



N° 897.647

Classif. Internat.:

B 23 K / H015 / G05 B

Mis en lecture le:

29 -02- 1984

LE Ministre des Affaires Economiques,

*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 d'usinage à laser pulsé,

qu'elle déclare avoir fait l'objet d'une demande de brevet
déposée aux Etats-Unis d'Amérique le 1er septembre 1982,
n° 414.264 au nom de R.A. Miller et G.D. Bucher 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 19 84

PAR DELEGATION SPECIALE:

Le Directeur


L. WUYTS

037047

MÉMOIRE DESCRIPTIF

DÉPOSÉ A L'APPUI D'UNE DEMANDE

DE

BREVET D'INVENTION

FORMÉE PAR

WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION

p o u r

Appareil d'usinage à laser pulsé.

Demande de brevet aux Etats-Unis d'Amérique N° 414.264
du 1er septembre 1982 en faveur de R.A. MILLER et G.D. BUCHER

MDB.2

WE 49.422



APPAREIL D'USINAGE A LASER PULSÉ

La présente invention concerne d'une façon générale un appareil destiné à produire et à diriger des impulsions d'un faisceau de laser sur une pièce à usiner de manière à assurer une soudure solide de forte pénétra-
 5 tion. Plus particulièrement, l'invention concerne un appareil destiné à souder une pièce à usiner en contrôlant avec précision l'énergie de l'effet laser et en contrôlant particulièrement le nombre des impulsions de laser appliquées à la pièce.

10 Dans un exemple de réalisation de l'invention, la pièce à usiner se présente sous la forme d'un élément combustible nucléaire dans lequel des entretoises de grilles sont soudées ensemble à leurs points d'inter-
 section.

15 L'appareil de soudage à laser de précision selon l'invention concerne généralement la fabrication d'éléments
 10 de faisceau de combustibles nucléaires, comme celui représenté sur la figure 1. Comme le montre la figure, l'élément 10 de faisceau de combustibles nucléaires est
 20 une unité autonome constituée par un ensemble (12) de buse supérieure et un ensemble (14) de buse inférieure entre lesquels est disposée une matrice de barreaux de

combustible nucléaire 18 disposés en rangées et en colonnes et maintenus dans cette configuration par plusieurs grilles 16 à barreaux combustibles. Bien que cela n'apparaisse pas sur la figure 1, des barres de contrôle sont incluses dans 5 des positions déterminées dans le réseau de barreaux combustibles nucléaires 18. Les ensembles 12 et 14 et les grilles 16 forment un cadre d'ossature pour supporter les barreaux combustibles 18 et les barres de contrôle. Les éléments 10 de faisceau de combustible nucléaire sont char- 10 gés dans des positions prédéterminées d'un réacteur nucléaire et par conséquent l'orientation réciproque des barreaux combustibles 18 est rigoureusement contrôlée.

L'appareil de soudage à laser de précision selon l'invention, est, dans un exemple de réalisation, lié à 15 la fabrication des grilles 16 pour les barreaux combustibles comme le montrent les figures 2A à 2E. La grille 16 a une forme à peu près carrée dont la périphérie est formée par quatre brides extérieures 22. Chaque extrémité d'une bride extérieure 22 est soudée par un cordon de soudure d'angle 20 30 sur l'extrémité d'une bride extérieure disposée perpendiculairement. Des bandes intérieures 20 sont disposées en rangées et en colonnes perpendiculairement entre elles, de manière que des cellules sont formées pour recevoir les barres de contrôle et les barreaux combustibles nucléaires 25 18. Les bandes intérieures 20 disposées suivant des rangées et des colonnes comportent des fentes complémentaires à chacun des points d'intersection 24 pour recevoir une bande intérieure 20 disposée perpendiculairement. Une soudure d'intersection 32 est formée à chacun des points d'inter- 30 section 24, de sorte qu'une structure en treillis rigide est formée. De plus, chaque bande intérieure 20 comporte à chaque extrémité deux languettes 26 de dimensions et de forme lui permettant de pénétrer exactement dans une rangée supérieure ou inférieure de fentes 28 formées dans les 35 brides extérieures 22 comme le montre la figure 2A. Une

7

soudure 34 entre fentes et languettes est effectuée le long des rangées supérieure et inférieure formées par les fentes 28 dans les brides extérieures 22. De plus, des manchons de guidage 36 sont disposés sur la surface latérale correspondante de la grille 16 pour recevoir et guider les barres de contrôle qui y sont disposées. Une série de cordons de soudure d'encoche 40 fixe de façon sûre les manchons de guidage 36 sur des encoches 38 correspondantes formées dans les bandes intérieures 20.

10 L'appareil de soudage à laser de précision selon l'invention est adapté particulièrement pour exécuter une série d'opérations de soudage contrôlées pour exécuter chacune des soudures 30, 32, 34 et 40. L'appareil de soudage à laser selon l'invention contrôle non seulement les différents paramètres d'émission du laser en ce qui concerne la durée, l'amplitude de chacune des impulsions laser et le nombre des impulsions à appliquer à chaque soudure, mais contrôle également le positionnement successif des grilles 16 des barreaux combustibles par rapport au faisceau de laser. Il est bien entendu qu'après chacune de ces soudures, la grille 16 est repositionnée et/ou le foyer du faisceau de laser est changé pour effectuer le type particulier de soudure voulue.

En se référant maintenant aux figures 2B et 2C, des doigts élastiques 44 sont disposés dans la direction longitudinale des bandes intérieures 20, parallèlement entre eux. Deux doigts d'écartement 46 sont disposés de chaque côté d'un doigt élastique 44 correspondant et servent avec les doigts élastiques 44 à assurer une prise élastique des barreaux combustibles nucléaires 48 qui sont disposés dans la cellule formée par les bandes intérieures 20 qui se croisent. Un doigt élastique 44a est disposé sur la droite de la figure 2C, en face du doigt d'écartement 46a de sorte qu'un barreau combustible nucléaire 18 est tenu élastiquement entre eux.



La figure 2D montre la manière d'assembler les bandes intérieures V entre elles ainsi qu'avec les brides extérieures 22. Chacune des bandes intérieures 20 comporte plusieurs fentes complémentaires 52. Une bande supérieure 5 20a comporte une fente 52a dirigée vers le bas tandis qu'une bande inférieure 20b comporte des fentes 52b dirigées vers le haut de forme et de dimensions lui permettant d'être reçue dans une forme correspondante 52a de la bande intérieure 20a. Chaque extrémité d'une bande intérieure 20 10 comporte deux languettes 26 qui sont disposées dans des fentes 28 correspondantes d'une bride extérieure 22.

Comme cela sera expliqué en détail par la suite, les bandes intérieures 20 sont soudées entre elles par des soudures d'intersection 32, formées par des languettes 15 en saillie 48 et des parties de languettes 50a et 50b. Plus particulièrement, une languette 48 est disposée entre une partie de languette 50a et 50b correspondante quand les bandes intérieures 20a et 20b sont assemblées. A l'application d'un faisceau de laser à la languette 48 et aux parties 20 de languettes 48 et 50, une soudure d'intersection 32 est formée, très rigide et exempte de contamination selon l'invention. En outre, chaque extrémité d'une bride extérieure 22 comporte une languette d'angle 54. Comme le montre la figure 2D, les brides extérieures 22c et 22b 25 comportent respectivement des languettes d'angle 54b et 54c qui se chevauchent entre elles et qui sont soudées ensemble pour former le cordon de soudure d'angle 30.

Comme le montrent les figures 2C et 2E, des ailettes 42 font saillie sur un côté d'ailettes de la 30 grille 16 à barreaux combustibles pour accentuer les turbulences de l'eau qui passent sur les barreaux combustibles 18. De plus, et comme le montre particulièrement la figure 2C, les manchons de guidage 36 sont alignés avec des cellules formées par des bandes intérieures 20 qui sont 35 exemptes de doigts élastiques 44 ou de doigts d'écartement

7

46, ce qui permet le libre mouvement des barres de
contrôle dans la cellule et dans le manchon de guidage
36.

Les brevets des Etats-Unis d'Amérique n° 3.966.550
5 et 3.791.466 décrivent des grilles à barreaux combustibles
antérieures de configuration similaire. Chacun de ces
brevets décrit une grille à barreaux combustibles dans
laquelle les brides extérieures et les bandes intérieures
sont faites d'un alliage métallique approprié, par exemple
10 Inconel, et les assemblages mentionnés ci-dessus sont
effectués par brasage au four. Mais il est connu que l'al-
liage de zirconium, appelé Zircalloy possède des carac-
téristiques souhaitables de faible section d'absorption
de neutrons permettant une utilisation plus efficace du
15 combustible nucléaire en fonctionnement et permettant par
conséquent un temps plus long entre le rechargement par le
remplacement des faisceaux de combustibles nucléaires. En
particulier, les grilles à barreaux combustibles faites en
Zircalloy ont un plus faible taux d'absorption des neu-
20 trons produits par les barreaux combustibles que le taux
d'absorption des bandes faites en Inconel. La réalisation
des bandes de grilles en Zircalloy nécessite au moins
plusieurs modifications de l'ensemble des grilles à barreaux
combustibles. Tout d'abord, il est nécessaire de réaliser
25 les fentes de manière que les bandes intérieures puissent
se couper entre elles avec des tolérances plus larges car
les bandes de grilles en Zircalloy ne permettent pas
l'ajustage à force, c'est-à-dire d'être forcées en position,
mais nécessitent au contraire un ajustage contrôlé qui
30 permet un assemblage léger des bandes qui se coupent.
De plus, les bandes en Zircalloy ne peuvent être brasées
car leur chauffage à une température suffisante pour
fondre la brasure recuit le Zircalloy ce dont il résulte
une perte de rigidité mécanique.

35 Avant le choix d'un procédé particulier de soudage,

7

différents procédés de soudage de matières volatiles, comme le Zircalloy, ont été étudiés y compris le soudage continu avec un laser CO_2 , l'émission pulsée d'un laser Nd:YAG, le soudage à l'arc au tungstène sous gaz de protection et le soudage par faisceaux d'électrons. Un faisceau d'électrons pulsé permet des densités de puissance allant jusqu'à 10^9 watts/centimètre carré avec des durées d'impulsions de l'ordre de la microseconde et au-dessous de la milliseconde. Mais le soudage avec un faisceau d'électrons est généralement effectué sous vide, ce qui est relativement coûteux à réaliser et nécessite un temps relativement long pour établir le degré de vide voulu, ce qui ralentit la fabrication des grilles à barreaux combustibles. En outre, il est nécessaire de produire un mouvement relatif de la pièce à usiner, c'est-à-dire des grilles à barreaux combustibles, dans trois dimensions par rapport aux faisceaux d'électrons, ce qui nécessite un dispositif très complexe de positionnement de grilles. L'utilisation d'un faisceau d'électrons continu permet des niveaux de puissance relativement bas (de l'ordre de 200 watts) imposant des temps de soudage relativement longs et des pénétrations de soudure peu profondes. L'utilisation d'un arc au tungstène sous gaz a également été considérée et s'est avérée inacceptable pour effectuer une série de soudures car, après un nombre donné de soudures, par exemple 25, il faut effiler les électrodes pour obtenir le mince arc voulu permettant de produire un nombre bien défini de soudures et pour éviter les dommages aux bandes voisines ou aux ailettes voisines des grilles à barreaux combustibles. Deux types de lasers sont couramment utilisés pour le soudage : (1) le laser à semi-conducteurs Nd:YAG, considéré selon l'invention, utilise un barreau cristallin de rubis d'yttrium-aluminium dopé de néodyme et (2) le laser CO_2 qui utilise un mélange de CO_2 - N_2 -He comme agent d'effet laser. Un avantage inhérent du laser Nd:YAG est que son

7

émission se fait dans une longueur d'ondes de l'ordre de 1,06 μm , à laquelle le verre est transparent à l'émission laser. Cette caractéristique permet d'utiliser un microscope coaxial utilisant les mêmes éléments optiques 5 à la fois pour l'observation optique et la focalisation laser. De plus, un laser Nd:YAG pulsé a une puissance moyenne de 400 watts, une fréquence des impulsions allant jusqu'à 200 impulsions par seconde et une puissance de crête dépassant 8000 watts jusqu'à 7 millisecondes. Cette 10 haute puissance de crête permet au laser Nd:YAG de produire des soudures d'une pénétration relativement profonde, assurant ainsi la sécurité de structures des bandes soudées des grilles à barreaux de combustibles nucléaires. Ces lasers peuvent fonctionner à partir d'un "démarrage à froid" 15 avec l'obturateur restant ouvert, de sorte que le temps de soudage est déterminé par le temps pendant lequel l'énergie est appliquée aux lampes éclair. Ce procédé de soudage n'est pas particulièrement applicable à une série de soudures relativement rapides car le temps d'échauffement 20 du barreau de laser à chaque soudure est de l'ordre de 0,8 seconde. De plus, il se produit des variations de longueur du trajet optique jusqu'à ce qu'une condition d'équilibre thermique soit atteinte dans le barreau de laser. Un second mode de fonctionnement, considéré par l'invention, 25 du laser Nd:YAG permet le fonctionnement pulsé continu du laser tout en utilisant son obturateur pour "intercepter" un nombre fixe d'impulsions, éliminant ainsi les effets d'échauffement du barreau de laser et assurant l'uniformité des soudures même si un grand nombre d'entre elles 30 doivent être effectuées.

Le brevet des Etats-Unis d'Amérique n° 3.555.239 est un exemple ancien d'une large partie de la technique antérieure décrivant un appareil de soudage à laser automatique dans lequel la position de la pièce à usiner, aussi 35 bien que l'opération de soudage, est contrôlée par un



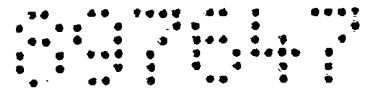
calculateur numérique. Ce brevet décrit la commande des faisceaux de laser tout en commandant la pièce usinée pendant qu'elle se déplace d'un côté à l'autre le long de l'axe X, horizontalement vers l'avant et l'arrière le long d'un axe Y et verticalement vers le haut et le bas le long d'un axe Z. A titre d'exemple, des moteurs pas à pas sont commandés par le calculateur numérique pour déplacer la pièce de façon rectiligne le long d'un axe déterminé. En outre, le soudage est exécuté dans une atmosphère contrôlée et, en particulier, la pression et le débit du gaz dans la chambre de soudage sont commandés par le calculateur numérique. De plus, un compteur est utilisé pour compter les impulsions, de sorte que le nombre des impulsions de laser appliquées à la pièce usinée peut être contrôlé.

Le brevet des Etats-Unis d'Amérique n° 4.263.495 décrit l'utilisation d'une photodiode pour recevoir un rayonnement provenant d'un point de soudure, c'est-à-dire la soudure entre deux fibres optiques pour mesurer la puissance du faisceau de laser dirigé sur ce point au cours du soudage.

Le brevet des Etats-Unis n° 4.088.890 décrit un dispositif de commande programmable destiné à commander l'émission laser, et en particulier, pour commander un obturateur de faisceau afin que l'intensité voulue d'émission laser soit dirigée sur la pièce usinée. Ce brevet décrit également le mouvement rectiligne d'un chariot supportant la pièce usinée le long d'un axe vertical, afin que la pièce usinée soit amenée correctement dans une position dans laquelle une soudure par laser est effectuée. Ce brevet décrit également l'exécution d'un cordon de soudure, la pièce usinée tournant pendant que le faisceau de laser est dirigé sur le joint entre deux pièces à souder ensemble.

En particulier, ce brevet décrit l'utilisation d'un premier groupe de capteurs de points de soudure disposés

7



chacun au même niveau par rapport à l'axe vertical et à 45° au-dessus du cordon de la tête de soudage à laser pour définir la zone de soudage. En particulier, les capteurs de points de soudure produisent un signal de sortie de niveau 5 haut indiquant le début de la zone de soudage et, en particulier, un cordon de soudure entre deux points de soudure voisins. Il est entendu que, après que les points de soudure ont été tournés au-devant, les capteurs de points de soudure détectent une réduction de réflexion du faisceau 10 laser pour indiquer le passage des bords arrière des points de soudure. La rotation des bords avant et arrière des points de soudure devant les capteurs commande un obturateur pour diriger l'émission laser sur le cordon de soudure entre les deux points de soudure voisins. Un autre groupe 15 de capteurs de niveaux sont prévus, de sorte que la pièce usinée, lorsqu'elle est entraînée linéairement par le chariot le long de l'axe vertical, est contrôlée pour disposer le cordon de soudure entre des points de soudure voisins dans une position verticale alignée avec la tête 20 à laser. En particulier, les capteurs de niveau détectent une réduction substantielle de la sortie de rayonnement réfléchi quand le joint entre deux points de soudure passe devant les capteurs de niveau, de sorte que le mouvement rectiligne du chariot et de sa pièce usinée le long de 25 l'axe vertical est interrompu.

Le brevet des Etats-Unis d'Amérique n° 3.858.025 décrit l'utilisation de deux capteurs à infrarouge pour aider à positionner une pièce à usiner par rapport à un outil de soudage sous la forme d'une électrode de soudage. 30 La pièce se présente sous la forme de deux minces feuilles disposées en "T" l'une par rapport à l'autre, l'électrode de soudage étant positionnée pour former un cordon de soudure au point d'intersection entre les deux minces feuilles. En particulier, deux capteurs à infrarouge sont 35 disposés de chaque côté de la feuille disposée verticalement

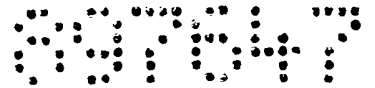
pour détecter un déséquilibre de la chaleur de soudage.

Un circuit approprié est connecté aux sorties des capteurs à infrarouge pour détecter le déséquilibre et pour commander un moteur réversible en fonction du déséquilibre détecté
5 pour positionner à nouveau l'électrode de soudage.

Les dispositifs de détection de la technique antérieure décrits ci-dessus sont principalement orientés sur la soudure continue dans laquelle le soudage d'un joint entre deux pièces est contrôlé. En particulier, la technique
10 antérieure concerne le début et la fin d'un cordon de soudure ainsi que l'alignement du joint par rapport à la tête à laser. Au contraire, l'invention concerne l'alignement précis d'un point d'usinage sous la forme par exemple d'un point de soudage par rapport au trajet laser. Comme
15 décrit, ci-dessus, la pièce à usiner qui doit être soudée se présente sous la forme d'une grille à barreaux combustibles 16 dans laquelle les points d'usinage comportent les points 24 d'intersection entre les bandes intérieures 24, où des soudures de croisement 32 doivent être effectués.
20 Comme cela sera expliqué, si l'un des points d'intersection 24 est mal aligné par rapport au faisceau laser, les bandes intérieures 20 qui se croisent ne sont pas soudées entre elles, ce qui produit une grille défectueuse. En outre, il est nécessaire non seulement d'aligner un point
25 d'intersection 24 mais plusieurs de ces points. A cet égard, un dispositif sous la forme de deux tables de positionnement X et Y est utilisé pour recevoir et pour déplacer pas à pas la grille 16 à barreaux combustibles à chaque séquence de position de manière que chacun des
30 points d'intersection 24 soit exactement aligné avec le trajet du faisceau laser.

Un objet de l'invention est donc de proposer un nouveau appareil pour le soudage au laser d'une pièce à usiner qui améliore la qualité de la soudure et en
35 particulier, bien sûr, une pénétration notable de la

7

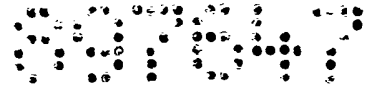


soudure et une intégrité de structure de la pièce usinée.

L'invention concerne donc principalement un
appareil de soudage à laser, comprenant un premier miroir
réfléchissant et un second miroir à transmission partielle
5 disposé de chaque côté d'un laser ; un ensemble de lampe
pour diriger un rayonnement sur le laser ; un dispositif
optique pour focaliser et diriger l'émission laser sur
une pièce à usiner ; un obturateur pour interrompre
l'émission laser vers l'un du premier et du second miroir ;
10 un circuit de commande pour actionner l'obturateur afin de
laisser passer un nombre déterminé d'impulsions de l'émis-
sion laser ; et pour régler la durée et la fréquence de
répétition des impulsions de l'émission laser afin de
souder progressivement la pièce à usiner jusqu'à la
15 pénétration voulue.

L'invention concerne donc un appareil et un
procédé pour diriger un nombre contrôlé d'impulsions de
laser sur une pièce à usiner. Plus particulièrement,
l'appareil d'usinage au laser comporte un laser excitable
20 et une lampe d'excitation pour exciter continuellement le
laser afin d'émettre une série d'impulsions laser. L'appli-
cation des impulsions laser sur la pièce à usiner est
contrôlée par un obturateur de cavité intérieure qui est
ouvert pour permettre qu'un nombre précis d'impulsions soit
25 dirigé sur la pièce à usiner. La fréquence et la durée
des impulsions laser sont contrôlées par la lampe d'exci-
tation et sont réglées pour créer une soudure progressive
de profondeur notable et d'intégrité structurelle. Dans
un exemple de réalisation de l'invention, la durée des
30 impulsions est de l'ordre de 3 à 9 ms et la fréquence est
réglée dans la plage de 15 à 25 impulsions par seconde. Le
laser est excité pour produire des impulsions d'une puissance
de crête de l'ordre de 2000 à 4000 watts, en produisant
ainsi progressivement une soudure d'intersection de péné-
35 tration notable.





Dans un exemple particulier de réalisation de l'invention, l'appareil de soudage à laser est adapté pour souder deux pièces qui se croisent, c'est-à-dire des entretoises de grilles d'un élément combustible nucléaire, chaque bande comportant une languette en saillie consommable, les languettes de deux pièces étant alignées entre elles de manière que le faisceau de laser consomme les languettes de deux pièces pour former entre elles une soudure d'intersection.

10 Dans l'exemple de réalisation ci-dessus, les pièces sont faites d'une matière comme le Zircalloy ayant une épaisseur de l'ordre de 0,45 mm. Avec ces paramètres, la tête à laser est excitée à une fréquence de 20 impulsions par seconde, chaque impulsion ayant une durée de 15 6 ms et une puissance de crête d'environ 2600 watts. Une pénétration d'au moins 1,75 mm de la soudure est obtenue.

Selon une autre caractéristique encore de l'invention, un dispositif de commande, par exemple sous la forme d'un circuit de commande d'obturateur, est prévu 20 pour compter le nombre des impulsions de laser appliquées au point d'usinage de la pièce, afin qu'une quantité contrôlée connue d'énergie soit appliquée à chaque point. A cet effet, le comptage des impulsions de laser commence après la fin de chaque impulsion, de sorte que l'action- 25 nement de l'obturateur de cavité intérieure ne soit pas synchronisé avec le calculateur mais plutôt avec l'émission laser, de sorte que seules des impulsions laser complètes sont appliquées au point d'usinage. Cela évite la possibilité de variations du nombre des impulsions et par conséquent, de l'énergie appliquée au point d'usinage. 30

Dans un exemple de réalisation de l'invention, un circuit de commande de laser est prévu pour produire une série de signaux de temps d'une fréquence et d'une durée déterminées pour les appliquer à un compteur du 35 circuit de commande de l'obturateur. Les signaux de temps



sont produits en synchronisme avec l'émission des impulsions de laser et servent en particulier à actionner une lampe de laser pour exciter ce dernier avec des trains de rayonnement à la fréquence et à la durée déterminées.

5 Le compteur commence à compter les signaux de temps à l'ouverture de l'obturateur et continue à compter jusqu'à ce qu'il atteigne un nombre correspondant à celui des impulsions de laser qui doivent être dirigées sur le point d'usinage et à ce moment, l'obturateur est fermé. L'ouverture de l'obturateur est déclenchée par un signal qui est appliqué au circuit de commande d'obturateur. Ce dernier réagit au signal de déclenchement d'effet laser pour ouvrir l'obturateur à la réception du signal de temps suivant de sorte que seules les impulsions laser complètes
10 sont dirigées par l'obturateur sur le point d'usinage de la pièce. Dans un exemple de réalisation de l'invention, le signal de déclenchement d'effet laser est développé par un mécanisme qui déplace la pièce à usiner par rapport au faisceau de laser et en particulier, quand le mécanisme
15 de déplacement a cessé de déplacer la pièce par rapport au faisceau laser afin de produire le signal de déclenchement d'effet laser.
20

Selon une autre caractéristique encore de l'invention, un dispositif sensible à un rayonnement sous la
25 forme d'une photodiode est monté par rapport au trajet de laser pour détecter le rayonnement réfléchi par un point d'usinage sur la pièce qui doit être aligné avec précision par rapport au trajet de laser. La sortie du dispositif sensible aux rayonnements est analysée au cours de l'usinage en un point pour déterminer le taux d'augmentation du rayonnement réfléchi et, s'il dépasse un niveau prédéterminé, une indication est produite que le trajet de laser est aligné avec précision par rapport au point d'usinage. Dans un exemple de réalisation de l'invention,
30 le signal de sortie du dispositif sensible aux rayonnements
35



est appliqué à un circuit d'échantillonnage et maintien qui échantillonne la sortie à des intervalles contrôlés pour déterminer si la sortie dépasse un niveau acceptable minimale qui augmente au cours de la phase d'usinage, 5 pour produire une indication d'alignement avec le trajet de laser et par conséquent, indiquant si le point d'usinage est acceptable ou non.

