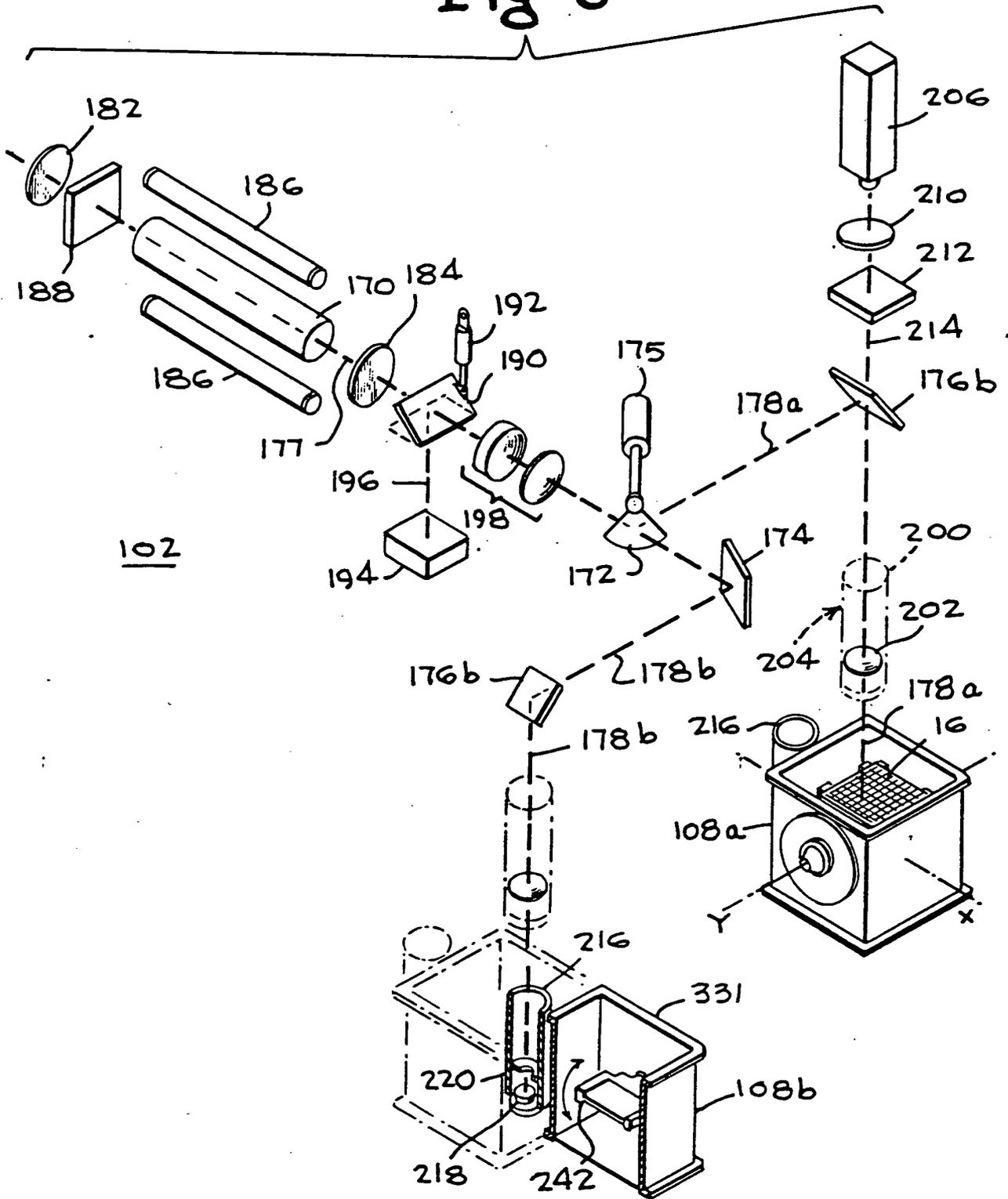


Fig-6



Bruxelles, le 31 août 1983  
 P.Pon.de WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION  
 OFFICE KIRKPATRICK - G.C. PLUCKER.

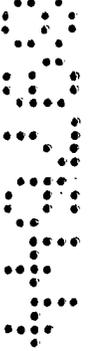
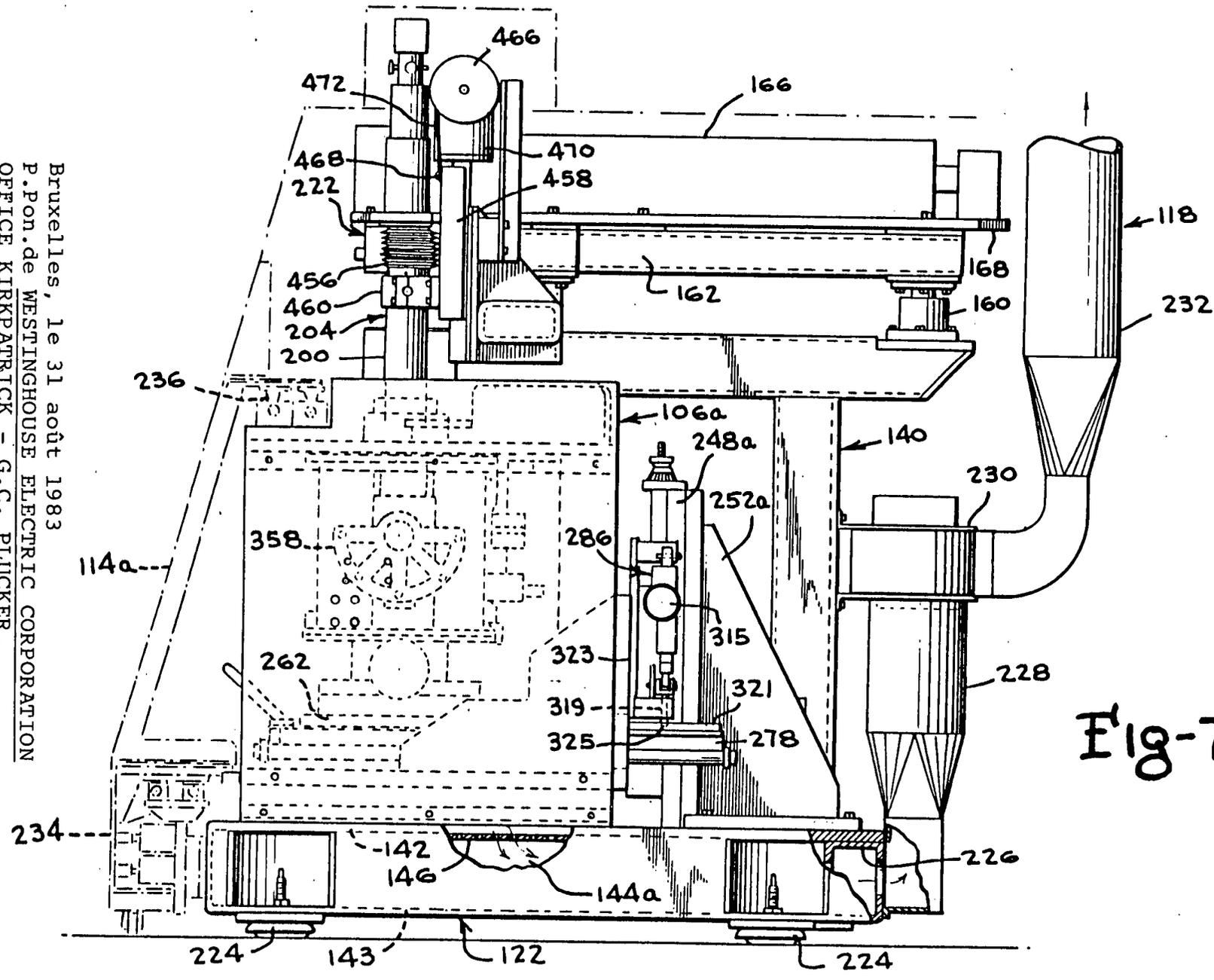


Fig-7



Bruxelles, le 31 août 1983  
 P. Pon. de WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION  
 OFFICE KIRKPATRICK - G.C. PLUCKER.

