



N° 897.649

Classif. Internat.: B23K/H015/B05B

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 19 83 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 automatisé comprenant des
moyens perfectionnés d'étalonnage,

qu'elle déclare avoir fait l'objet d'une demande de brevet
déposée aux Etats-Unis d'Amérique le 1er septembre 1982,
n° 414.272 au nom de J.W. Clements et J.R. Faulkner dont elle
est l'ayant cause.

Article 2. - Ce brevet lui est délivré sans examen préalable, à ses risques et périls, sans ga-
rantie 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

097849

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 automatisé comprenant des moyens perfectionnés
d'étalonnage.

Demande de brevet aux Etats-Unis d'Amérique N° 414.272
du 1er septembre 1982 en faveur de J.W. CLEMENTS et J.R. FAULKNER

Appareil d'usinage automatisé comprenant
des moyens perfectionnés d'étalonnage

La présente invention, sous sa forme préférée,
5 concerne la commande d'une pluralité de phases de traitement
au laser d'une pièce d'usinage et, plus particulièrement,
un dispositif de commande pour l'utilisation d'un faisceau
laser dans l'exécution d'une séquence de phases d'usinage
effectuées sur une pièce à usiner et dans lesquelles les
10 paramètres de génération de faisceau laser sont commandés
automatiquement en ce qui concerne la phase désirée et son
mode. Plus particulièrement, la présente invention a trait
à une commande pour un usinage au laser qui est étalonné de
manière à modifier le niveau de puissance du faisceau laser
15 engendré en conformité avec le mode désiré, l'ensemble de
paramètres du laser, et en fonction de la puissance mesurée
du faisceau laser dirigé sur la pièce d'usinage. Dans un
exemple de mode de réalisation de la présente invention, le
système de commande étalonné comportant un ordinateur
20 effectue une série de soudures sur une pièce d'usinage se
présentant sous la forme d'une grille d'assemblage de barres
de combustible nucléaire formée d'une matière métallique
volatile telle que l'alliage de zirconium connu sous la
dénomination de Zircaloy.

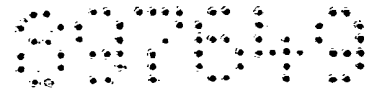
25 L'appareil de soudage de précision à laser selon la
présente invention concerne, d'une façon générale, la
fabrication des assemblages 10 d'éléments de combustible

7

nucléaire en faisceaux, tels que représentés sur la figure 1 des dessins. Comme on peut le voir, l'assemblage combustible 10 est un ensemble autonome constitué par un embout supérieur 12 et un embout inférieur 14, entre lesquels est disposée
5 une matrice de barres 18 de combustible nucléaire disposées en rangées et en colonne et maintenues dans cette configuration par une pluralité de grilles 16 de barres de combustible. Bien qu'elles ne soient pas représentées sur la figure 1, des barres de commande sont incluses à des positions choisies à
10 l'intérieur du réseau de barres 18 de combustible nucléaire. Les embouts 12 et 14 et les grilles 16 de barres de combustible constituent un bâti formant squelette destiné à supporter les barres 18 de combustible et les barres de commande. Les assemblages combustibles nucléaires 10 sont mis en place dans
15 des endroits prédéterminés à l'intérieur d'un réacteur nucléaire et, par conséquent, l'orientation des barres 18 de combustible les unes par rapport aux autres est réglée de façon rigoureuse.

L'appareil de soudage de précision à laser selon la
20 présente invention se rapporte, dans un exemple de réalisation de cette dernière, à la fabrication de grilles 16 de barres de combustible telles que représentées sur les figures 2A à 2E. La grille 16 de barres de combustible a une configuration à peu près carrée, dont la périphérie est formée par quatre
25 lames ou bandes extérieures 22 de grille. Chaque extrémité d'une lame extérieure 22 de grille est soudée par une soudure linéaire ou cordon 30 d'angle à l'extrémité d'une lame extérieure de grille disposée perpendiculairement. Une pluralité de lames intérieures 20 de grille sont disposées en
30 rangées et en colonnes perpendiculaires les unes aux autres, ce qui fait qu'une pluralité de cellules sont formées en vue de recevoir les barres de commande et les barres 18 de combustible nucléaire. Les lames intérieures 20 de grille disposées le long des rangées et des colonnes comportent des
35 fentes complémentaires à chacun des points 24 d'intersection pour recevoir une lame intérieure 20 de grille disposée perpendiculairement. Une soudure 32 d'intersection est

7



réalisée à chacun des points 24 d'intersection, grâce à quoi une structure à claire-voie rigide est formée. En outre, chacune des lames intérieures 20 de grille comprend à chaque extrémité une paire de pattes 26 qui ont une taille et une configuration prévues pour qu'elle soit logée sans jeu soit dans une rangée supérieure, soit dans une rangée inférieure de fente 28 ménagée dans les lames extérieures 22 de grille, comme représenté sur la figure 2A. Une soudure 34 de fentes et de pattes est effectuée le long des rangées supérieure et inférieure formées par les fentes 28 dans les lames extérieures 22 de grille. En outre, une pluralité de manchons de guidage 36 sont disposés sur la surface latérale de manchons de la grille 16 de barres de combustible pour recevoir et guider les barres de commande disposées dans cette grille. Une série de soudures linéaires ou cordons 40 d'encoches fixent solidement les manchons de guidage 36 aux encoches correspondantes 38 formées dans les lames intérieures 20 de grille. L'appareil de soudage de précision à laser de la présente invention est adapté particulièrement pour effectuer une série d'opérations de soudage commandées grâce auxquelles chacune des soudures 30, 32, 34 et 40 est exécutée. L'appareil de soudage de précision à laser de la présente invention non seulement commande les divers paramètres de génération de faisceau laser en ce qui concerne la largeur d'impulsion et la hauteur d'impulsion de chaque impulsion laser, ainsi que le nombre d'impulsions devant être appliquées à chaque soudure, mais également commande le positionnement séquentiel des grilles 16 de barres de combustible par rapport au faisceau laser. Il va de soi qu'après chacune de ces soudures, on positionne de nouveau la grille 16 de barres de combustible et/ou on modifie le foyer du faisceau laser pour effectuer le type particulier de soudure désirée.

En se référant maintenant aux figures 2B et 2C, on voit qu'une pluralité de doigts élastiques 44 sont disposés dans le sens longitudinal des lames intérieures 20 de grille parallèlement les uns aux autres. Une paire de doigts d'espacement 46 sont disposés de part et d'autre d'un doigt

élastique correspondant 44 et servent conjointement avec le doigt élastique 44 à assurer un agrippement élastique des barres 18 de combustible nucléaire qui sont disposées dans la cellule formée par les lames intérieures 20 de grille qui s'intersectent. Un doigt élastique 44a est disposé à droite, comme on peut le voir sur la figure 2C, dans une position opposée par rapport au doigt d'espacement 46a, ce qui fait qu'une barre 18 de combustible nucléaire se trouve maintenue élastiquement entre les doigts.

La façon suivant laquelle les lames intérieures 20 de grille sont assemblées les unes aux autres ainsi qu'aux lames extérieures 22 de grille est représentée sur la figure 2D. Chacune des lames intérieures 20 de grille comprend une pluralité de fentes complémentaires 52. Une lame supérieure 20a de grille comporte une fente 52a s'étendant vers le bas, tandis qu'une lame inférieure 20b de grille comporte une pluralité de fentes 52b orientées vers le haut et ayant une configuration et une taille prévue pour que ces fentes soient reçues respectivement dans une fente correspondantes 52a de la lame intérieure 20a de grille. A chaque extrémité de la lame intérieure 20 de grille se trouve une paire de pattes 26 destinées à être disposées dans les fentes correspondantes 28 d'une lame extérieure 22 de grille.

Comme on va l'expliquer en détail par la suite, les lames intérieures 20 de grille sont soudées les unes aux autres par les soudures d'intersection 32 formées de pattes saillantes 48 et de parties 50a et 50b de pattes. Plus spécifiquement, une patte saillante 48 est disposée entre un ensemble correspondant de parties 50a et 50b de pattes lorsque les lames intérieures 20a et 20b de grille sont assemblées l'une à l'autre. Lors de l'application d'un faisceau laser à la patte 48 et aux parties 50a et 50b de pattes, il se forme une soudure d'intersection 32 qui est rigidement solide et exempte de contamination conformément aux enseignements de la présente invention. En outre, chaque extrémité d'une lame extérieure 22 de grille comporte une patte 54 d'angle. Comme représenté sur la figure 2D, les

lames extérieures 22c et 22b de grille comportent respectivement des pattes 54b et 54c d'angle qui se recouvrent mutuellement et qui sont soudées ensemble par un cordon de soudure de manière à former la soudure linéaire 30 d'angle.

5 Des ailettes 42 s'étendent, comme représenté sur les figures 2C et 2E, depuis un côté ailettes de la grille 16 de barres de combustible pour augmenter la turbulence de l'eau passant le long des barres 18 de combustible nucléaire. En outre, comme illustré particulièrement sur la figure 2C, les
10 manchons de guidage 36 sont alignés avec les cellules formées par les lames inférieures 20 de grille qui sont exemptes soit de doigts élastiques 44, soit de doigts d'espacement 46 de manière à permettre ainsi le déplacement libre de la barre de commande à travers la cellule et à travers le manchon de
15 guidage 36.

Les brevets US 3 966 550 et 3 791 466 décrivent des grilles de barres de combustible de la technique antérieure, configurées de façon similaire. Chacun de ces brevets décrit une grille de barres de combustible dans laquelle les
20 lames intérieures et extérieures de la grille sont en un alliage métallique approprié, tel que l'Inconel, et les interconnexions mentionnées ci-dessus sont effectuées par brasage au four. Toutefois, il est connu que l'alliage de zirconium ou Zircaloy présente la caractéristique souhaitable
25 d'une section droite absorbant les neutrons lents, ce qui permet une utilisation plus efficace du combustible nucléaire dans le fonctionnement de l'installation et, par conséquent, autorise l'écoulement d'un temps plus long entre les réapprovisionnements de combustible par remplacement des
30 assemblages combustibles nucléaires. En particulier, les grilles de barres de combustible réalisées en Zircaloy présentent un taux d'absorption des neutrons engendrés par les barres de combustible plus faible que le taux d'absorption des lames formées d'Inconel. La réalisation des lames de
35 grille en Zircaloy exige au moins plusieurs modifications dans l'assemblage des grilles de barres de combustible. En premier lieu, il est nécessaire de ménager les fentes, grâce

auxquelles les lames intérieures de la grille peuvent s'intersecter mutuellement, avec des tolérances plus larges par le fait que les lames de grille en Zircaloy ne permettent pas un assemblage à force desdites lames, c'est-à-dire ne