Selon un autre aspect encore de l'invention, la lampe ou les lampes du laser sont continuellement 10 allumées pour émettre un rayonnement pulsé vers le laser et éviter ainsi des temps d'échauffement répétés qui pourraient apparaître autrement. La commande de l'application des impulsions de laser à la pièce à usiner est assurée par un obturateur de cavité intérieure. De cette 15 manière, le laser fonctionne à un niveau continu et stable d'excitation de sorte que le niveau d'énergie des impulsions de laser appliquées à la pièce à usiner est exactement contrôlé et un débit important des soudures en production est obtenu en ce qu'aucun temps d'échauffement du barreau 20 de laser n'est nécessaire.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront au cours de la description qui va suivre d'un exemple de réalisation et en se référant aux dessins annexés sur lesquels :

25 La figure 1 est une vue en perspective d'un élément de faisceau de combustible nucléaire comportant plusieurs grilles réalisées selon l'invention,

Les figures 2A à 2E sont respectivement une vue en perspective, une vue en plan, une coupe de côté, une 30 perspective éclatée et une vue en plan d'une grille à barreaux combustibles réalisée selon l'invention et incorporée dans l'élément de la figure 1,

Les figures 3A à 3L montrent une série de vues en perspective de la séquence des opérations de soudage 35 de la grille à barreaux nucléaires des figures 2A à 2E,

7

La figure 3M est un graphe montrant un profil de faisceaux de laser,

La figure 4 est une représentation schématique en perspective d'un dispositif à laser incorporé dans l'appareil de soudage à laser de précision pour diriger sur une base en temps partagé un faisceau de laser émis par une seule source de laser sur chacune de deux pièces à usiner, par exemple des grilles à barreaux nucléaires,

Les figures 5A et 5B forment un schéma d'un dispositif de commande à ordinateur pour l'appareil de soudage à laser, montrant la relation des circuits d'interface avec unité centrale de traitement et la mémoire, et avec chacun des mécanismes de positionnement de chambre d'un second dispositif de commande à ordinateur semblable de l'appareil à laser,

Les figures 6A et 6B forment un organigramme général de la partie programme, illustrant les phases des opérations de commande par lesquelles l'appareil de soudage à laser est commandé pour effectuer avec précision une série de soudures sur la grille à barreaux nucléaires,

Les figures 7A, 7B et 7C sont des sous-programmes d'application qui sont commandés par des codes M, S et T établis en partie par le programme des figures 6A et 6B et forment respectivement des organigrammes des sous-programmes d'application d'établissement de mode laser, d'établissement de durée d'impulsions laser et d'exécution de soudure par laser,

Les figures 8A et 8B sont des représentations graphiques de l'énergie réfléchie par une soudure d'intersection effectuée par un rayonnement laser pulsé aligné exactement et aligné inexactement avec une soudure d'intersection,

Les figures 9A et 9B sont des vues de côté d'une bande de grilles intérieures avec une soudure d'intersection qui a été alignée exactement et inexactement avec le faisceau

7

de laser,

Les figures 10A et 10B forment un schéma détaillé d'une partie des circuits des dispositifs de commande d'obturateurs représentés d'une façon globale sur la figure 5B, et illustrant particulièrement le circuit de comptage du nombre des impulsions de laser dirigées sur la grille 16 à souder,

La figure 11 de A à G donne des représentations graphiques de signaux développés en différents points du circuit de commande d'obturateurs des figures 10A et 10B et

Les figures 12A, 12B et 12C forment un schéma détaillé d'un circuit de détection d'alignement de soudure pour traiter le signal de sortie d'une photodiode comme le montre la figure 4, disposée pour recevoir le rayonnement réfléchi à une intersection de la grille à barreaux combustibles.

Les grilles à barreaux combustibles 16 sont constituées de la manière décrite ci-dessus par des bandes intérieures et extérieures 20 et 22 qui sont assemblées et soudées ensemble comme le montrent les figures 2A à 2E. Chacune des bandes 20 et 22 est poinçonnée dans une bande continue de matière et accumule une certaine quantité d'huile en surface pendant l'opération de poinçonnage. La pellicule d'huile est nettoyée et ensuite, la bande est recuite puis assemblée dans un montage tel que décrit dans la demande de brevet belge déposée ce même jour au nom de la demanderesse sous le titre de : "DISPOSITIF, BANDE DE RETENUE ET PROCÉDE POUR L'ASSEMBLAGE DE GRILLES DE SUPPORT DE BARRES DE COMBUSTIBLE NUCLEAIRE" ensuite, la grille 16 et le montage sont soudés par l'appareil de soudage à laser 100 selon l'invention qui exécutent chacune des soudures d'intersection 32, les cordons de soudure d'angle 30, les soudures de fentes et languettes 34 et les cordons de soudure d'encoche 40 dans une atmosphère pure d'un gaz inerte. La séquence des opérations de soudage sous gaz inerte selon l'invention est décrite en regard des figures

3A à 3L. L'appareil de soudage à laser 100 sera décrit en détail par la suite ; il semble que la connaissance de la manière dont la pièce à usiner, c'est-à-dire la grille 16 est manipulée dans chacune des trois dimensions facilite la compréhension du fonctionnement de l'appareil 100. Comme cela ressort des figures, la grille 16 est déplacée pas à pas le long des axes X et Y dans un plan et elle est tournée sélectivement autour de son axe Y. Un point important est que ce mouvement est effectué à l'intérieur d'une chambre dans laquelle une atmosphère de gaz inerte est maintenue à un degré élevé de pureté. La première phase est illustrée par la figure 3A selon laquelle la grille 16 est disposée dans l'atmosphère contrôlée formée par la chambre de soudage, avec ses ailettes 42 dirigées vers le haut. Un montage de soudage est décrit dans le demande de brevet belge déposée ce même jour au nom de la demanderesse sous le titre de : "PLAQUES DE SOUDAGE POUR UNE GRILLE DE SUPPORT DE BARRES DE COMBUSTIBLE NUCLEAIRE" de manière que les bandes intérieures et extérieures 22 de la grille soient disposées de façon fixe les unes par rapport aux autres pendant l'opération de soudage. Un supprimeur d'ailettes est un outil qui est utilisé pour déformer les ailettes 42 afin qu'elles soient ajustées dans le montage de soudage ; le supprimeur d'ailettes est décrit dans la demande de brevet belge déposée ce même jour au nom de la demanderesse sous le titre de : "DISPOSITIF ET PROCÉDE DE POSITIONNEMENT DE LAMES ET D'AILETTES POUR DES GRILLES DE SUPPORT DE BARRES DE COMBUSTIBLE NUCLEAIRE". L'atmosphère est purifiée en dirigeant de l'argon dans la chambre de soudage jusqu'à ce que le degré de pureté voulu soit obtenu, c'est-à-dire 10 ppm d'eau et 7 ppm d'oxygène. Quand l'atmosphère pure a été établie, la grille 16 est déplacée en une série de mouvements pas à pas le long des axes X et Y de manière que chacun des points d'intersection 24 entre les bandes intérieures 20 soient alignés avec un faisceau de laser 178 et ensuite, une énergie contrôlée lui est appliquée pour effectuer la soudure

7

d'intersection 32.

Comme cela sera expliqué en détails par la suite, le faisceau laser 178 est produit par un laser pulsé Nd:YAG qui est excité par des lampes d'excitation pulsée, allumées 5 par une tension réservoir calibrée pour délivrer un niveau spécifié d'énergie à la grille 16. En particulier, le nombre des impulsions dirigées sur le point d'intersection 24 des bandes intérieures 20 est commandé comme le montre la figure 3M, selon laquelle six impulsions de faisceau 10 laser sont dirigées sur la pièce à usiner pour former la soudure d'intersection 32, chaque impulsion ayant une durée de 6,2 ms, une fréquence de 20 impulsions/seconde, une puissance moyenne de 350 watts et une puissance de crête de 2580 watts. Les soudures d'intersection 32 sont formées 15 en établissant le faisceau laser 178 quand la grille 16 a été disposée dans une position alignée avec ce faisceau 178.

La phase suivante est représentée sur la figure 3B sur laquelle la grille 16 est tournée de 90° autour de 20 son axe Y par un mécanisme qui sera expliqué, afin qu'un premier groupe de soudure de fentes et languettes 34 et un premier cordon de soudure d'angle 30 soient effectués. Ces soudures sont des cordons de soudure qui sont exécutées en déplaçant la grille 16 le long de son axe X pendant 25 que le faisceau laser 178 est dirigé vers la pièce. Dans un exemple de réalisation de l'invention, les soudures de fentes et languettes 34 sont effectuées avec un faisceau laser 178 d'une durée d'impulsions de 2,2 ms, une fréquence de 50 impulsions/seconde et une puissance moyenne de 350 w, 30 la grille 16 étant déplacée à une vitesse de 750 mm/minute. La figure 3B montre la position relative du faisceau laser 178 pour effectuer chaque soudure de fentes et languettes 34a et le cordon de soudure d'angle 30a.

Ensuite, comme le montre la figure 3C, la grille 35 16 est tournée dans le sens des aiguilles d'une montre de

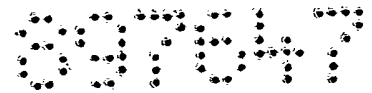


manière que la bande extérieure opposée 22b soit alignée avec le faisceau laser 178 et un second groupe de soudures d'encoche et languettes 34b et un second cordon de soudure d'angle 30b peuvent être exécutés. Ensuite, comme le montre la figure 3D, la figure 16 est tournée à 90° en sens inverse des aiguilles d'une montre jusqu'à sa position initiale comme le montre la figure 3a et la grille 16 et son montage de soudage sont sortis de la chambre de soudage.

Comme le montrent les figures 3E à 3H, un groupe similaire d'opérations de soudage sont exécutées. Après la sortie de la chambre, la grille 16 et son montage de soudage sont retournés pour disposer le côté des ailettes en bas, et sont tournés de 90° dans le sens des aiguilles d'une montre autour de l'axe Z afin que la bande extérieure 22c non soudée soit en face de la porte de la chambre de soudage. La grille 16 et son montage de soudage sont bloqués dans une position fixe par rapport à la chambre de soudage et le faisceau laser. Tout d'abord, l'air dans la chambre de soudage est purgé par l'argon jusqu'à un niveau de pureté acceptable. Ensuite, comme le montre la figure 3E, la grille 16 est déplacée pas à pas d'une série de pas le long des axes X et Y afin que chacune des soudures d'intersection 32 soit effectuée de la manière décrite ci-dessus. Quand les soudures d'intersection 32 sont terminées, la grille 16 est tournée de 90° dans le sens inverse des aiguilles d'une montre autour de son axe Y afin que la bande extérieure 22c soit amenée au-dessous du faisceau laser 178 et un troisième groupe de soudure d'encoches et languettes 34c est exécuté ainsi que le troisième cordon de soudure d'angle 30c. Ensuite, comme le montre la figure 3G, la grille 16 est tournée de 180° autour de son axe Y pour présenter la quatrième bande extérieure 22d au faisceau laser 178 et un quatrième groupe de soudure d'encoches et languettes 34d ainsi qu'un quatrième cordon de soudure d'angle 30d sont effectués. Puis, dans la phase

illustrée par la figure 3H, la grille 16 est tournée de 90° dans le sens inverse des aiguilles d'une montre jusqu'à sa position initiale jusqu'à ce qu'elle soit sortie avec son montage de soudage de la chambre de soudage.

Les figures 3I à 3L illustrent les opérations par lesquelles les manchons de guidage 36 sont soudés sur la grille 16. Tout d'abord, la grille 16 est sortie de son montage de soudage nécessaire pour les opérations des figures 3A à 3H et elle est placée dans un montage de soudage de manchons tels que décrits dans la demande de brevet belge déposée ce même jour au nom de la demanderesse sous le titre de : **GRILLE A BARREAUX COMBUSTIBLES AVEC DES MANCHONS SOUDES DANS DES BANDES ENCOCHES**"; le montage de soudage de manchons comporte plusieurs broches disposées dans des cellules sélectionnées formées par les bandes intérieures 20 pour recevoir les manchons de guidage 36, c'est-à-dire les ouvertures comportant les encoches 38 disposées sur les bords périphériques comme le montre la figure 3J. En particulier, les broches positionnent exactement les manchons 36 pour que leur axe soit disposé au centre et parallèlement aux surfaces des bandes intérieures 20. Avec les manchons de guidage 36 alignés exactement et rassemblés par rapport à la grille 16, cette dernière et son montage de soudage de manchons sont disposés dans la chambre de soudage et fixés par rapport à elle et au faisceau laser 178. Ensuite, l'air est purgé par de l'argon jusqu'au niveau de pureté voulu. Ensuite, comme le montre la figure 3J, la grille 16 est tournée de 45° dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, puis la grille et le montage de soudage de manchons sont verrouillés dans cette position, à 45° par rapport au trajet du faisceau laser 178 comme le montre la figure 3J. Ensuite, une série de cordons de soudure d'encoche 30 est effectuée avec une durée d'impulsions de 6,2 ms, une fréquence des



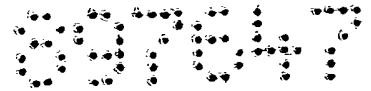
impulsions de 20 par seconde, une puissance moyenne de 255 watts et une vitesse de soudage de 250 mm/minute.

La grille 16 est déplacée le long de l'axe Y à la vitesse indiquée pendant que le faisceau laser 178 est pulsé.

5 Comme cela sera expliqué en détail par la suite, il est nécessaire de focaliser à nouveau le faisceau laser 178 pour chaque rangée horizontale de manchons de guidage 36 comme le montre la figure 3J. Une série de cordons de soudure d'encoches 40 est effectuée en déplaçant la grille
10 16 le long de son axe Y, en amenant chaque manchon de guidage 36 en position par rapport au faisceau laser 178, en établissant le faisceau laser pour effectuer le cordon de soudure 40 et en déplaçant ensuite la grille 16 pour aligner le manchon de guidage 36 suivant. Quand une rangée
15 de manchons de guidage 36 a été soudée, la grille 16 est déplacée le long de son axe 10 pour positionner la rangée suivante des manchons de guidage 36 en alignement avec le faisceau laser 178. Ensuite, il est nécessaire de focaliser à nouveau le faisceau laser 178 pour effectuer
20 les cordons de soudure d'encoche 40. Comme le montrent les figures 3J et 3K, le manchon de guidage 36 est ajusté dans quatre encoches 38 et des cordons de soudure 40 sont effectués sur les côtés opposés des manchons 36.

Lorsqu'un côté du manchon de guidage 36 a été soudé,
25 il est nécessaire de tourner la grille 16 de 90° dans le sens inverse des aiguilles d'une montre comme le montre la figure 3K afin d'exposer l'autre encoche opposée 38 au faisceau laser 178. Après la rotation, une série de cordons de soudure d'encoche 40 est exécutée comme expliqué
30 ci-dessus. Enfin, à la phase de la figure 3L, la grille 16 est tournée de 45° dans le sens des aiguilles d'une montre jusqu'à sa position initiale avant que la grille 16 et son montage de soudage de manchons soient sortis de la chambre de soudage pour terminer les opérations de
35 soudage sur la grille 16.





L'appareil à laser 102 représenté schématiquement sur la figure 4, dans un exemple de réalisation de l'invention, peut prendre la forme du dispositif à laser fabriqué par Raytheon et dans leur désignation de modèle n° SS500. L'appareil à laser 102 comporte le barreau de laser 170, sous la forme d'un laser à cristal Nd:YAG et de lampe éclair linéaire au krypton disposée dans une tête à laser de rendement élevé. La tête à laser comporte un miroir 182 à réflexion totale et un miroir 184 à réflexion partielle qui sont disposés à chaque extrémité du barreau de laser 170. Un obturateur 188 de cavité intérieure est disposé entre le barreau de laser 170 et le miroir à réflexion totale 182 et il est commandé sélectivement pour libérer un nombre déterminé d'impulsions de laser, afin que l'énergie appliquée pour le soudage au laser puisse être contrôlée avec précision d'une manière expliquée ci-après.

La tête à laser est de réalisation modulaire pour permettre que tous ces éléments optiques y compris le barreau de laser 170, les lampes d'excitation 186 et les miroirs 182 et 184 puissent être remplacés facilement et indépendamment. Les lampes d'excitation 186 peuvent être remplacées rapidement sans perturber l'alignement optique. De plus, les lampes éclair ou d'excitation 186 sont refroidies par de l'eau sur toute leur longueur, y compris leurs connecteurs d'extrémités. Le déclenchement des lampes produit des impulsions parallèles des lampes d'excitation 186 en excitant la cavité. Le barreau de laser 170 représenté peut être choisi de manière à obtenir une puissance moyenne de 400 watts sur la pièce à usiner, avec une puissance d'entrée du circuit de formation d'impulsions ne dépassant 18 kW en fonctionnant avec des durées d'impulsions de 6 ms et 2 ms et des fréquences d'impulsions de 20 Hz et 50 Hz respectivement. Un obturateur à déviation 190 est disposé dans une première position pour diriger le faisceau laser



177 le long d'un trajet dérivé 196 dans un absorbeur de faisceau 194 pendant les périodes où les pièces à usiner sous la forme des grilles 16 à barreaux combustibles sont changées dans les chambres 108. Un mécanisme d'ac-
5 tionnement 192 est représenté pour faire passer l'obturateur 190 de sa première position d'interception de faisceau dans une seconde position dans laquelle le faisceau 177 est focalisé sur un ensemble 198 de lentille d'expansion de faisceau, vers un mécanisme d'orientation de faisceau
10 constitué par le miroir mobile 172 de déplacement de faisceau et le miroir fixe 174. Quand le miroir réfléchissant 172 est placé pour intercepter le faisceau laser 177, ce dernier est dévié sur un trajet 178a vers le miroir 176a de déviation verticale pour être dévié verticalement.
15 L'ensemble 204a de lentille de focalisation de laser intercepte et focalise le faisceau de laser 178a sur la grille 16 dans la chambre 108a. Comme représenté, l'ensemble 204 de lentille de focalisation de laser, comme cela sera décrit en détail par la suite, comporte une lentille 202
20 et un tube monture de lentille 200, positionné linéairement par l'ensemble 222 de laser d'axe Z. Quand le miroir réfléchissant 172 est tourné par le moteur 175 depuis la position interceptant le faisceau de laser 177, il est dévié par le miroir réfléchissant fixe 174 pour former le
25 faisceau laser 178b dirigé vers la chambre de soudage 18b par le miroir de déviation verticale 176b.

Les lampes d'excitation 186 sont alimentées par une source d'alimentation comprenant par exemple une source continue régulée en tension qui charge un réseau
30 de formation d'impulsions par une inductance de charge. Le circuit de commande numérique par ordinateur 126 fait alternativement des commutateurs (des redresseurs commandés au silicium) pour charger le réseau de formation d'impulsions à partir d'une batterie de condensateurs d'emmagasinage
35 de tension continue, et pour décharger le réseau dans les



lampes d'excitation 186, en excitant ainsi le laser 170 pour émettre une série d'impulsions laser. Les lampes d'excitation 186 fonctionnent dans un mode "à préparation" dans lequel elles sont alimentées par un courant continu de faible niveau au-dessous du seuil d'effet laser, et des impulsions de courant fort sont superposées sur le courant de préparation pour émettre des impulsions laser. Le réseau de formation d'impulsions produit des impulsions de 2 ms et 6 ms.

10 Dans le but de faciliter l'alignement initial de la chambre de soudage 108, et en particulier de la grille 16 avec le faisceau laser 178, des dispositions sont prises pour visualiser la grille 16, et en particulier pour déterminer sa position exacte par rapport
15 au faisceau laser 178, sous la forme d'une caméra de télévision d'alignement 206 qui est alignée pour établir un circuit d'images 214 coïncidant avec le trajet du faisceau laser 178a. Comme le montre la figure 4, le trajet d'images 214 est réfléchi par un miroir déflecteur
20 fixe 208, focalisé par une lentille 210, transmis sélectivement par un obturateur 212 agréé par l'administration ou de sécurité, et dirigé par le miroir à transmission partielle 176 vers la caméra de télévision 206. En plus de focaliser le faisceau laser 178 sur la grille 16, la
25 lentille 202 focalise également, à l'aide de la lentille 210, l'image de la grille 16 sur la caméra de télévision 206. Comme cela sera expliqué ci-après, l'ensemble 204 de lentilles de focalisation comporte également une lampe d'éclairage qui est allumée sélectivement pour éclairer
30 la grille 16 dans un but d'alignement. L'obturateur 212 est ouvert et fermé sélectivement pour permettre l'alignement de la grille 16 par rapport au faisceau laser 178, restant fermé pendant toutes les autres périodes comme mesures de sécurité.

35 Comme le montre la figure 4, chacune des chambres



de soudage 108, peut être déplacée entre une première position de soudage comme représentée en pointillés, et une seconde position sortie. Quand la chambre de soudage 108 se trouve dans sa seconde position, le faisceau laser 178 est dirigé, par son miroir 176 de déviation verticale, sur une disposition de mesure de puissance ou une thermopile 218 supportée dans un tube de protection 216. Comme cela apparaîtra par la suite, le tube de protection 216 est monté sur une partie arrière de la chambre de soudage 108 et comporte une ouverture d'étranglement 220 par laquelle le faisceau laser 178 peut être efficacement confiné dans le tube 216. Périodiquement, la chambre de soudage 108 est disposée dans sa seconde position sortie et le faisceau laser 178 est dirigé sur la thermopile 218 pour donner une indication sur la puissance de sortie du laser 170 qui est reçue réellement par la grille 16. Dans les conditions de forte charge imposées à l'appareil à laser 102, il faut s'attendre à ce que le rendement du laser diminue en raison de l'épuisement du laser 170 et/ou des lampes d'excitation 186, ainsi que sous l'effet de la présence de fumée et de débris dégagés pendant le soudage par laser. Ainsi, pour obtenir des soudures précises et reproductibles, la tension appliquée aux lampes d'excitation 186 est augmentée pendant la durée de vie de l'appareil à laser 102, en fonction des mesures par la thermopile.

Les figures 5A et 5B forment un diagramme fonctionnel d'un dispositif de commande par ordinateur, et en particulier de la commande numérique par ordinateur (CNC) de droite 126a ainsi que la manière dont il est connecté avec l'autre CNC 126b représenté par une seule case sur le schéma. A cet égard, il est bien entendu que l'autre CNC 126b comporte les mêmes éléments que le CNC 126a, comme l'indiquent les figures 5A et 5B. Le CNC 126a comporte une unité centrale de traitement (CPU) et une

7

mémoire désignée par 560. Dans le présent mode de réalisation, le CNC 126, en particulier sa CPU 560 peuvent se présenter sous la forme du calculateur fabriqué par la demanderesse sous le n° de modèle 2560. La CPU 560 est prévue avec une mémoire à tores de 64K et son organisation ainsi que sa programmation sont particulièrement adaptées à la commande des machines. Il est bien entendu que le CNC 2560 standard comporte un logiciel de supervision de base appelé ici système de boucle de tâches principales ou programme d'exploitation qui fonctionne comme un programme d'exécution pour superviser le fonctionnement de l'ensemble. Dans la structure des données établies dans le CNC modèle 2560, des jeux de codes, c'est-à-dire des codes S, T et M sont utilisés pour des opérations spéciales ou adaptées à l'utilisateur, pour lesquelles le CNC 2560 est facilement adapté. En particulier, un programme de pièce est programmé avec les codes M, S, T qui sollicitent ou commandent des sous-programmes appelés ici des sous-programmes d'application, afin que des fonctions déterminées comprenant la commande du débit d'argon et la sélection d'un mode particulier de soudage sont exécutées. En outre, le programme de pièce est programmé également avec des codes X, Y et Z qui commandent le mouvement imprimé à la pièce usinée par les moteurs d'entraînement X et Y, 294 et 296, et le moteur d'entraînement Z570 pour l'ensemble de lentilles de laser 204. En particulier, les codes X et Y désignent l'amplitude du mouvement ou la destination vers laquelle la pièce usinée sous la forme de la grille 16 doit être déplacée entre des phases de soudage. De la même manière, le code Z commande l'amplitude du mouvement imprimé à l'ensemble de lentilles de laser 204 quand le faisceau laser 178 est focalisé sur la grille 16. En particulier, les codes Z sont nécessaires pour effectuer les cordons de soudure d'encoche 40, pour lesquels la monture tournante 242 est tournée

hors de son plan normal perpendiculaire au faisceau laser 178, nécessitant ainsi de focaliser à nouveau l'ensemble de lentilles 204. En outre, la mémoire de la CPU 560 comporte une zone spéciale de mémoires, connue comme zone de mémoire de programme de pièce qui est utilisée pour mémoriser le programme de pièce d'exécution du programme d'exploitation. Comme cela sera expliqué, le programme de pièce désigne essentiellement les phases du processus de soudage dans une atmosphère inerte contrôlée plus particulièrement, il est programmé avec les codes M, S et T de manière que le mode de soudage et le débit d'argon soient contrôlés efficacement. La zone de mémoire de programme de pièce mémorise le programme de pièce qui sera décrit ci-après en regard des figures 6A et 6B, et les sous-programmes d'application qui sont étroitement liés à l'invention sont décrits en regard des figures 7A, 7B et 7C. Le programme de pièce est introduit dans la mémoire de la CPU 560 par un dérouleur de bande magnétique 586, par l'intermédiaire d'une interface 590 ; dans un exemple de réalisation de l'invention, le dérouleur de bande magnétique 586 consiste en un dérouleur fabriqué par Qantex sous la référence 220. En variante, le programme de pièce peut être mémorisé sur une bande perforée et introduit par un lecteur de bande perforée 584, par l'intermédiaire d'une interface de microprocesseur 588 ; par exemple, le lecteur de bande perforée 584 peut prendre la forme du lecteur fabriqué par Decitex. En variante, l'interface de microprocesseur 588 permet également l'affichage de messages de données sur un tube à rayons cathodiques 133. De plus, divers paramètres peuvent être introduits dans la mémoire de la CPU 560 par l'opérateur au moyen d'un clavier alphanumérique 131 et par l'intermédiaire de l'interface 588.