*[Handwritten signature]*

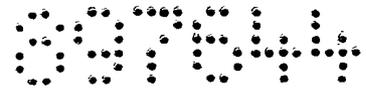
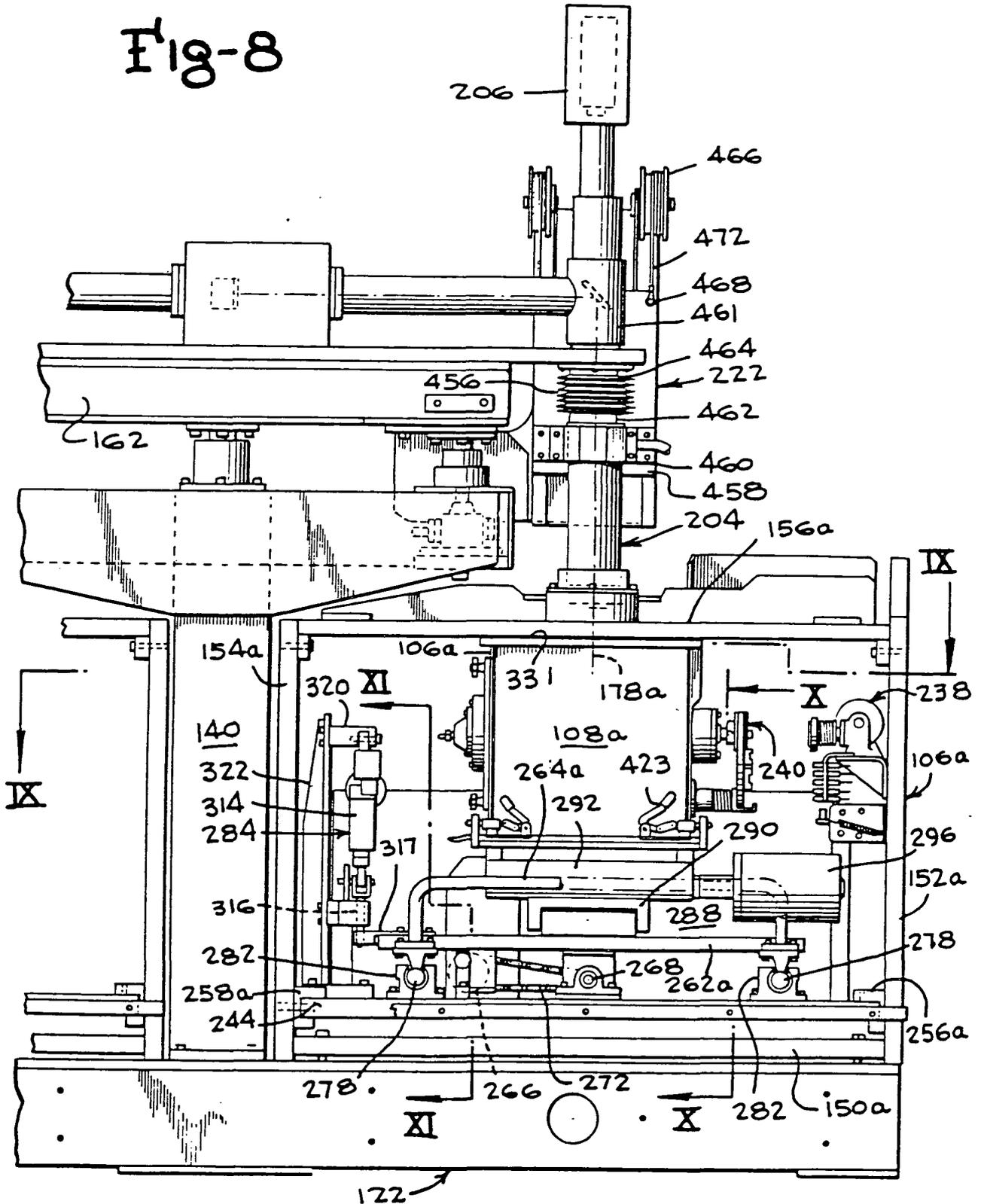


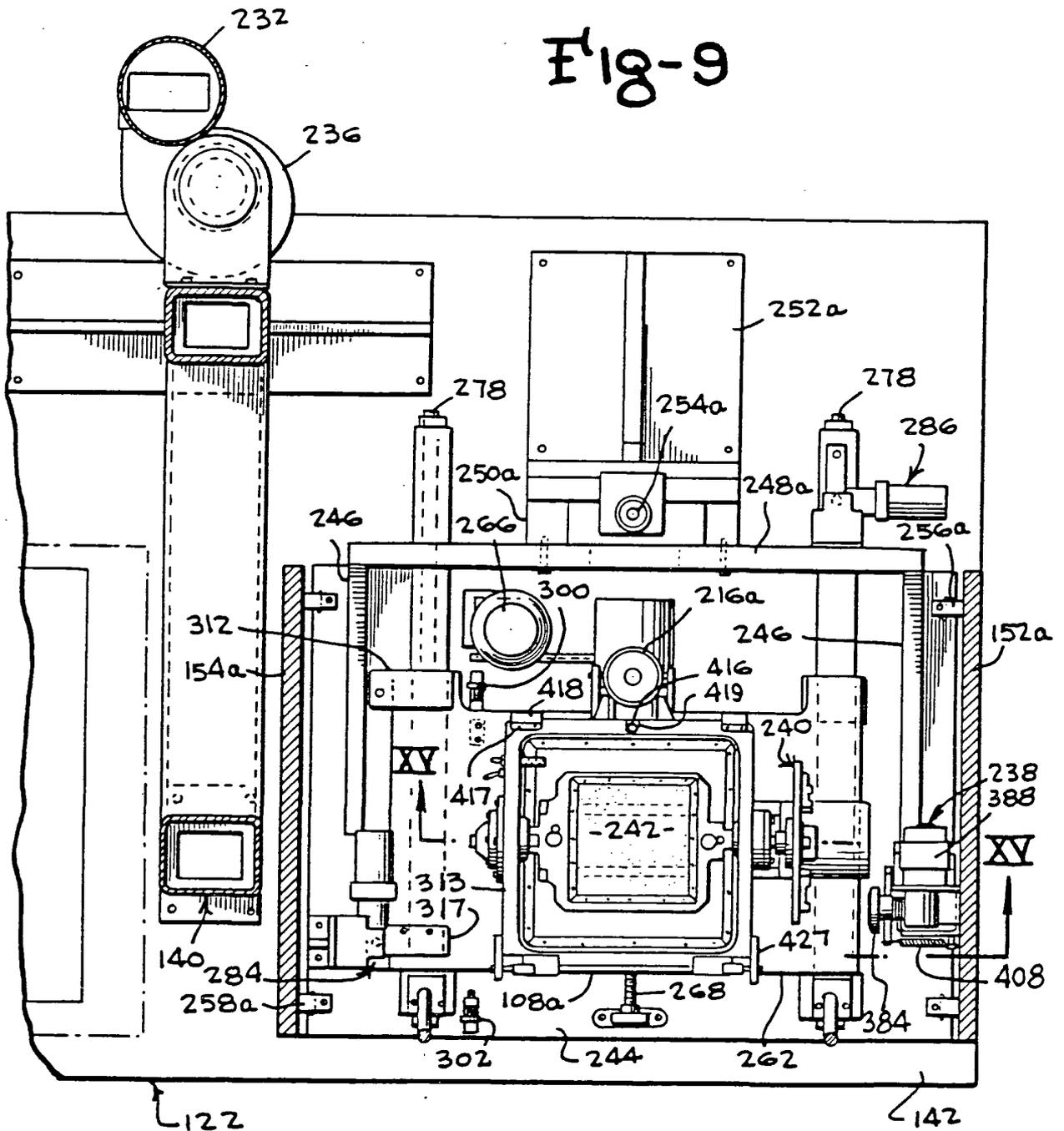
Fig-8



Bruxelles, le 31 août 1983  
P.Pon.de WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION  
OFFICE KIRKPATRICK - G.C. PLUCKER.