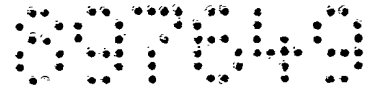
5 permettent pas de les mettre en place au marteau, mais exigent par contre un montage contrôlé pour permettre des "emboîtages" par poussée manuelle des lames d'intersection des grilles. De plus, il n'est pas possible de brasier les lames de grille en Zircaloy par le fait que le chauffage du
10 Zircaloy jusqu'à une température suffisante pour fondre l'alliage de brasage entraînerait un recuit du Zircaloy se traduisant par une perte de résistance mécanique. Avant de choisir un procédé particulier de soudage, on a étudié plusieurs procédés différents de soudage de matériaux volatiles
15 tels que le Zircaloy, ces procédés comprenant le soudage continu avec un laser à CO_2 , le soudage avec émission pulsée d'un laser YAG dopé au Nd, le soudage à l'arc sous atmosphère de gaz inerte avec électrode de tungstène et le soudage par faisceau d'électrons. Un faisceau d'électrons pulsé permet
20 d'obtenir des densités de puissance atteignant 10^9 watts/cm² avec des largeurs d'impulsion de l'ordre de la microseconde et de quelques millisecondes. Toutefois, le soudage à l'aide d'un faisceau d'électrons est exécuté de façon typique dans un environnement sous vide qui est relativement coûteux à
25 réaliser et qui exige un temps relativement long pour l'établissement dans cet environnement du degré voulu de vide, ce qui ralentit la fabrication des grilles de barres de combustible. En outre, il est nécessaire d'obtenir un déplacement de la pièce à souder, par exemple les grilles de barres de
30 combustible, dans trois dimensions par rapport au faisceau d'électrons, ce qui exigerait un système de positionnement de grille très compliqué. L'utilisation d'un faisceau d'électrons continu fournit des niveaux relativement bas de puissance (de l'ordre de 200 watts) exigeant des temps de soudage
35 relativement longs et donnant des pénétrations de soudure très faibles. On a également étudié l'utilisation d'un soudage par arc sous atmosphère gazeuse inerte, avec électrode

en tungstène et ce soudage s'est avéré inacceptable pour l'obtention d'une séquence de soudures par le fait qu'après un nombre donné de soudures, par exemple 25, les électrodes engendrant l'arc exigent d'être effilées pour donner l'arc fin voulu pour réaliser de nombreuses soudures bien définies et pour éviter l'endommagement des lames ou des ailettes adjacentes des grilles de barres de combustible. Deux types de laser sont utilisés communément pour les applications de soudage : (1) le laser à l'état solide YAG :Nd qui utilise un barreau de cristal d'yttrium-aluminium-grenat dopé au néodyme et (2) le laser à CO₂ qui utilise un mélange de CO₂-N₂-He comme milieu d'émission laser. Un avantage inhérent au laser YAG:Nd est que son émission a lieu dans la plage des longueurs d'onde de 1,06 microns où le verre est transparent à l'émission laser. Cette caractéristique permet d'avoir recours à un microscope coaxial qui utilise les mêmes éléments optiques à la fois pour la visualisation ou observation optique et pour la focalisation laser. En outre, un laser YAG:Nd pulsé peut donner 400 watts de puissance moyenne à une fréquence d'impulsions atteignant 200 impulsions par seconde et une puissance de crête supérieure à 8000 watts pendant un temps atteignant 7 milli-secondes. Une telle puissance de crête élevée permet au laser YAG :Nd de réaliser des soudures d'une pénétration relativement grande, en assurant ainsi la sécurité structurale des lames soudées des grilles de barres de combustible nucléaire. De tels lasers peuvent fonctionner à partir d'un "départ à froid" avec leur obturateur restant ouvert, grâce à quoi le temps de soudure est déterminé par le temps pendant lequel la puissance est appliquée aux lampes à éclair. Un tel procédé de soudage n'est particulièrement pas applicable à une série de soudures relativement rapides par le fait que le temps d'échauffement du barreau laser pour chaque soudure est de l'ordre de 0,8 seconde. En outre, les variations de la longueur du trajet optique apparaissent jusqu'à ce qu'une condition d'équilibre thermique soit atteinte à l'intérieur du barreau d'émission laser. Un second procédé de mise en oeuvre du laser YAG:Nd

permet le fonctionnement pulsé continu du laser tout en utilisant son obturateur pour "supprimer" un nombre déterminé d'impulsions de manière à éliminer ainsi les effets de l'échauffement laser et à assurer une uniformité des soudures même si un grand nombre de ces soudures est effectué.

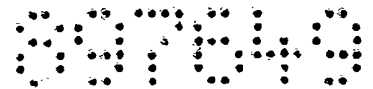
Le brevet US 3 555 239 est un exemple initial d'un large secteur de la technique antérieure divulguant un appareil de soudage à laser automatisé dans lequel la position de la pièce d'usinage ainsi que le procédé d'usinage sont commandés par un calculateur numérique. Ce brevet montre la commande des faisceaux lasers ainsi que de la pièce d'usinage au fur et à mesure qu'elle est déplacée d'un côté à l'autre le long d'un axe X, horizontalement vers l'avant et vers l'arrière le long d'un axe Y, et verticalement vers le haut et vers le bas le long d'un axe Z. De façon typique, des moteurs entraînés par des impulsions sont alimentés par le calculateur numérique de manière à déplacer la pièce d'usinage de façon rectiligne le long d'un axe choisi. De plus, le soudage est exécuté dans une atmosphère contrôlée et, en particulier, la pression et l'écoulement du gaz dans la chambre de soudage sont commandés par le calculateur numérique. En outre, un compteur est utilisé pour compter les impulsions, grâce à quoi le nombre des impulsions lasers appliquées à la pièce d'usinage peut aussi être contrôlé.

Le brevet US 3 803 379 expose également le problème du maintien de l'intensité d'un faisceau laser à des niveaux précis. En particulier, ce brevet mentionne que lorsque l'on change une pièce d'usinage, il est nécessaire, de façon typique, d'arrêter le laser pendant que l'on met en place une nouvelle pièce et de remettre en fonction ensuite le laser en le ramenant à un niveau voulu d'intensité avant de recommencer l'usinage avec son faisceau laser. En particulier, la modification de l'intensité du faisceau laser entraîne des modifications correspondantes dans l'effet d'usinage sur la pièce à usiner. Pour remédier à ce problème, le brevet US 3 803 379 suggère d'incorporer un mécanisme de déviation le long du trajet du faisceau laser de manière que le faisceau



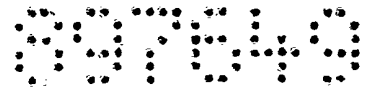
laser puisse être détourné vers une source froide. De ce fait, pendant que l'on remplace la pièce d'usinage, le mécanisme de déviation détourne le faisceau laser vers la source froide en permettant ainsi au laser de continuer d'émettre à une allure uniforme sans interruption, de sorte que sa température, une fois qu'elle est établie dans des conditions d'équilibre, ne se trouve pas modifiée entre les opérations d'usinage. En outre, l'expérience a montré qu'avec un usage intensif du laser, l'intensité du faisceau laser diminue avec le temps en raison du vieillissement du laser lui-même ainsi que des lampes d'excitation associées à ce laser. De plus, le faisceau laser, lorsqu'il rencontre une pièce à usiner, projette, de façon typique, des matières sous forme gazeuse ainsi que des débris qui peuvent enrober la pièce d'usinage ou la lentille de focalisation du laser, ce qui diminue le rendement d'usinage. Il est donc nécessaire d'étalonner périodiquement le système laser de manière que le niveau d'énergie du faisceau laser communiqué à la pièce d'usinage puisse être réglé de façon précise. Ce brevet US 3 803 379 décrit également une forme d'étalonnage relativement simple, dans laquelle une partie du faisceau laser dirigé sur la pièce d'usinage est déviée, par un miroir partiellement argenté disposé suivant un angle de 45° par rapport au trajet du faisceau laser, vers un transducteur fournissant un signal électrique représentant la puissance de la partie réfléchie du faisceau laser. Ce transducteur est lui-même relié à un appareil de mesure ou indicateur qui donne une indication visuelle de la puissance du faisceau réfléchi pour permettre un réglage ou étalonnage de l'intensité du faisceau laser dirigé sur la pièce d'usinage.

Lors de la mise au point initiale des systèmes d'usinage à laser, on utilisait des lasers pour des opérations d'usinage individuelles à faible cadence de production. Avec le développement de la technique, on a utilisé de plus en plus les systèmes laser pour des opérations de traitement de pièces à forte cadence de production susceptibles d'être commandées automatiquement par des ordinateurs. Comme on l'a



décrit ci-dessus, de tels systèmes à forte cadence de production positionnent de nouveau efficacement la pièce d'usinage de manière qu'une séquence de soudures ou autres opérations d'usinage puissent être exécutées rapidement. En présence de telles demandes d'excitation permanente, la longévité du laser devient un facteur entrant en considération dans le rendement du fonctionnement et dans les coûts de fabrication. On estime que, dans le cas d'un usinage intensif dans lequel il est nécessaire d'effectuer de façon répétitive des soudures, comme par exemple pour la fabrication des grilles de barres de combustible décrites ci-dessus, que la longévité du laser constituerait un facteur important dont il faudrait tenir compte. Dans le cas d'un usage intensif, l'espérance de longévité des lampes excitant le laser pulsé serait de l'ordre de plusieurs jours et, après cette durée de vie utile, il serait nécessaire de remplacer au moins les lampes ainsi que d'étalonner le nouveau système laser.

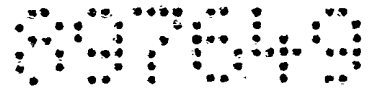
La présente invention, que l'on va décrire ci-après, est dirigée particulièrement vers la commande par ordinateur de l'usinage au laser, cet usinage au laser étant effectué par sélection d'une pluralité de modes, chaque mode variant en ce qui concerne ses paramètres d'émission laser. Par exemple, dans un exemple de mode de réalisation de la présente invention, une source laser est excitée pour émettre une série d'impulsions lasers vers la pièce d'usinage se présentant sous la forme de la grille 16 de barres de combustible nucléaire décrite ci-dessus. La grille 16 de barres de combustible est usinée, par exemple soudée, à l'aide d'une grande diversité de soudures comprenant les soudures linéaires 30 d'angle, les soudures d'intersection 32, les soudures 34 de pattes et de fentes, et les soudures linéaires 40 d'encoches. Chacun de ces types ou modes d'usinage exige un ensemble différent de paramètres en ce qui concerne la puissance que l'on désire communiquer pour effectuer la soudure, la fréquence d'impulsion et la largeur d'impulsion du faisceau laser. Comme mentionné ci-dessus, on tient compte que le rendement du laser et, plus particulièrement, de ses lampes d'excitation diminue



rapidement avec l'usage intensif envisagé par les enseignements de la présente invention. Dans le cas d'un tel usage, l'expérience a montré qu'il est nécessaire de remplacer les lampes d'excitation aussi souvent que tous les deux jours. Dans la pratique réelle, on s'est aperçu qu'il est nécessaire de régler le niveau de la puissance du faisceau laser effectuant les soudures mentionnées au moins aussi souvent que deux fois par jour pour assurer l'intégrité des soudures obtenues. Par exemple, l'étalonnage est effectué au début du jour de production afin de régler la puissance du laser et un second étalonnage est réalisé à la fin de ce jour à titre de vérification de l'intégrité des soudures effectuées pendant cette journée. Comme on va l'expliquer en détail ci-après, un faisceau laser est émis dans chaque mode ou type de soudure à un niveau de puissance programmé, que l'on règle ou étalonne en fonction des paramètres d'émission laser désirés pour ce mode ainsi qu'en fonction d'une mesure du niveau de puissance réel du faisceau laser dirigé sur la grille de barre de combustible.

C'est pourquoi, un objet de la présente invention est de réaliser une commande nouvelle et perfectionnée pour effectuer un usinage de précision au laser en conformité avec un ensemble choisi de paramètres d'émission laser.

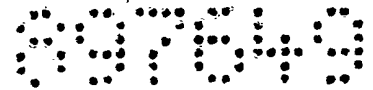
L'invention réside d'une façon générale dans un appareil pour usiner au laser une pièce d'usinage suivant une séquence d'au moins une première et une seconde phase d'usinage, cet appareil d'usinage comprenant : un laser dont la puissance de sortie peut être réglée ; un système optique pour diriger un faisceau laser sur la pièce d'usinage ; un agencement de mesure de puissance laser pour mesurer la puissance dudit faisceau laser ; et étant caractérisé par un circuit de commande couplé audit agencement de mesure et audit laser et comprenant un circuit d'étalonnage sensible à la puissance mesurée du faisceau laser dirigé sur la pièce d'usinage pour fournir le signal de commande relatif à chacun desdits premier et second modes d'usinage en fonction de la puissance mesurée et d'un premier et d'un second ensemble



de paramètres de laser.

En conformité avec ces objets ainsi que d'autres objets de l'invention, on a réalisé un appareil commandé par ordinateur pour commander une série d'opérations d'usinage en utilisant un faisceau laser dont le niveau de puissance est réglé en conformité avec ses paramètres en fonction d'une mesure du niveau de puissance du faisceau laser engendré. L'appareil laser comprend une source ou barreau laser pour émettre un faisceau laser et un moyen se présentant sous la forme, à titre illustratif, d'un dispositif optique pour focaliser et diriger le faisceau laser sur la pièce d'usinage. La source laser est associée à un moyen d'excitation se présentant sous la forme de lampes pour commander ou exciter par impulsions le barreau laser de manière qu'il émette une séquence identique d'impulsions laser dont les paramètres, la largeur et la fréquence des impulsions, sont modifiés et commandés de façon sélective. On étalonne ou règle le niveau de puissance du faisceau laser en mesurant tout d'abord le niveau de puissance du faisceau laser dirigé sur la pièce d'usinage, puis en utilisant la mesure de la puissance du laser pour étalonner ou régler le degré d'excitation des lampes.