Comme le montrent les figures 5A et 5B, la CPU 560 est associée avec plusieurs cartes 566, 568 et 570



d'attaque d'axes et de commande en boucle fermée, associées respectivement avec les moteurs d'entraînement X et Y 294 et 296 et avec un moteur d'entraînement d'axe Z 470. Il est bien entendu que chacun des moteurs d'entraînement est associé avec son tachymètre et son trigonomètre pour donner une indication sur la vitesse de déplacement ainsi que la distance de déplacement, pour commander ainsi de façon extrêmement précise le mouvement des tables X, Y et Z correspondantes comme cela est décrit en détail dans la demande de brevet belge déposée ce même jour au nom de la demanderesse sous le titre de : "SYSTEME D'USINAGE A LASER". Bien que cela ne soit pas représenté, il est bien entendu que le moteur d'entraînement X 294 est associé avec une table X tandis que le moteur d'entraînement Y 296 est associé avec une table Y, afin d'entraîner respectivement les tables et ainsi, la chambre de soudage 108 et la pièce usinée le long des axes X et Y par rapport au faisceau laser 178. Dans le présent mode de réalisation, les tables X et Y ainsi que leurs moteurs d'entraînement 294 et 296 forment une unité assemblée, montée l'une sur l'autre pour imprimer le mouvement pas à pas voulu en réponse à la sortie de la CPU 560. D'une façon similaire, le moteur d'entraînement Z 470 est associé avec une table Z sur laquelle est monté l'ensemble de lentilles laser 204. Comme le montre la figure 4, l'ensemble de lentilles 204 se déplace le long de l'axe Z de manière que le faisceau laser 178 soit focalisé sur la grille 16. En outre, le signal de sortie de commande produit par la carte de commande 568 est appliqué à un amplificateur d'asservissement 567 pour être comparé avec un signal indiquant la vitesse du moteur et produire ainsi un signal de sortie pour actionner le moteur d'entraînement Y 294. Comme représenté schématiquement, chacun des moteurs 294, 296 et 470 est associé avec une tige filetée 295, 297 et 271 qui entraîne en fait la table X, Y et Z correspondante.

Plusieurs commutateurs de limites 572 sont associés avec la tige filetée 295 pour détecter la position de cette tige filetée et par conséquent, de la table de positionnement X 290 et pour fournir des signaux par une interface 5 d'entrée et de sortie 562 à la CPU 560. En particulier, les commutateurs de limite 572a et 572c fournissent des signaux de sortie indiquant que la table de positionnement X a été disposée à sa limite maximale avant et arrière de sa course, tandis que le commutateur de limite 572b 10 indique que la table de positionnement X est disposée dans sa position de repos et que la table de positionnement X est disposée à sa position de référence par rapport au faisceau laser 178. Des commutateurs de limite similaires sont associés avec la tige filetée 471 entraînant la table 15 d'axes Z. Des commutateurs de limite 574a, b et c sont prévus pour la tige filetée 297 qui entraîne la table Y ; un quatrième commutateur de limite 574d est associé avec la tige filetée 297 pour détecter si la table de positionnement Y a été disposée dans sa position centrale, 20 c'est-à-dire la position dans laquelle la chambre de soudage 108 peut être sortie de son armoire.

Comme les montrent les figures 5A et 5B, des organes périphériques sont associés avec la CPU 560 et commandés par elle avec des interfaces à isolement 25 optique 562 et 564. En particulier, l'autre CNC 126b échange un groupe de signaux "d'accusé de réception" par la liaison CNC 558 et l'interface 562 avec la CPU 560, de manière que chaque CNC 126a et 126b puisse commander et obtenir le contrôle du miroir de changement 30 de position de faisceau 172, en partage temporel. Comme cela a été expliqué dans la demande de brevet belge déposée ce même jour au nom de la demanderesse sous le titre de :
" DISPOSITIF DE COMMANDE PAR CALCULATEUR D'UN APPAREIL D'USINAGE A LASER",
chacun des deux CNC 126a et 126b peut commander et 35 contrôler ensuite le miroir de changement de faisceau 172



pour diriger le faisceau laser 178 dans sa chambre de soudage 108. Après l'utilisation, le CNC 126 délivre un signal de libération de laser, de sorte que l'autre CNC 126 peut solliciter et verrouiller ensuite le laser 5 pour son propre usage.

Dans le présent mode de réalisation de l'invention, l'appareil à laser 102 peut se présenter sous la forme de l'appareil à laser fabriqué par Raytheon sous la référence SS500 et il comporte une source d'alimentation laser ainsi qu'un dispositif de commande laser 592 qui est couplé par l'interface 562 avec la CPU 560. Les figures 5A et 5B montrent que le dispositif de commande de laser 592 est couplé avec un panneau d'affichage de soudage par laser 132. Le panneau d'affichage 132 comporte un groupe de lampes et de boutons poussoirs qui commandent et affichent l'état de l'appareil 102 et de son dispositif de commande 592 comme cela est décrit en détail dans la demande de brevet belge déposée ce même jour au nom de la demanderesse sous le titre de : " SYSTEME D'USINAGE A LASER".

Comme le montrent les figures 5A et 5B, la CPU 560 produit des signaux de commande par l'intermédiaire de l'interface d'isolement optique 562 pour actionner le dispositif de commande de laser 592. En particulier, les sorties d'interfaces sont appliquées au dispositif de commande 592 pour établir ou interrompre la sortie à haute tension de la source d'alimentation, pour autoriser les déclencheurs des lampes de laser, pour disposer l'obturateur de cavité intérieure 188 et l'obturateur de sécurité 212 dans leurs positions d'ouverture, pour déclencher l'opération de soudage, pour sélectionner un mode particulier de soudage au laser en fonction de l'un des codes M51 à M54, pour régler la fréquence des impulsions, à partir du code T, pour régler le niveau de puissance à partir du code S, pour régler la durée des impulsions et pour positionner le



miroir 172 de changement d'orientation de faisceau. Des signaux sont développés par le dispositif de commande de laser 592 indiquant la fin d'une soudure ainsi que l'état du laser et ces signaux sont appliqués par l'interface 5 d'isolement optique 562 à la CPU 560. A l'émission de signaux d'arrêt d'urgence, les opérations de l'appareil de soudage au laser 102 et en particulier du dispositif de commande de laser 592 sont interrompues d'urgence.

La figure 5B montre qu'un signal d'obturateur 10 ouvert est appliqué par l'interface de couplage optique 562 au dispositif de commande 592, afin que le faisceau laser pulsé 178 soit dirigé sur la grille 16. Il importe de noter qu'un nombre entier déterminé d'impulsions est appliqué à la grille 16, afin qu'une quantité d'énergie 15 contrôlée soit fournie pour chaque soudure, assurant ainsi non seulement un soudage constant mais l'intégrité structurelle de chaque soudure. Il est évident qu'une série d'impulsions de laser comme celles de la courbe de la figure 8A augmentent progressivement la température du point 20 de soudage, produisant ainsi une soudure d'une forte pénétration. Des expériences ont montré la supériorité de l'application d'une série d'impulsions contrairement à l'application d'une seule impulsion permanente. Une seule impulsion laser de même énergie a tendance à fondre le 25 point de soudage de sorte que la matière fondue tend à se répartir de façon non uniforme. Comme le montre la figure 2D, la bande de grille intérieure 20b comporte deux languettes consommables 50a et 50b tandis que la bande de grille intérieure 20a comporte une seule languette 30 48. Quand les bandes 20a et 20b sont entièrement assemblées, c'est-à-dire quand la fente 52a de la bande 20a est complètement introduite dans la fente complémentaire 52b de la bande 20b, les languettes consommables 50a et 50b sont disposées de chaque côté de la languette en saillie 35 48. Selon l'invention, un nombre contrôlé d'impulsions



de laser du faisceau 178 est dirigé sur la languette 48 et les languettes 50a et 50b pour produire la soudure par points ou d'intersection. Des essais ont montré que si une seule impulsion est dirigée sur la languette 48 et les languettes 50a et 50b, ces dernières fondent rapidement et le métal fondu tend à couler dans un seul quadrant formé par l'intersection des bandes intérieures 20. Au contraire, une série d'impulsions laser contrôlées quant à leur fréquence, leur durée et la puissance moyenne et de crête, produit une série progressive dont la pénétration augmente de façon contrôlée à la réception de chaque impulsion laser. Comme le suggère la figure 8A, chaque impulsion représentée par une crête de températures verticales tend à augmenter la température moyenne du point de soudage avec une légère relaxation de refroidissement du point de soudage entre les impulsions. La température du point de soudage augmente de façon continue jusqu'à ce que la dernière impulsion laser soit délivrée, après quoi il se produit une diminution notable de la température du point de soudage.

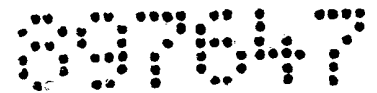
Diverses combinaisons de fréquence et de durée des impulsions laser ont été essayées et il est apparu qu'une fréquence de l'ordre de 15 à 25 impulsions/seconde, chaque impulsion ayant une durée de l'ordre de 3 à 9 ms avec une puissance de crête de l'ordre de 2000 à 4000 watts produit une soudure par points solides structurellement comme le montre la figure 3M. Dans le présent mode de réalisation de l'invention, les bandes intérieures 20 ont une épaisseur de l'ordre de 0,45 mm d'alliage de zirconium Zircalloy et les impulsions laser sont émises à une fréquence de 20/seconde, chaque impulsion ayant une durée de 6 ms et une puissance de crête de 2580 watts pour obtenir une profondeur de pénétration de la soudure d'environ 1,75 mm. Il est apparu que si la fréquence suggérée ci-dessus est réduite au-dessous d'environ 15/s,



la puissance de crête délivrée au point de soudage augmente au-dessus de 4000 watts, ce dont il résulte des éclaboussures de matière fondue, tandis que si la fréquence est augmentée au-dessus de 25 impulsions/seconde, 5 la puissance de crête passe au-dessous de 2000 watts et la pénétration résultante de la soudure devient trop faible pour obtenir une soudure solide structurellement. Des variations de la durée d'impulsion du faisceau laser au-delà des limites spécifiées donnent des résultats 10 indésirables ; par exemple, si la durée des impulsions est réduite au-dessous d'environ 3 ms, le faisceau tend à couper plutôt qu'à souder le point d'usinage. Au contraire, si la durée d'impulsions dépasse 9 ms, il y a tendance à transformer rapidement la languette 48 et les languettes 15 50a et 50b en métal fondu qui ne se distribue pas uniformément lui-même sur le point de soudage. Comme cela a été indiqué ci-dessus, le laser 170 peut être par exemple un laser Nd:YAG qui est facilement commandé avec les paramètres indiqués et dans les plages suggérées ci-dessus 20 selon l'invention.

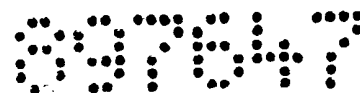
En ce qui concerne maintenant les figures 10A et 10B, elles montrent un circuit de commande d'obturateurs 1300 destiné à assurer que l'obturateur de cavité intérieure 188 est actionné pour permettre l'effet laser afin 25 qu'un nombre entier seulement d'impulsions du faisceau laser 178 soit dirigé sur la grille 16. De cette manière, l'énergie appliquée à chaque soudure par l'énergie laser 178 peut être commandée exactement ; sinon, il faut noter que l'obturateur 188 pourrait être commandé pour 30 être ouvert ou fermé afin de permettre que seule une fraction d'une impulsion soit émise, mais il serait impossible de contrôler avec précision la puissance appliquée à chaque soudure. A cet effet, le dispositif de commande de laser 592 comporte un circuit de commande de 35 module pour régler les paramètres d'effet laser en ce qui





concerne la durée de la fréquence et les impulsions de la tension appliquée aux lampes d'excitation 186 associées avec le laser 170, de sorte que les impulsions laser émises sont contrôlées pour effectuer chacune des soudures d'intersection 32, les cordons de soudure d'angle 30, les soudures d'encoche et languettes 34 et les cordons de soudure d'encoche 40. Chacun de ces modules comporte des commutateurs pour établir la durée et la fréquence des impulsions laser, un signal de synchronisation de laser, représenté sur la figure 11A, étant développé avec la fréquence et la durée d'impulsions choisies et il est appliqué par une borne d'entrée 1330 au circuit de commande d'obturateur 1300. En particulier, le signal de synchronisation de laser est appliqué par deux inverseurs 1332 et 1334 à un circuit bistable d'autorisation 1324 et par l'inverseur 1332 pour commander par horloge un circuit basculeur 1336 d'avance positive. Le signal de synchronisation de laser est appliqué également par l'inverseur 1334 à l'entrée d'horloge de plusieurs compteurs-décompteurs 1334, 1346 et 1348. Comme le montre la figure 10B, chacun des compteurs 1344, 1346 et 1348 est associé avec l'un correspondant des commutateurs 1354, 1356 et 1358, de sorte que l'opérateur peut régler le nombre des impulsions voulues à compter et qui sont donc appliquées à la grille 16. En particulier, sont prévus un commutateur des unités 1354, un commutateur des dizaines 1356 et un commutateur des centaines 1358. Au comptage de la valeur introduite par les commutateurs, une sortie est délivrée par chacun des compteurs/décompteurs 1344, 1346 et 1348 et appliquée à une porte NON/ET 1328. Quand chacun des compteurs 1344, 1346 et 1348 a atteint son comptage, un signal de niveau haut est appliqué à chacune des entrées de la porte NON-ET 1328, forçant sa sortie au niveau bas. La sortie de niveau bas est inversée par un amplificateur inverseur 1326 et appliquée à une porte ET 1322. Le circuit

7



bistable 1324 est placé à l'état "1" sur le flanc positif de la première impulsion du signal de synchronisation laser pour appliquer un signal d'autorisation à l'autre entrée de la porte ET 1322, de sorte qu'un signal de mise au repos 5 est appliqué au circuit bistrable 1318 de déclenchement de flanc positif. La sortie d'horloge Co de chacun des compteurs/décompteurs 1344, 1346 et 1348 est appliquée à une entrée d'une porte NON-ET 1350 dont l'autre entrée reçoit la sortie de chargement du circuit bistable 1318 10 comme le montre la figure 11D pour appliquer la séquence des impulsions comptées par les compteurs 1334, 1346 et 1348, à une sortie "comptage d'impulsions" comme le montre la figure 11 en F.

Les compteurs 1344, 1346 et 1348 ne sont autorisés 15 à commencer le comptage du signal de synchronisation de laser que lorsque la chambre de soudage 108 et sa grille 16 ont été amenées à l'arrêt. Plus particulièrement, un signal indiquant la fin du mouvement est développée quand le moteur d'entraînement X 294 et le moteur d'entraînement Y 20 296 ont fini de déplacer les tables X et Y correspondantes sur lesquelles est montée la chambre de soudage 108.

Le signal de fin de mouvement représenté en C sur la figure 11 est appliqué par des inverseurs 1304 et 1306 à un circuit multivibrateur 1308 qui délivre une seule impul- 25 sion de sortie par la porte NON-OU 1310 et un amplificateur inverseur 1312 vers une entrée d'une porte NON-ET 1314.

L'autre entrée de la porte NON-ET 1314 reçoit le signal de sortie de l'inverseur 1334 correspondant au signal de synchronisation de laser. La porte NON-ET 1314 applique 30 un signal de sortie à l'apparition de l'impulsion suivante du signal de synchronisation de laser par un inverseur 1316 à l'entrée d'horloge Co du circuit bistable 1318 de déclenchement sur flanc positif qui, à son tour, produit le signal de sortie de chargement à la sortie Q comme re- 35 présenté en D sur la figure 11. Comme le montre la figure



10A, le signal de chargement est appliqué à l'entrée de mise au repos et du circuit bistable 1336 de déclenchement sur flanc positif ainsi qu'à l'entrée de mise au repos R de chacun des compteurs-décompteurs 1344, 5 1346 et 1348 pour permettre à ces compteurs de commencer à compter le signal de synchronisation de laser appliqué à leurs bornes d'entrée d'horloge Co. Selon l'invention, le fonctionnement du circuit bistable 1336 est important en ce qu'il commande l'actionnement de l'ob- 10 turateur de cavité intérieure 188 pour permettre seulement à un nombre entier d'impulsions laser d'être appliquées directement à la grille 16. Comme cela ressort de la comparaison des lignes B et D de la figure 11, le circuit bistable 1336 est ramené au repos par le signal de 15 chargement qui est produit après l'application du signal de fin de mouvement. Comme le montre la figure 11 en A et en E, un signal de sortie est produit par le circuit bistable 1336 à l'apparition d'un flanc négatif de l'impulsion suivante du signal de synchronisation laser. Le 20 signal d'actionnement de relais produit à la sortie Q du circuit bistable 1336 est appliqué par un inverseur 1338 pour débloquer un transistor Q1 afin que le relais 1340 soit excité, fermant le commutateur S2 pour commander l'obturateur de cavité intérieure 188 dans sa position 25 d'ouverture dans laquelle les impulsions du faisceau laser 178 sont dirigées sur la pièce à usiner. Comme représenté en E sur la figure 11, l'obturateur 188 est ouvert seulement après l'apparition du flanc arrière d'une impulsion du signal de synchronisation laser, c'est-à-dire que seule- 30 ment un nombre entier d'impulsions de laser est appliqué à la grille 16. Comme cela a été expliqué ci-dessus, un comptage est introduit manuellement dans les commutateurs 1354, 1356 et 1358 dans les compteurs correspondants 1344, 1346 et 1348. Quand ce comptage a été atteint, la porte 35 NON-ET 1328 est ouverte ramenant au repos le circuit basculeur



1318 de sorte que le signal de chargement est supprimé à l'entrée de mise au repos R du circuit bistable 1336. A l'apparition du flanc arrière de l'impulsion de temps suivante, le signal de la sortie Q représenté en E sur la 5 figure 11 passe au niveau haut, de sorte que le signal d'excitation de relais représenté en G sur la figure 11 est supprimé, ce qui ferme l'obturateur 188. Il faut noter que le signal de synchronisation laser sert à synchroniser l'excitation du laser 170, ce signal étant 10 également compté par les compteurs 1344, 1346 et 1348 pour commander l'ouverture et la fermeture de l'obturateur 188 et permettre que seul un nombre entier d'impulsions de laser soit dirigé sur la pièce à usiner.

Le circuit de commande d'obturateur 1300 des 15 figures 10A et 10B peut fonctionner dans un mode d'essai indépendant et il comporte en particulier un premier et un second temporisateurs 1362 et 1366 pour produire des signaux de temps d'essai de fréquences de 20 et 70 impulsions/seconde respectivement. Comme le montre la 20 figure 10B, la temporisation de chaque temporisateur est réglée par des résistances et condensateurs particuliers qui lui sont connectés. Les signaux de temps sont appliqués respectivement par des portes NON-ET 1360 et 1364 et par l'un fermé sélectivement des commutateurs S3, S4 à 25 la borne d'entrée 1330. Le signal de temps sélectionné est utilisé en place du signal de synchronisation laser et il est appliqué de la même manière par les inverseurs 1332 et 1334 au circuit bistable 1324, produisant ainsi le signal d'autorisation et l'entrée d'horloge Co de 30 chacun des compteurs 1344, 1346 et 1348 et, par l'inverseur 1332, au circuit bistable 1336. Dans le mode d'essai, l'opérateur simule le déclenchement ou la fin d'un signal de mouvement en basculant un commutateur S5, de manière qu'une seule impulsion de sortie développée par le 35 temporisateur 1370 soit appliquée par la porte NON-ET 1368



le commutateur S5 fermé et le circuit multivibrateur 1308 à l'entrée d'horloge Co du circuit bistable 1318 pour déclencher ainsi le comptage du signal de temps sélectionné par les compteurs 1344, 1346 et 1348. Grâce à l'utilisation des temporisateurs précités, le circuit de commande d'obturateur des figures 10A, 10B peut être contrôlé indépendamment de tous signaux développés par le dispositif de commande de laser 592. Dans une autre possibilité d'essai, il est prévu un multivibrateur 1320 qui est actionné sélectivement par un commutateur manuel S2 pour appliquer une impulsion d'essai par la porte NON-OU 1310, l'inverseur 1312, une porte NON-ET 1314 ouverte et un inverseur 1316 à l'entrée d'horloge Co du circuit bistable 1318 pour déclencher le comptage ainsi que pour exciter manuellement le relais 1340 et ouvrir l'obturateur de cavité intérieure 188. Cette possibilité manuelle de fournir une impulsion de déclenchement multivibrateur 1320 est particulièrement utile lorsque le circuit de commande d'obturateur 1300 est couplé avec le dispositif de commande de laser 592 et qu'il y a lieu d'ouvrir manuellement l'obturateur 188.

De plus, les signaux sont développés par la CPU 560 et sont émis vers l'interface d'isolement optique 562 pour commander un mécanisme 234 d'ouverture de portes, pour ouvrir ou fermer les portes couvrant les chambres de soudage 108. Des signaux sont appliqués pour verrouiller ou déverrouiller la chambre de soudage 108 et en particulier, ils sont appliqués à chacun des ensembles localisateurs avant et arrière 284 et 286. Ces derniers sont décrits en détail dans la demande de brevet belge déposée ce même jour au nom de la demanderesse sous le titre de : "CHAMBRE D'USINAGE MOBILE AVEC MONTURE TOURNANTE POUR LA PIECE".

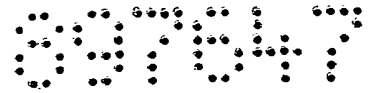
En particulier, les ensembles localisateurs avant et arrière 284 sont associés avec une table coulissante pour déplacer les tables X et Y mentionnées ci-dessus et la

7

chambre de soudage 108 montée sur elle à partir d'une première position de soudage vers une seconde position sortie. Selon la figure 4, la chambre de soudage 108a est disposée dans la première position de soudage dans laquelle le faisceau laser 178a est dirigé sur la pièce 16 ; au contraire, la chambre de soudage 108b est représentée dans sa position sortie dans laquelle le faisceau de soudage 178b est dirigé la thermopile 278 pour l'étalonnage. En particulier, les ensembles localisateurs avant et arrière 284 et 286 positionnent la table coulissante pour disposer de façon fixe et précise la chambre de soudage 108 dans sa première position de soudage par rapport au faisceau laser 178. Les signaux de sortie produits par les groupes 572, 574 et 576 de commutateurs de limite sont appliqués à l'interface 562. Des signaux sont également appliqués à un dispositif 620 de refroidissement de laser par de l'eau. Les lampes 186 d'éclair ou d'excitation de laser et la cavité définie par les miroirs 182 et 184 sont refroidis par un circuit de refroidissement à l'eau en boucle fermée qui délivre de l'eau propre et pure de température régulée à la pression voulue et au débit voulu. Bien que cela ne soit pas représenté, il est bien entendu que le circuit de refroidissement comporte une pompe, un échangeur thermique eau-eau, un réservoir, un désioniseur, un filtre et un régulateur de température. La chaleur provenant du barreau de laser 170 et de l'absorbeur de faisceau 194 est recueillie par l'eau et éliminée dans l'ensemble. En outre, un signal de commande est appliqué à une lampe 428 de l'ensemble de lentille de laser 204 pour éclairer la grille 16, afin que le dispositif de positionnement X-Y 288 puisse être réglé selon l'axe X ou l'axe Y, afin d'aligner le point de départ de la grille 16 par rapport au faisceau laser 178.

Des signaux d'entrée sont produits par une sonde d'oxygène 496 et un capteur d'humidité 410 qui sont disposés

7



par rapport à la chambre de soudage 108 pour produire des signaux analogiques indiquant les parties par millions d'oxygène et d'eau dans l'atmosphère de la chambre de soudage. D'une façon similaire, la thermopile 218 disposée dans le tube de protection 216 produit un signal analogique indiquant la puissance du faisceau laser 178 qu'elle reçoit. Les sorties de la sonde 496, du capteur 210, de la thermopile 218 sont appliquées à des voltmètres numériques correspondants 578, 580 et 582 qui convertissent les signaux analogiques d'entrée en des signaux numériques correspondants qui sont appliqués par l'interface d'isolement optique 564 à la CPU 560. L'interface 562 produit des signaux de sélection appropriés d'appareils de mesure à chacun des voltmètres numériques 578, 580 et 582 pour appliquer sélectivement un seul des signaux numériques à la fois par l'interface 564 à la CPU 560. Selon le fonctionnement de l'appareil à laser 102, la CPU 560 applique des signaux par l'interface d'isolement optique 564 à chacun des dispositifs de commande de débit 488, 484 et 486 pour commander le débit d'argon respectivement vers l'ensemble des lentilles de laser 204, un montage tournant 242 pour monter la grille 16 dans la chambre de soudage 108. Le montage tournant 242 est représenté de façon simplifiée sur la figure 4 et il est entièrement décrit dans la demande de brevet belge déposée ce même jour au nom de la demanderesse sous le titre de : " CHAMBRE D'USINAGE MOBILE AVEC MONTURE TOURNANTE POUR LA PIECE" . Le montage tournant 242 permet de tourner la grille 16 jusqu'à une position angulaire par rapport à l'axe Z et au faisceau laser 178 pour permettre le soudage des cordons de soudure d'encoche 40 ainsi que des cordons de soudure d'angle 30 et les soudures encoche et languette 34. Des signaux sont appliqués au moteur 388 d'axe B de manière que le disque de positionnement 358 et le montage tournant 242 puissent tourner. Comme cela a été expliqué ci-dessus, la position

angulaire du montage tournant est détectée par plusieurs commutateurs de proximité 402a-402d pour produire un signal binaire qui est appliqué par l'interface 564 à CPU 560.

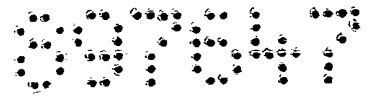
- 5 Les opérations de soudage des bandes intérieures 20 entre elles et sur les bandes extérieures 22 et de la grille résultant 16 sur les manchons de guidage 36 ont été décrites ci-dessus en regard des figures 3A à 3K, ces figures montrent la série des mouvements de la grille 16
- 10 suivant chacun de ses axes X, Y et Z pour positionner de façon appropriée la grille 16 par rapport au faisceau laser 178, afin que les soudures d'intersection 32, les cordons de soudure d'angle 30 et les soudures d'encoche des languettes 34 ainsi que les cordons de soudure
- 15 d'encoche 40 puissent être effectués. Les bandes extérieures 20 et 22 sont assemblées pour former la grille à barreaux combustibles 16 comme cela est expliqué dans les demandes de brevets belges déposées ce même jour au nom de la demanderesse sous les titres de: "DISPOSITIF ET PROCEDE DE POSITIONNEMENT DE LAMES ET D'AILETTES POUR DES GRILLES DE SUPPORT DE BARRES DE COMBUSTIBLE
- 20 NUCLEAIRE." et "DISPOSITIF, BANDE DE RETENUE ET PROCEDE POUR L'ASSEMBLAGE DE GRILLES DE SUPPORT DE BARRES DE COMBUSTIBLE NUCLEAIRE".