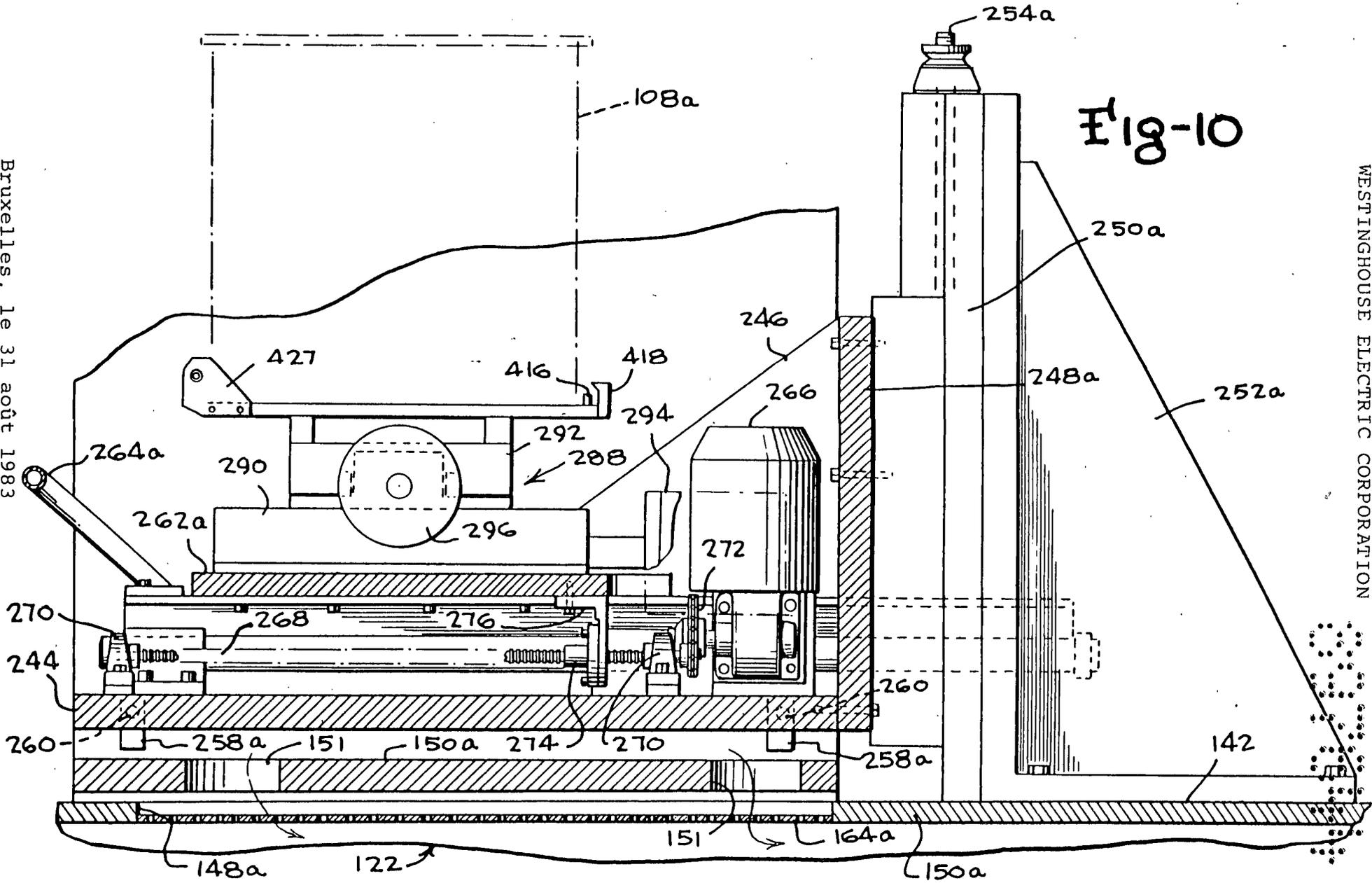


Fig-9

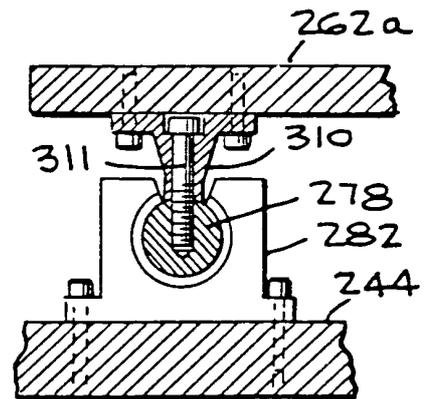
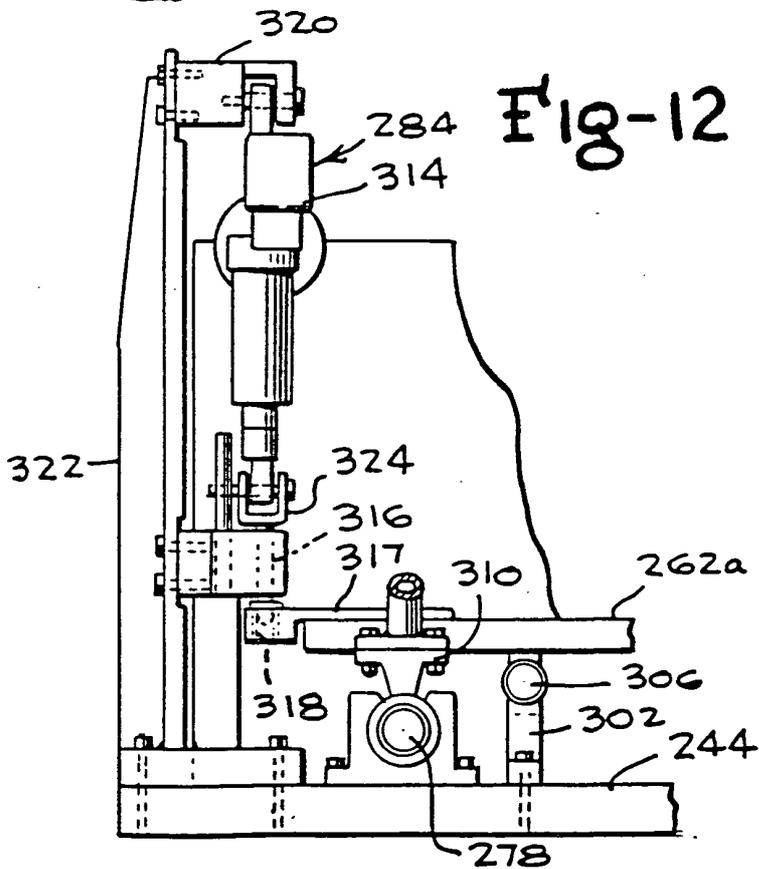
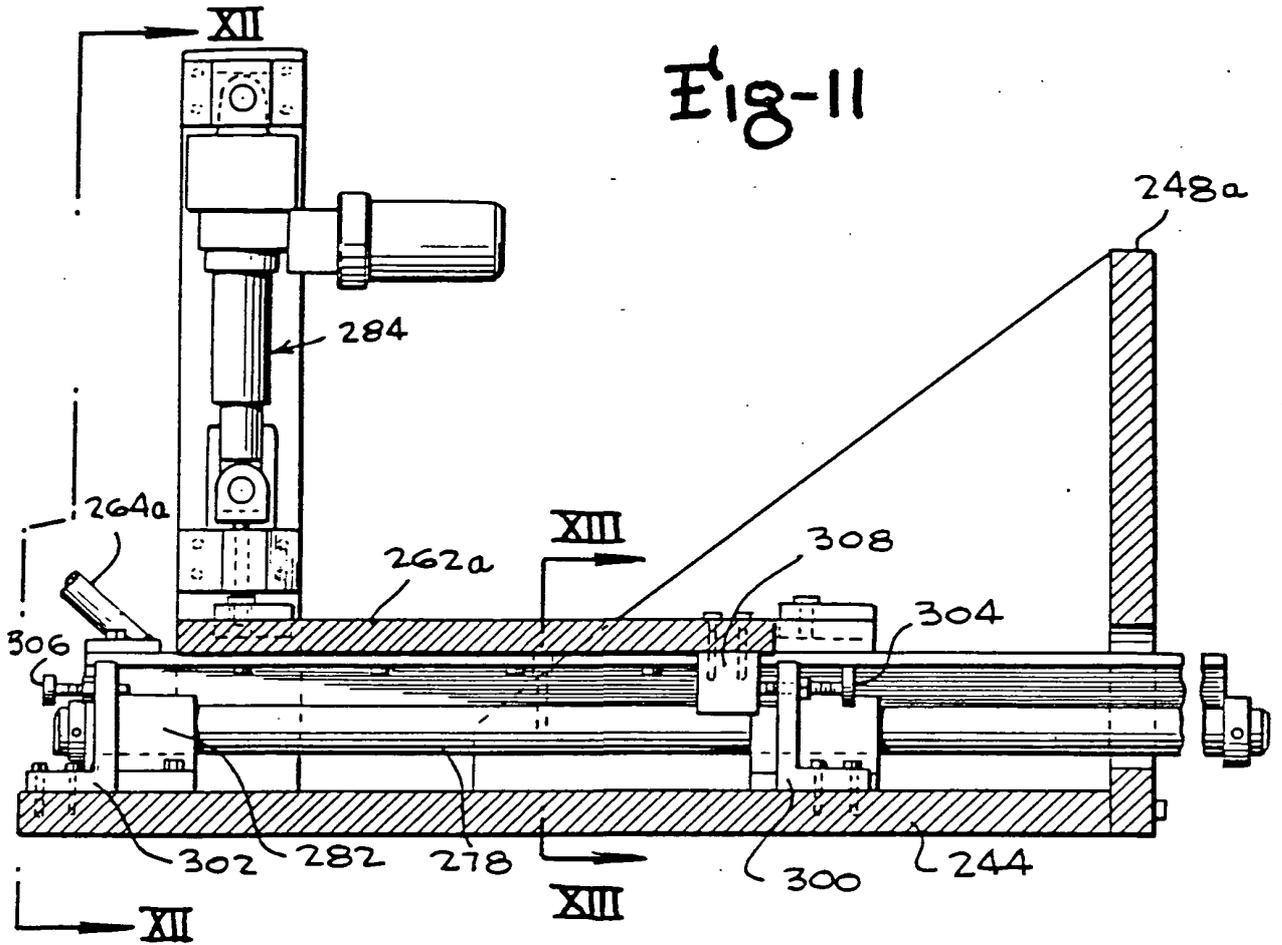


Bruxelles, le 31 août 1983  
P.Pon.de WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION  
OFFICE KIRKPATRICK - G.C. PLUCKER.