Dans un mode de réalisation particulier de la présente invention, la ou les lampes d'excitation sont couplées à un circuit de formation d'impulsions qui est alimenté par une "tension d'utilisation" réglée de manière à exciter la source laser pour qu'elle émette un faisceau laser pulsé ayant le niveau de puissance étalonné, c'est-à-dire voulu. Pour effectuer l'étalonnage, on mesure le niveau de puissance du faisceau laser émis et on le compare avec le niveau de puissance programmé correspondant à la tension d'utilisation appliquée. Si la puissance mesurée du faisceau laser se trouve dans des limites voulues, il n'est pas nécessaire de régler la tension d'utilisation. Toutefois, du fait que le rendement de la source laser et de ses lampes d'excitation diminue avec l'âge et l'utilisation, le niveau de puissance commence à différer du niveau de puissance



programmé et nécessite donc un réglage de la tension d'utilisation. A cette fin, on règle la tension d'utilisation, c'est-à-dire que l'on ajoute un écart à la valeur programmée initialement du niveau de puissance en fonction de la

5 puissance mesurée. Dans un exemple de mode de réalisation de la présente invention, l'écart est pris comme étant la différence entre le niveau de puissance mesuré et le niveau de puissance programmé. Une nouvelle tension d'utilisation est calculée en fonction de la puissance réglée, c'est-à-dire

10 étalonnée, et cette tension d'utilisation est appliquée au circuit de formation d'impulsions pour que soit engendré un nouveau faisceau laser dont on mesure et compare le niveau de puissance avec le niveau de puissance désiré, c'est-à-dire programmé. Ce processus de réitération est répété jusqu'à ce

15 que l'on obtienne une divergence, c'est-à-dire jusqu'à ce que le niveau de puissance mesuré se trouve dans les limites voulues.

Une fois que la divergence a été obtenue, l'écart est emmagasiné dans la mémoire de l'ordinateur. En particulier,

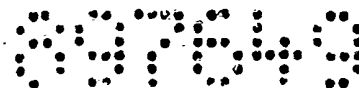
20 l'écart est utilisé pour calculer un réseau ou table d'écart pour chacun des modes d'usinage au laser. Par exemple, la pièce à usiner, c'est-à-dire à souder, comprend quatre types différents de soudures dont chacun a ses propres paramètres distincts en termes de puissance, de fréquence et largeur

25 d'impulsion. Un ensemble de calculs sont effectués par l'ordinateur afin de calculer pour chaque mode la tension d'utilisation devant être appliquée pour ce mode au circuit de formation d'impulsions en fonction de l'écart et des paramètres d'émission laser relatifs à ce mode. De ce fait,

30 au cours de l'usinage de la pièce à usiner, une pluralité de phases d'usinage au laser selon les modes choisis est exécutée sous la commande de l'ordinateur. Quand un changement de mode est effectué, la table de la mémoire est adressée en fonction du nouveau mode de manière que soit extraite la tension

35 d'utilisation correspondante qui est appliquée pour alimenter le circuit de formation d'impulsions, grâce à quoi le faisceau émis présente le niveau de puissance réglé ou étalonné





concernant le mode choisi.

On va donner ci-après une description détaillée d'un mode de réalisation préféré de la présente invention en se référant aux dessins annexés, sur lesquels :

5 la figure 1 est une vue en perspective d'un assemblage combustible nucléaire comprenant une pluralité de grilles réalisées selon les senseignements de la présente invention ;

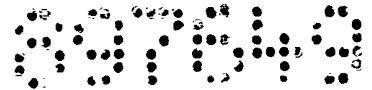
10 les figures 2A-2E sont respectivement une vue en perspective, une vue en plan, une vue en coupe latérale, une vue éclatée en perspective, et une vue en plan d'une grille de barres de combustible réalisée selon les enseignements de la présente invention et incorporée à l'assemblage de la figure 1 ;

15 les figures 3A-3L montrent par une série de vues en perspective la séquence de phases de soudage de la grille de barres de combustible nucléaire représentée sur les figures 2 ;

20 la figure 4 est une représentation schématique en perspective du système laser incorporé dans l'appareil de soudage de précision au laser pour diriger sur une base de temps partagé un faisceau laser émis à partir d'une seule source laser vers chacune de deux pièces d'usinage, par exemple des grilles de barres de combustible nucléaire ;

25 les figures 5A et 5B forment une représentation schématique du système de commande mis en oeuvre dans l'ordinateur et destiné au système de soudage à laser, ces figures montrant la disposition mutuelle des circuits d'interface vis-à-vis de l'unité de traitement centrale (CPU) et de la mémoire, et vis-à-vis : de chacun
30 des mécanismes de positionnement de chambre, d'un second système analogue de commande d'ordinateur, du système laser, du système d'alimentation d'argon, du système d'échappement de vide, du dispositif d'entraînement en rotation autour de l'axe B, de l'analyseur d'oxygène, de l'analyseur d'humidité,
35 et de la thermopile ;

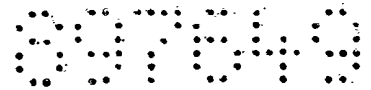
les figures 6A et 6B sont des organigrammes de "niveau élevé" du programme partiel, ces organigrammes



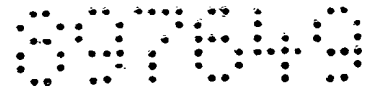
illustrant les phases du procédé de commande grâce auquel le système de soudage à laser est commandé pour effectuer une série de soudures de la grille de barres de combustible nucléaire d'une façon précise ; et

5 les figures 7A à 7I sont des routines d'application qui sont appelées par des codes M, S et T établis en partie par le programme partiel des figures 6A et 6B et ces routines sont, en particulier, respectivement le programme partiel ETALONNAGE, le sous-programme d'application CHARGEMENT/
10 DECHARGEMENT CHAMBRE, le sous-programme d'application ETABLIR LARGEUR D'IMPULSION LASER, le sous-programme d'application EXECUTION CODE S, le sous-programme d'application EXECUTION CODE T, le sous-programme d'application ETABLIR ECART NIVEAU PUISSANCE LASER, le sous-programme d'application ETALONNAGE
15 LASER, le sous-programme d'application EFFECTUER SOUDURE AU LASER, et le sous-programme d'application VERIFIER NIVEAU PUISSANCE SECURITE, et la figure 7K est une courbe définissant les paramètres caractérisants du circuit de formation d'impulsions laser.

20 Les grilles 16 de barres de combustible sont constituées, comme décrit ci-dessus, de lames ou bandes intérieures ou extérieures 20 et 22 de grilles qui sont assemblées et soudées ensemble comme représenté sur les figures 2A à 2E. Chacune des lames 20 et 22 de grille est
25 découpée à la presse dans un rouleau continu d'un matériau fendu, et de l'huile s'accumule sur sa surface lors de l'opération de découpage à la presse. La pellicule d'huile est nettoyée, ensuite la lame est soumise à un traitement thermique puis assemblée dans un dispositif comme décrit dans
30 la demande de brevet déposée ce même jour au nom de la demanderesse sous le titre de "DISPOSITIF, BANDE DE RETENUE ET PROCEDE POUR L'ASSEMBLAGE DE GRILLES DE SUPPORT DE BARRES DE COMBUSTIBLE NUCLEAIRE". Ensuite, la grille 16 avec son dispositif d'assemblage est soudée par le système de soudage
35 100 à laser selon la présente invention, qui effectue chacune des soudures d'intersection 32, des soudures linéaires 30 d'angle, des soudures 34 de fentes et de pattes, et des



soudures linéaires 40 d'encoches dans une atmosphère pure d'un gaz inerte. En se référant maintenant aux figures 3A à 3L, on va décrire la séquence de phases de soudage dans le gaz inerte conformément aux enseignements de la présente invention. On va décrire de façon détaillée ci-après le système de soudage 100 à laser ; on pense que la compréhension de la façon suivant laquelle la pièce d'usinage, c'est-à-dire la grille 16 de barres de combustible, est manipulée dans chacune des trois dimensions facilitera la compréhension du fonctionnement du système de soudage 100 à laser. Comme on le voit sur ces figures, la grille 16 de barres de combustible est déplacée par incrément le long de ses axes X et Y dans un plan et est entraînée en rotation sélectivement autour de son axe Y. Il est important de noter que le mouvement mentionné ci-dessus est exécuté dans une chambre où l'atmosphère du gaz inerte est maintenue à un degré élevé de pureté. La première phase est illustrée sur la figure 3A et, au cours de cette phase, la grille 16 de barres de combustible est disposée dans l'atmosphère contrôlée formée par la chambre de soudage avec ses ailettes 42 s'étendant vers le haut. Un dispositif de soudage est décrit dans la demande de brevet 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", dispositif au moyen duquel les lames intérieures et extérieures 20 et 22 de la grille sont disposées fixement les unes par rapport aux autres pendant les opérations de soudage. Un dispositif "d'escamotage" d'ailettes est un outil qui est utilisé pour dévier les ailettes 42, grâce à quoi les ailettes se trouvent ajustées à l'intérieur du dispositif de soudage ; ce dispositif "d'escamotage" 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 PROCEDE DE POSITIONNEMENT DE LAMES ET D'AILETTES POUR DES GRILLES DE SUPPORT DE BARRES DE COMBUSTIBLE NUCLEAIRE". On purifie l'atmosphère en dirigeant de l'argon gazeux dans la chambre de soudage jusqu'à ce que le degré voulu de pureté soit atteint, c'est-à-dire 10 ppm d'eau et



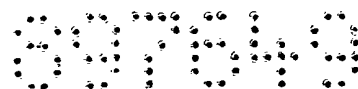
7 ppm d'oxygène. Lorsque l'atmosphère pure a été établie, la grille 16 de barres de combustible est déplacée suivant une série de déplacements par incréments le long des axes X et Y, de manière que chacun des points 24 d'intersection entre les lames intérieures 20 de grille soient alignés avec un faisceau laser 178 puis, une quantité réglée d'énergie est communiquée à ce faisceau pour effectuer la soudure d'intersection 32. Comme on va l'expliquer en détail par la suite, le faisceau laser 178 est fourni par un laser YAG:Nd pulsé qui est excité par des lampes d'excitation pulsées alimentées par une tension d'utilisation étalonnée, cela de manière à délivrer un niveau spécifié d'énergie à la grille 16. En particulier, le nombre d'impulsions dirigées sur le point 24 d'intersection des lames intérieures 20 de la grille est réglé de telle sorte que six impulsions du faisceau laser soient dirigées sur la pièce d'usinage pour former la soudure d'intersection 32, chaque impulsion ayant une largeur d'impulsion de 6,2 ms, une fréquence de 20 impulsions par seconde, une puissance moyenne de 350 watts et une puissance de crête de 2580 watts. Les soudures d'intersection 32 sont formées par rotation du faisceau laser 178 lorsque la grille 16 de barres de combustible a été placée dans une position alignée par rapport au faisceau laser 178.

La prochaine phase est représentée sur la figure 3B et, au cours de cette phase, la grille 16 de barres de combustible est entraînée en rotation sur 90° autour de son axe Y par un mécanisme que l'on va expliquer, grâce à quoi un premier ensemble de soudure 34 de fentes et de pattes et une première soudure linéaire 30 d'angle est effectuée. Ces soudures sont des cordons de soudure qui sont réalisés par déplacement de la grille 16 de barres de combustible le long de son axe X tandis que le faisceau laser 178 est dirigé sur la pièce d'usinage. Dans un exemple de mode de réalisation de la présente invention, les soudures 34 de fentes et de pattes, ainsi que les soudures linéaires 30 d'angle sont effectuées à l'aide d'un faisceau laser 178 ayant une largeur d'impulsion de 2,2 ms, une fréquence d'impulsion de 50 impulsions par

seconde, et une puissance moyenne de 350 watts, la grille 16 de barres de combustible étant déplacée à une vitesse de 762 mm par minute (30 pouces (IPM)). La figure 3D montre la position relative du faisceau laser 178 pour effectuer chacune des soudures 34a de fentes et de pattes et la soudure linéaire 30a d'angle.