- Ensuite, la grille 16 est disposée sur un montage de soudage qui est décrit dans la demande de brevet belge déposée de même jour au nom de la demanderesse sous le titre de :
- 25 "PLAQUES DE SOUDAGE POUR UNE GRILLE DE SUPPORT DE BARRES DE COMBUSTIBLE NUCLEAIRE", le montage de soudage est fixé à son tour de façon amovible par le positionnement de broches sur le montage tournant disposé pour pouvoir tourner dans la chambre de soudage 108. Comme cela a été expliqué ci-dessus, la grille 16 peut être
- 30 tournée autour de son axe B pour disposer cette grille en position de recevoir le faisceau laser 178 et effectuer les cordons de soudure d'encoche 40. Les tables de positionnement X et Y sont actionnées en séquence par des pas successifs le long de leurs axes X et Y pour positionner
- 35 la grille 16 par rapport au faisceau laser 178, afin
- 

d'exécuter les soudures d'intersection 32 et après la rotation par le montage tournant, les soudures d'encoche et languette 34 et les cordons de soudure d'angle 30 sont effectués.

- 5 La commande de machine pour ces opérations est assurée par le CNC 126 et en particulier par la CPU 560 qui comporte une mémoire pour mémoriser le programme de pièce 700 qui sera maintenant décrit en regard des figures 6A et 6B. Ce programme 700 est introduit lorsqu'à la
- 10 phase 102, l'opérateur place le CNC 126 dans son mode automatique en appuyant sur un bouton AUTOMATIQUE sur le panneau de machine 130. Ensuite, l'opérateur introduit une commande par le clavier alphanumérique 131 pour solliciter le programme de pièce afin qu'il soit exécuté.
- 15 Ensuite, l'opérateur appuie sur le bouton 658 de démarrage de cycle. Puis, à la phase 708, un code programmé M81 sollicite un sous-programme d'application de chargement et déchargement de chambre pour actionner le moteur d'entraînement 166 qui déplace la table coulissante de sa première
- 20 position de soudage à la seconde position sortie (voir la position de la chambre de soudage 108b sur la figure 4) afin qu'un opérateur puisse charger une grille 16 assemblée mais non encore soudée et son montage de soudage sur le montage tournant. La grille 16 et son montage de
- 25 soudage sont verrouillés par les broches de positionnement dans une position prédéterminée par rapport au faisceau laser 178. A la phase 710, l'opérateur charge la grille 16 dans la chambre de soudage 108 à l'aide d'un manipulateur de chargement/déchargement tel que décrit dans la
- 30 demande de brevet belge déposée de même jour au nom de la demanderesse sous le titre de : "APPAREIL DE SAISIE ET DE MANIPULATION DE PIECES D'USINAGE POUR SYSTEMES DE SOUDAGE AU LASER ET AUTRES SYSTEMES ANALOGUES".
- A la fin de la phase 708, l'exécution du programme de pièce est suspendue jusqu'à la phase 712 et l'opérateur
- 35 appuie sur le bouton de démarrage de cycle sur le panneau
- 

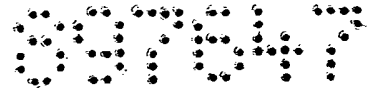
de fonctions 130 pour recommencer l'exécution de ce programme. Ensuite, la phase 714 appelle le sous-programme d'application de chargement/déchargement pour recharger la chambre 108 dans sa première position de soudage au-dessous du faisceau laser 178. Une fois repositionné, le code M est utilisé pour solliciter le sous-programme d'application de contrôle d'environnement de chambre avant que la chambre de soudage 108 ne soit purgée des impuretés comme de l'oxygène et de l'eau en introduisant de l'argon à un débit relativement élevé dans la partie inférieure de la chambre 108, l'argon plus lourd déplaçant l'air et l'entraînant par l'espace entre un rebord supérieur de chambre 331 et une plaque d'étanchéité (non-représentée). Le débit particulier d'argon est réglé par un code M par lequel le dispositif de commande de débit 484 est réglé pour produire un fort débit dans la chambre de soudage 108. D'une façon similaire, les dispositifs d'une commande de débit 486 et 488 associés avec le montage tournant 242 et l'ensemble de lentilles de laser 204 sont réglés à un débit élevé pour accélérer la purge de la chambre de soudage 108. En particulier, le code M sollicite le sous-programme d'application de sélection de débit de gaz. Ensuite, la phase 716 du programme de pièce établit les codes M91 pour effectuer la rotation du montage tournant 242 et en particulier pour commander l'entraînement de rotation d'axe B 238 qui fait tourner le montage et sa grille 16 dans la chambre de soudage 108. En particulier, le code M91 exécuté à la phase 716 commande le sous-programme d'application de rotation de montage. La phase 718 sert à déclencher ou commander le sous-programme d'application de contrôle d'environnement de chambre pour contrôler l'environnement à l'intérieur de la chambre de soudage 108 quant à sa teneur en oxygène et en eau pour éviter toute autre exécution du programme jusqu'à ce que les niveaux d'oxygène et d'eau soient inférieurs à des niveaux pré-



déterminés.

Après que la phase 718 a déterminé que l'environnement dans la chambre de soudage 108 est suffisamment pur, la phase 720 réagit à des codes X et Y pour entraîner de façon contrôlée les tables de positionnement X et Y, afin que la première soudure à exécuter soit positionnée le long de l'axe Z en coïncidence avec le faisceau laser 178. Une position de soudage initial est identifiée par un jeu de codes X et Y qui sont interprétés pour produire des signaux de commande appropriés pour les moteurs 294 et 296 d'entraînement X et Y. D'une façon similaire, un code Z est interprété et des signaux de commande sont appliqués au moteur 470 d'entraînement d'axe Z, afin que l'ensemble de lentilles de laser 204 soit positionné pour focaliser le faisceau laser 178 sur la première soudure de la grille 16. Après l'exécution de ces phases, la phase 720 arrête le programme de pièce. A la phase 722? l'opérateur peut contrôler manuellement par une manoeuvre appropriée d'un bouton d'entrée X, d'un bouton de sortie X, d'un bouton de gauche Y et d'un bouton de droite Y (qui sont montés sur le panneau de fonction 130) la position des tables de positionnement X et Y, afin que la première soudure de la grille 16 soit alignée avec précision avec le faisceau laser 178. A cet effet, l'obturateur de sécurité 212 est ouvert permettant à l'opérateur de voir l'image de la grille affichée sur le tube à rayons cathodiques 133 et obtenue par la caméra de télévision d'alignement 206. L'objectif de la caméra 206 comporte un dispositif d'alignement électronique au moyen duquel l'opérateur peut aligner la soudure initiale, avec précision par rapport au faisceau laser 178. D'une façon similaire, l'opérateur manipule un bouton montée Z et un bouton descente Z du panneau de fonction 130 pour commander le mouvement de l'ensemble de lentilles de laser 204 et positionner exactement la lentille 202 pour que le faisceau





laser 178 soit focalisé sur la grille 16.

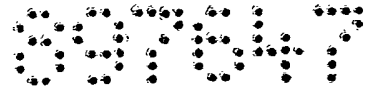
Dans le but de déclencher à nouveau l'exécution du programme de pièce, l'opérateur à la phase 724 appuie sur le bouton de démarrage de cycle. Ensuite, à la phase 5 726, le programme de pièce calcule les différences entre les coordonnées X et Y de la position de soudure initiale et de la position alignée, c'est-à-dire la nouvelle position de grille après qu'elle a été alignée à la phase 722, les différences étant appelées les décalages X et Y. 10 D'une façon similaire, la différence entre la position initiale de repos le long de l'axe Z et la position focalisée de l'ensemble 204 de lentilles de laser donne un décalage Z. Les décalages X, Y et Z sont mémorisés dans une zone spécifiée de la mémoire et sont utilisés par le 15 CNC 126 pour calculer la position précise de chaque soudure en tenant compte de la position réglée ou décalée de la grille 16.

Ensuite, la phase 728 établit les divers paramètres de l'appareil à laser 102 et en particulier, programme les codes S, T et M déterminant le niveau de 20 puissance, la fréquence des impulsions, leur durée et le type de soudure, c'est-à-dire de l'exécution d'une soudure d'intersection 32, d'un cordon de soudure d'angle 30, une soudure d'encoche et languette 34 et d'un cordon de soudure 25 d'encoche 40. En particulier, le niveau de puissance de l'appareil à laser 102 est déterminé par un code S qui est desservi par un sous-programme d'application de desserte de code S. D'une façon similaire, la fréquence des impulsions est établie par un code T qui est desservi par un 30 sous-programme d'application de desserte de code T. La durée des impulsions est établi par l'un des codes M, M55-M60 correspondant à des durées de 1 à 6 ms, sollicitant le sous-programme d'application d'établissement de durée d'impulsions laser. D'une façon similaire, il existe quatre 35 types de soudure correspondant aux codes M, M51 à M54



sollicitant l'exécution du sous-programme d'application d'établissement de mode laser. Ensuite, la phase 730 établit par l'utilisation de l'un des codes M, M61 à M64, le débit particulier d'argon qui est nécessaire pour une
5 opération de soudage et sollicite en particulier le sous-programme d'application de sélection de débit de gaz. Ensuite, à la phase 732, celui déterminé des codes M, M51 à M54 commande le sous-programme d'application d'exécution de soudure au laser. D'une façon générale,
10 le sous-programme d'application d'exécution de soudure au laser sollicite ou commande d'abord pour l'utilisation du laser le sous-programme d'application de passage au laser par lequel l'autre CNC 126b est contrôlé en examinant les sorties de demande de laser de verrouillage
15 de laser de l'autre CNC 126b et si ces sorties sont présentes, le CNC 126a attend jusqu'à l'apparition d'une sortie de libération de laser provenant de l'autre CNC 126b ; à ce moment, le CNC 126a sollicite et verrouille ensuite le laser pour son utilisation. Lorsqu'il a obtenu
20 l'utilisation de l'appareil à laser 102, le CNC 126a dispose le miroir 172 de changement de position de faisceau pour diriger le faisceau laser 178 sur sa chambre de soudage 108. Ensuite, les positions des tables de positionnement X et Y sont contrôlées pour voir si elles
25 sont arrivées à l'arrêt dans leur position correcte et une période de temps de positionnement est laissée à s'écouler avant de déclencher le barreau de laser 170. Ensuite, la phase 732 attend un signal de fin effet laser indiquant que l'opération de soudure a été terminée avant
30 de relâcher le miroir 172 de changement d'orientation de faisceau et de commander les moteurs d'entraînement X et Y 294 ET 296 pour déplacer la grille 16 jusqu'à la position suivante en préparation à l'exécution d'une autre série de soudures. Ensuite, la phase 736 détermine si le type
35 particulier de soudure établi par l'un des codes M, M51

7

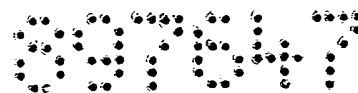


à M54 est terminé et sinon, le programme de pièce revient à la phase 732 pour exécuter la soudure suivante, et passe à la phase 734 pour déplacer la grille 16 jusqu'à sa position de soudage suivante. Ensuite, la phase 735 5 détermine si le code M88 a été programmé pour solliciter le sous-programme d'application d'attente de l'autre CNC par lequel un signal est transmis vers l'autre CNC 126b pour indiquer qu'une série de soudures a été terminée et pour attendre ensuite une réponse de l'autre CNC 126b ; 10 pendant cet intervalle, l'exécution du programme de pièce est suspendue.

Lorsqu'un type particulier de soudure a été terminé, le programme de pièce passe à la phase 738 dans laquelle il s'arrête et examine celui des codes M, M51 15 à M54 qui a été programmé pour déterminer le type de soudure suivant. Ensuite, à la phase 740, il est décidé si tous les types de soudure nécessaires pour terminer le soudage d'au moins un côté de la grille 16 ont été exécutés et sinon, le programme de pièce revient à la 20 phase 716 et la séquence des phases 716 à 738 est répétée. La première séquence d'opérations de soudure illustrée par les figures 3A à 3D est exécutée sur les côtés des ailettes de la grille nucléaire 16 avant qu'il soit nécessaire d'enlever la grille 16 de sa chambre de soudage 25 108 pour la tourner et de ramener la chambre de soudage 108. A la phase 742, l'appareil à laser 102 est arrêté par l'émission d'un signal pour déplacer l'obturateur 190 dans une représentation représentée en traits pleins sur la figure 4, afin de diriger le faisceau laser 177 sur 30 l'absorbeur 194.

Ensuite, la phase 744 établit le code M82 pour solliciter le sous-programme d'application de chargement/déchargement de chariot, dans laquelle le moteur d'entraînement 266 est actionné pour diriger la table coulissant 35 vers sa seconde position sortie, dans laquelle la grille 16

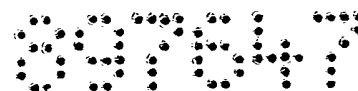




peut être sortie de la chambre de soudage 108. A ce moment, l'opérateur saisit le manipulateur manuel pour sortir la grille 16 et son montage de soudage de la chambre de soudage 108 et pour effectuer des opérations 5 manuelles en préparation à la séquence suivante des opérations de soudage. Par exemple, après que les soudures d'intersection 32 sur le côté des ailettes de la grille 16 ont été terminées comme dans les phases des figures 3A à 3D, la grille 16 est sortie et tournée afin que les 10 soudures d'intersection 32, apparaissant sur le côté opposé ou des manchons de guidage de la grille 16 peuvent être exécutées comme dans les phases des figures 3E à 3H. Quand les soudures d'intersection des deux côtés de la grille 16 sont terminées, la grille 16 est enlevée et 15 les manchons de guidage 38 y sont introduits avant d'effectuer les cordons de soudure d'encoche 40 selon les phases 3I à 3L.

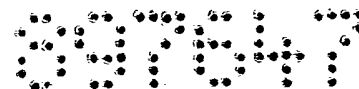
La figure 7A illustre le sous-programme d'application d'établissement de mode de laser qui est sollicité 20 à la phase 728 du programme de pièce de la figure 6B et exécuté pendant le cycle d'exécution de marqueur de commande de la boucle principale des programmes d'exploitation. Le sous-programme d'application d'établissement de mode laser détermine celui qui doit être sélectionné 25 parmi les quatre modes laser correspondant aux quatre types différents de soudure effectuée sur la grille 16. Comme le montre la figure 2A, il y a quatre types différents de soudure, à savoir les soudures d'intersection 32, les cordons de soudure d'angle 30, les soudures d'encoche 30 et languette 34 et les cordons de soudure d'encoche 40. Comme expliqué ci-dessus, l'appareil à laser 102 peut prendre la forme d'un modèle SS500 fabriqué par Raytheon qui comporte quatre modules distincts ou quatre circuits câblés pour commander chacun des quatre types de soudure, 35 en ce qui concerne le nombre des impulsions et/ou





l'intervalle de temps dans lequel le faisceau de laser 178 est dirigé sur la grille 16. Par exemple, chacun de ces modules comporte des commutateurs à boutons permettant de régler le nombre des impulsions ou la période pendant laquelle le faisceau 178 est dirigé sur la pièce. L'un des codes M51 à M54 est affecté à chaque module et à son type de soudage. A la phase 902, l'un de ces modules est adressé selon son code. A la phase 904, la sortie de mode laser apparaissant à la sortie de sélection de mode laser de l'interface d'isolement optique 562 est éliminée. Enfin, la phase 906 applique le mode sélectionné par la sortie de sélection de mode laser vers le dispositif de commande laser 592 pour sélectionner le module voulu de type particulier de soudure. Comme cela sera expliqué par la suite, la durée et la fréquence des impulsions sont choisies en fonction des codes M et T programmés.

La figure 7B représente le sous-programme d'application d'établissement de durée d'impulsions laser. Initialement, à la phase 710, ce sous-programme d'application est introduit en établissant l'un des codes M, M55 à M59 en fonction de l'une sélectionnée de cinq durées possibles d'impulsions à la phase 728 du programme de pièce de la figure 6B, et il est exécuté ensuite pendant la phase suivante 912 de cycle d'exécution de marqueur de commande qui interprète et accède au code M sélectionné dans la masse de données de la mémoire de la CPU 560. La phase 914 contrôle le bon niveau de puissance du faisceau laser 178 calculé avec la durée d'impulsions choisie, en sollicitant le sous-programme d'application de sécurité de puissance. La phase 916 détermine si le niveau de puissance calculée est sûr, c'est-à-dire inférieur aux limites maximales et sinon, la phase 918 déclenche une alarme afin d'arrêter immédiatement le programme de pièce. Si la sécurité est établie, la phase 920 ramène au repos la sortie de sélection de durée d'impulsions de l'interface

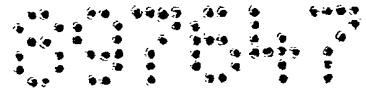


562 et la phase 922 établit la sortie sélectionnée de durée d'impulsions de sorte que le dispositif de commande de laser 592 produit la durée d'impulsions voulue du faisceau laser 178. A cet égard, il faut
5 noter qu'un seul du CNC principal et de l'autre CNC 126 peut établir la durée d'impulsions, l'autre CNC 126 adoptant cette durée réglée par le CNC principal ou sélectionné 126. Comme cela est expliqué plus en détail dans la demande de brevet belge déposée ce même jour au nom de la
10 demanderesse sous le titre de : " DISPOSITIF DE COMMANDE PAR CALCULATEUR D'UN APPAREIL D'USINAGE A LASER", l'un des deux CNC 126

est désigné comme CNC principal et il assure la commande de la durée et des impulsions du dispositif de commande de laser 592 de l'autre CNC. Mais, chaque CNC 126 commande
15 sélectivement la tension réservoir ou la tension de sortie de sa source d'alimentation de laser de sorte qu'un réglage individuel peut être fait du niveau de puissance du faisceau laser 178 appliqué à la chambre de soudage 108 associé à chaque CNC 126. Etant donné que chaque
20 chambre de soudage 108 effectue un type similaire de soudure, un seul CNC 126 désigné comme principal sélectionne la durée d'impulsions et la fréquence de sorte qu'un réglage individuel de la tension réservoir est souhaité pour permettre le réglage individuel de chacun
25 des faisceaux laser dirigés vers chacune des chambres de soudage 108 pour les différentes conditions et les trajets optiques séparés ainsi que les ensembles de lentilles 204 et les chambres 108 séparées.

Le sous programme d'application d'exécution de
30 soudures au laser est représenté sur la figure 7C et il est sollicité par les codes M, M71 et M72 établis à la phase 728 du programme de pièce et il est exécuté pendant le cycle suivant d'exécution de marqueur de commande.
A l'entrée à la phase 1060, le marqueur de commande de
35 sous-programme d'application est mis en place pour





l'exécution au cycle suivant d'exécution de marqueur de commande. Après l'introduction, la phase 1062 détermine si l'un des modes de laser correspondant à l'un des codes M51 à M54 a été sélectionné. Comme expliqué ci-dessus, le dispositif de commande de laser 592 comporte quatre modules séparés, câblés et programmés chacun pour commander les soudures d'intersection 32, les soudures d'encoche et languette 34, les cordons de soudure d'angle 30 ou les cordons d'encoche 40. Sinon, la phase 1063 affiche un sous-programme de message d'erreur. Si la réponse est positive, la phase 1064 effectue un contrôle pour déterminer l'indicateur GO a été établi précédemment à la phase 882 du sous-programme d'application de contrôle d'environnement de chambre. Sinon, la phase 1066 sollicite à nouveau le sous-programme d'application de contrôle d'environnement de chambre pour déterminer à nouveau si l'atmosphère dans la chambre de soudage 108 a été purifié pour que sa teneur en oxygène et en eau soit inférieure aux limites spécifiées. Si la réponse est positive, la phase 1068 commande le miroir 172 de changement d'orientation de faisceau pour diriger le faisceau laser 178 sur la chambre de soudage 108 de son CNC 126. Ensuite, l'obturateur 190 est placé dans sa position ouverte de sorte que le faisceau laser 177 est dirigé sur la chambre de soudage 108 sélectionnée. Ensuite, la phase 1072 détermine si le code M71 a été établi. Comme indiqué ci-dessus, il y a deux codes M, à savoir M71 et M72, le code M71 indiquant qu'une soudure ponctuelle correspondant à une soudure d'intersection 32 doit être exécutée tandis que le code M72 indique qu'un cordon de soudure correspondant à une soudure d'angle 30, une soudure d'encoche et languette 34 ou une soudure d'encoche 40 doit être effectuée. Un cordon de soudure diffère d'une soudure ponctuelle en ce que la grille 16 est déplacée par les moteurs d'entraînement X et Y 294 et 296 pendant que le barreau de laser 170



émet une série d'impulsions du faisceau laser 178 tandis qu'une soudure ponctuelle est effectuée avec la grille 16 maintenue immobile par rapport au faisceau. Ainsi, si un code M71 est détecté, indiquant qu'une soudure ponctuelle doit être effectuée, la phase 1074 introduit un délai pour attendre que les moteurs d'entraînement X et Y 294 et 296 soient arrêtés avant de déclencher le barreau de laser 170. Par contre, si un code M72 est programmé, indiquant qu'un cordon de soudure doit être effectué, aucun délai n'est introduit, permettant ainsi aux barreaux de laser 170 de commencer le soudage avant le début du mouvement de la grille 16. Ensuite, la phase 1076 effectue un contrôle pour déterminer si la tension appliquée aux lampes d'excitation 186 est telle que programmée. Ensuite, la phase 1078 contrôle l'état du laser et détermine en particulier si la température et le débit de l'agent de refroidissement des lampes sont des limites spécifiées, si le courant et la tension des lampes sont dans les limites spécifiées et si la porte de l'armoire 114 est ouverte.

Ensuite, la phase 1080 détermine si les circuits de déclenchement des lampes ont été déclenchés correctement par la phase 1012 du sous-programme d'application de réglage de décalage de niveau de puissance laser. Sinon, la phase 1082 affiche un message d'alarme "Circuit de déclenchement non autorisé" sur le tube à rayons cathodiques 133. Si elle est autorisée, la phase 1084 assure le déclenchement du laser en autorisant le module de commande de l'obturateur du dispositif de commande de laser 592, c'est-à-dire qu'elle lui applique le signal de démarrage de soudure. La phase 1086 déclenche la temporisation d'une période de retard pendant laquelle le barreau de laser 170 est programmé pour terminer son effet laser, c'est-à-dire qu'il attend de recevoir le signal de fin de soudure provenant du dispositif de commande de laser 592.

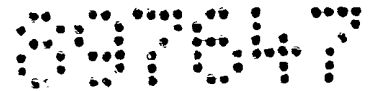
7

La phase 1088 détermine si une période de 8 secondes s'est écoulée et sinon, elle affiche un message "Fin de temporisation d'effet laser" sur le tube à rayons cathodiques 133. Après la temporisation, la phase 1092 5 détermine si une soudure ponctuelle doit être effectuée, c'est-à-dire si le code M72 a été établi et s'il en est ainsi, le sous-programme passe à la phase 1096 dans laquelle la CPU 560 produit, par l'interface optique 562, un signal de libération de laser sur la liaison 10 CNC 558 indiquant que le barreau de laser 170 a été libéré et que l'autre CNC 126b peut maintenant solliciter le laser. Si un cordon de soudure a été exécuté, la phase 1094 ferme l'obturateur à déviation 190 et l'obturateur de sécurité 212, avant l'excitation à la phase 1096. 15

La figure 4 montre un détecteur d'alignement 183 destiné à déterminer si chaque point d'usinage 191 de la pièce sous la forme de la grille à barreaux combustibles 16, c'est-à-dire chaque point d'intersection 24, est aligné avec le faisceau laser 178a. Le détecteur 20 d'alignement 183 comporte un dispositif sensible aux rayonnements sous la forme d'une photodiode 185 qui est sensible non seulement à la plage de rayonnements visuels mais également aux rayonnements infrarouges et une lentille 187 pour focaliser les rayonnements réfléchis par le point 25 d'usinage 191 sur un trajet réfléchi 189 vers la photodiode 185. Le signal de sortie de la photodiode 185 est appliqué à un circuit 1400 de détection d'alignement de point d'usinage représenté sur les figures 12A, B et C. Le détecteur d'alignement 183 comporte également un boîtier 30 tubulaire 193 pour monter la photodiode 185 et sa lentille 187.

A titre d'exemple, le boîtier tubulaire 193 est monté sur le boîtier de tube 200 de l'ensemble de lentille de laser 204 de manière que le trajet réfléchi 189 provient 35 du point d'usinage 191 soit aligné avec la photodiode





185 quand le faisceau laser 178a est aligné exactement avec le point d'intersection 24 entre les bandes intérieures 20 de la grille, c'est-à-dire le point d'usinage 191. Dans l'exemple présent, le détecteur d'alignement 183 ainsi que l'ensemble de lentilles de laser 204 peuvent être sortis de leur chambre de soudage 108 pour permettre que cette dernière soit déplacée entre sa première et sa seconde positions. Dans un exemple de réalisation de l'invention, le boîtier tubulaire 193 peut être constitué par un tube de diamètre extérieur de l'ordre de 6 mm et d'un diamètre intérieur de l'ordre de 3 mm pour recevoir la photodiode 185 et la lentille de laser 187, séparées d'une distance de l'ordre de 75 à 100 mm. En utilisation, l'ensemble de lentilles de laser 204 et le détecteur d'alignement 183 sont amenés dans une position telle que le bord inférieur du détecteur d'alignement 183 se trouve à environ 75 mm du point d'usinage 191.