Fig-10

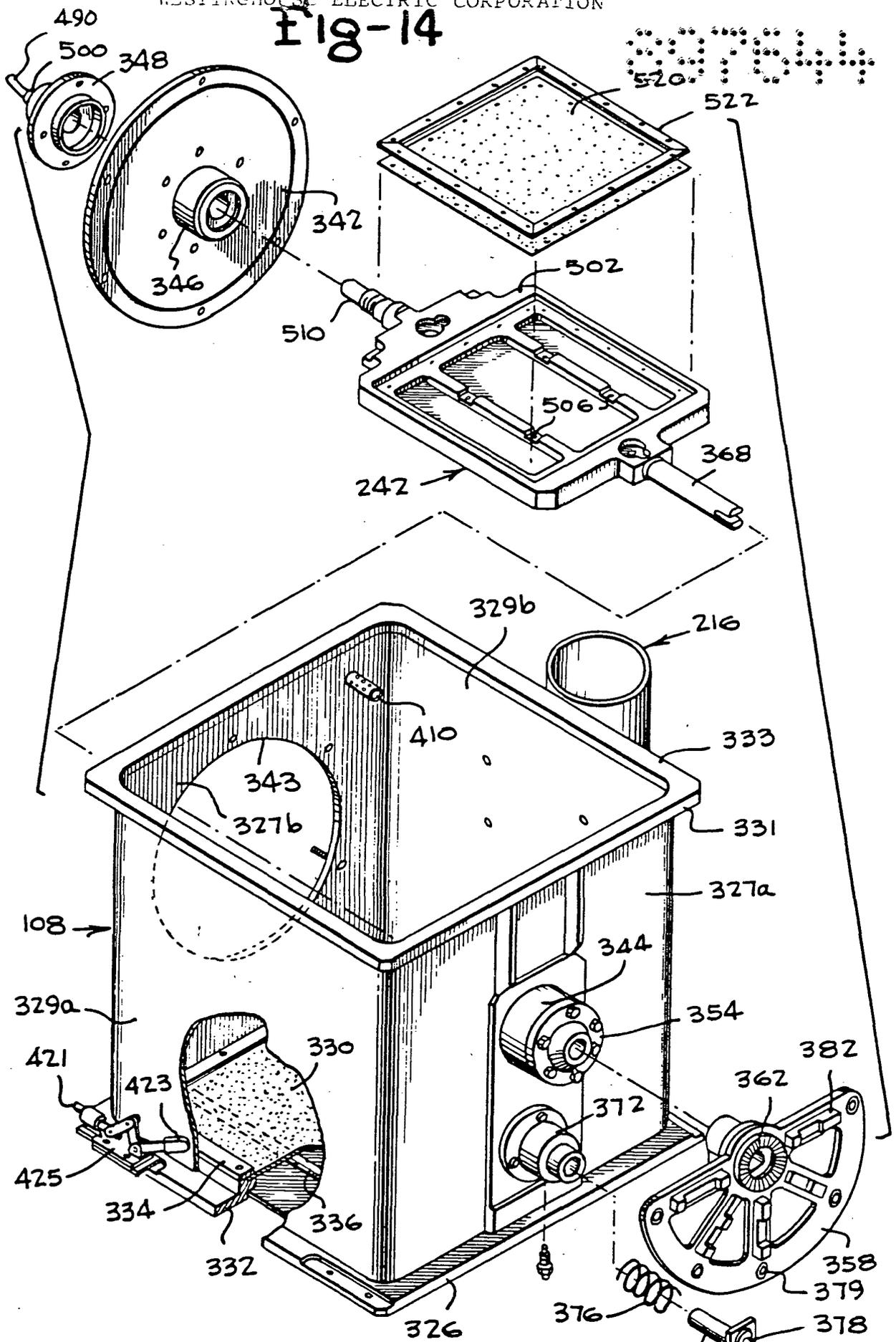


Bruxelles, le 31 août 1983  
P. Pon. de WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION  
OFFICE KIRKPATRICK G.C. PLUCKER.



Bruxelles, le 31 août 1983  
 P.Pon.de WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION  
 OFFICE KIRKPATRICK & G.C. PLUCKER.

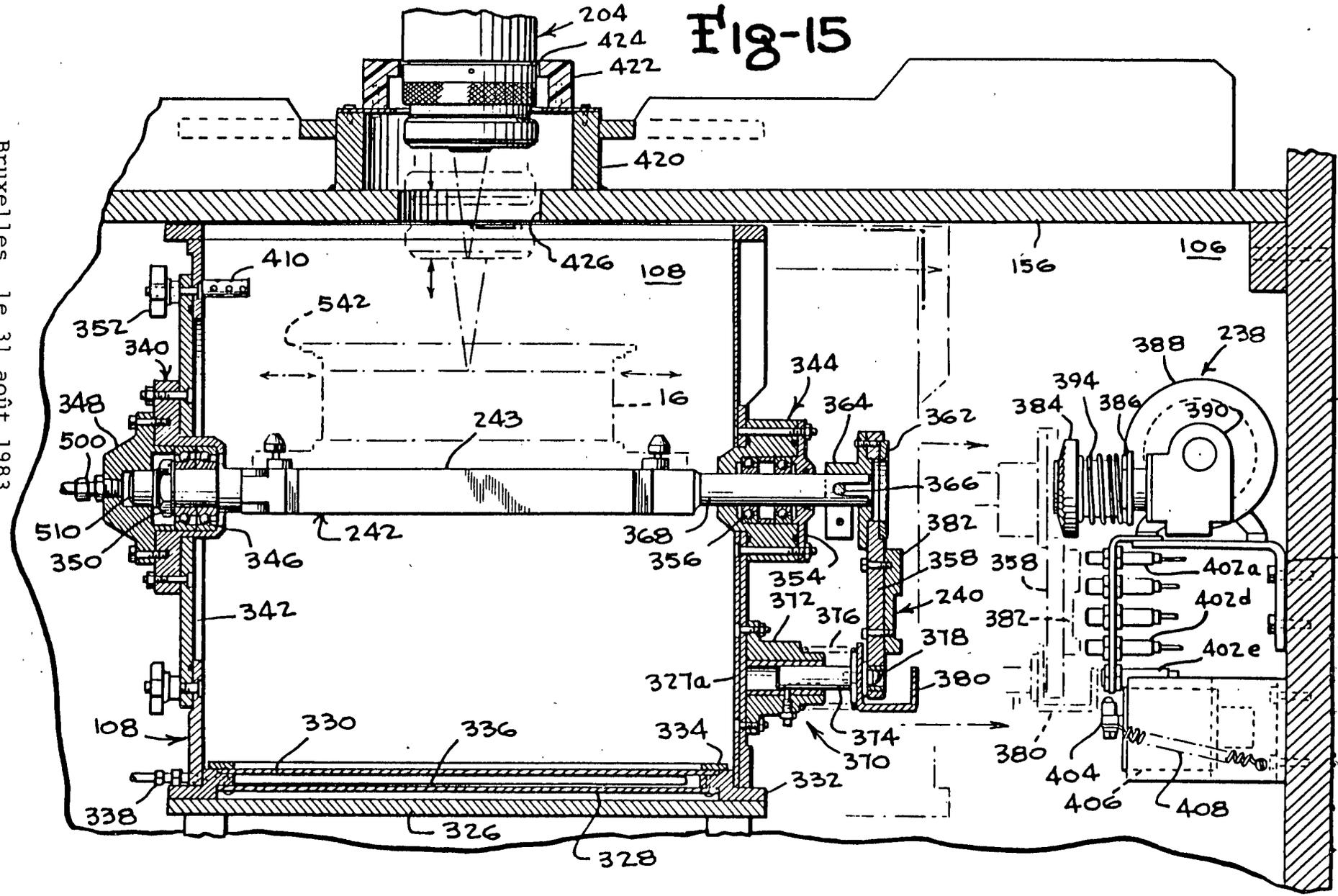
# Fig-14



Bruxelles, le 31 août 1983  
 P.Pon.de WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION  
 OFFICE KIRKPATRICK - G.C. PLUCKER.