Ensuite, comme représenté sur la figure 3C, la grille de barres de combustible est entraînée en rotation dans le sens des aiguilles d'une montre de manière que les lames extérieures opposées 22b de la grille soient alignées avec le faisceau laser 178, de telle sorte qu'un second ensemble de soudures 34b de fentes et de pattes et une seconde soudure linéaire 30b d'angle puisse être effectuée. Ensuite, comme représenté sur la figure 3D, la grille 16 de barres de combustible est entraînée en rotation sur 90° en sens inverse des aiguilles d'une montre jusqu'à sa position initiale représentée sur la figure 3A, et la grille 16 de barres de combustible et son dispositif de soudage sont retirés de la chambre de soudage.

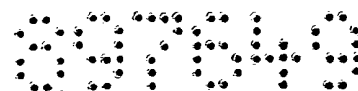
Comme représenté sur les figures 3E à 3H, un ensemble similaire de phases de soudage a lieu. Après avoir été enlevée de la chambre, la grille 16 de barres de combustible et son dispositif de soudage sont retournés de manière que le côté ailettes soit orienté vers le bas et sont entraînés en rotation sur 90° autour de l'axe Z dans le sens des aiguilles d'une montre pour que la lame extérieure non soudée 22c de la grille se trouve en face de la porte de la chambre de soudage. La grille 16 et son dispositif de soudage sont bloqués dans une position fixe par rapport à la chambre de soudage et au faisceau laser. Initialement, l'air se trouvant à l'intérieur de la chambre de soudage est purgé à l'aide d'argon gazeux jusqu'à un niveau de pureté acceptable. Ensuite, comme représenté sur la figure 3E, la grille 16 de barres de combustible est déplacée par incréments au cours d'une série de phases le long des axes X et Y de manière que chacune des soudures d'intersection 32 soit effectuée comme décrit ci-dessus. Quand les soudures d'intersection 32 ont été



effectuées, la grille 16 de barres de combustible est entraînée en rotation sur 90° en sens inverse des aiguilles d'une montre autour de son axe Y de manière que sa lame extérieure 22c soit amenée en dessous du faisceau laser 178, grâce à quoi un troisième ensemble de soudures 34c de fentes et de pattes est exécuté et une troisième soudure linéaire 30c d'angle est effectuée. Ensuite, comme représenté sur la figure 3G, la grille 16 de barres de combustible est entraînée en rotation sur 180° autour de son axe Y de manière que la quatrième lame extérieure 22b de grille soit exposée au faisceau laser 178, grâce à quoi un quatrième ensemble de soudures 34d de fentes et de pattes et une quatrième soudure linéaire 30d d'angle peuvent être exécutés. Ensuite, au cours de la phase représentée sur la figure 3H, la grille 16 est entraînée en rotation sur 90° en sens inverse des aiguilles d'une montre jusqu'à sa position initiale avant qu'elle-même et son dispositif de soudage soient enlevés de la chambre de soudage.

En se référant maintenant aux figures 3I à 3L, on voit que l'on y a représenté le procédé au moyen duquel on soude les manchons de guidage 36 à la grille 16 de barres de combustible. Initialement, la grille 16 de barres de combustible est enlevée de son dispositif de soudage, comme cela est nécessaire pour les phases des figures 3A à 3H, et est placée dans un dispositif de soudage de manchons décrit dans la demande de brevet déposée ce même jour au nom de la demanderesse sous le titre de "GRILLE A BARREAUX COMBUSTIBLES AVEC DES MANCHONS SOUDES DANS DES BANDES ENCOCHEES" ; le dispositif de soudage de manchons comprend une pluralité d'axes de support disposés dans des cellules choisies parmi les cellules formées par les lames intérieures 20 de grille en vue de recevoir les manchons de guidage 36, c'est-à-dire les ouvertures qui comportent les encoches 38 ménagées dans leurs bords périphériques, comme représenté sur la figure 3J. En particulier, des axes ou doigts du dispositif positionnent de façon précise les manchons de guidage 36 de manière que les axes de ces derniers soient situés centralement par rapport aux

surfaces des lames intérieures 20 de la grille et soient parallèles à ces surfaces. Les manchons de guidage 36 étant alignés de façon précise et assemblés à la grille 16 de barres de combustible, la grille et son dispositif de soudage de manchons sont disposés dans la chambre de soudage et immobilisés par rapport à cette chambre et par rapport au faisceau laser 178. Ensuite, l'air est purgé à l'aide d'argon gazeux jusqu'au niveau de pureté voulu. Ensuite, comme représenté sur la figure 3J, la grille 16 de barres de combustible est entraînée en rotation sur 45° en sens inverse des aiguilles d'une montre puis la grille et le dispositif de soudage de manchons sont bloqués dans cette position à 45° par rapport au trajet du faisceau laser 178, comme représenté sur la figure 3J. Ensuite, une série de soudures linéaires 40 d'encoches est exécutée avec un faisceau laser ayant une largeur d'impulsion de 6,2 ms, une fréquence d'impulsion de 20 impulsions par seconde, une puissance moyenne de 255 watts et une vitesse de soudage de 254 mm par minute (10 pouces par minute (IPM)). La grille 16 de barres de combustible est déplacée le long de l'axe Y à la vitesse mentionnée tandis que le faisceau laser 178 est pulsé. Comme on va l'expliquer 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 représentés sur la figure 3J. Une série de soudures linéaires 40 d'encoches est effectuée par déplacement de la grille 16 de barres de combustible le long de son axe Y, par positionnement de chaque manchon de guidage 36 par rapport au faisceau laser 178, par pivotement du faisceau laser pour effectuer la soudure linéaire 40 d'encoches et, ensuite, par déplacement de la grille 16 pour aligner le manchon de guidage 36 suivant. Quand une rangée horizontale individuelle de manchons de guidage 36 a été soudée, la grille 16 de barres de combustible est déplacée le long de son axe X pour positionner la rangée suivante de manchons de guidage 36 en alignement avec le faisceau laser 178. Ensuite, il est nécessaire de focaliser de nouveau le faisceau laser 178 pour effectuer les soudures linéaires 40

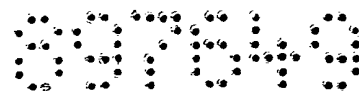


d'encoches. Comme on peut le voir sur les figures 3J et 3K, le manchon de guidage 36 est encastré dans quatre encoches 38 et les soudures linéaires 40 d'encoches sont effectuées sur les côtés opposés des manchons de guidage 36.

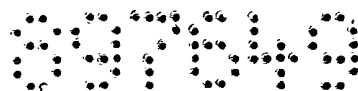
5 Après qu'un des côtés du manchon de guidage 36 a été soudé, il est nécessaire de faire tourner la grille 16 de 90° en sens inverse des aiguilles d'une montre, comme représenté sur la figure 3K, pour exposer l'autre encoche opposée 38 au faisceau laser 178. Après cette rotation, une série de
10 soudures linéaires 40 d'encoches est effectuée comme expliqué ci-dessus. Enfin, au cours de la phase représentée sur la figure 3L, la grille 16 de barres de combustible est entraînée en rotation sur 45° dans le sens des aiguilles d'une montre jusqu'à sa position initiale avant que la grille 16 et son
15 dispositif de soudage de manchons soient retirés de la chambre de soudage pour terminer les phases de soudage de la grille de barres de combustible.

 Le système laser 102 est représenté sur la figure 4 et peut, dans un des exemples de modes de réalisation de la
20 présente invention, prendre la forme du système laser fabriqué par Raytheon sous le numéro de désignation de modèle SS500. Le système laser 102 comprend un barreau 170 de laser se présentant, à titre d'exemple, sous la forme d'un laser à cristal YAG dopé au Nd et d'une paire de lampes à éclairs
25 linéaires au krypton disposées dans une tête laser à haut rendement. La tête laser comprend un miroir 182 à réflexion totale et un miroir 184 à réflexion partielle disposés à l'une et l'autre des extrémités du barreau 170 de laser. Un obturateur 188 de cavité intérieure est disposé entre le
30 barreau 170 de laser et le miroir 182 à réflexion totale et est commandé de façon sélective de manière à déclencher un nombre choisi d'impulsions laser, grâce à quoi l'énergie communiquée pour effectuer le soudage au laser peut être
35 commandée avec précision d'une manière que l'on va expliquer ci-après. La tête de laser est réalisée de façon modulaire de manière à permettre un remplacement facile et indépendant de tous ses éléments optiques comprenant le barreau 170 de





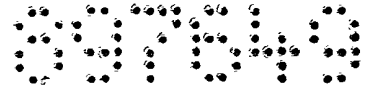
laser, les lampes d'excitation 186, et les miroirs 182 et 184. Les lampes d'excitation 186 doivent être remplacées rapidement sans perturber l'alignement optique. En outre, les lampes d'excitation ou lampes à éclairs 186 sont refroidies par eau sur la totalité de leur longueur, y compris leurs connecteurs d'extrémité. Un déclenchement des lampes assure une pulsation parallèle des lampes d'excitation 186 par excitation de la cavité. Le barreau 170 de laser doit être choisi, par exemple, de manière qu'une puissance moyenne de 400 watts soit obtenue à l'endroit de la pièce d'usinage avec une puissance d'entrée appliquée au circuit de formation d'impulsions ne dépassant pas 18 kW lors d'un fonctionnement à des largeurs d'impulsion de 6 ms et 2 ms et des fréquences d'impulsion de 20 Hz et 50 Hz respectivement. Un obturateur 190 de décharge peut être amené dans une première position pour diriger le faisceau laser 177 le long d'un trajet détourné 196 jusqu'à un dispositif 194 d'absorption de faisceau pendant les périodes durant lesquelles les pièces d'usinage, se présentant sous la forme de grilles 16 de barres de combustible, sont changées à l'intérieur des chambres 108. Un mécanisme d'actionnement 192 sert à faire passer l'obturateur 190 de sa première position d'interception de faisceau jusqu'à une seconde position dans laquelle le faisceau 177 est focalisé par un dispositif optique 198 de dilatation de faisceau sur un mécanisme d'orientation de faisceau constitué par le miroir mobile 172 de commutation de faisceau et le miroir fixe 174. Lorsque le miroir de commutation 171 est disposé de manière à intercepter le faisceau laser 177, celui-ci est dévié le long du trajet 178a vers le miroir 176a d'orientation verticale pour être dirigé verticalement. Le dispositif optique 204a de focalisation de laser intercepte et focalise le faisceau laser 178a sur la grille 16 de barres de combustible à l'intérieur de la chambre 108a. Comme représenté, le dispositif optique 204 de focalisation de laser comprend une lentille 202 et un tube 200 de support de lentille positionnés de façon rectiligne par le dispositif 222 de



déplacement de laser suivant l'axe Z. Lorsque le miroir de commutation 172 est entraîné en rotation par le moteur 175 à partir d'une position où il intercepte le faisceau laser 177, ce faisceau est dévié par le miroir réflecteur fixe 174 de manière à former le faisceau laser 178b dirigé par le miroir d'orientation verticale 176b vers la chambre de soudage 108b.

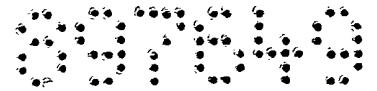
Les lampes d'excitation 186 sont alimentées par une source d'énergie comprenant, à titre d'exemple, une source de courant continu régulée en tension qui charge un circuit de formation d'impulsions (PFN) à travers une bobine d'induction de charge. Un système de commande 124 à ordinateur représenté sur la figure 5 commande l'émission laser en fermant alternativement les interrupteurs (redresseurs au silicium commandés) qui charge le PFN à partir de la batterie de condensateurs de charge de la source de courant continu et décharge le PFN dans les lampes d'excitation 186 de manière à exciter ainsi le barreau 170 de laser pour qu'il émette une série d'impulsions laser. Le procédé et l'appareil servant à commander l'émission des impulsions laser par le barreau 170 de laser est décrit de façon complète dans la demande de brevet belge déposée ce même jour au nom de la demanderesse sous le titre de "APPAREIL D'USINAGE A LASER PULSE". Les lampes d'excitation 186 doivent fonctionner dans un mode "modéré", dans lequel les lampes 186 fonctionnent avec un niveau faible de courant continu en dessous du seuil d'émission laser et des impulsions de courant de forte intensité sont superposés au courant "modéré" pour engendrer des impulsions laser. Le PFN doit fournir des impulsions d'une largeur de 2 ms et 6 ms.