Le détecteur d'alignement de soudure 183 est utilisé pour déterminer si le faisceau laser est dirigé le long de son trajet 178 sur le point d'intersection des bandes intérieures 20a et 20b comme le montre la figure 9A ou si le faisceau laser 178 est mal aligné par rapport au point d'intersection 24, auquel cas le point d'usinage 191 est décalé comme le montre la figure 9B. Si le faisceau laser est dirigé sur le point d'intersection 24, il en résulte une soudure d'intersection acceptable et de structure solide, comme le montre la figure 9A, grâce à l'alignement précis avec le point d'intersection 24 entre les bandes intérieures 20a et 20b, et le faisceau laser 178. Au contraire, si le point d'usinage 191 est mal placé comme le montre la figure 9B, il n'y a pas de soudure d'intersection 32 entre les bandes 20, c'est-à-dire que les languettes 50a et 50b et la bande 20a ne sont pas soudées ensemble avec la partie en saillie 48 de la bande intérieure 20a. Il en résulte que les bandes de la grille 20a

7

et 20b ne sont pas soudées ensemble, autrement dit, une soudure défectueuse est produite.

Comme cela a été expliqué ci-dessus, un nombre contrôlé d'impulsions de rayonnements laser sont dirigées le long du trajet laser 178 sur le point d'usinage 191. Si ce point 191 est aligné exactement avec le point d'intersection 24, chacune des impulsions successives des rayonnements laser augmente progressivement la température de fusion du point 24 et fait fondre les languettes 50a et 50b avec les languettes 148 pour former les soudures d'intersection 32. La photodiode 185 détecte le rayonnement et en particulier, le rayonnement infrarouge réfléchi par le point d'usinage 191 pour indiquer, comme cela sera expliqué, si l'alignement a été obtenu et si une soudure acceptable est donc produite. La figure 8A montre la sortie de la photodiode 195 représentant le rayonnement réfléchi par le point d'usinage, ainsi que la température résiduelle du point 191. Si l'alignement est obtenu, chacune des impulsions successives de rayonnement laser produit, comme le montre la figure 8A, une crête de rayonnements réfléchis ainsi qu'une augmentation progressive de la température résiduelle du point de soudage à chaque impulsion. Au contraire, si le point de soudage 191 n'est pas aligné avec le point d'intersection 24, la température du point de soudage reste pratiquement constante et n'augmente pas comme le montre la figure 8B, indiquant ainsi un mauvais alignement du faisceau laser 178 avec le point d'intersection 24 et indiquant par conséquent une soudure d'intersection inacceptable. Comme le montre la figure 9B, un point d'usinage 191 mal aligné sur une seule bande 20 n'apporte pas la masse nécessaire pour emmagasiner la chaleur des impulsions laser qui est rapidement dissipée entre les impulsions.

Le signal de sortie de la photodiode 185 est appliqué au circuit 1400 de détection d'alignement de

7

soudure comme le montrent les figures 12A à 12C. En particulier, le signal de sortie de photodiode est appliqué par une borne d'entrée 1402 et deux amplificateurs opérationnels 1404 et 1406 qui produisent un signal d'entrée amplifié pour un circuit d'échantillonnage et maintien 1408. De plus, une diode Zener Z1 est prévue pour écrêter les crêtes de laser comme le montrent les figures 8A et 8B, appliquant ainsi un signal amplifié au circuit d'échantillonnage et maintien 1408 indiquant la chaleur résiduelle du point d'usinage 191. De plus, un signal d'horloge ou de synchronisation de laser, représenté en A sur la figure 11 est appliqué par la borne d'entrée 1418 à un multivibrateur 1420 pour produire une durée d'impulsions fixes suffisantes pour que les caractéristiques particulières du circuits d'échantillonnage et maintien 1408 temporisent sa fonction d'échantillonnage ; la durée d'impulsions à la sortie du multivibrateur 1420 est réglée par un potentiomètre R2 de manière qu'une seule impulsion de durée réglée et d'une fréquence correspondante au signal de synchronisation laser soit produite. A cet effet, un second multivibrateur 1422 inverse cette sortie pour produire une impulsion négative à l'entrée d'échantillonnage du circuit d'échantillonnage et maintien 1408. Le signal de synchronisation laser appliqué à l'entrée 1418, représenté en A sur la figure 11, comme cela a été expliqué ci-dessus a une durée et une fréquence d'impulsions réglées pour appliquer le niveau d'énergie voulue au point d'usinage 191 en fonction des caractéristiques de la soudure voulue. A titre d'exemple, la durée et la fréquence des impulsions du signal de synchronisation pour une soudure d'intersection 32 sont choisies respectivement à 6 ms et 20 impulsions/seconde. En particulier, la durée et la fréquence des impulsions sont réglées dans l'un des quatre modules correspondants à chacun des quatre types de soudure du dispositif de

commande de laser 592 comme le montrent les figures 5A et 5B. Ainsi, le circuit d'échantillonnage et maintien 1408 échantillonnent la sortie amplifiée de la photodiode 185 à une fréquence correspondant à l'émission des impulsions laser pour produire un signal analogique de sortie indiquant l'amplitude de la sortie échantillonnée de la diode. Il s'est avéré nécessaire d'échantillonner la sortie de la photodiode en synchronisme avec l'émission de chaque impulsion laser afin que la photodiode 185 puisse détecter exactement le rayonnement réfléchi par le point d'usinage 191.

Comme le montrent les figures 12A, 12B et 12C, la sortie du circuit d'échantillonnage et maintien est convertie de sa forme analogique en une valeur numérique par un convertisseur analogique-numérique 1410 dont la sortie numérique est appliquée à un comparateur numérique 1412 qui compare la représentation numérique échantillonnée de la sortie de la photodiode avec une valeur numérique correspondant à une valeur acceptable minimale de la chaleur résiduelle du point d'usinage 191, produite par les sorties des sélecteurs/multiplexeurs de données 1414a-d. La figure 8A montre que s'il y a alignement entre le faisceau laser 178 et le point d'intersection 24, la chaleur résiduelle du point 191 augmente à une vitesse connue en fonction du temps et en particulier, en fonction du nombre des impulsions laser dirigées sur ce point. En particulier la valeur numérique appliquée aux entrées B0-B3 du comparateur 1412 est augmentée en fonction du nombre des impulsions laser appliquées au point d'usinage 191 et à les comparer avec une valeur échantillonnée à la sortie de la photodiode. Si la sortie de la photodiode est supérieure, le comparateur 1412 produit un signal de sortie pour commander par horloge un compteur binaire 1428. Plus particulièrement, la sortie du comparateur 1412 est appliquée, par une porte NON-ET 1426



à l'entrée d'horloge CA du compteur 1428. Un autre signal est appliqué par le convertisseur analogique-numérique 1410 indiquant la fin de conversion à la porte NON-ET 1426 pour temporiser l'application de la sortie du comparateur au compteur 1428, assurant ainsi que la comparaison d'un échantillon particulier de la photodiode est effectuée après que la sortie de cette photodiode a été convertie en un signal numérique.

Il apparaît ainsi que le compteur 1428 n'est commandé par horloge que si l'échantillon de la sortie de la photodiode dépasse une valeur qui augmente constamment, correspondant à la température résiduelle minimale du point d'usinage 191 comme le montre la figure 9A. Si chaque échantillon de la photodiode dépasse le niveau minimal croissant à chacun d'un nombre donné d'impulsions nécessaires pour faire une soudure, le comparateur binaire 1432 livre un signal de sortie indiquant une soudure alignée et acceptable. En particulier, un commutateur 1434 est positionné pour produire un signal d'entrée aux entrées B0-B3 du comparateur 1432 indiquant le nombre établi des impulsions laser nécessaires pour effectuer la soudure d'intersection 32. Si le compteur 1428 reçoit un même nombre de sorties du comparateur 1412 indiquant un point 191 aligné, les entrées binaires A0-A3 dépassent la valeur correspondante appliquée aux entrées B0-B3 pour produire une sortie de soudure acceptable par le comparateur 1432.

Le signal de synchronisation de laser est également appliqué à un multivibrateur 1436 dont la sortie passe au niveau bas pendant un intervalle de temps établi par un potentiomètre R3 à une durée correspondant à l'intervalle attendu, nécessaire pour émettre le nombre voulu des impulsions laser afin d'effectuer une soudure d'intersection 32. A la fin de cet intervalle de temps, la sortie du multivibrateur 1436 passe au niveau haut

7

pour ramener au repos le compteur 1428. Pendant que la sortie du multivibrateur 1436 est au niveau bas, le compteur 1428 continue à compter les signaux de sortie du comparateur 1412 produits par la porte NON-ET 1426

5 indiquant une température augmentant progressivement du point de soudage. La sortie du multivibrateur 1436 est également utilisée pour ramener au repos un compteur 1430 à 4 bits dont les sorties QD, QC et QB sont utilisées pour adresser chacun des sélecteurs/multiplexeurs de

10 données 1414a-d afin d'obtenir à leurs sorties des signaux binaires Y indiquant la valeur seuil croissante suivant un niveau acceptable minimal de la température au point de soudage. Comme le montre la figure 12B, chaque multiplexeur 1414a-d est associé avec un commutateur

15 correspondant 1416a-d qui peut être positionné avec un incrément correspondant à un changement incrémental minimal de la température du point de soudage à partir d'une impulsion laser jusqu'à la suivante nécessaire pour produire une soudure acceptable. Un signal d'horloge

20 correspondant à l'émission de chacune des impulsions laser est produit à partir des multivibrateurs 1420, 1422 et 1424 de manière que la sortie du compteur 1430 change pour adresser les multiplexeurs 1414a-d sur la sortie de la valeur supérieure suivante correspondante de la température

25 minimale du point de soudage.

La sortie du comparateur 1432 indiquant si une soudure acceptable a été réalisée ou non est appliquée directement à une entrée de la porte NON-ET 1442 et, par un inverseur 1446, à une entrée de l'inverseur 1428.

30 L'autre entrée de chacune des portes NON-ET 1442 et 1444 reçoit un signal d'un multivibrateur 1438 dont l'entrée est connectée pour recevoir le signal de synchronisation de laser et produire une impulsion de sortie passant au niveau bas pendant un intervalle réglé par le potentiomètre

35 R4 afin de correspondre à la période nécessaire pour



émettre le nombre choisi des impulsions laser et terminer une soudure d'intersection 32. La sortie du multi-vibrateur 1438 est inversée par le multivibrateur 1440 pour produire une impulsion positive de même durée.

5 Quand la sortie du multivibrateur 1440 passe au niveau bas, chacune des portes NON-ET 1442 et 1444 est autorisée à permettre le passage de la sortie du comparateur vers un circuit de comptage et d'affichage du nombre des soudures acceptables ou inacceptables. En particulier, une sortie
10 de niveau haut du comparateur 1432 indiquant une soudure acceptable est appliquée par une porte NON-ET 1442 ouverte à un compteur de soudures acceptables 1450 constitué par plusieurs compteurs à décades en cascades 1452a-c pour compter respectivement les unités, les
15 dizaines et les centaines du nombre des soudures acceptables. A cet égard, la grille 16 comporte 70 x 70 bandes intérieures, ce qui nécessite 256 soudures d'intersection 32. Chacun des compteurs 1452a-c est associé avec l'un correspondant d'un groupe de circuits d'attaque
20 d'affichage 1454a-c et d'affichages numériques 1456a-c. D'une façon similaire, si la sortie du comparateur 1432 indique une soudure inacceptable, la porte NON-ET 1444 ouverte applique un simple comptage à un compteur 1460 de soudures inacceptables constitué par un jeu de compteurs
25 1462a-c et de circuits d'attaque d'affichage correspondants 1464a-c et des affichages numériques 1466a-c pour donner un affichage visuel du nombre des soudures mal alignées ou inacceptables produites sur la pièce. ;
Comme le montre la figure 12C, un commutateur 1472 est
30 connecté aux bornes de mise au repos des compteurs 1452a-c et 1462a-c de sorte que lorsqu'une nouvelle pièce, par exemple une nouvelle grille 16 doit être soudée, les compteurs puissent être ramenés au repos pour donner de nouveaux comptages des soudures acceptables et inacceptables.
35 tables.



Il est bien entendu que de nombreuses modifications et variantes peuvent être apportées au mode de réalisation décrit et illustré à titre d'exemple nullement limitatif sans sortir du cadre ni de l'esprit 5 de l'invention.

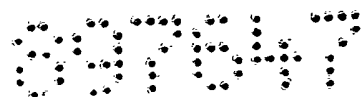
7

IDENTIFICATION DE REFERENCES NUMERIQUES UTILISEES DANS
LES DESSINS

Légendes	N° réf.	Figure
Autre CNC	126b	5B
MFP	130	5A
Clavier alpha-numérique	131	5A
Panneau d'affichage de soudage au laser	132	5B
Tube à rayons cathodiques	133	5A
Thermopile	218	5A
Mécanisme d'ouverture de porte	234	5B
Moteur d'entraînement de coulissement	266	5B
Ensembles localisateurs Av et Ar	284	5B
Ensembles localisateurs Av et Ar	286	5B
Moteurs d'axes "B"	388	5A
Commutateurs de proximité	402a-e	5A
Capteurs d'humidité	410	5A
Lampe	428	5B
Moniteur de débit (chambre)	484	5A
Moniteur de débit (montage)	486	5A
Moniteur de débit (lentille)	488	5A
Sonde à oxygène	496	5A
Système de refroidissement à l'eau du laser	520	5B
Interface d'entrées et de sorties numériques à isolement optique	562	5A
Carte d'attaque et de commande d'axe	566	5A
Carte d'attaque et de commande d'axe	568	5A
Carte d'attaque et de commande d'axe	570	5A
Voltmètre numérique	578	5A
Voltmètre numérique	580	5A
Voltmètre numérique	582	5A

Légende	N° réf.	Fig.
Lecteur de bande perforée	584	5A
Double entraînement de bande magnétique	586	5A
Interface de microprocesseur	588	5A
Interface de bande magnétique	590	5A
Dispositif de commande de laser	592	5B
Passage CNC en mode automatique	702	6A
Appel de programme de pièce	704	6A
Manoeuvre démarrage cycle	706	6A
Code "M" chambre déchargé appelle ce sous-programme d'application arrêt et attente,	708	6A
Chargement grille sur montage	710	6A
Manoeuvre démarrage "cycle"	712	6A
Appelle chargement/déchargement et contrôle environnement chambre, codes "M" appelle ces sous-programmes d'application	714	6A
Rotation montage	716	6A
Appelle sous-programme application pour moniteurs		
Environnement chambre : O ₂ et H ₂ O	718	6A
Placement chambre et lentilles vers coordonnées initiales de soudage X, Y Z	720	6A
Opérateur focalise lentille et aligne grille	722	6A
Manoeuvre "démarrage cycle"	724	6B
Introduction décalages X, Y et Z	726	6B
Mise en place appareil à laser :		
1) niveau puissance (code S)		
2) Fréquence impulsions (code T)		
3) Durée d'impulsions (code M)		
4) Type de soudure (code M)		
Appelle sous-programmes applications correspondant	728	6B

7



Légende	N° Réf.	N° Fig.
Réglage débit argon pour soudage (code M)	730	6B
Exécution soudure au laser		
Appel sous-programmes d'application :		
1) Commande miroir		
2) Réglage miroir en position		
3) Contrôle mouvement		
4) Libération laser		
5) Attente pour "fin effet laser"	732	6B
Déplacement grille jusqu'à position soudage suivante (X,Y)	734	6B
Contrôle code M	735	6B
Type de soudure terminé ?	736	6B
Arrêt, examen codes M pour type soudure suivant	738	6B
Tous types de soudures terminés ?	740	6B
Arrêt laser	742	6B
Déplacement chambre vers position déchargement, sortie grille	744	6B
Commande à partir phase 728, exécutée pendant cycle d'exécution de marqueur de commande	900	7A
Adressage de déclenchement code M (l'un deux M51-M54)	902	7A
Effacement sortie mode laser	904	7A
Autorisation mode laser sélectionnée	906	7A
Commande par codes M (M55-M59) établis à phase 728, exécutés pendant cycles d'exécution, marqueur commande	910	7B
Accès et interprétation code M dans masse de données	912	7B
Contrôle niveau puissance sécurité	914	7B
Sécurité de niveau	916	7B
Déclenchement d'alarme, arrêt d'exécution de programme de pièce	918	7B

Légende	N° Réf.	N° Fig.
Mise au repos, sortie de puissance	920	7B
Réglage de sortie puissance choisie	922	7B
Commande par codes M (M71, M72) établis à phase 728 de programme de pièce, exécutée pendant cycle d'exécution marqueur commande suivant, à l'entrée marqueur de commande sous-programme réglé pour exécuter à nouveau sur cycle d'exécution marqueur commande suivant		
Exécution cycle	1060	7C
Mode laser sélectionné ?	1062	7C
Affichage "message d'erreur"	1063	7C
Marqueur conditionnel "GO" établi phase 882	1064	7C
Nouvelle commande contrôle envi- ronnement chambre	1066	7C
Positionnement miroir de change- ment d'orientation faisceau	1068	7C
Appel d'accès laser, obturateur de déviation ouvert	1070	7C
Code M71 établi ?	1072	7C
Temps de déplacement table X-Y (soudure ponctuelle)	1074	7C
Contrôle tension lampe	1076	7C
Contrôle marqueur d'état laser		
1) Température et débit refroidis- sement lampe		
2) Puissance I & V lampe		
3) Porte armoire ouverte	1078	7C
Déclenchement circuit autorisé par phase 1012	1080	7C
Circuit déclenchement d'affichage message d'alarme non-autorisé	1082	7C

7

Légende	N° Réf	N° Fig.
Déclanchement laser par autorisation		
module commande obturateur	1084	7C
Attente fin temporisation laser	1086	7C
Temps écoulé supérieur 8 s	1088	7C
Affichage message alarme "fin temporisation laser"	1090	7C
Code M71 établi ?	1092	7C
Fermeture obturateurs déviation et sécurité	1094	7C
Libération et déblocage laser, sortie	1096	7C
Commutateur unités	1354	10B
Commutateur dizaines	1356	10B
Commutateur centaines	1358	10B
Echantillonnage et maintien	1408	12A
Attaque d'affichage	1454c	12C
Attaque d'affichage	1454b	12C
Attaque d'affichage	1454a	12C

REVENDECATIONS

1. Appareil de soudage à laser, caractérisé en ce qu'il comporte un premier miroir réfléchissant (182) et un second miroir à transmission partielle (184) disposés de chaque côté d'un laser (170) un ensemble de 5 lampes (186) destinées à diriger un rayonnement sur le laser, un dispositif optique (204) pour focaliser et diriger l'émission laser sur une pièce à usiner (16), un obturateur (188) destiné à interrompre l'émission laser sur l'un dudit premier et dudit second miroirs, un circuit
10 de commande (1300) pour actionner ledit obturateur et laisser passer un nombre déterminé d'impulsions d'émission laser et pour régler la durée d'impulsions et la fréquence de répétitions des impulsions d'émission laser souder progressivement la pièce à usiner à la pénétration voulue.

15 2. Appareil selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit circuit de commande 1300 ne laisse passer qu'un nombre entier d'impulsions d'émission laser.

3. Appareil selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que la fréquence de répétition des impulsions
20 est choisie dans la plage de 15 à 25 impulsions/seconde.

4. Appareil selon la revendication 3, caractérisé en ce que la fréquence de répétition est choisie de l'ordre de 20 impulsions/seconde.

5. Appareil selon la revendication 3, caractérisé en ce que la durée des impulsions est choisie dans
25 la plage des 3 à 9 ms.

6. Appareil selon la revendication 5, caractérisé en ce que la durée des impulsions est choisie pour être de l'ordre de 6 ms.

30 7. Appareil selon la revendication 5, caractérisé en ce que ledit ensemble de lampes (186) dirige des impulsions de rayonnement pour exciter ledit laser afin qu'il émette des impulsions de rayonnement ayant un niveau de puissance de crête dans la plage de 2000 à 4000 watts.

35 8. Appareil selon l'une quelconque des revendications



1 à 7, caractérisé en ce que ledit laser (170) consiste en un laser Nd:YAG.

9. Appareil selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce qu'il comporte un 5 détecteur de rayonnement (193) destiné à recevoir un rayonnement réfléchi par un point de soudage et pour délivrer un signal de sortie indiquant le niveau de rayonnement réfléchi, et un détecteur d'alignement ou un dispositif d'alignement (183) couplé pour recevoir 10 le signal de rayonnement et pour mesurer la vitesse d'augmentation du signal de sortie pendant l'usinage du point d'usinage et pour comparer la vitesse mesurée d'augmentation par rapport à une vitesse minimale acceptable afin de déterminer si le point d'usinage a 15 été aligné avec précision par rapport au trajet de laser.

10. Appareil selon la revendication 9, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif d'alignement de pièce à usiner.

11. Appareil selon la revendication 10, caractérisé en ce que la pièce à usiner 16 comporte plusieurs 20 points d'usinage, un dispositif de commande de mouvement étant prévu pour commander le mouvement dudit dispositif d'alignement et déplacer séquentiellement les points d'usinage de manière que chacun d'entre eux soit aligné 25 avec ledit tranjet de laser.

12. Appareil selon l'une quelconque des revendications 9 à 11, caractérisé en ce que ledit dispositif de détection d'alignement (183) comporte un échantillonneur qui échantillonne le signal de sortie du détecteur de 30 rayonnement à des intervalles réguliers inférieurs au temps d'usinage d'un point d'usinage, et mémorisant les signaux de sortie échantillonnés.

13. Appareil selon la revendication 12, caractérisé en ce que ledit dispositif de détection d'alignement (183) comporte un comparateur qui compare chaque 35

7

signal de sortie échantillonné avec un niveau minimal acceptable qui augmente avec chaque impulsion laser et des circuits de détermination qui déterminent si chaque signal de sortie échantillonné dépasse le niveau minimal acceptable afin d'indiquer si le point d'usinage a été aligné avec précision avec le trajet de laser.

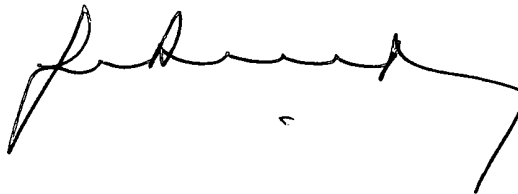
14. Appareil selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif de direction de rayonnement destiné à diriger un rayonnement d'une fréquence déterminée sur ladite source de laser, ledit échantillonneur échantillonnant la sortie dudit dispositif de rayonnement à la même fréquence.

15

Bruxelles, le 31 août 1983

P.Pon. de WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION

OFFICE KIRKPATRICK - G.C. PLUCKER



057057

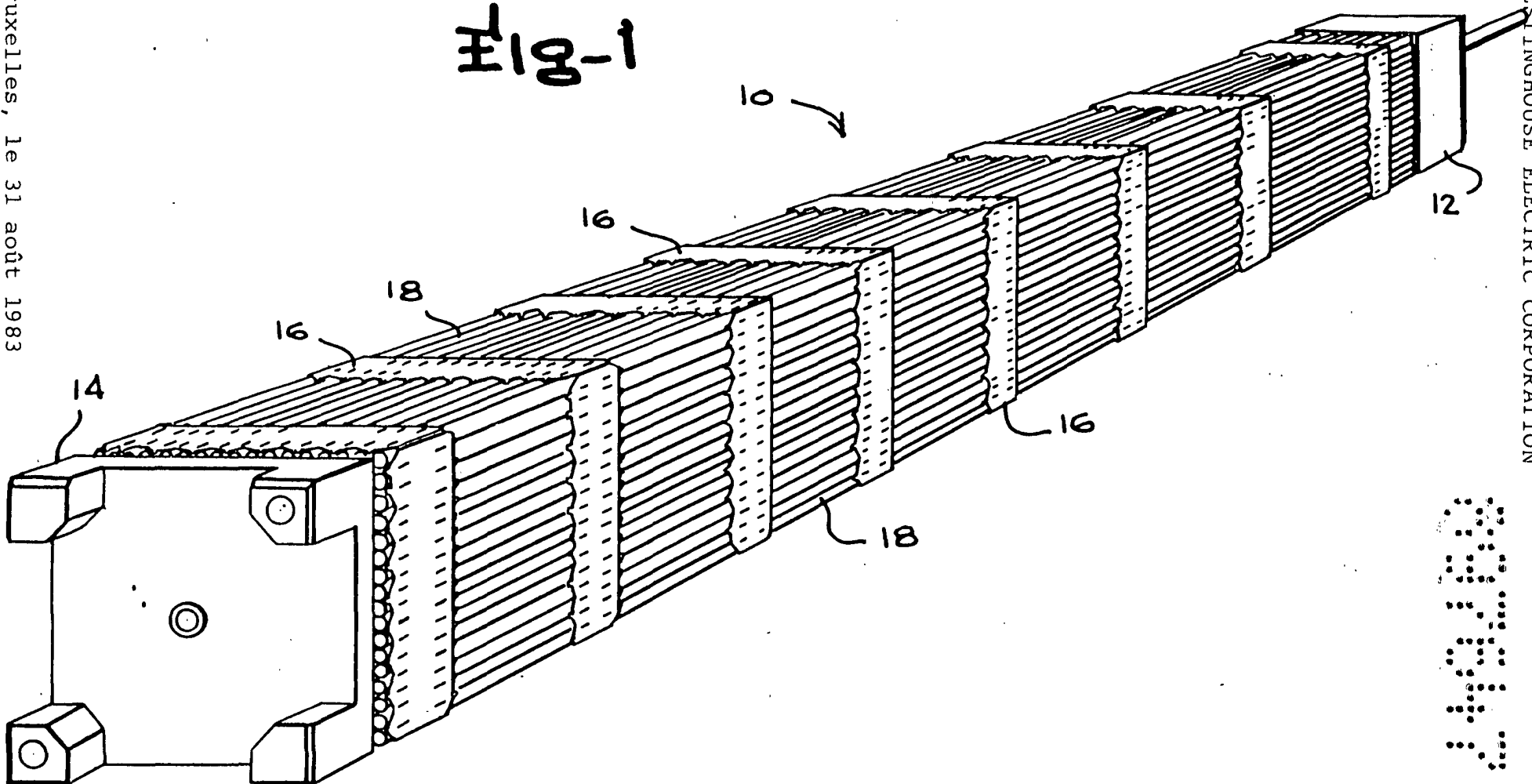
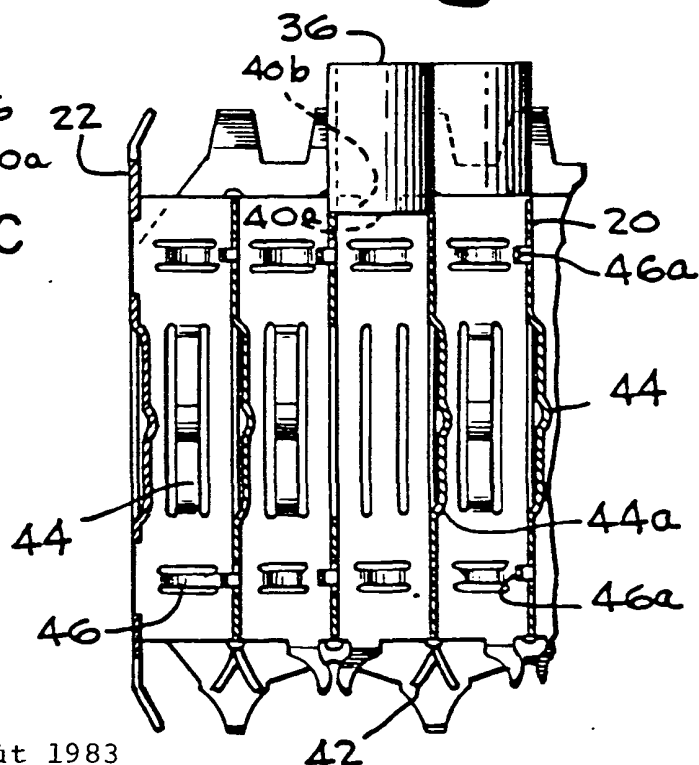
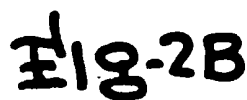