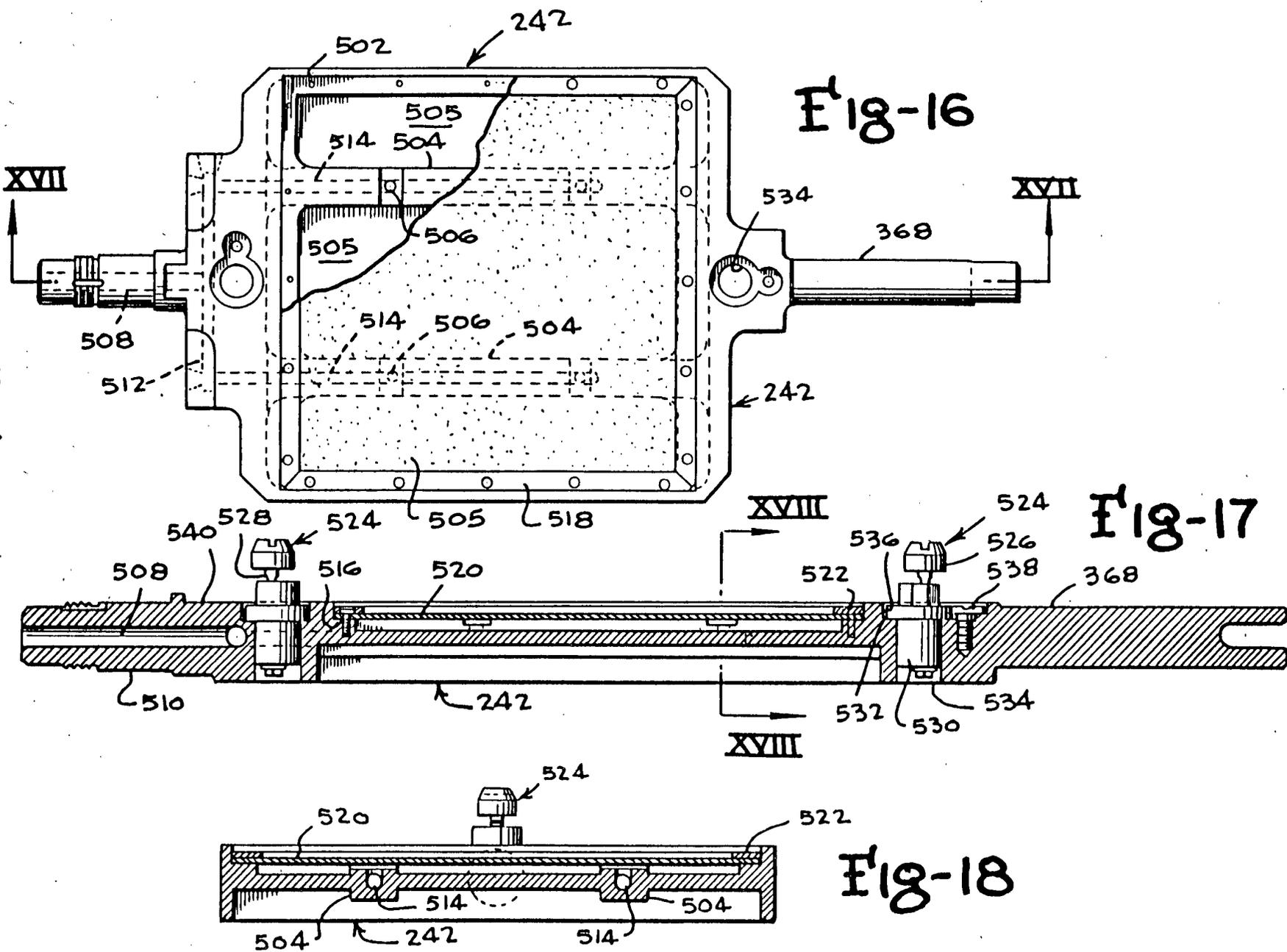
*February*

Fig-15



Bruxelles, le 31 août 1983  
P. Pon. de WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION  
OFFICE KIRKPATRICK - G.C. PLUCKER.

WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION



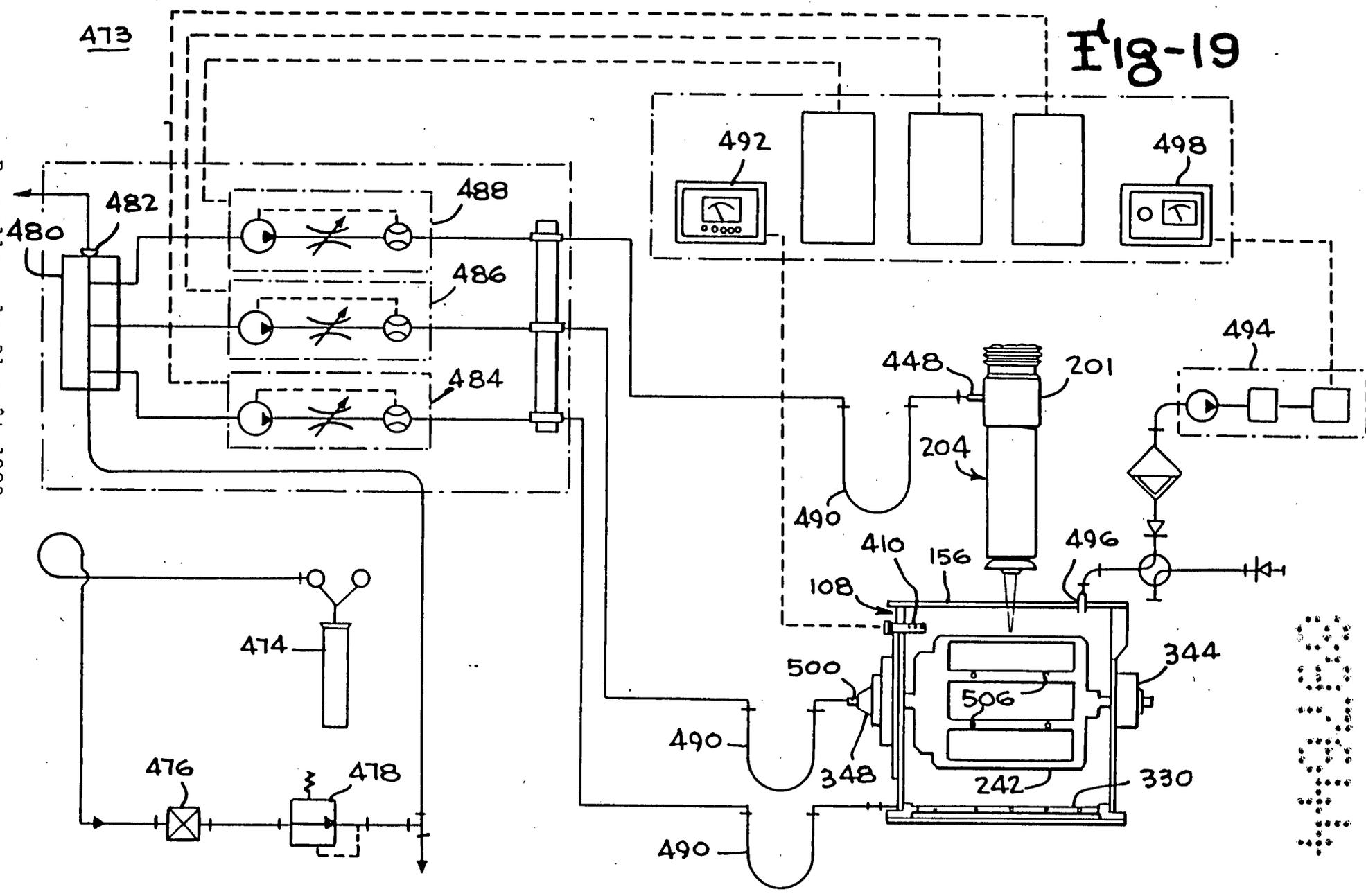
Bruxelles, le 31 août 1983  
 P. Pon de WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION  
 OFFICE KIRKPATRICK & G.C. PLUCKER.