Pour favoriser l'alignement initial de la chambre de soudage 108 et, en particulier, de la grille 16 de barres de combustible avec le faisceau laser 178, on a prévu un moyen pour observer la grille 16 et, en particulier, pour déterminer la position exacte par rapport au faisceau laser 178, ce moyen se présentant sous la forme d'une caméra TV 206 d'alignement qui est alignée de manière à établir un trajet



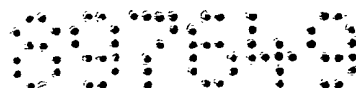
214 d'image coïncidant avec le trajet du faisceau laser 178a. Comme on peut le voir sur la figure 6, le trajet 214 d'image est focalisé par une lentille 210, transmis sélec-
5 tivement par un obturateur agréé par le Bureau de la Santé Radiologique (BRH) ou obturateur de sécurité 212 et dirigé à travers le miroir 176 à transmission partielle vers la caméra TV 206. La lentille 202, en plus de focaliser le faisceau laser 178 sur la grille 16 de barres de combustible, focalise également, à l'aide de la lentille 210, l'image
10 de la grille 16 sur la caméra TV 206. Le dispositif optique 204 de focalisation de laser comprend également une lampe d'éclairement qui est alimentée sélectivement pour éclairer la grille 16 à des fins d'alignement. L'obturateur BRH 212 est ouvert et fermé de façon sélective pour permettre
15 l'alignement de la grille 16 avec le faisceau laser 178, et il reste fermé pendant toutes les autres périodes à titre de mesure de sécurité. Le dispositif optique 204 de focalisation de faisceau laser représenté schématiquement sur la figure 4, est décrit de façon plus complète dans la demande de brevet belge déposée ce même jour au nom de la
20 demanderesse sous le titre de "APPAREIL POUR USINAGE AU LASER".

Comme illustré sur la figure 4, chacune des chambres de soudage 108 peut être déplacée d'une première position ou position de soudage représentée en traits mixtes
25 jusqu'à une seconde position ou position sortie. Lorsque la chambre de soudage 108 se trouve dans sa seconde position, le faisceau laser 178 est dirigé par son miroir 176 d'orientation verticale sur un dispositif de mesure de puissance ou thermopile 218, supporté dans un tube de protection 216.
30 Le tube de protection 216 est monté sur une partie arrière de la chambre de soudage 108 et comprend une ouverture réduite 220 au moyen de laquelle le faisceau laser 178 peut être confiné de façon efficace à l'intérieur du tube de protection 216. Périodiquement, la chambre de soudage 108
35 est amenée dans sa seconde position et le faisceau laser 178 est dirigé sur la thermopile 218 pour fournir une indication de la puissance du faisceau laser qui sort du



barreau 170 et tombe réellement sur la grille 16 de barres de combustible. Dans le cas où une charge intensive est imposée au système laser 102, il faut s'attendre à une atténuation du rendement du laser par suite de l'épuisement du barreau 170 de laser et/ou de ses lampes d'excitation 186 et en raison également de la présence de la fumée et des débris engendrés pendant le soudage au laser. De ce fait, pour obtenir des soudures précises et reproductibles, on augmente la tension appliquée aux lampes d'excitation 186 au-delà de la durée de vie utile du système laser 102 en fonction des indications de la thermopile.

En se référant maintenant aux figures 5A et 5B, on voit que l'on y a représenté un schéma synoptique du système 124 de commande à ordinateur et, en particulier, du système de commande numérique à ordinateur (CNC) 126a de droite, ainsi que la façon selon laquelle il est relié à l'autre CNC 126b représenté uniquement par un seul rectangle dans le schéma. A ce sujet, on comprendra que l'autre CNC 126b comprend les mêmes éléments que le CNC 126a représenté sur les figures 5. Le CNC 126a comprend une unité de traitement centrale (CPU) et une mémoire référencés 560. Dans un exemple de mode de réalisation de la présente invention, le CNC 126 et, en particulier, la CPU 560 peuvent se présenter sous la forme de l'ordinateur fabriqué par la demanderesse sous le numéro de modèle 2560. La CPU 560 est munie d'une mémoire à tores de 64K et convient particulièrement, dans son architecture et dans sa programmation, à une commande de machine. On comprendra qu'un CNC normal 2560 contient un logiciel de supervision de base appelé dans le présent exposé soit un système de boucles de tâche principale, soit un programme de fonctionnement, ce logiciel agissant en tant que programme d'exécution pour superviser le fonctionnement du système complet. Dans la structure de données établie par le CNC modèle 2560, un programme partiel référencé 700 sur les figures 6A et 6B programme certains codes, c'est-à-dire les codes S, T et M, qui sont utilisés pour effectuer des opérations spéciales ou courantes pour lesquelles le CNC modèle 2560



est facilement adapté. En particulier, le programme partiel est programmé avec les codes M, S et T qui appellent ou ordonnent des sous-programmes appelés dans le présent exposé sous programmes d'application, grâce à quoi des fonctions choisies comprenant la commande de l'écoulement d'argon et le choix d'un mode de soudage particulier sont effectuées. En outre, le programme partiel est établi également à l'aide de codes X, Y et Z qui commandent le déplacement communiqué par les moteurs 294 et 296 d'entraînement suivant les axes X et Y à chacune des chambres de soudage 108a et 108b, et par le moteur 570 d'entraînement suivant l'axe Z au dispositif optique 204 de focalisation de faisceau laser. En particulier, les codes X et Y désignent la quantité de déplacement, c'est-à-dire la destination, qui doit être communiquée entre les phases de soudage à la pièce d'usinage se présentant sous la forme de la grille 16 de barres de combustible. De même, le code Z commande la quantité de déplacement devant être communiqué au dispositif optique 204 au moyen duquel le faisceau laser 178 est focalisé sur la grille 16 de barres de combustible. En particulier, les codes Z sont nécessaires pour effectuer des soudures linéaires 40 d'encoches pour lesquelles le dispositif de support rotatif 242 est entraîné en rotation hors de son plan normal perpendiculaire au faisceau laser en nécessitant de ce fait une nouvelle focalisation du dispositif optique 204 de faisceau laser. De plus, la mémoire de la CPU 560 comporte une zone d'emmagasinage spéciale connue comme étant la Zone d'Emmagasinage de Programme Partiel qui est utilisée pour emmagasiner le programme partiel en vue de son exécution par le programme de fonctionnement du système. Comme on va l'expliquer, le programme partiel désigne de façon fondamentale les phases du procédé de soudage dans une atmosphère inerte réglée et, plus spécifiquement, est programmé à l'aide des codes M, S et T, grâce à quoi le mode de soudage et le débit d'argon sont réglés ou commandés de façon efficace. La Zone d'Emmagasinage de Programme Partiel emmagasine le programme partiel comme décrit ci-après en référence aux figures 6A et 6B et les

5 routines d'application sont décrites en référence aux figures 7A à 7I. Le programme partiel est introduit dans la mémoire de la CPU 560 à l'aide d'un dispositif 586 d'entraînement de bande magnétique par l'intermédiaire d'une interface 590 ;

10 dans un exemple de mode de réalisation de la présente invention, le dispositif 586 d'entraînement de bande magnétique peut se présenter sous la forme du dispositif d'entraînement fabriqué par Qantex sous le numéro de modèle 220. Dans une variante, le programme partiel peut être emmagasiné sur un ruban en papier et être introduit par l'intermédiaire d'un

15 lecteur 584 de ruban en papier à travers une interface 588 de micro-ordinateur ; à titre d'exemple, le lecteur 584 de ruban de papier peut se présenter sous la forme du lecteur fabriqué par Decitex. De plus, l'interface 588 du micro-

20 ordinateur permet également un affichage de messages de données sur le tube à rayons cathodiques (CRT) 133. En outre, divers paramètres peuvent être introduits dans la mémoire de la CPU 560 par l'opérateur sur un clavier alpha-numérique 131. En outre, divers paramètres peuvent être introduits

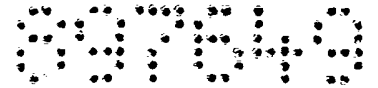
25 dans la mémoire de la CPU 560 par l'opérateur sur un clavier alpha-numérique 131 par l'intermédiaire de l'interface 588.

Comme on peut le voir sur la figure 5B, la CPU 560 est associée par une pluralité de tableaux 566, 568 et 570 destinés à la commande et à l'entraînement en boucle

30 fermée suivant les divers axes et associés respectivement aux moteurs 294 et 296 d'entraînement suivant les axes X et Y et au moteur 470 d'entraînement suivant l'axe Z. On comprendra que chacun des moteurs d'entraînement est associé à son tachymètre et à son résolveur de manière à fournir une indication

35 de la vitesse de déplacement ainsi que de la distance de déplacement, grâce à quoi une commande extrêmement précise du déplacement des tables servant au positionnement suivant les axes X, Y et Z peut être effectuée. Les moteurs 294 et 296 d'entraînement suivant les axes X et Y entraînent respectivement les tables X et Y sur lesquelles est disposée la chambre de soudage 108, grâce à quoi on peut positionner de nouveau séquentiellement la pièce d'usinage, se présentant

7



sous la forme de la grille 16 de barres de combustible, en
vue de la phase suivante de soudage au laser. D'une façon
similaire, le moteur 470 d'entraînement suivant l'axe Z
entraîne une table Z sur laquelle est monté le dispositif
5 204 de focalisation de faisceau laser, grâce à quoi on peut
focaliser de nouveau le faisceau laser 178 sur la grille 16
de barres de combustible. La structure des tables X, Y et Z
et leur accouplement à leurs moteurs d'entraînement sont
décrits de façon complète dans la demande de brevet belge
10 déposée ce même jour au nom de la demanderesse sous le titre de
"CHAMBRE D'USINAGE MOBILE AVEC MONTURE TOURNANTE POUR LA PIECE".
En outre, le signal de sortie de commande provenant du tableau
de commande 566 est appliqué à un servo-amplificateur 567
pour être comparé avec un signal représentant une vitesse de
15 moteur de manière à fournir un signal de sortie destiné à
actionner le moteur 296 d'entraînement suivant l'axe Y.
Comme représenté schématiquement, chacun des moteurs 294,
296 et 470 est associé à une vis sans fin 295, 297 et 471
qui effectue l'entraînement de sa table correspondante
20 servant au positionnement suivant les axes X, Y et Z. Un
ensemble d'interrupteurs 572 de fin de course est associé à
la vis sans fin 295 pour détecter la position de cette vis
et, par conséquent, de sa table 290 de positionnement suivant
l'axe X et pour fournir des signaux à la CPU 560 par l'inter-
25 médiaire d'une interface d'entrée et de sortie 562. En
particulier, les interrupteurs 572a et 572c de fin de course
fournissent des signaux de sortie indiquant que la table
290 de positionnement suivant l'axe X a été amenée jusqu'à
ses limites extrêmes de déplacement vers l'avant et vers
30 l'arrière tandis que l'interrupteur 572b de fin de course
indique que la table 290 de positionnement suivant l'axe X
a été amené jusqu'à sa position initiale ou de référence par
rapport au faisceau laser 178. Un ensemble similaire
d'interrupteurs de fin de course est associé à la vis sans
35 fin 471 entraînant la table de l'axe Z. Un ensemble
d'interrupteurs de fin de course 574a, b, et c est associé
à la vis sans fin 297 entraînant la table de position-



nement suivant l'axe Y ; un quatrième interrupteur 574d de fin de course est associé à la vis sans fin 297 pour détecter le moment où la table de positionnement suivant l'axe Y se trouve dans sa position centrale, c'est-à-dire la position dans laquelle la chambre de soudage 108 peut être extraite de son armoire.