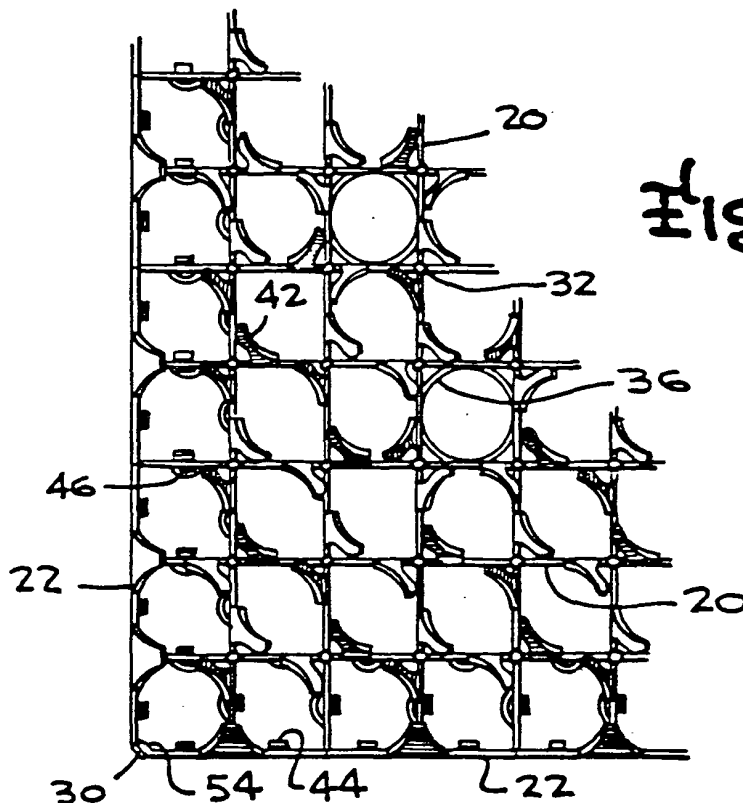
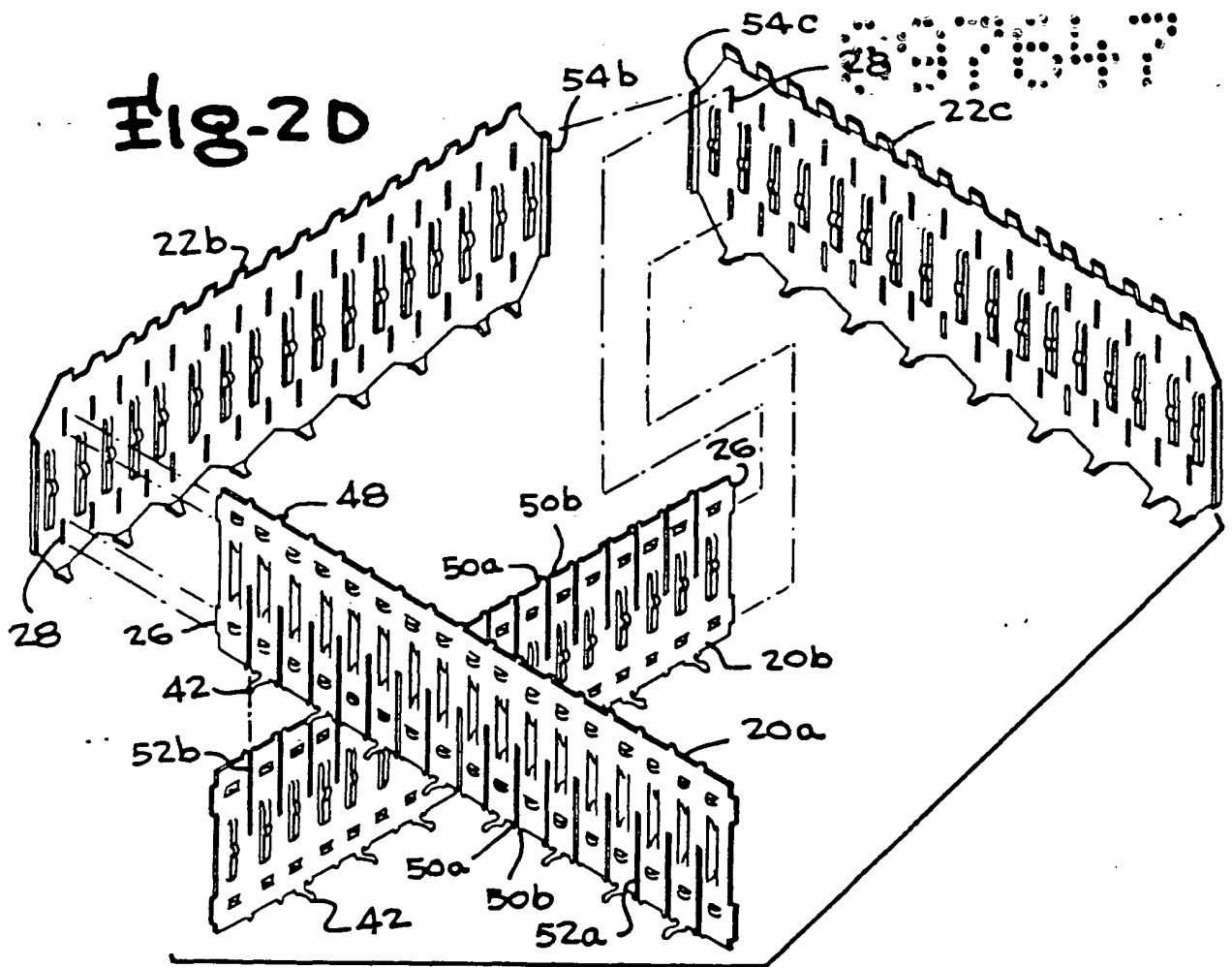
Fig. 1

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



P. Pon. de WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION
OFFICE KIRKPATRICK *A* G. C. *1* PLUCKER.

HOUSE ELECTRIC CORPORATION
ICK - G.C. PLUCKER.



Bruxelles, le 31 août 1983

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

A handwritten signature in ink, likely belonging to G.C. Flucker, is written over the typed name.

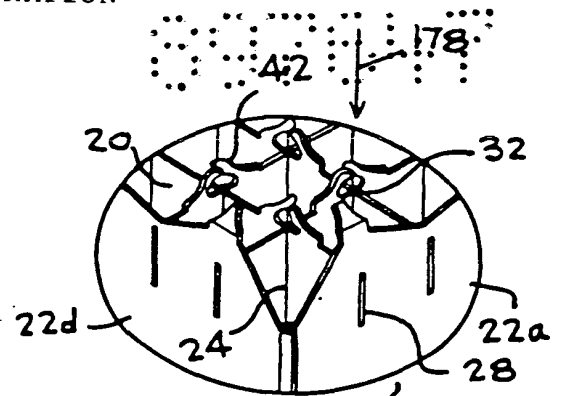
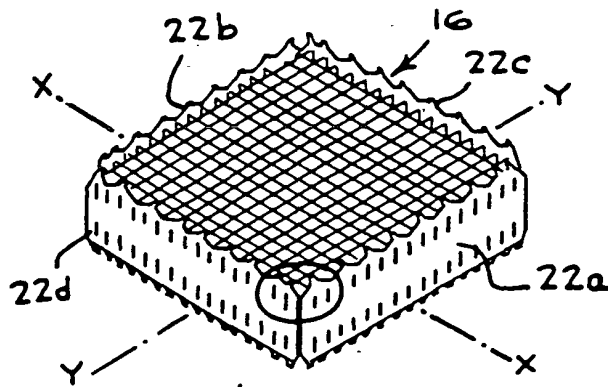


Fig. 3A

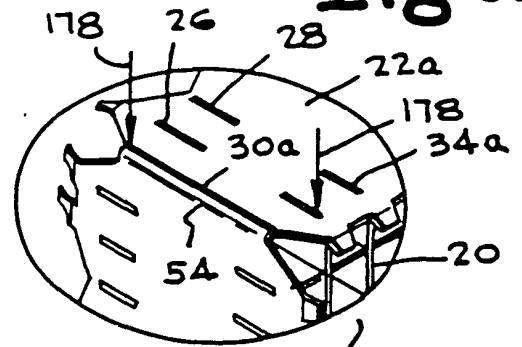
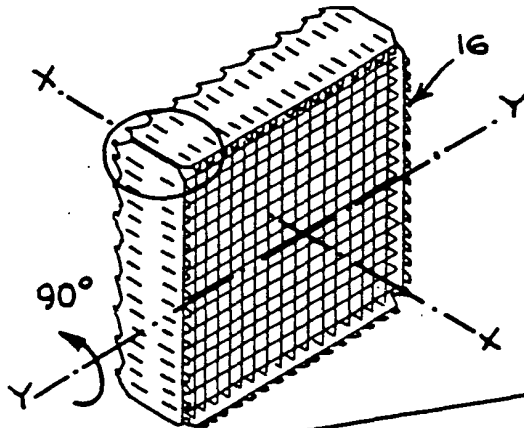


Fig. 3B

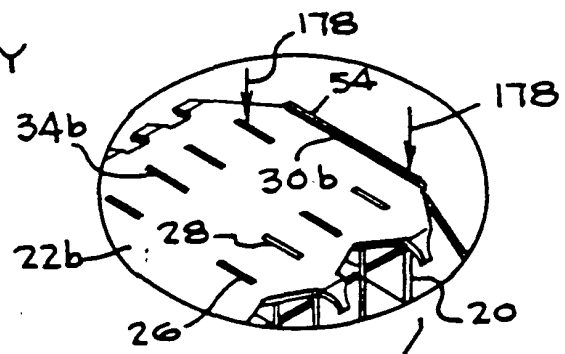
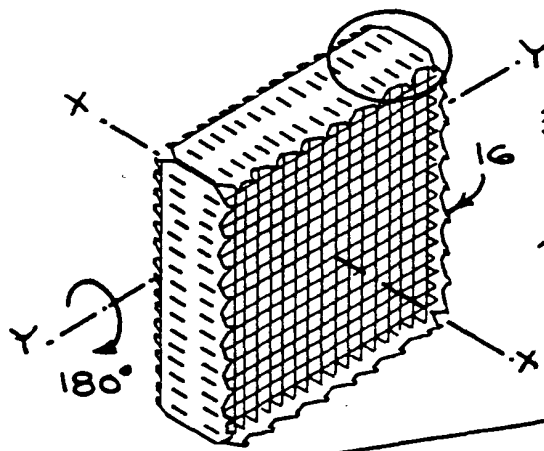


Fig. 3C

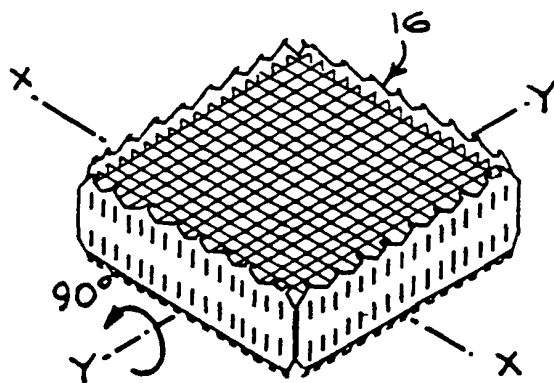


Fig. 3D

Bruxelles, le 31 août 1983

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

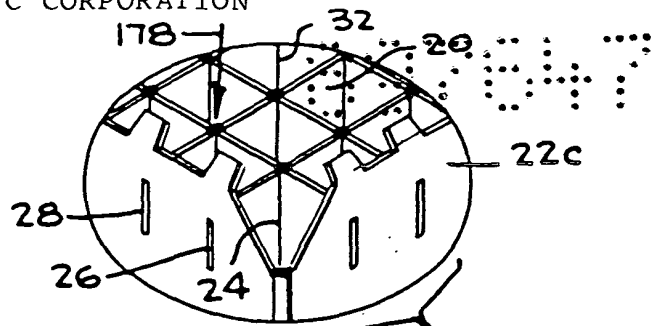
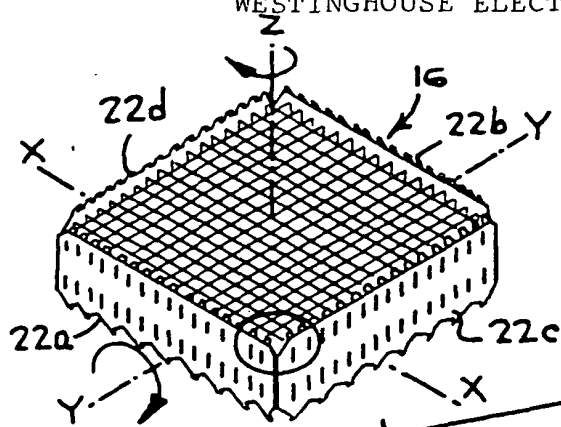


Fig-3E

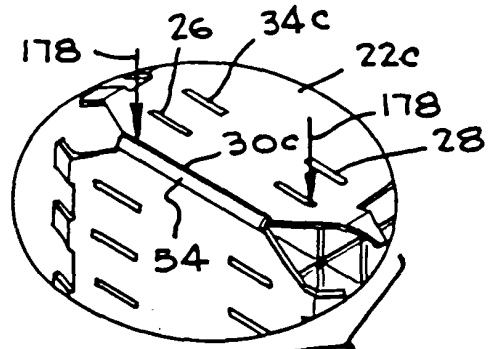
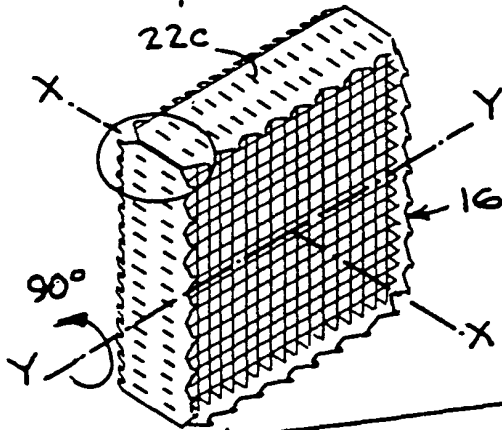


Fig-3F

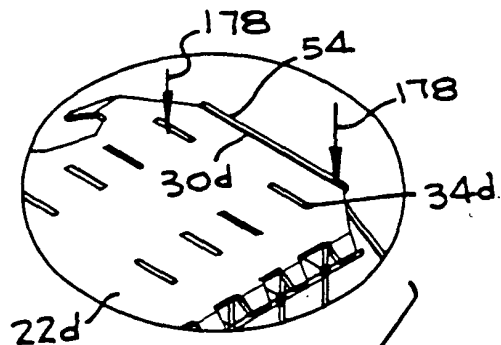
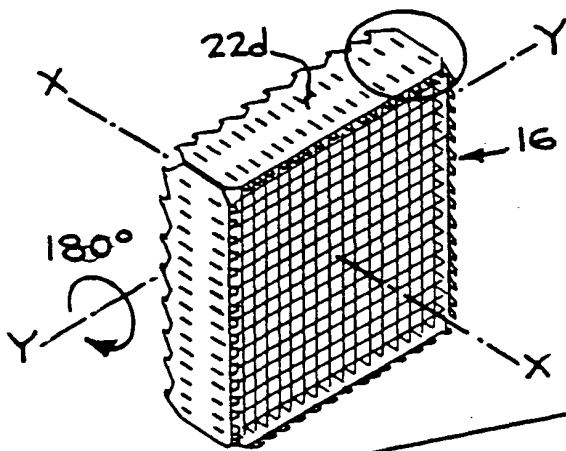


Fig-3G

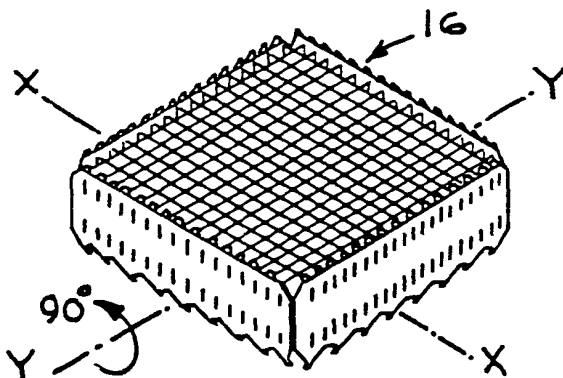


Fig-3H

Bruxelles, le 31 août 1983

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

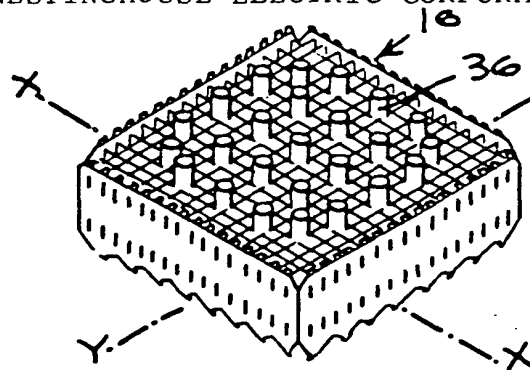


Fig-3I

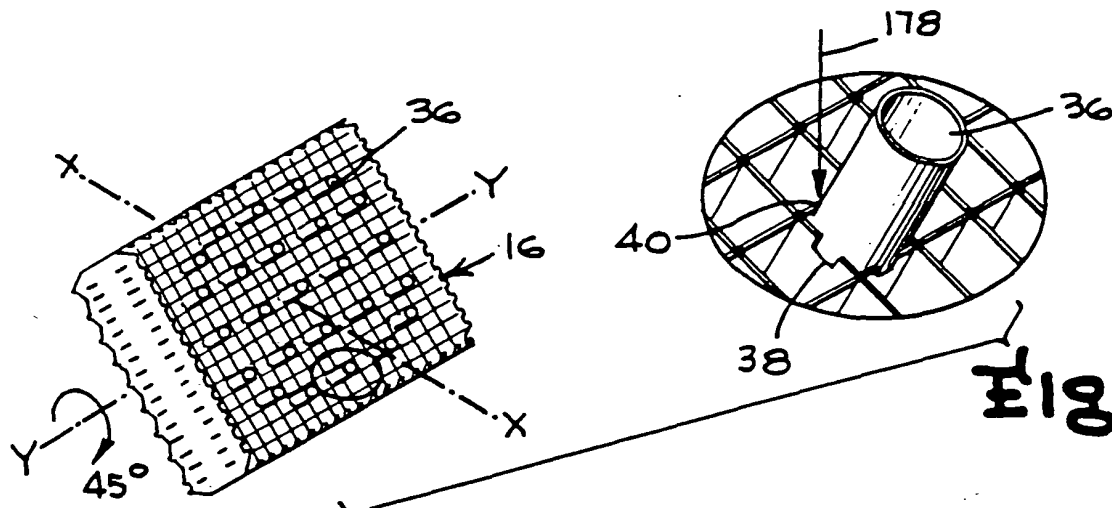


Fig-3J

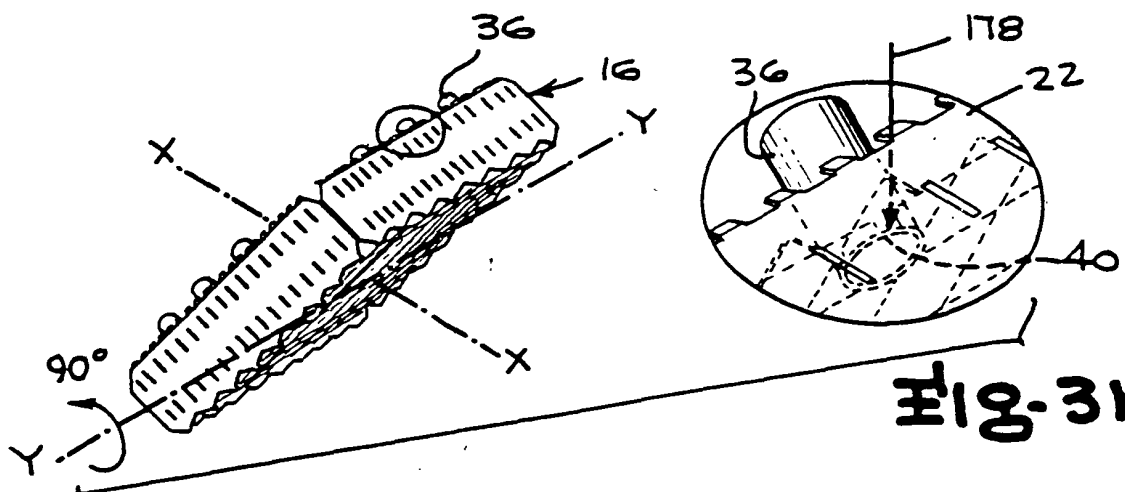


Fig-3K

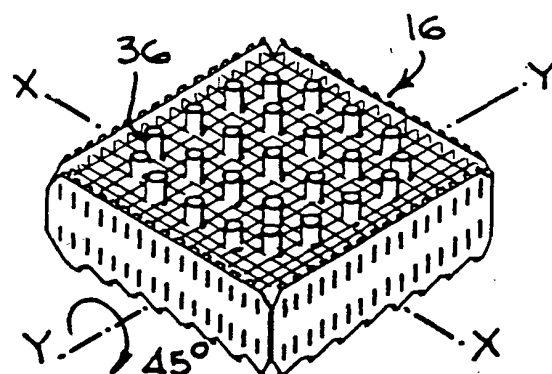


Fig-3L

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

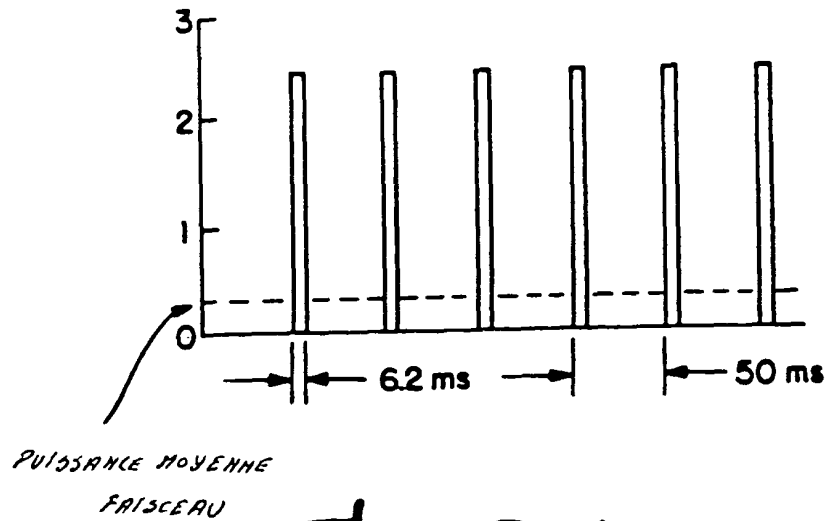
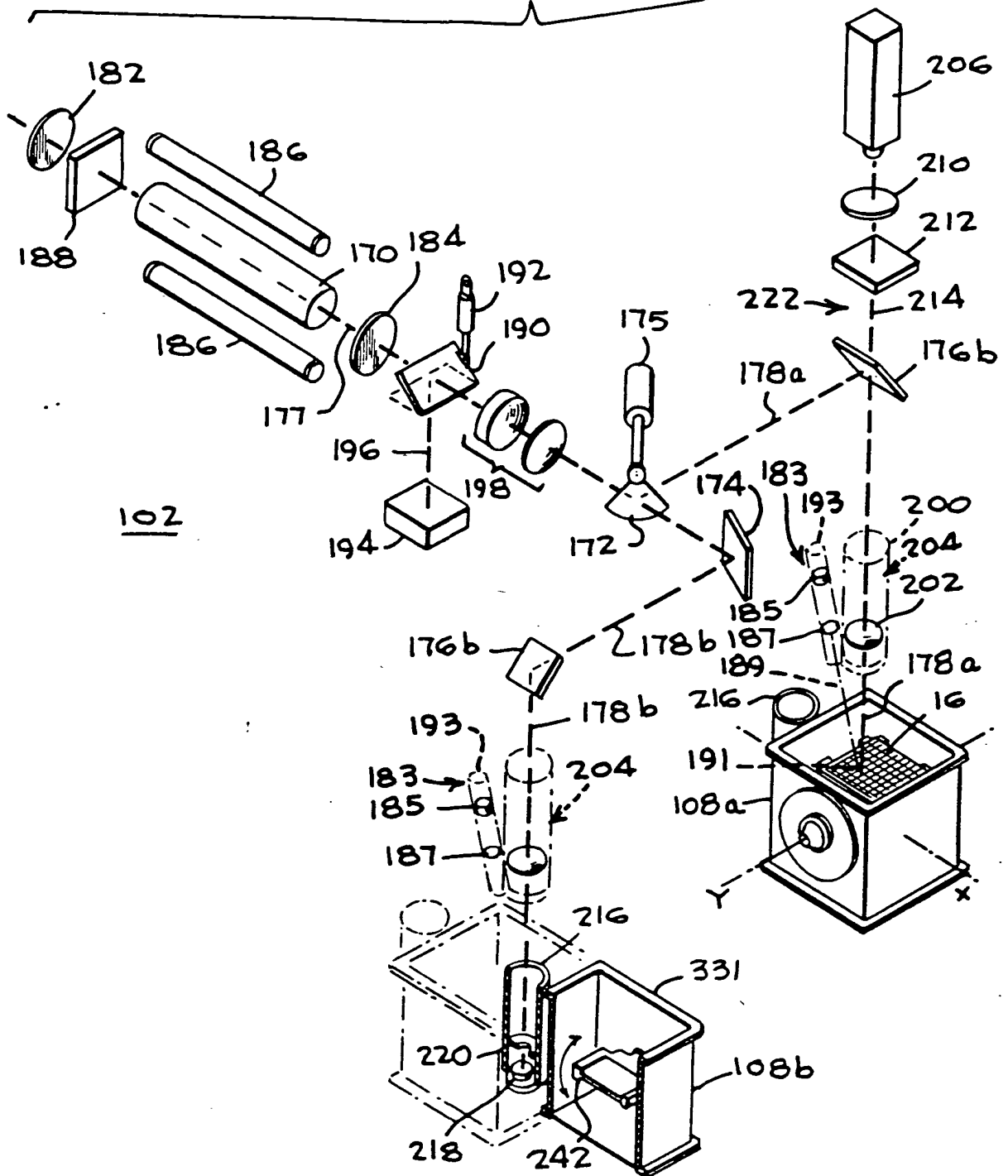