Fig-16

Fig-17

Fig-18

# Fig-19



473

492

498

480

482

488

486

484

494

448

201

204

490

410

156

496

108

474

476

478

490

500

348

506

242

344

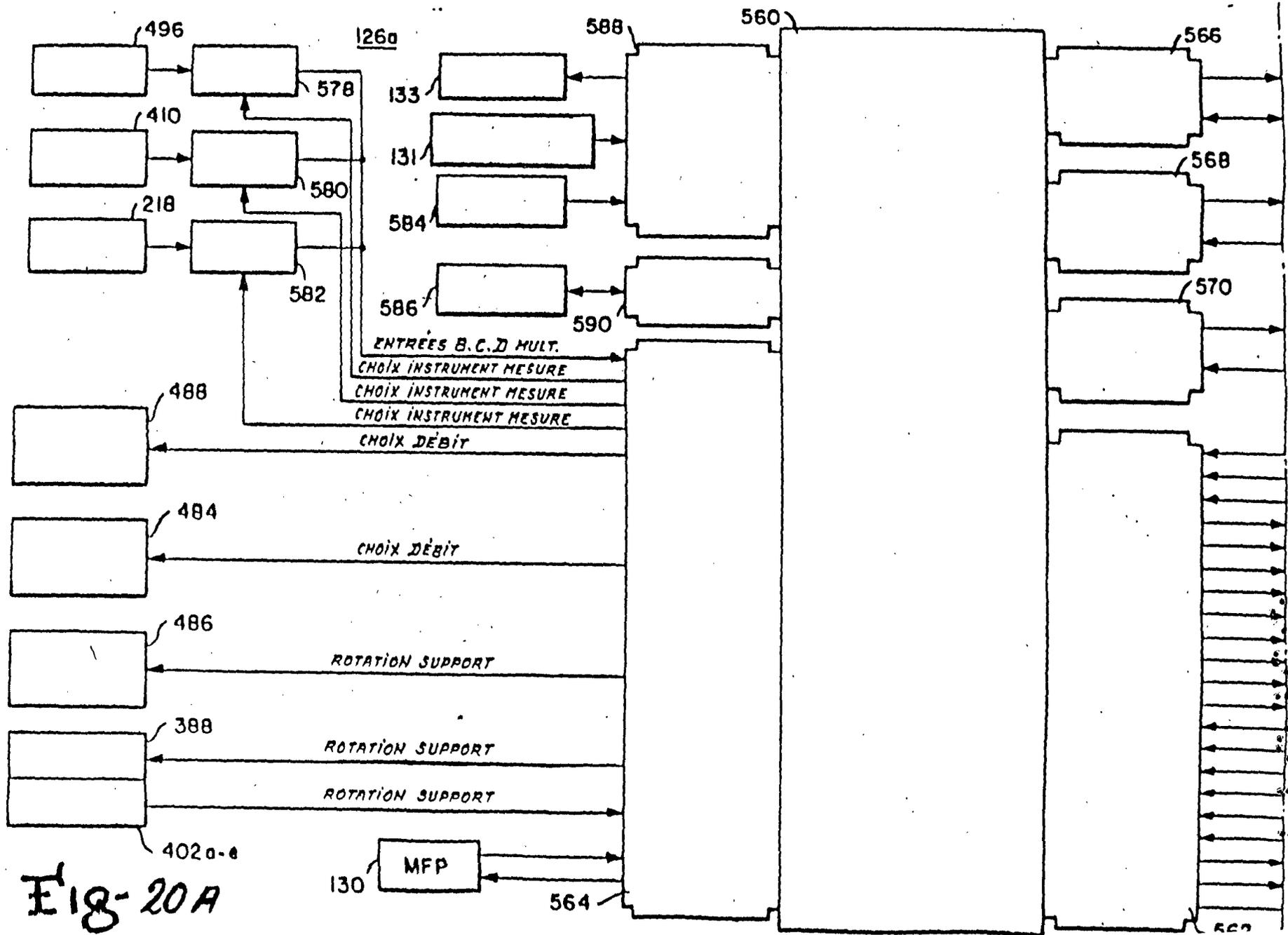
330

490

Bruxelles, le 31 août 1983  
P. Pon. de WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION  
OFFICE KIRKPATRICK G.C. PLUCKER.

WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION





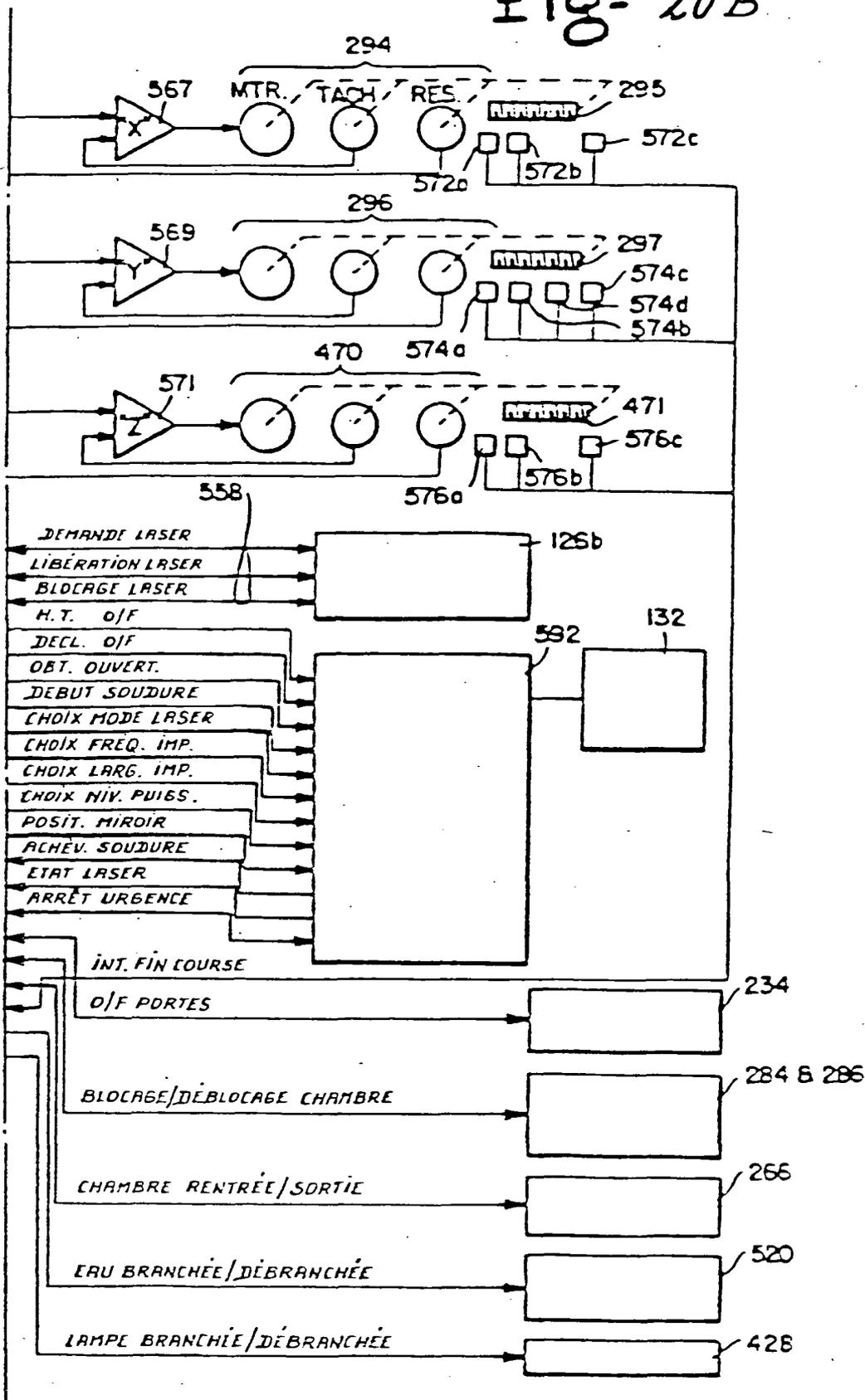
WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION

Bruxelles, le 31 août 1983  
 P. Pon. de WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION  
 OFFICE KIRKPATRICK - G.C. PLUCKER.

**Fig-20A**



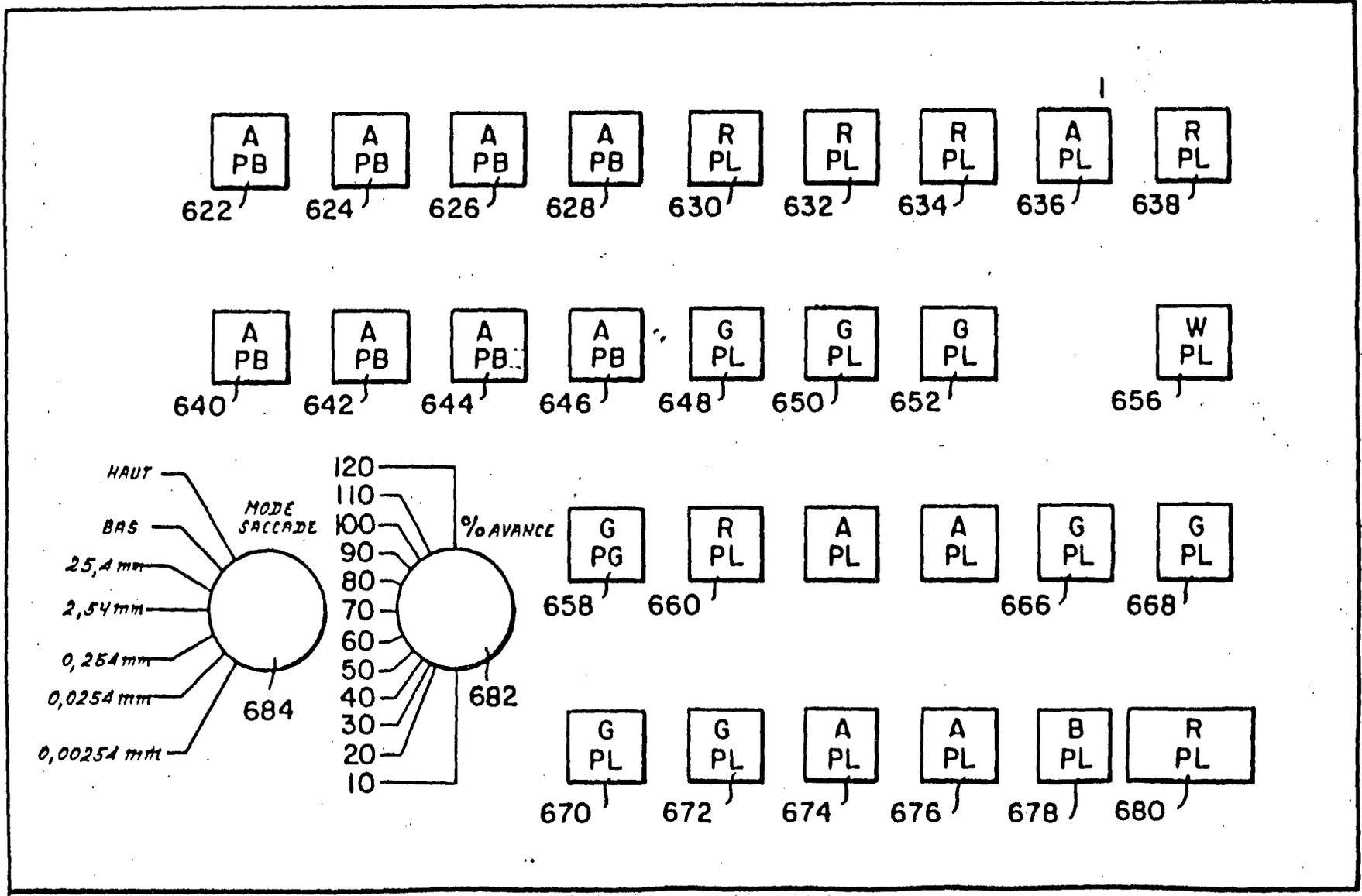
Fig- 20B



Bruxelles, le 31 août 1983  
 P.Pon.de WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION  
 OFFICE KIRKPATRICK - G.C. PLUCKER.