Comme on peut le voir sur la figure 5B, une multiplicité de dispositifs périphériques sont associés à la CPU 560 et commandés par cette dernière à l'aide d'interfaces 562 et 564 d'isolement optique. En particulier, l'autre CNC 126b procède à un échange mutuel d'un ensemble de signaux d'adressage (signaux dits "hand-shaking" dans la technique anglo-saxonne) par l'intermédiaire d'une liaison CNC 558 et de l'interface 562 avec la CPU 560, grâce à quoi chacun des CNC 126a et 126b peut appeler et obtenir une commande en temps partagé du miroir 172 de commutation de faisceau. Comme expliqué dans la demande de brevet déposée ce même jour au nom de la demanderesse sous le titre de "DISPOSITIF DE COMMANDE PAR CACULATEUR D'UN APPAREIL D'USINAGE A LASER", chacun des deux CNC 126a et 126b peut appeler et ensuite commander le miroir 172 de commutation de faisceau de manière à diriger le faisceau laser 178 vers sa chambre de soudage 108. Après utilisation du faisceau laser, le CNC 126 engendre un signal de libération de laser, grâce à quoi l'autre CNC 126 peut demander pour son propre usage le laser et bloquer ensuite ce laser.

Le système laser 102 peut, dans un exemple de mode de réalisation de la présente invention, se présenter sous la forme du système laser fabriqué par Raytheon sous le numéro de modèle SS500 et comprend une alimentation de laser, ainsi qu'un système 592 de commande de laser qui est couplé par l'interface 562 à la CPU 560. Comme représenté sur la figure 5B, le système 592 de commande de laser est couplé à un tableau 132 d'affichage de soudage au laser. Le tableau 132 d'affichage de soudage au laser comprend un réseau de lampes et des boutons-poussoirs qui commandent et affichent l'état du système laser 102 et de son système de commande 592.

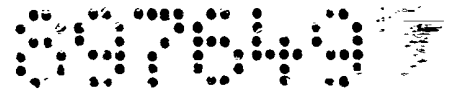
Comme représenté sur la figure 5B, la CPU 560 fournit des signaux de commande par l'intermédiaire de l'interface 562 isolée optiquement de manière à actionner le système 592 de commande de laser. En particulier, les sorties d'interfaces sont appliquées au système 592 de commande de laser pour mettre en fonction ou hors fonction la source d'alimentation, mettre en fonction les circuits de déclenchement de lampes de laser, amener l'obturateur de décharge 190 et l'obturateur de sécurité BRH 212 dans leurs positions ouvertes, déclencher l'opération de soudage, choisir un mode particulier de soudage au laser en fonction d'un des codes M51 à M54, régler la fréquence d'impulsions (FREQUENCE REP) dérivée du code T, régler le niveau de puissance dérivé du code S, régler la largeur d'impulsion et positionner le miroir 172 de commutation de faisceau laser. Le système 592 de commande de laser engendre des signaux qui indiquent la fin de la réalisation d'une soudure ainsi que l'état du laser et qui doivent être appliqués à la CPU 560. Lorsque des signaux d'arrêt d'urgence sont engendrés, les opérations du système 102 de soudage au laser et, en particulier, du système 592 de commande de laser peuvent être arrêtées en cas de circonstances critiques.

En outre, des signaux sont émis par la CPU 560 et sont transmis par l'interface 562 isolée optiquement pour commander un mécanisme 234 d'ouverture de porte, soit pour ouvrir, soit pour fermer un ensemble de portes 114 commandant l'accès à une armoire dans laquelle les chambres de soudage 108a et 108b sont disposées. Les signaux sont appliqués pour verrouiller ou déverrouiller la chambre de soudage 108 et, en particulier, sont appliqués à chacun des dispositifs de repérage avant et arrière 284 et 286. Une sortie en provenance de l'interface 562 isolée optiquement est appliquée à un moteur 266 d'entraînement de table coulissante qui est associé mécaniquement à une table coulissante (non représentée). La table coulissante reçoit un système de positionnement X-Y comprenant les moteurs 294 et 296 d'entraînement suivant les axes X et Y destinés à positionner de nouveau la

chambre de soudage 108 par une séquence de mouvements
incrémentiels par rapport au faisceau laser 178. Comme
représenté sur la figure 4, le moteur 266 d'entraînement
de table coulissante entraîne la table coulissante et, par
conséquent, la chambre de soudage 108 entre une première
position représentée en traits mixtes et une seconde position
indiquée par la représentation en trait plein de la chambre
de soudage 108b. Dans la première position ou position de
soudage, le faisceau laser 178 est dirigé sur la grille 16
de barres de combustible disposée à l'intérieur de la chambre
de soudage 108. Dans la seconde position, le faisceau laser
178 est dirigé sur la thermopile 218, grâce à quoi une mesure
de la puissance du laser est effectuée à des fins d'étalon-
nage. Les dispositifs de repérage avant et arrière 284 et 286
peuvent être mis sous tension pour introduire les axes ou
doigts de repérage dans la table coulissante, grâce à quoi
cette table coulissante se trouve immobilisée dans chacune
de ses première et seconde positions. Le moteur 266 d'entraî-
nement de table coulissante et sa table coulissante sont
décrits de façon complète 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". Les signaux de sortie provenant des ensembles 572,
574 et 564 d'interrupteurs de fin de course sont appliqués
à l'interface 562. Des signaux sont également appliqués à un
système 620 de refroidissement de laser par eau. Les lampes à
éclairsou lampes d'excitation 186 de laser et la cavité déli-
mitée par les miroirs 182 et 184 sont refroidies par le
système de refroidissement par eau en boucle fermée qui
fournit une eau propre, pure et régulée en température à la
pression et au débit requis. Bien que cela n'ait pas été
représenté, il va de soi, dans la technique, que le système
de refroidissement de laser par eau comprend une pompe, un
échangeur de chaleur eau/eau, à réservoir, un déioniseur, un
filtre, et un régulateur de température. La chaleur provenant
du barreau 170 de laser et de l'absorbeur 194 de faisceau est
transférée à l'eau et évacuée du système. De plus, un signal

de commande est appliqué à la lampe 428 du dispositif optique 204 de focalisation de faisceau laser, pour éclairer la grille 16 de barres de combustible, grâce à quoi le système 288 de positionnement X-Y peut être réglé le long soit de l'axe X, soit de l'axe Y pour aligner le point de départ de la grille 16 de barres de combustible avec le faisceau laser 178.

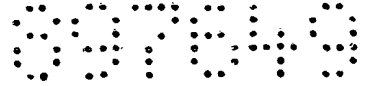
Des entrées sont fournies par la sonde 496 de détection d'oxygène et le détecteur 410 d'humidité qui sont disposés par rapport à la chambre de soudage 108 de manière à fournir des signaux analogiques représentant en parties par million la quantité d'oxygène et d'eau dans l'atmosphère de la chambre de soudage. D'une façon similaire, la thermopile 218 disposée avec le tube de protection 216 fournit un signal analogique indiquant la puissance du faisceau laser 178 dirigé dans ce tube. Les sorties de la sonde 496, du détecteur 410 et de la thermopile 218 sont appliquées à des voltmètres numériques correspondants 578, 580 et 582, qui transforment les signaux analogiques d'entrée en signaux numériques correspondants devant être appliqués par l'intermédiaire de l'interface 564 isolée optiquement à la CPU 560. L'interface 564 fournit des signaux appropriés de sélection d'appareil de mesure à chacun des voltmètres numériques 578, 580 et 582 pour appliquer sélectivement un seul signal numérique à la fois à la CPU 560 par l'intermédiaire de l'interface 564. Selon le fonctionnement du système de soudage 100 à laser, la CPU 560 applique des signaux, par l'intermédiaire de l'interface 564 isolée optiquement, à chacun des dispositifs 488, 484 et 486 de réglage d'écoulement massique pour commander le débit de l'argon envoyé respectivement au dispositif optique 204 de laser, au dispositif de support rotatif 242 et à la chambre de soudage 108. D'une façon similaire, les signaux sont appliqués au moteur 388 d'entraînement autour de l'axe B au moyen duquel la roue de positionnement 358 et le dispositif de support rotatif 242 peuvent être entraînés en rotation. Le dispositif rotatif 242 est représenté sur la figure 4 et peut être entraîné en rotation comme indiqué par la flèche, à



partir de sa position sensiblement horizontale représentée,
par un moteur d'entraînement autour de l'axe B qui peut être
mis en prise avec un élément d'accouplement monté fixement
sur le dispositif de support rotatif 242. Le dispositif de
5 support rotatif 242 est également associé à une roue de
positionnement sur laquelle sont montées une pluralité de
bandes détectrices avec lesquelles peuvent venir en contact
une pluralité d'interrupteurs de proximité 402a-d. Ces
interrupteurs 402a-d fournissent un signal binaire indiquant
10 la position du dispositif de support rotatif 242. La CPU 560
réagit à cette indication binaire en déterminant la position
du dispositif de support rotatif 242 et de la grille 16 de
barres de combustible montée sur ce dispositif afin d'appli-
quer des signaux de commande au moteur d'entraînement autour
15 de l'axe B en communiquant ainsi un mouvement contrôlé au
dispositif de support rotatif 242. Le fonctionnement et la
structure du dispositif de support rotatif 242 en liaison
avec son moteur d'entraînement autour de l'axe B et avec les
interrupteurs de proximité 402a-d est expliqué de façon
20 complète 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".

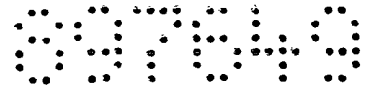
En se référant maintenant à la figure 5, on voit
que l'on y a représenté un tableau de fonctions de machine
25 (MFP) 130 destiné à fournir des entrées à la CPU 560 par
l'intermédiaire de l'interface 564 isolée optiquement. Les
diverses fonctions de commande assurées par les boutons-
poussoirs et les interrupteurs sélecteurs du tableau 130
de fonctions de machine sont décrits dans la demande de brevet
30 déposée ce même jour au nom de la demanderesse sous le titre
de "SYSTEME D'USINAGE A LASER".

Le procédé utilisé pour souder les lames intérieures
20 de grille les unes aux autres puis aux lames extérieures
22 de grille et pour souder la grille résultante 16 aux
35 manchons de guidage 36 a été décrit ci-dessus en référence
aux figures 3A à 3L ; sur ces figures, on a représenté la
série de déplacements imprimés à la grille 16 de barres de



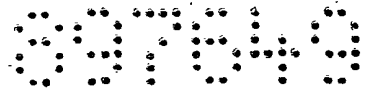
combustible le long de chacun de ses axes X, Y et Z pour la positionner de façon appropriée par rapport au faisceau laser 178 afin de pouvoir effectuer chacune des soudures d'intersection 32, des soudures linéaires 30 d'angle, des
5 soudures 34 de fentes et de pattes, et des soudures linéaires 40 d'encoches. Les lames intérieures et extérieures 20 et 22 sont assemblées pour former la grille 16 de barres de combustible comme expliqué dans les demandes de brevets belge déposées ce même jour au nom de la demanderesse
10 sous les titres respectifs de "DISPOSITIF ET PROCÉDE DE POSITIONNEMENT DE LAMES ET D'AILETTES POUR DES GRILLES DE SUPPORT DE BARRES DE COMBUSTIBLE NUCLEAIRE" et "DISPOSITIF, BANDE DE RETENUE ET PROCÉDE POUR L'ASSEMBLAGE DE GRILLES DE SUPPORT DE BARRES DE COMBUSTIBLE NUCLEAIRE". Ensuite, la
15 grille 16 de barres de combustible est disposée sur un dispositif de soudage comme décrit dans la demande de brevet belge déposée ce même jour au nom de la demanderesse sous le titre de "PLAQUE DE SOUDAGE POUR UNE GRILLE DE SUPPORT DE COMBUSTIBLE NUCLEAIRE" ; le dispositif de soudage est lui-même fixé de façon libérable, à l'aide d'une paire d'axes ou
20 dcigts de repérage, au dispositif de support rotatif 242 disposé de façon tournante à l'intérieur de la chambre de soudage 108. Comme expliqué ci-dessus, la grille 16 de barres de combustible peut être entraînée en rotation autour de son
25 axe B pour être placée dans une position où elle reçoit le faisceau laser 178 pour l'exécution des soudures linéaires 40 d'encoches. Le système de positionnement X-Y est actionné sélectivement pour déplacer la chambre de soudage 108 dans une séquence de déplacementsincrémentiels le long des axes
30 X et Y afin de positionner la grille 16 de barres de combustible par rapport au faisceau laser 178, grâce à quoi les soudures d'intersection 32 sont effectuées et, après rotation sur le dispositif de support rotatif 242, les soudures 34 de fentes et de pattes et les soudures linéaires 30
35 d'angle sont réalisées.