Fig-3M

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

[Handwritten signature]

Fig-4



Bruxelles, le 31 août 1983

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

[Handwritten signature]

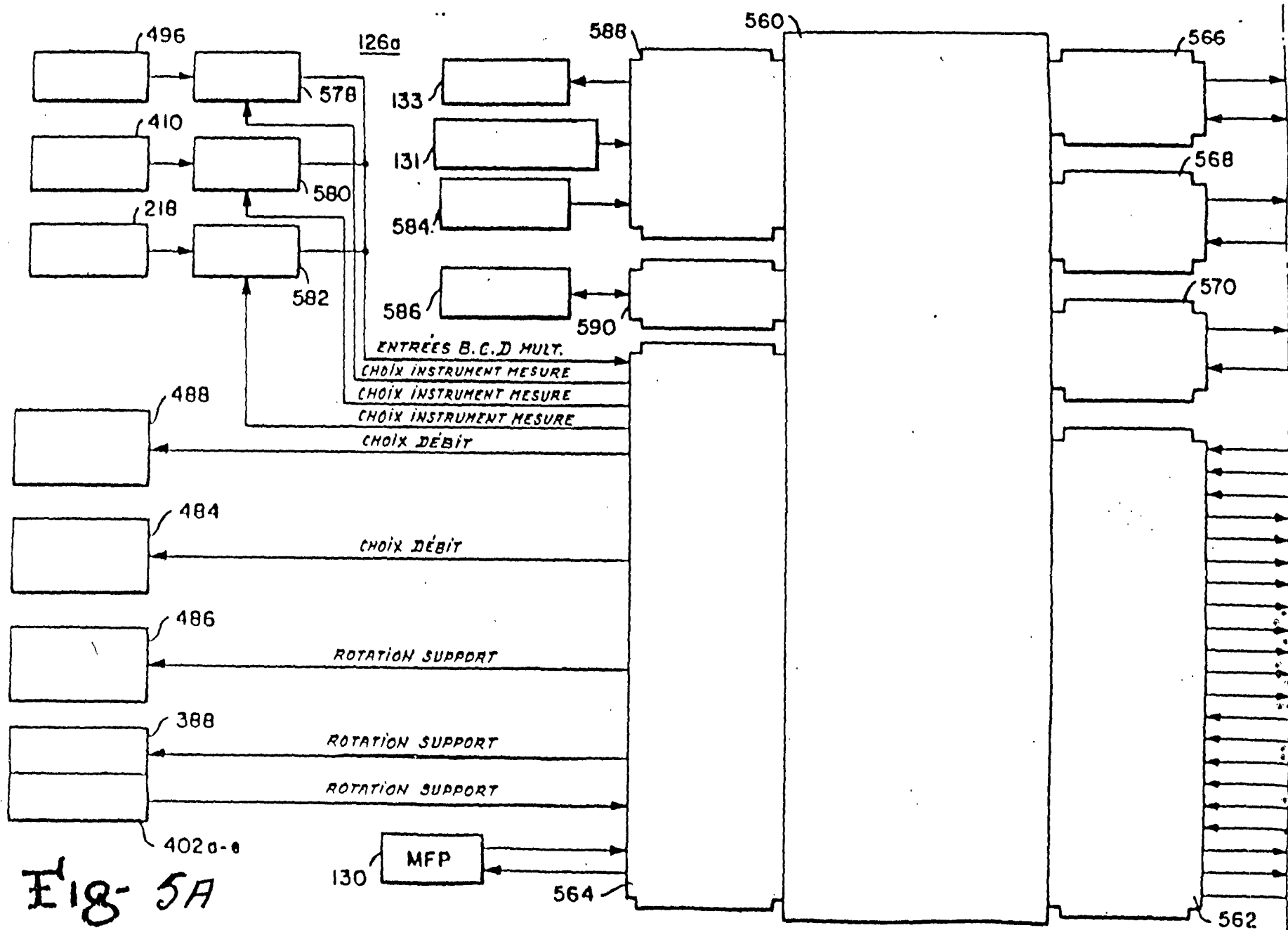
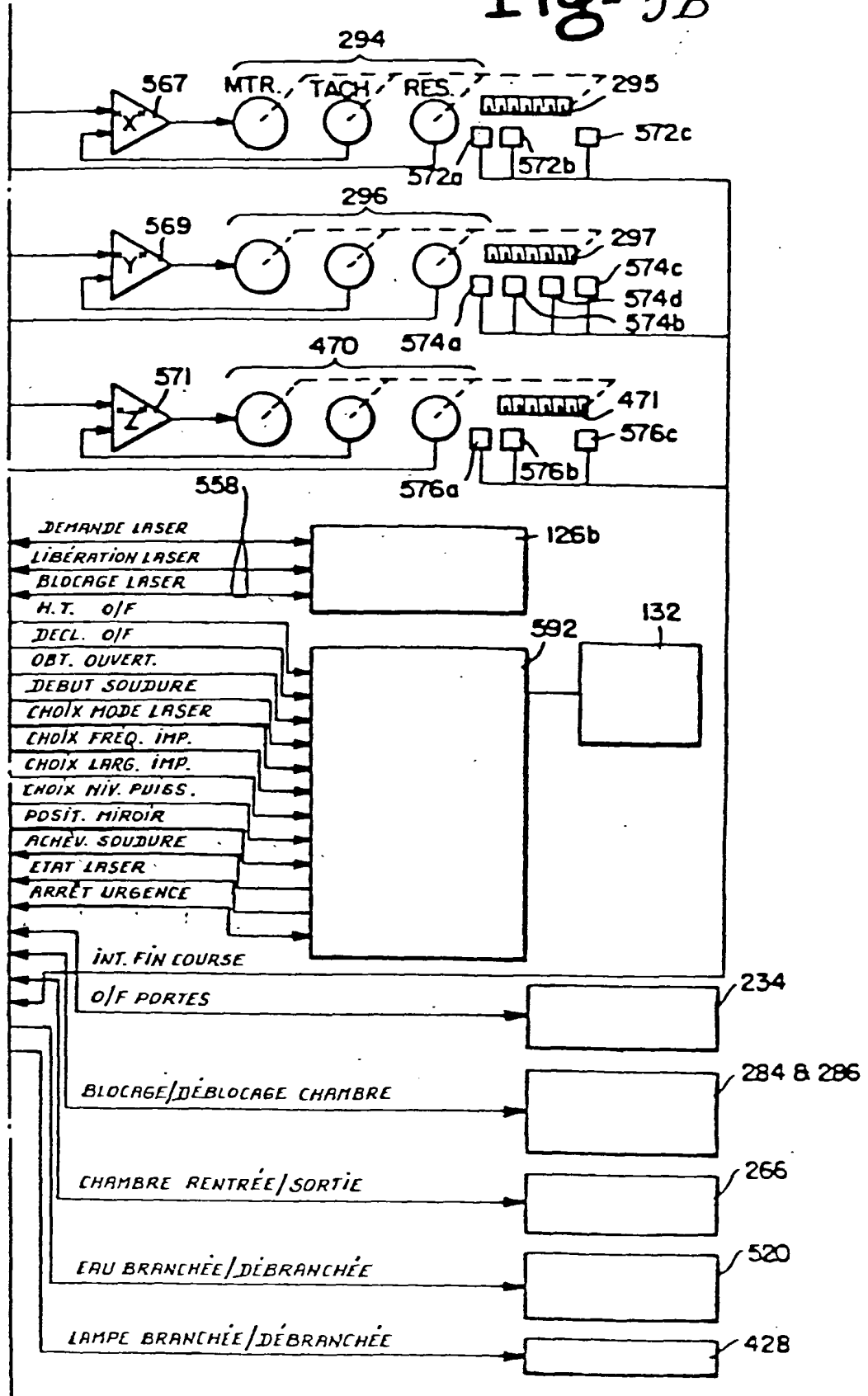


Fig-5A

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

Fig- 5B

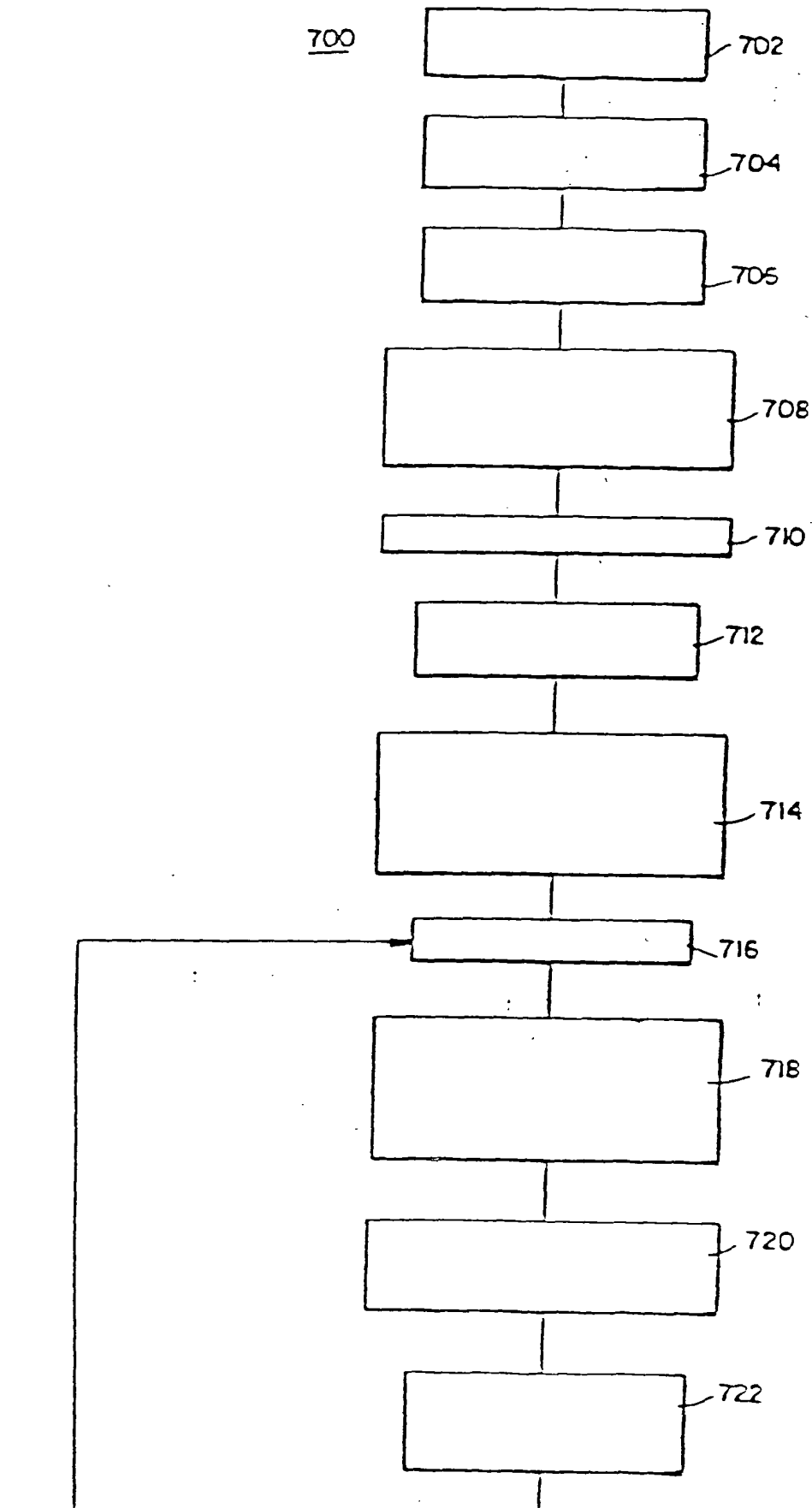


Bruxelles, le 31 août 1983

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

PROGRAMME PARTIEL

Fig 6A



Bruxelles, le 31 août 1983

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

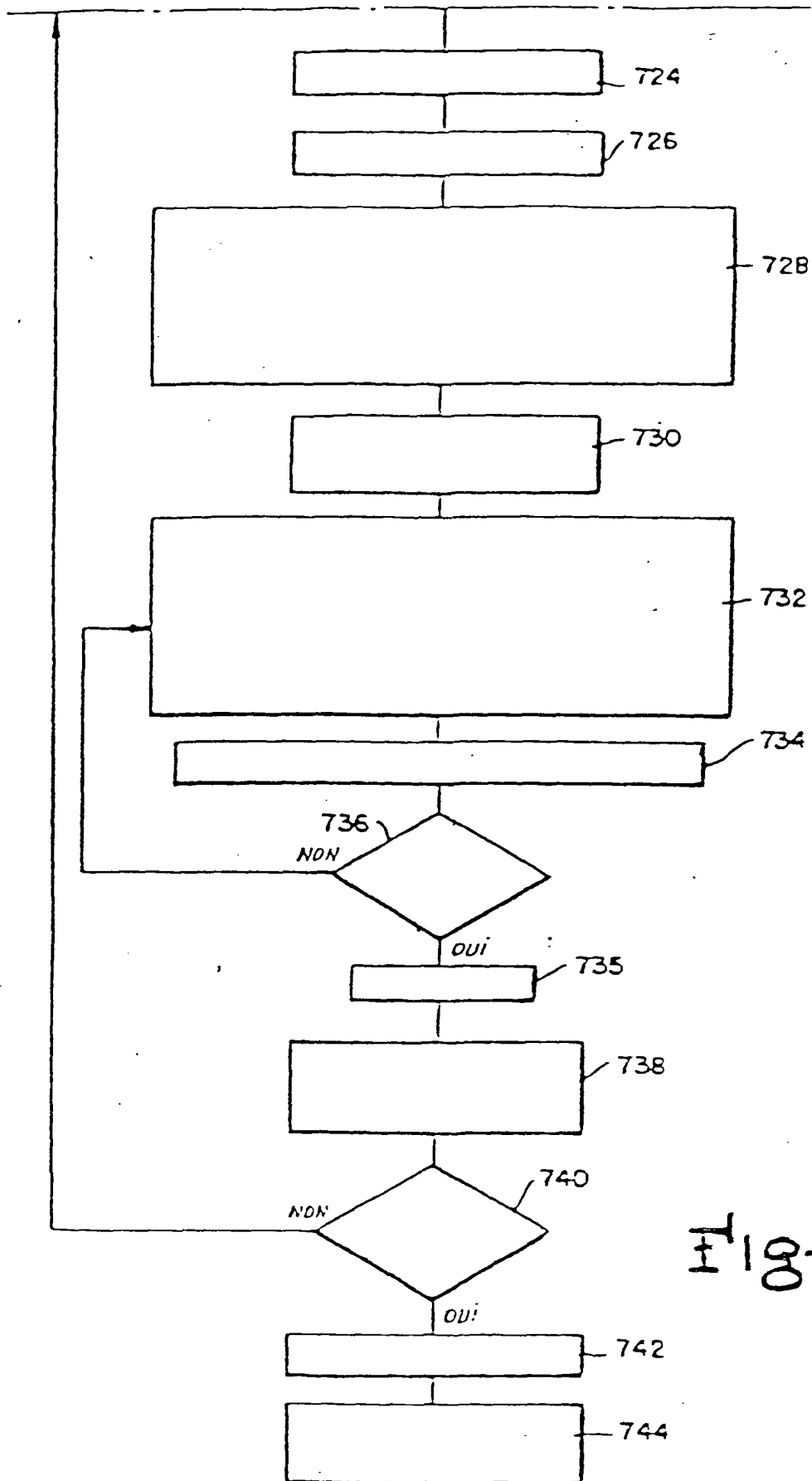


Fig- 6B

Bruxelles, le 31 août 1983

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

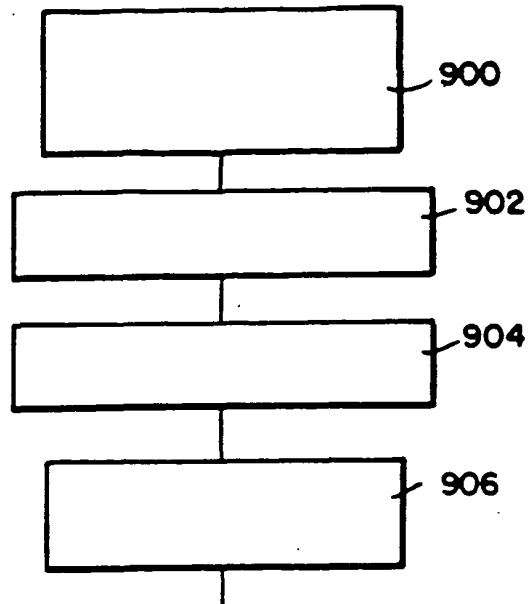
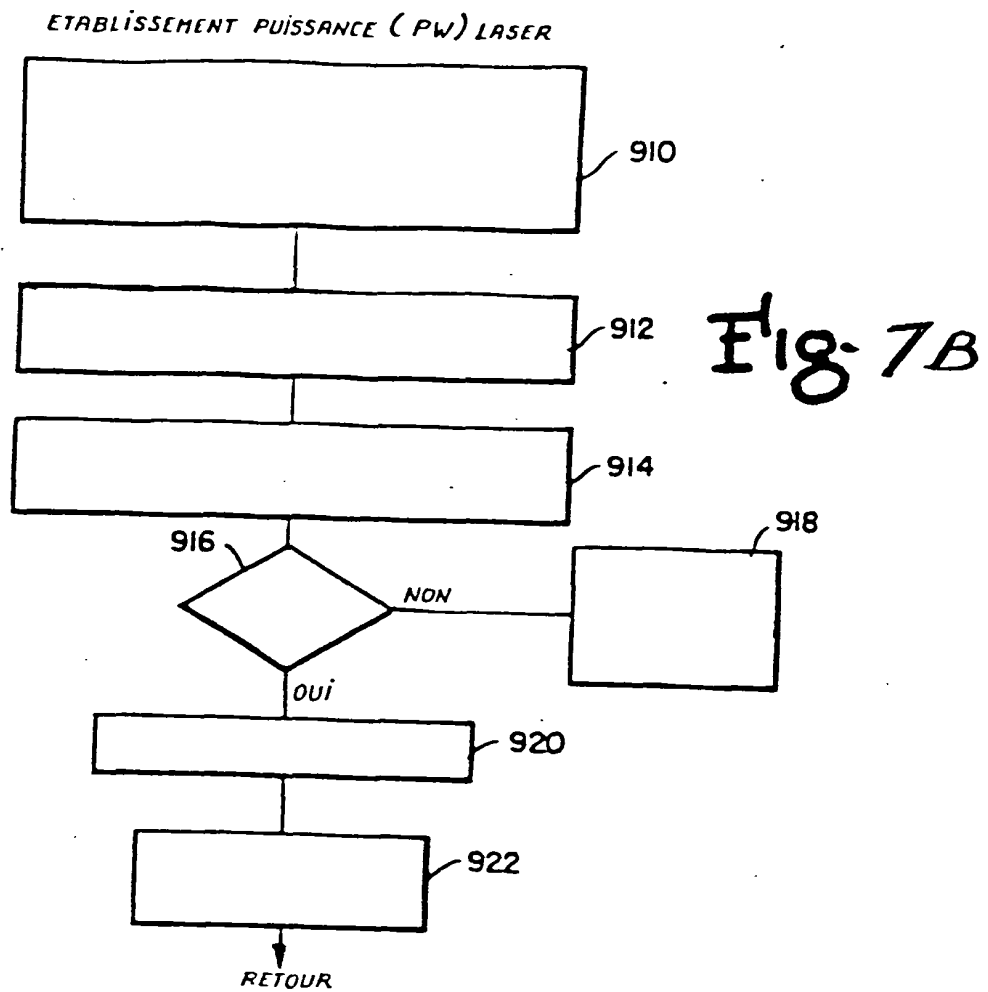
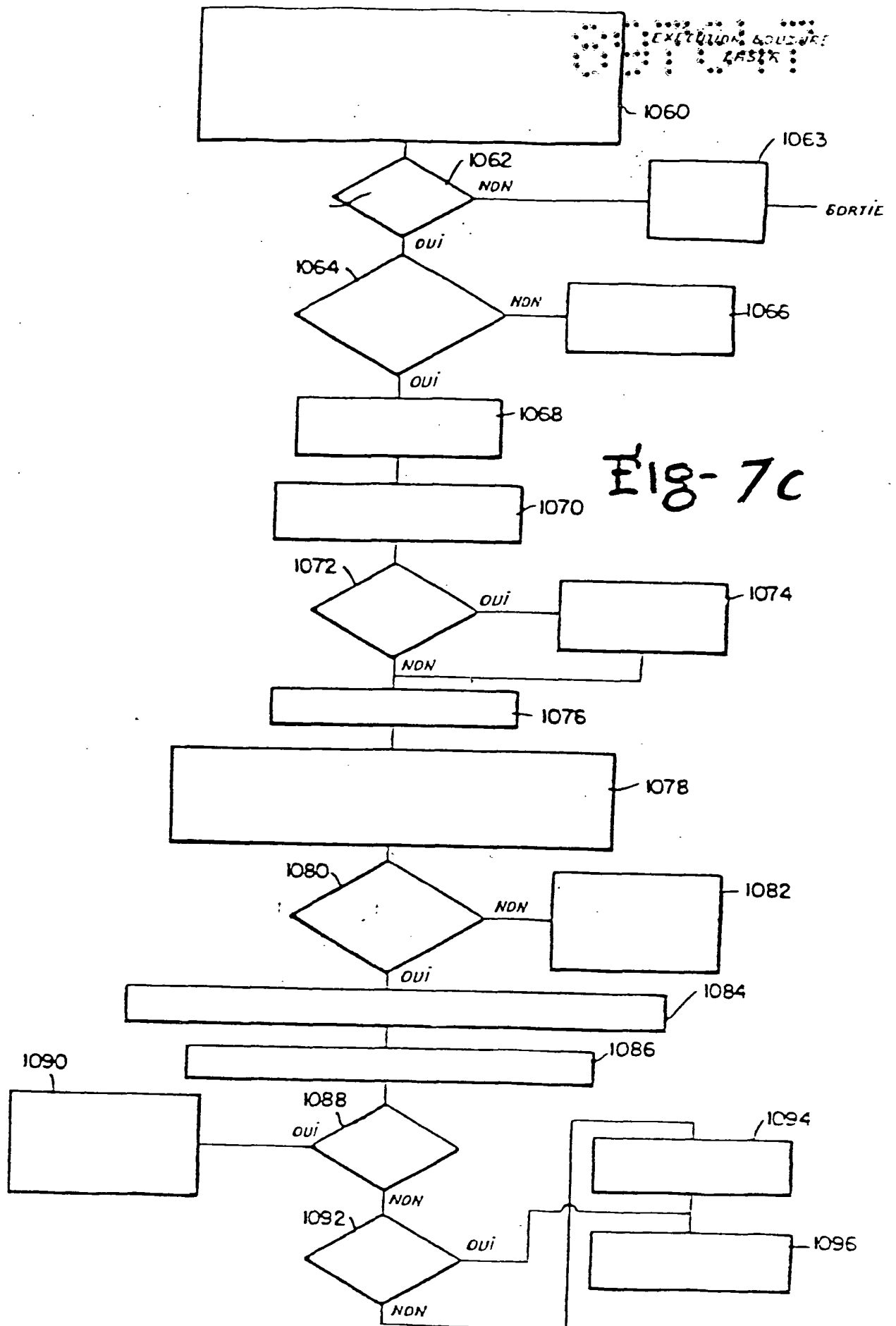


Fig-7A

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



Bruxelles, 1e 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.