Fig-21 B

WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION

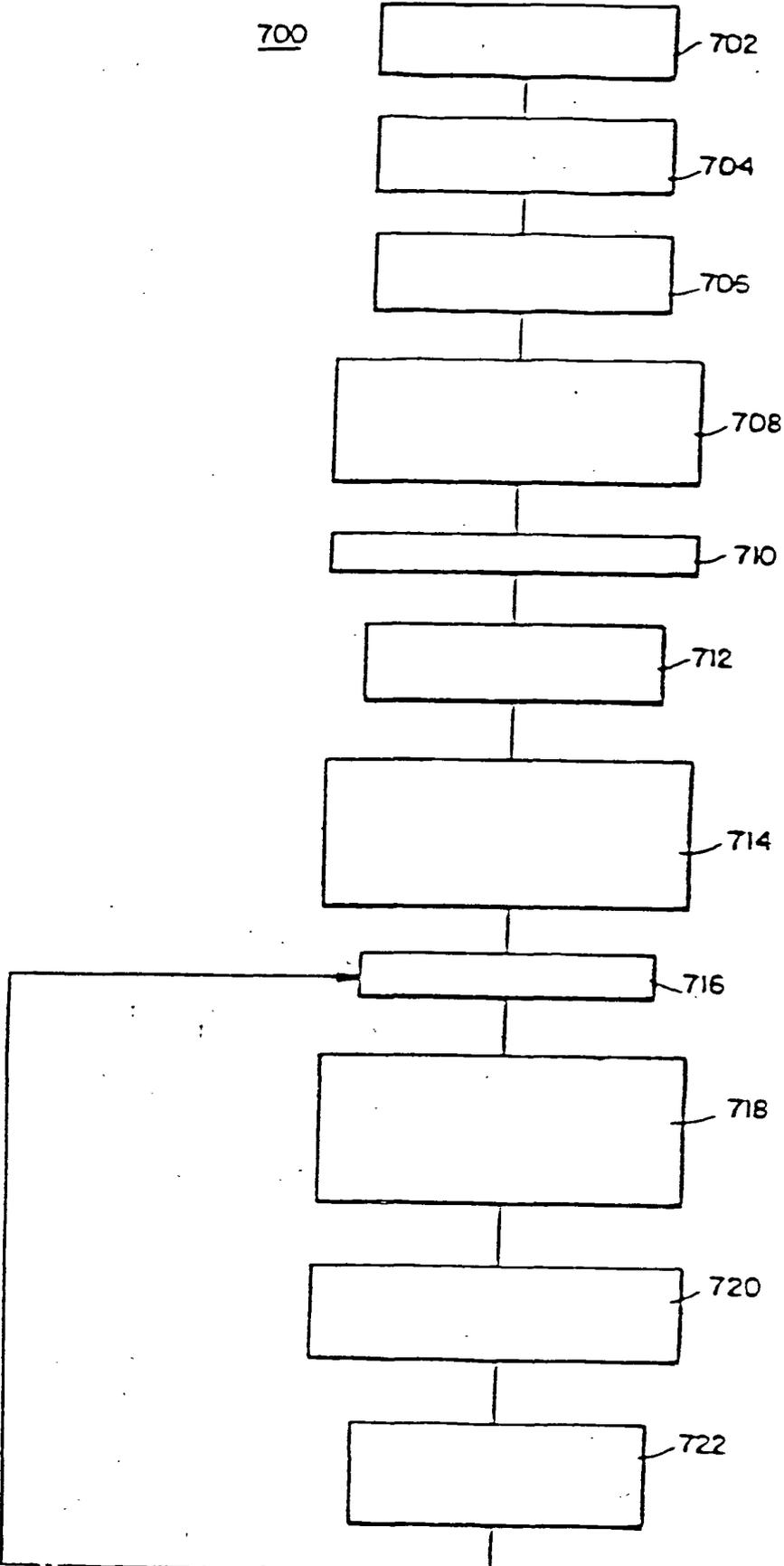


Bruxelles, le 31 août 1983.  
 P. Pon. de WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION  
 OFFICE KIRKPATRICK G.C. PLUCKER.



Fig. 22A

PROGRAMME PARTIEL



Bruxelles, le 31 août 1983  
P.Pon.de WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION  
OFFICE KIRKPATRICK - G.C. PLUCKER.

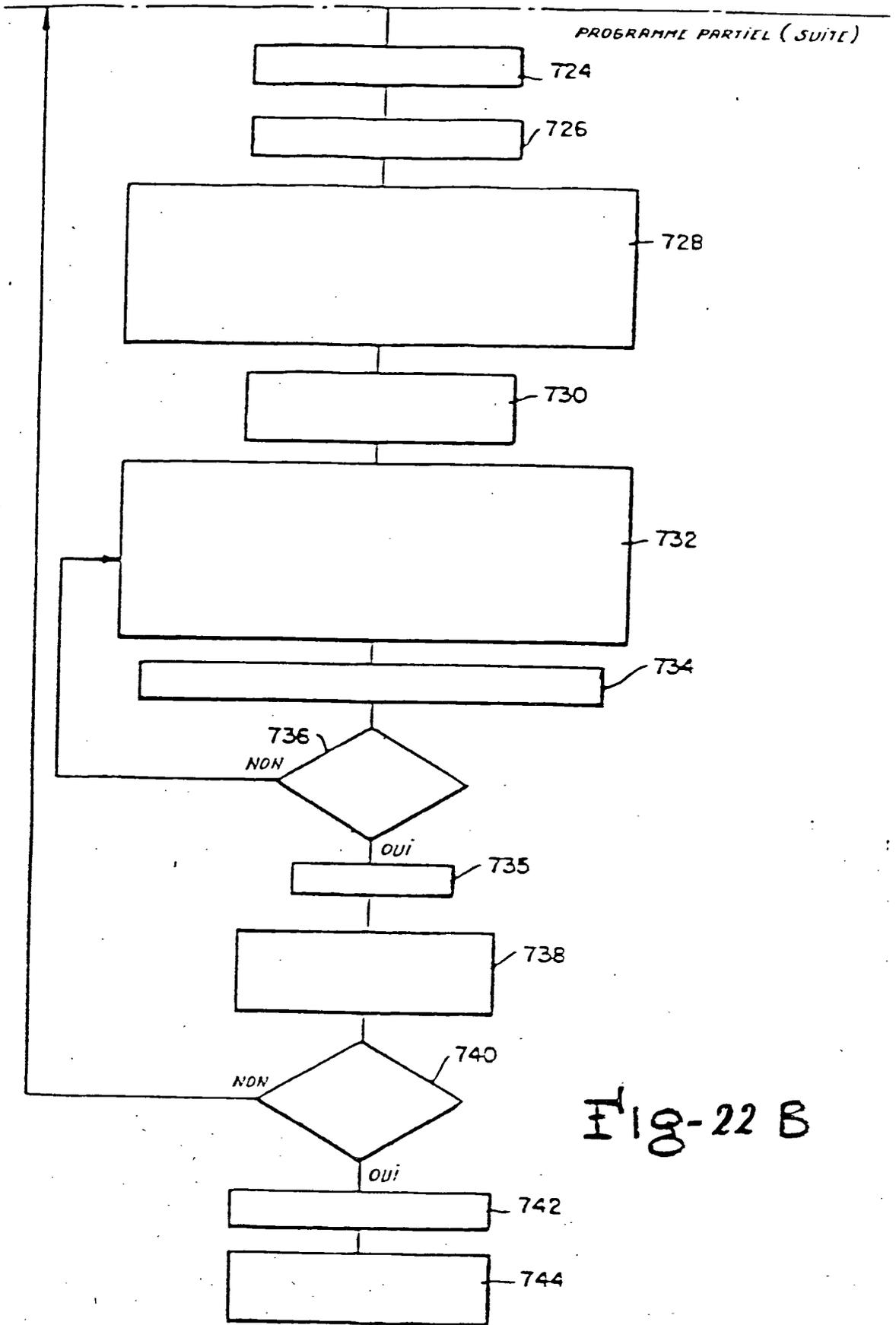
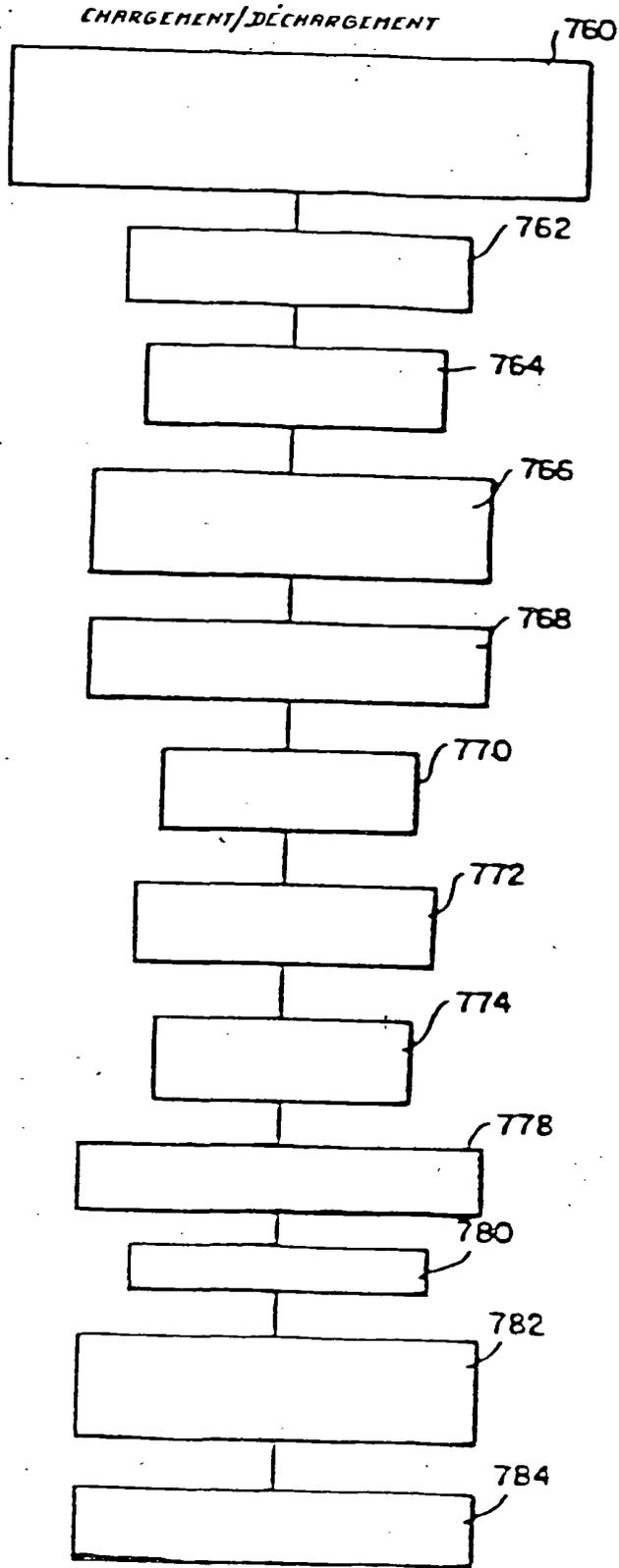