La commande de la machine pour la mise en oeuvre de ce procédé est assurée par le CNC 126 et, en particulier,



par la CPU 560 qui comprend une mémoire destinée à l'emma-
gasinage du programme partiel 700 que l'on va maintenant
décrire en référence aux figures 6A et 6B. Le programme par-
tiel 700 est introduit lorsque, au cours de la phase 702,
5 l'opérateur place le CNC 126 dans son mode automatique en
enfonçant le bouton-poussoir 670 AUTO sur le tableau 130
de fonctions de machine. Ensuite, l'opérateur introduit une
commande à l'aide du clavier alpha-numérique 131 pour demander
l'exécution du programme partiel. L'opérateur enfonce ensuite
10 le bouton-poussoir 658 DEMARRAGE DE CYCLE. Puis, au cours de
la phase 708, un code M81 programmé appelle un sous-programme
d'application CHARGEMENT/DECHARGEMENT CHAMBRE pour mettre
en fonction le moteur 266 d'entraînement de table coulissante
afin d'entraîner la table coulissante 262 depuis sa première
15 position ou position de soudage jusqu'à sa seconde position
ou position sortie, grâce à quoi un opérateur peut charger,
c'est-à-dire mettre en place, une grille 16 assemblée bien
que non encore soudée ainsi que son dispositif de soudage sur
le dispositif de support rotatif 242. La grille 16 de barres
20 de combustible et son dispositif de soudage 542 sont bloqués
par les doigts de repérage 524 dans une position prédéter-
minée sur le dispositif de support rotatif 242 par rapport
au faisceau laser 178. Le sous-programme CHARGEMENT/
DECHARGEMENT CHAMBRE est expliqué de façon plus détaillée
25 en référence à la figure 7B. Au cours de la phase 710,
l'opérateur charge, c'est-à-dire met en place, la grille 16
de barres de combustible et son dispositif de soudage sur le
dispositif rotatif 242 à l'aide du dispositif de manipulation
pour chargement/déchargement décrit dans la demande de
30 brevet belge déposée ce 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 partiel est suspendue jusqu'à ce qu'au cours de la
35 phase 712 l'opérateur enfonce le bouton-poussoir DEMARRAGE
CYCLE du tableau 130 de fonctions de machine pour recommencer
l'exécution du programme partiel 700. Ensuite, la phase 714





appelle le sous-programme d'application CHARGEMENT/DECHARGEMENT pour ramener la chambre 108 dans sa première position ou position de soudage en dessous du faisceau laser 178. Une fois que la chambre a été positionnée de nouveau, un code M est utilisé pour appeler le sous-programme d'application VERIFICATION ENVIRONNEMENT DANS CHAMBRE avant que la chambre de soudage 108 soit purgée des impuretés telles que l'oxygène et l'eau par introduction d'argon à un débit relativement élevé à travers les tubes 336 de manifold et la plaque de diffusion 330, ce qui fait que l'argon plus lourd que l'air déplace celui-ci en l'entraînant vers l'extérieur à travers l'espacement entre le rebord supérieur 331 de la chambre et la plaque 158 de fermeture étanche. Le débit particulier de l'argon est établi par un code M, au moyen duquel le dispositif 484 de commande d'écoulement massique est réglé de manière à fournir un débit d'argon élevé à la chambre de soudage 108. D'une façon similaire, les dispositifs 486 et 488 de commande d'écoulement massique associés au dispositif de support rotatif 242 et au dispositif optique 204 de focalisation de faisceau laser sont réglés sur un débit plus élevé pour accélérer la purge de la chambre de soudage 108. Le code M particulier appelle le sous-programme d'application CHOIX DE DEBIT DE GAZ. Ensuite, la phase 716 du programme partiel établit les codes M91 pour effectuer une rotation du dispositif de support rotatif 242 et, en particulier, pour actionner le moteur 238 d'entraînement en rotation autour de l'axe B, de manière à effectuer la rotation du dispositif de support 242. En particulier, le code M91 exécuté au cours de la phase 716 appelle le sous-programme d'application ROTATION DU DISPOSITIF SUPPORT. La phase 718 sert à déclencher ou appeler le sous-programme d'application VERIFICATION ENVIRONNEMENT DANS CHAMBRE pour contrôler l'environnement à l'intérieur de la chambre de soudage 108 et pour empêcher toute autre exécution du programme partiel jusqu'à ce que les niveaux d'oxygène et d'eau se trouvent en dessous de niveaux prédéterminés.

Après que la phase 718 a déterminé que l'environnement à l'intérieur de la chambre de soudage 108 est suffisamment



pure, la phase 720 répond aux codes X et Y pour positionner de façon contrôlable la chambre de soudage,

grâce à quoi la soudure initiale à effectuer est positionnée le long de l'axe Z en coïncidence avec le faisceau laser 178. La position de soudage initiale est identifiée par un ensemble de codes X et Y qui sont interprétés pour fournir des signaux de commande appropriés aux moteurs 294 et 296 d'entraînement suivant les axes X et Y. D'une façon similaire, un code Z est interprété et des

signaux de commande sont appliqués au moteur 470 d'entraînement suivant l'axe Z, grâce à quoi le dispositif optique 204 de focalisation de faisceau laser est positionné de manière à focaliser le faisceau laser 178 sur la soudure initiale de la grille 16 de barres de combustible. Quand ces phases sont terminées, la phase 720 arrête le programme partiel. Au cours de la phase 722, l'opérateur peut effectuer une commande manuelle par un actionnement approprié d'un bouton-poussoir X-INTERIEUR, d'un bouton-poussoir X-EXTERIEUR, d'un bouton-poussoir Y-GAUCHE et d'un bouton-poussoir Y-DROITE, grâce à quoi la soudure initiale de la grille 16 de barres de combustible se trouve alignée de façon précise par rapport au faisceau laser 178. A cette fin, l'obturateur de sécurité BRH 212 est ouvert, ce qui permet à l'opérateur d'observer l'image de la grille affichée sur le CRT 133 et obtenue à l'aide de la caméra TV d'alignement 206. L'objectif de la caméra 206 comporte un réticule électronique au moyen duquel l'opérateur peut aligner la soudure initiale de façon précise avec le faisceau laser 178. De façon similaire, l'opérateur manipule un bouton-poussoir Z-HAUT et un bouton-poussoir 644 Z-BAS du tableau 130 de fonctions de machine pour commander le déplacement du dispositif optique 204 de focalisation de faisceau laser de manière à placer avec précision la lentille 202 de laser pour que le faisceau laser 178 soit focalisé sur la grille 16 de barres de combustible.

Pour déclencher de nouveau l'exécution du programme partiel, l'opérateur au cours de la phase 724 enfonce le bouton-poussoir DEMARRAGE CYCLE. Ensuite, au cours de la

phase 726, le programme partiel 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 la grille après que celle-ci a été alignée au cours de la phase 722, les différences étant connues comme étant les décalages ou écarts X et Y. De façon similaire, la différence entre la position initiale ou position de référence le long de l'axe Z et la position focalisée du dispositif optique 204 de focalisation laser fournit un décalage ou écart Z. Les décalages X, Y et Z sont emmagasinés dans une zone désignée de la mémoire et sont utilisés par le CNC 126 pour calculer la position précise de chaque soudure en tenant compte de la position réglée ou décalée de la grille 16 de barres de combustible.

Ensuite, la phase 728 règle les divers paramètres du système laser 102 et, en particulier, programme les codes S, T et M qui déterminent le niveau de puissance, la fréquence d'impulsion, la largeur d'impulsion, et le type de soudure, c'est-à-dire quelle est celle des soudures d'intersection 32, des soudures linéaires 30 d'angle, des soudures 34 de fentes et de pattes, et des soudures linéaires 40 d'encoches, qui doit être effectué. En particulier, le niveau de puissance du système laser 102 est déterminé par un code S qui est exécuté par un sous-programme d'application EXECUTION CODE S comme on va l'expliquer en détail en référence à la figure 7D. D'une façon similaire, la fréquence d'impulsion est établie par un code T qui est exécuté par le sous-programme d'application EXECUTION CODE T comme on va l'expliquer en détail par la suite en référence à la figure 7E. La largeur d'impulsion est établie par un des CODES M M55-M60 qui correspondent aux largeurs de 1 à 6 ms et qui ordonnent l'exécution du sous-programme d'application ETABLISSEMENT LARGEUR D'IMPULSION LASER comme représenté sur la figure 7C. D'une façon similaire, il existe quatre types de soudures correspondant aux codes M M51 à M 54 qui ordonnent l'exécution du sous-programme d'application ETABLISSEMENT MODE LASER. Ensuite, la phase 730 établit, par utilisation d'un des CODES M

M61 à M64, le débit particulier d'argon qui est nécessaire pour une opération de soudage et, en particulier, appelle le sous-programme d'application CHOIX DU DEBIT DE GAZ. Ensuite, au cours de la phase 732, celui des codes M M51 à M54 qui

5 a été établi demande l'exécution du sous-programme d'application EXECUTION SOUDURE AU LASER comme on va l'expliquer de façon plus détaillée en référence à la figure 7G. D'une façon générale, le sous-programme d'application EXECUTION SOUDURE AU LASER requiert ou appelle l'utilisation du laser par

10 l'intermédiaire du sous-programme d'application OBTENTION LASER, grâce à quoi l'autre CNC 126b est vérifié par examen des sorties DEMANDE LASER et BLOCAGE LASER de l'autre CNC 126b et, en cas de présence, le CNC 126a attend jusqu'à ce qu'apparaisse une sortie LIBERATION LASER de l'autre CNC 126b,

15 moment auquel le CNC 126a demande puis bloque-verrouille le laser en vue de son utilisation. Lorsqu'il obtient l'utilisation du système laser 102, le CNC 126a dispose le miroir 172 de commutation de faisceau de manière à diriger le faisceau laser 178 vers sa chambre de soudage 108. Ensuite,

20 les positions des tables de positionnement suivant les axes X et Y, sur lesquelles la chambre de soudage 108 est montée, sont vérifiées pour voir si elles sont venues au repos dans leur position correcte et on laisse s'écouler une période en dehors du temps de positionnement avant l'excitation du

25 barreau 170 de laser. Ensuite, la phase 732 attend un signal OPERATION LASER ACHEVEE indiquant que l'opération de soudage est terminée avant de libérer le miroir 172 de commutation de faisceau laser et de commander le système de positionnement X-Y pour déplacer la grille 16 de barres de combustible

30 jusqu'à sa position suivante en préparation de l'exécution de la soudure suivante parmi une série de soudures. Ensuite, la phase 736 décide si oui ou non le type particulier de soudure établi par l'un des codes M M51 à M54 est terminé et, dans la négative, le programme partiel revient à la

35 phase 732 pour exécuter la soudure suivante puis, au cours de la phase 734, déplacer la grille 16 de barres de combustible jusqu'à sa position de soudage suivante. Ensuite, la phase

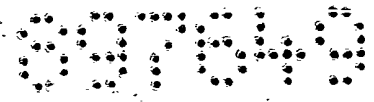
735 détermine si oui ou non le code M M88 a été programmé de manière à appeler, c'est-à-dire ordonner l'exécution, du sous-programme d'application ATTENDRE POUR AUTRE CNC, grâce à quoi un signal est transmis à l'autre CNC 126b pour indiquer qu'une série de soudures a été terminée et pour attendre
5 alors une réponse de l'autre CNC 126b ; pendant cet intervalle, l'exécution du programme partiel est suspendue.