[Handwritten signature]

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

RAYONNEMENT REFLECHI
(TEMPERATURE POINT DE SOUDAGE)

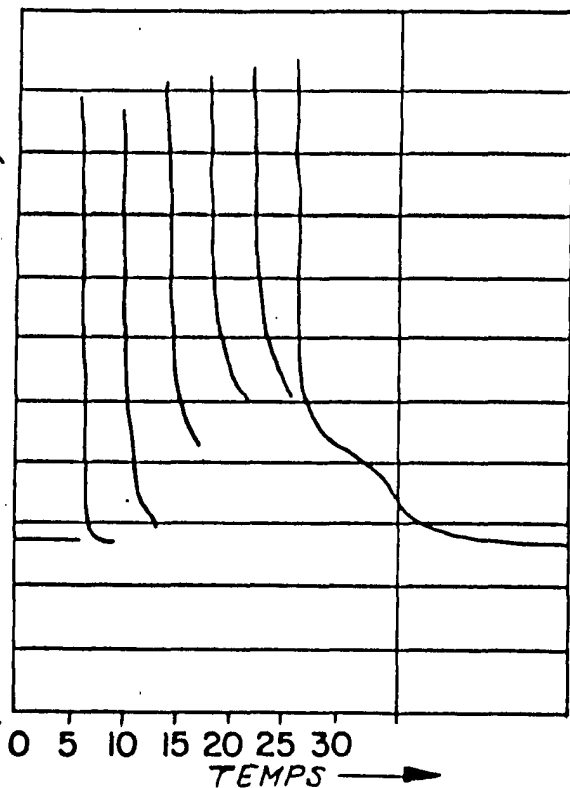


Fig-8A

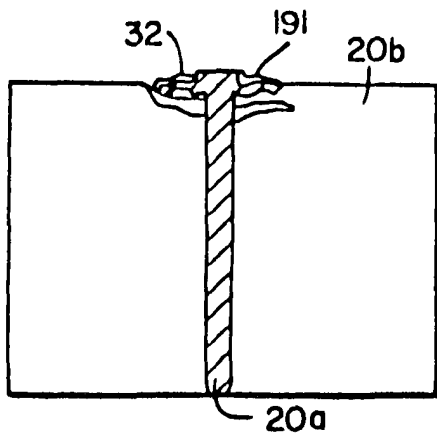


Fig-9A

RAYONNEMENT REFLECHI
(TEMPERATURE POINT DE SOUDAGE)

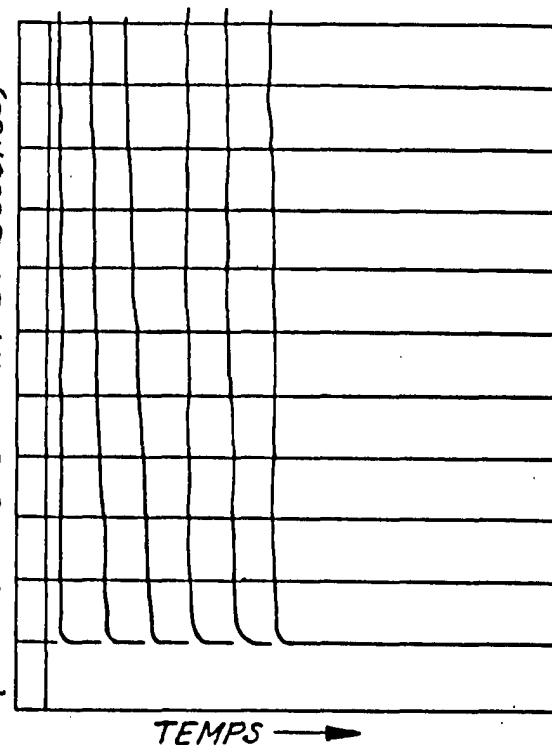


Fig-8B

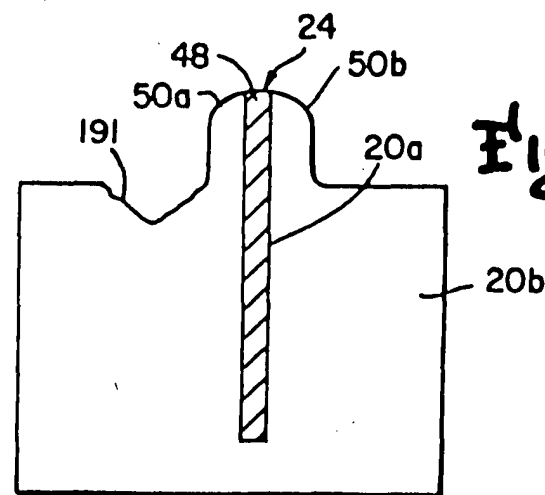


Fig-9B

OB

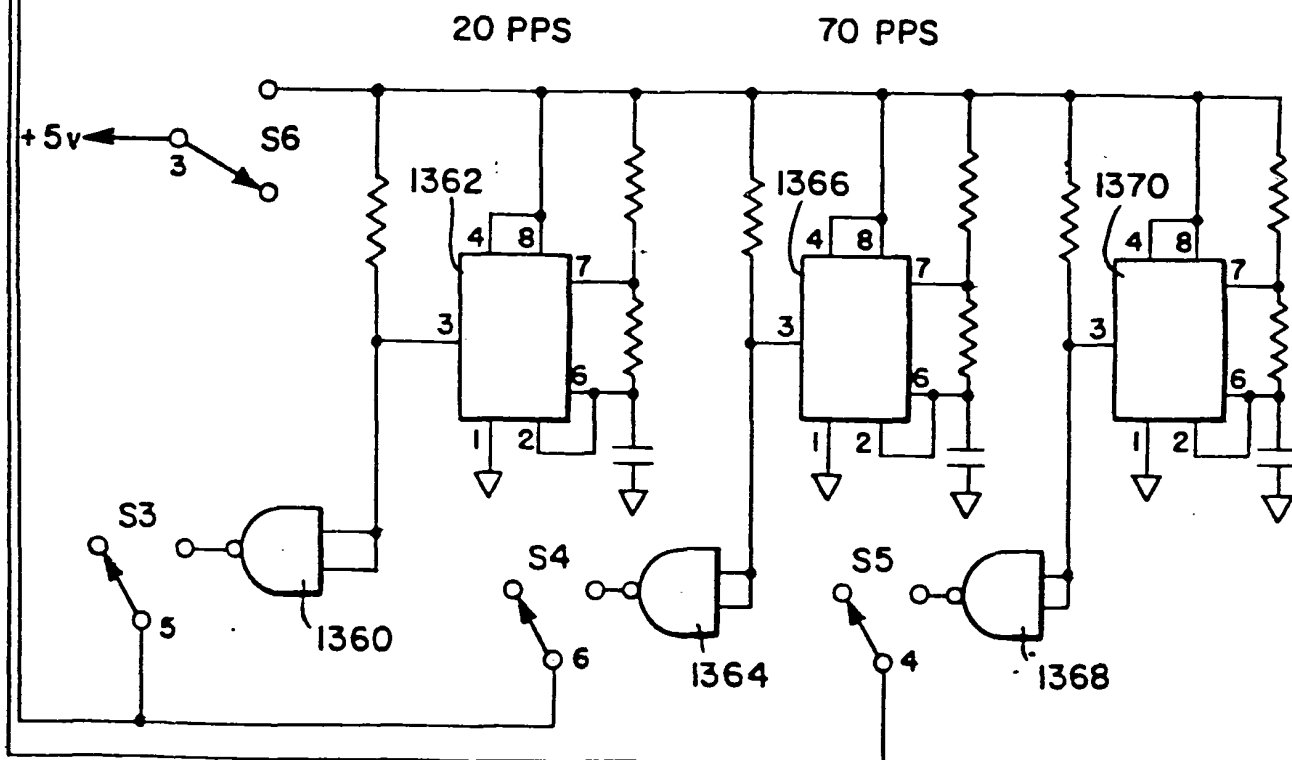
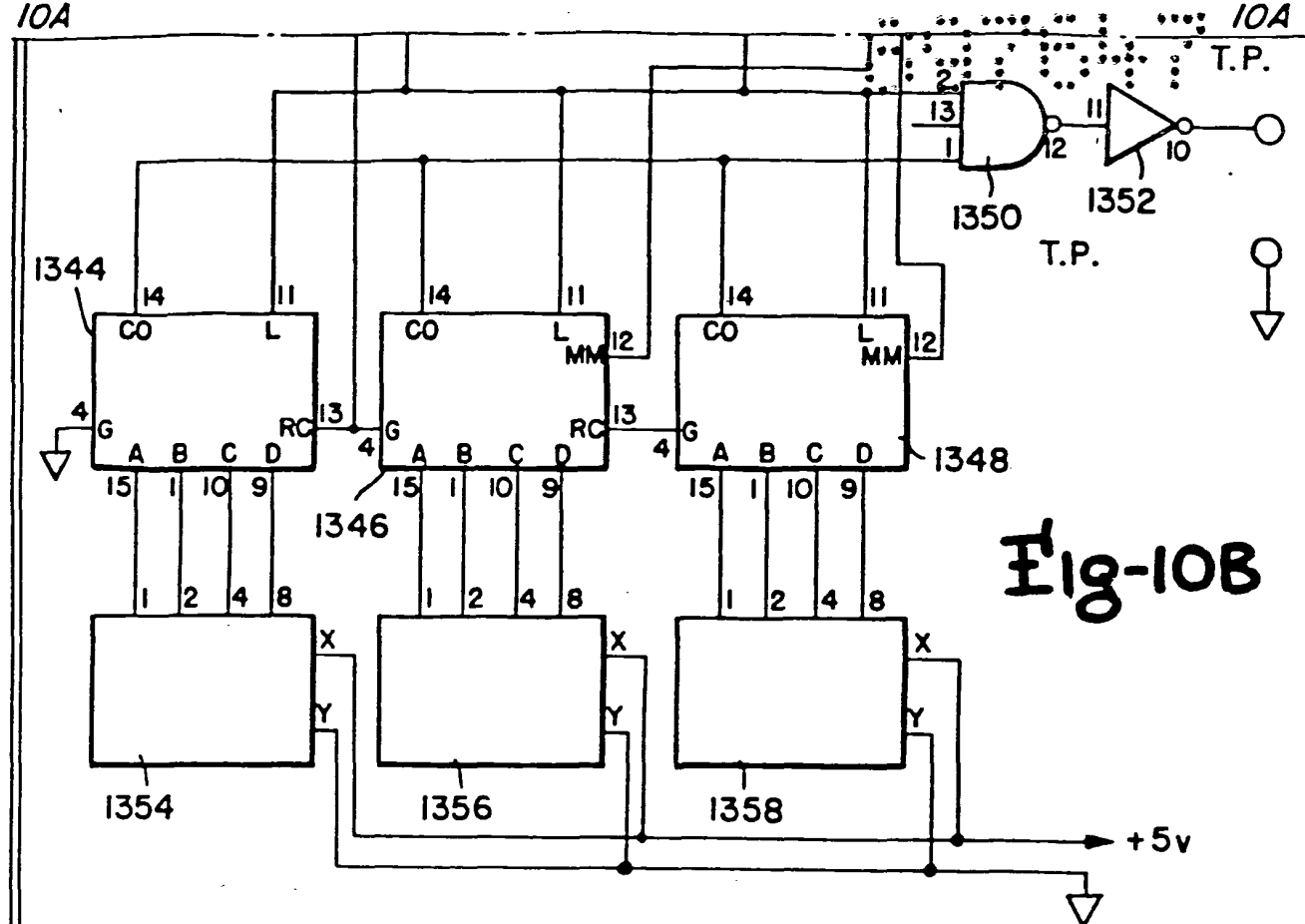
MCKER.



WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION

10A

10A

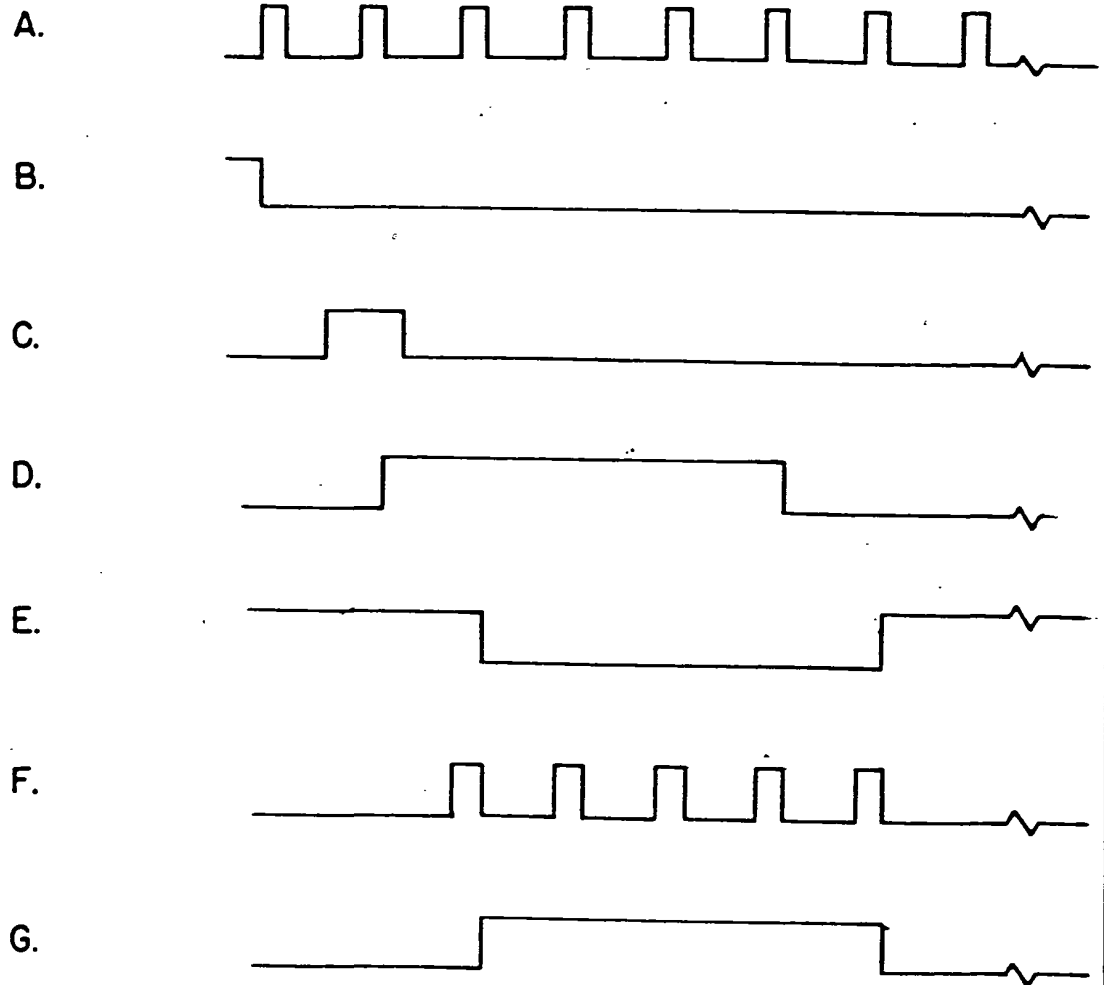


Bruxelles, le 31 août 1983

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

897647

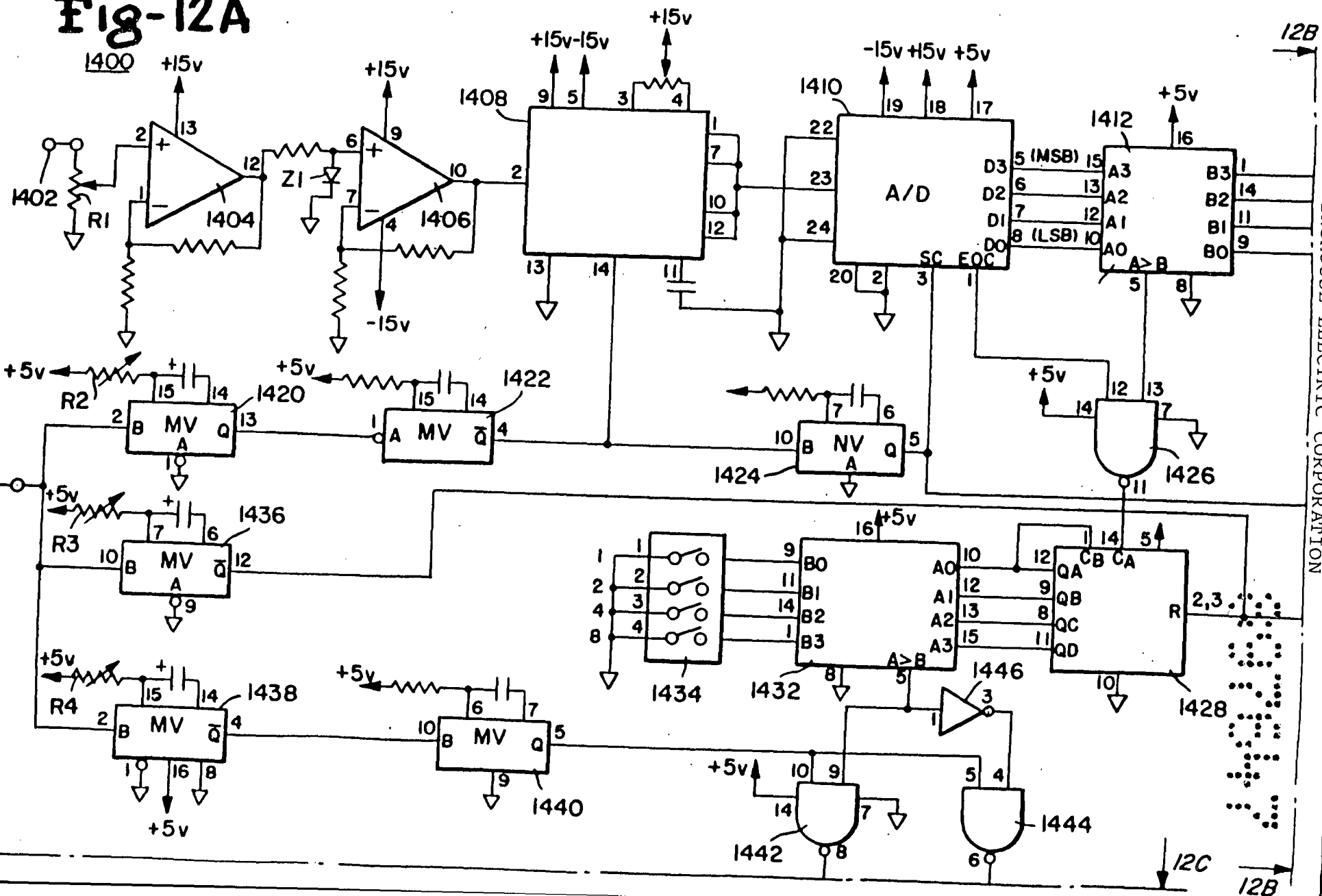
Fig-11



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

[Handwritten signature]

Fig-12A



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

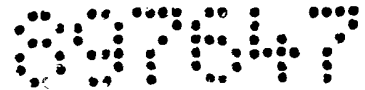
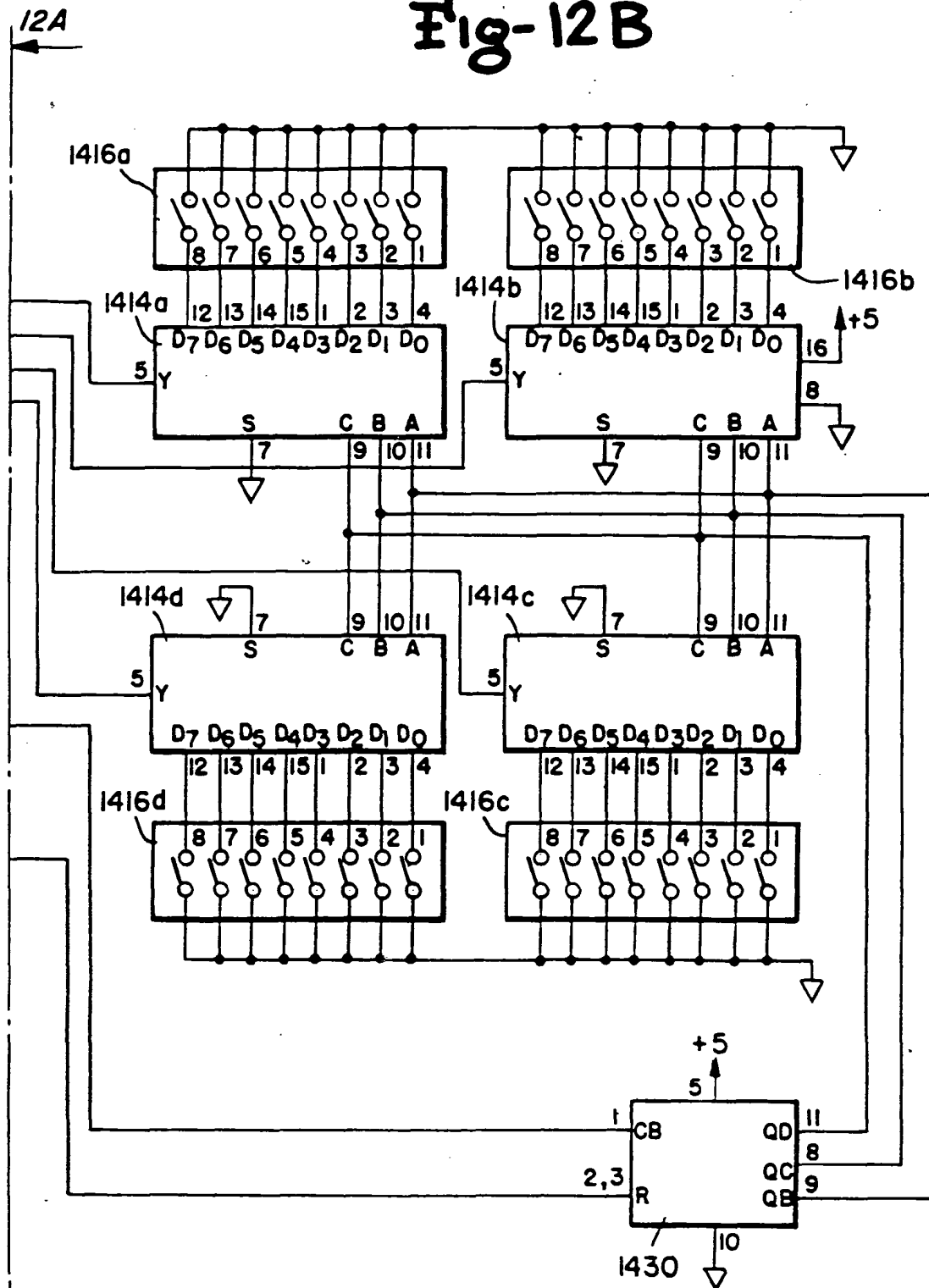


Fig-12 B

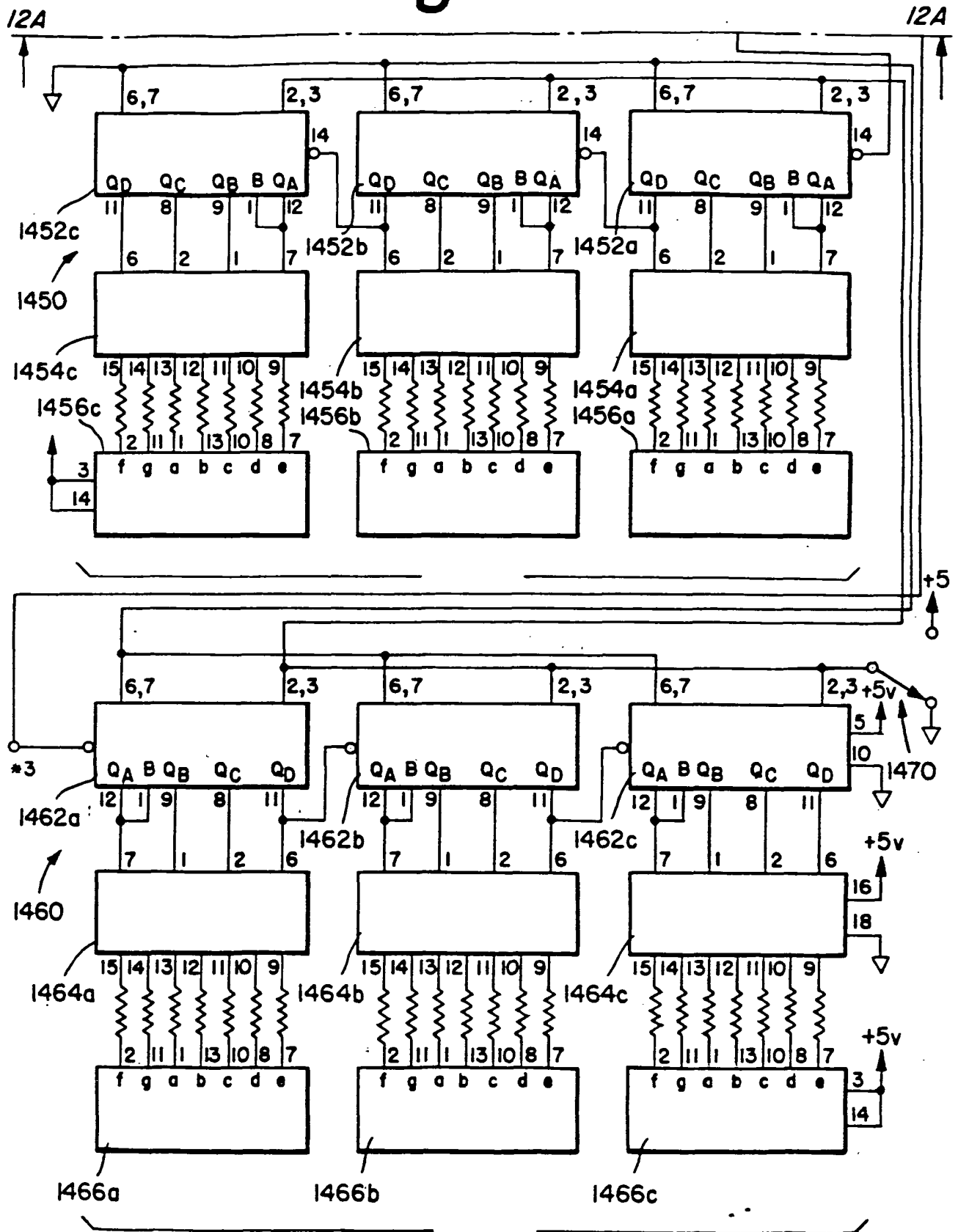


Bruxelles, le 31 août 1983

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

887847

Fig-12C



Bruxelles, le 31 août 1983

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