Fig-22 B

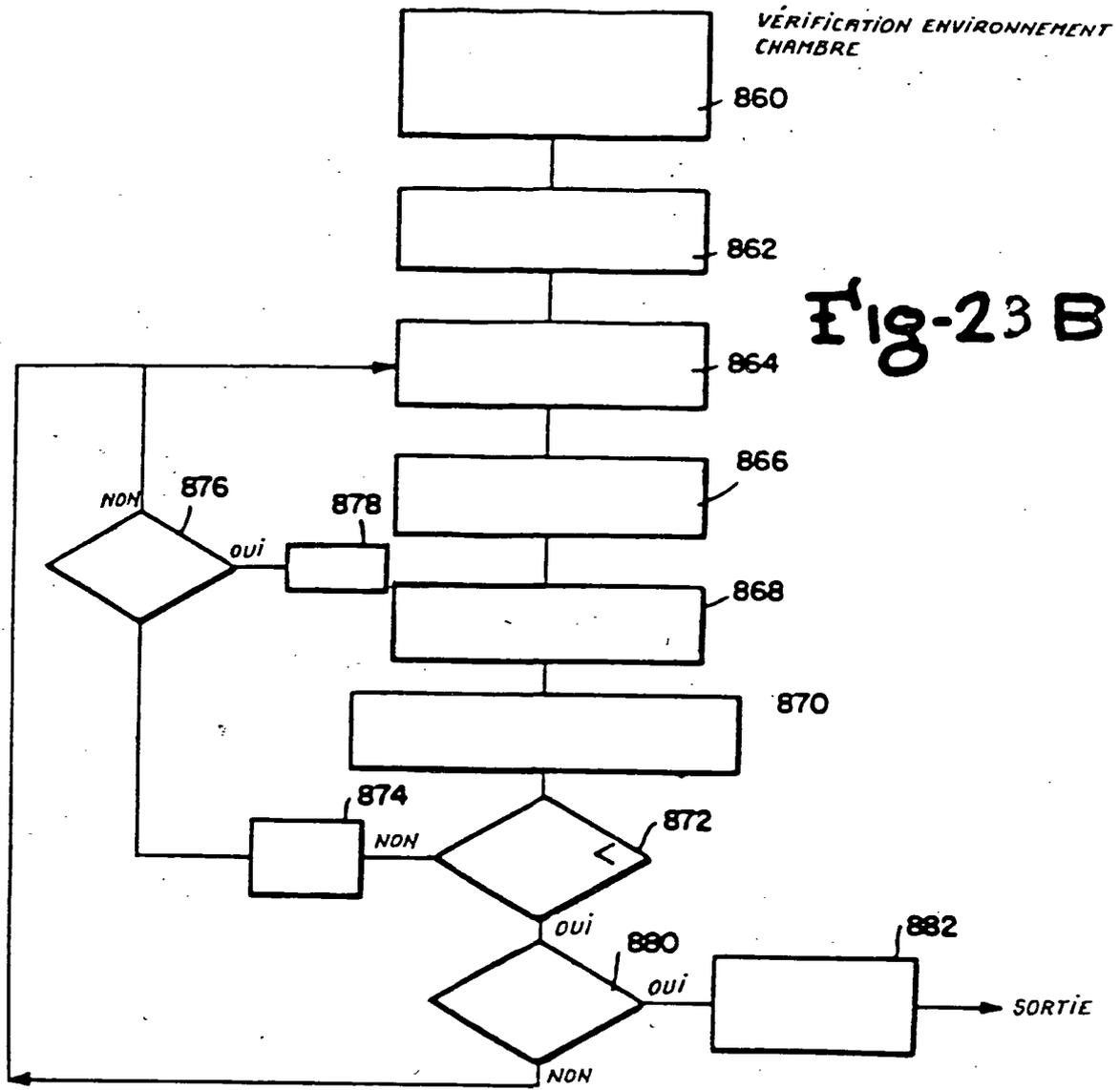
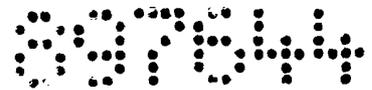
Bruxelles, le 31 août 1983  
P.Pon.de WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION  
OFFICE KIRKPATRICK - G.C. PLUCKER.



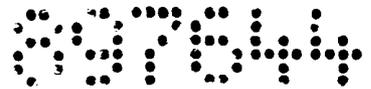
# Fig- 23A



Bruxelles, le 31 août 1983  
P.Pon.de WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION  
OFFICE KIRKPATRICK - G.C. PLUCKER.

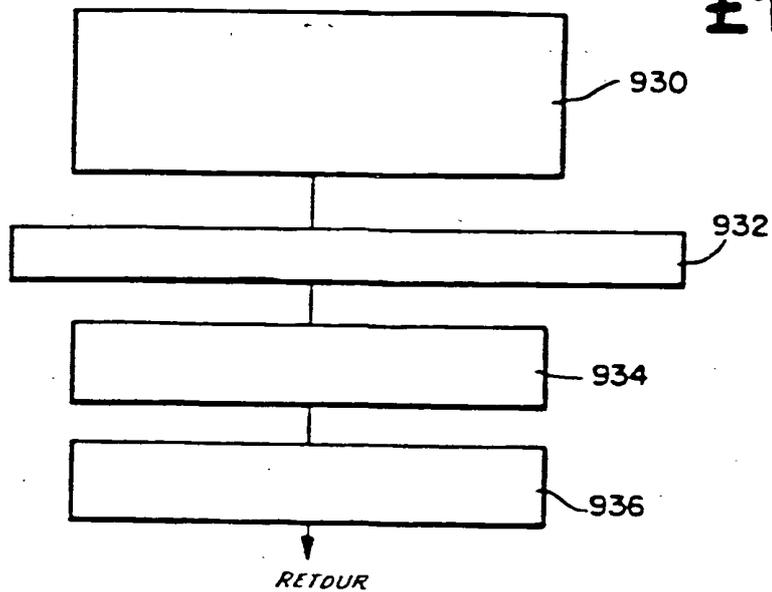


Bruxelles, le 31 août 1983  
P.Pon.de WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION  
OFFICE KIRKPATRICK - G.C. PLUCKER.



CHOIX DÉBIT GAZ

Fig-23C



Bruxelles, le 31 août 1983  
P.Pon.de WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION  
OFFICE KIRKPATRICK - G.C. PLUCKER.

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'P. Pon. de'.