Après qu'un type particulier de soudure a été terminé, le programme partiel passe à la phase 738 où le
10 programme partiel s'arrête et examine quel est celui des codes M M51 à M54 qui a été programmé pour déterminer le type suivant de soudure. Ensuite, au cours de la phase 740, une décision est prise pour savoir si oui ou non tous les types de soudures nécessaires pour terminer le soudage d'au
15 moins un des côtés de la grille 16 de barres de combustible a été effectué et, dans la négative, le programme partiel revient à la phase 716, grâce à quoi la séquence de phases 716 à 738 est répétée. La première séquence de phases de soudage illustrée sur les figures 3A à 3D est exécutée sur
20 le côté ailettes de la grille 16 de barres de combustible nucléaire avant qu'il soit ensuite nécessaire d'extraire cette dernière de sa chambre de soudage 108 pour la faire tourner et pour la remettre dans cette chambre de soudage 108. Au
25 cours de la phase 742, le système laser 102 est mis hors fonction par envoi d'un signal de manière à disposer l'obturateur de décharge 190 dans une position représentée en trait plein à la figure 4 pour diriger le faisceau laser 178 sur le dispositif 194 d'absorption de faisceau laser.

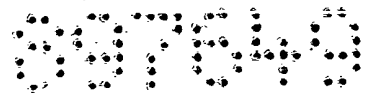
Ensuite, la phase 744 établit le code M M82 pour
30 ordonner l'exécution du sous-programme d'application CHARGEMENT/DECHARGEMENT CHAMBRE, grâce à quoi le moteur 266 d'entraînement de table coulissante est actionné pour diriger la table coulissante vers sa seconde position ou position sortie, grâce à quoi la grille 16 de barres de combustible
35 peut être enlevée de la chambre de soudage 108. A ce stade, l'opérateur retire à l'aide du manipulateur manuel la grille de barres de combustible et son dispositif de soudage de la

chambre de soudage 108 pour exécuter des opérations manuelles préparant la séquence suivante de phases de soudage. Par exemple, après que les soudures d'intersection 32 sur le côté ailettes de la grille 16 de barres de combustible ont
5 été terminées comme dans les phases représentées sur les figures 3A à 3D, la grille 16 de barres de combustible est extraite et entraînée en rotation de manière que les soudures d'intersection 32 apparaissant sur le côté opposé ou côté manchons de guidage de la grille 16 de barres de combustible
10 puissent être terminées, comme indiqué dans les phases des figures 3E à 3H. Quand les soudures d'intersection sur les deux côtés de la grille 16 de barres de combustible ont été terminées, la grille 16 est extraite et les manchons de guidage 36 y sont introduits avant l'exécution des soudures
15 linéaires 40 d'encoches, comme indiqué dans les phases 3I à 3L.

En se référant maintenant à la figure 7A, on voit que l'on y a représenté un programme partiel ETALONNAGE, l'opérateur pouvant introduire manuellement, par l'intermédiaire
20 du clavier alpha-numérique 131, une commande pour appeler ce programme partiel ETALONNAGE. Tout d'abord, au cours de la phase 750, l'opérateur enfonce le bouton-poussoir AUTO du tableau 130 de fonctions de machine. Ensuite, au cours de la phase 752, l'opérateur tape sur le clavier 131 une commande
25 appelant le programme partiel ETALONNAGE puis, au cours de la phase 754, enfonce le bouton-poussoir DEMARRAGE DE CYCLE. Ensuite, la phase 756 ordonne l'exécution du sous-programme d'application CHARGEMENT/DECHARGEMENT CHAMBRE, grâce à quoi la table coulissante 262 et, par conséquent, la chambre de
30 soudage 108 sont amenées dans leur seconde position ou position sortie, ce qui fait que, comme représenté en trait plein sur la figure 4, le faisceau laser 178 est dirigé dans le tube de protection 216 et sur la thermopile 218. Ensuite, au cours de la phase 758, le CNC 126 commande le moteur 470
35 d'entraînement suivant l'axe Z pour amener le dispositif 204 de focalisation de faisceau laser à focaliser le faisceau laser sur la thermopile 218. Le système laser 102 est réglé



au cours de la phase 728', qui exécute les mêmes opérations que la phase 728 représentée sur la figure 6, c'est-à-dire règle le niveau de puissance selon son code S, la fréquence d'impulsion suivant son code T, la largeur d'impulsion
5 suivant son code M, et le type de soudure suivant son code M avant d'appeler, au cours de la phase 759, le sous-programme d'application ETALONNAGE. En particulier, la phase 759 établit le code M M98, grâce auquel l'exécution du sous-programme d'application ETALONNAGE LASER est ordonné. Comme
10 on va l'expliquer en détail ci-après en référence à la figure 7G, le sous-programme d'application ETALONNAGE LASER mesure le niveau de puissance du faisceau laser 178 dirigé sur la thermopile 218, grâce à quoi l'étalonnage ou réglage du système laser 102 et, en particulier, de ses lampes d'exci-
15 tation 186 est effectué. En particulier, un écart ou décalage S3 est engendré pour chaque mode de soudage et est placé dans une table identifiée RVOLBTT à l'intérieur de la mémoire de la CPU 560, comme représenté sur la figure 5A. Comme expliqué ci-dessus, le système laser 102 fonctionne, à titre d'exemple,
20 dans quatre modes de soudage différents correspondant aux soudures 30 d'angle, aux soudures d'intersection 32, aux soudures 34 de pattes et de fentes, et aux soudures linéaires 40 d'encoches. Chaque mode de soudage est caractérisé par un ensemble choisi de paramètres correspondant à la largeur
25 d'impulsion, à la fréquence d'impulsion et au niveau moyen de puissance auquel l'émission du faisceau laser 178 est réglée. Comme on va l'expliquer en détail par la suite, la largeur d'impulsion est réglée par un code choisi parmi les codes M programmés, c'est-à-dire les codes M55-59, tandis que
30 la fréquence de récurrence des impulsions est réglée par un code T et la puissance moyenne est réglée par un code S. Par exemple, la soudure d'intersection 32 comprend les ensembles suivants de paramètres : une largeur d'impulsion de 6,2 ms, une fréquence de 20 Hz et une puissance moyenne de 350 watts.
35 Initialement, la phase 728' règle le système laser 102 pour effectuer une soudure d'intersection 32 en programmant ce système laser 102 de manière qu'il engendre son faisceau



laser 178 à un niveau de puissance correspondant à 350 watts. Comme on va l'expliquer par la suite, la phase 759 appelle le sous-programme d'application ETALONNAGE LASER. En supposant que le niveau de puissance du faisceau laser soit atténué

5 par suite de l'utilisation, un écart S3 est calculé, cet écart indiquant qu'une augmentation de la puissance programmée est nécessaire pour régler la tension d'utilisation appliquée au circuit de formation d'impulsions couplé aux lampes d'excitation. L'écart S3 relatif au premier mode de

10 soudage correspondant aux soudures d'intersection 32 est emmagasiné dans la table RVOLBTT de la mémoire de la CPU. Un sous-programme d'application ETABLISSEMENT ECART NIVEAU PUISSANCE LASER représenté sur la figure 7F est appelé pour calculer la valeur correspondante de la tension d'utilisation

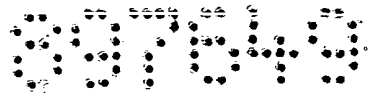
15 ou tension de décharge pour le niveau de puissance réglé, de manière que lors de l'exécution automatisée des soudures d'intersection 32 par le sous-programme d'application EXECUTION SOUDURES AU LASER représenté sur la figure 7H, cette tension d'utilisation correspondant à la tension

20 d'utilisation nécessaire pour engendrer le faisceau laser ayant le niveau de puissance voulu, par exemple 350 watts. Après que l'écart F3 a été déterminé pour le premier mode d'émission laser, un second mode d'émission laser est établi par la phase 728', par exemple pour les soudures 34 de fentes

25 et de pattes, et de nouveau le programme partiel ETALONNAGE passe à la phase 759 appelant le sous-programme d'application ETALONNAGE pour effectuer une mesure de la puissance laser réelle relevée par la thermopile 218, grâce à quoi un écart correspondant S3 peut être déterminé pour le mode de soudage de fentes et de pattes. De la même façon, la phase 728' est

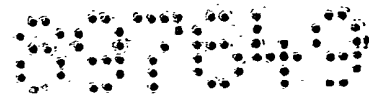
30 de nouveau sollicitée pour chacun des modes de soudage d'angle et des modes de soudage linéaires d'encoches et des écarts correspondants sont calculés et introduits dans la table RVOLBTT à l'intérieur de la mémoire de la CPU 560.

35 Après que les écarts S3 pour chaque mode d'usinage ont été ainsi déterminés et placés dans la mémoire de la CPU, les valeurs correspondantes de la tension d'utilisation pour



chaque écart 83 sont calculées et emmagasinées dans la table désignée de la mémoire de la CPU par le sous-programme d'application ETALONNAGE appelé. De cette façon, l'opérateur peut effectuer à des moments choisis un étalonnage ou réglage du système laser 102 en tenant compte de la diminution du rendement du barreau 170 de laser et de ses lampes d'excitation 186 par suite d'un usage intensif de ce système de soudage 100 à laser, c'est-à-dire que le système de soudage 100 à laser excite en permanence le barreau 170 de laser de manière à assurer ainsi un rapport de travail élevé et, par suite, une grande cadence de fabrication des grilles 16 de barres de combustible. Il est envisagé que les lampes d'excitation laser 186 puissent nécessiter d'être remplacées aussi fréquemment que tous les deux jours. Au cours d'une utilisation continue, l'opérateur désire vérifier la puissance de sortie réelle du barreau 170 de laser et mesurer à l'aide de la thermopile 218 le niveau d'énergie appliqué à la pièce d'usinage, de manière qu'un réglage de la sortie de la source d'alimentation haute tension du laser puisse être effectué pour maintenir l'intensité du faisceau laser 178 à un niveau auquel les soudures uniformes sont obtenues, sans tenir compte de la durée de vie utile du barreau 170 de laser ou de ses lampes d'excitation 186.

Le programme partiel ETALONNAGE décrit ci-dessus à propos de la figure 7A est essentiellement une façon de procéder autonome qui permet à l'opérateur d'appeler manuellement à volonté le sous-programme d'application ETALONNAGE, grâce à quoi l'intensité ou niveau de puissance du faisceau laser 178 peut être réglé ou étalonné de façon périodique. Il est également envisagé, dans le cadre des enseignements de la présente invention, que le système d'ordinateur appelle automatiquement le sous-programme d'application ETALONNAGE comme on va le décrire ci-après en détail en référence à la figure 7G. Par exemple, le sous-programme d'application ETALONNAGE peut être appelé par un changement d'un des codes M M51 à M54 indiquant un changement de mode de soudage. Par exemple, au cours de la phase 738 du programme partiel



représenté sur la figure 6B, le sous-programme d'application ETALONNAGE est appelé par le changement du code M en vue d'effectuer un réglage du niveau de puissance du faisceau laser pour le nouveau mode d'usinage au laser. Dans un tel mode de réalisation, le sous-programme d'application ETALONNAGE appelle calcule l'écart nécessaire S3 et la tension d'utilisation avant d'appeler le sous-programme d'application ETABLISSEMENT ECART NIVEAU PUISSANCE LASER, grâce à quoi la tension d'utilisation correspondante est appliquée au circuit de formation d'impulsions laser devant être utilisé pendant le nouveau mode d'usinage. Dans une variante, il est envisagé que le programme de service appelle de façon répétée un des intervalles programmés, le sous-programme d'application ETALONNAGE pour effectuer le réglage ou étalonnage désiré de la puissance du faisceau laser.

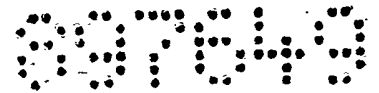
Le sous-programme d'application ETALONNAGE LASER représenté sur la figure 7G est introduit par l'établissement du code M M98 au cours de la phase 759 et calcule généralement la tension d'utilisation RESVOLT appliquée au circuit de formation d'impulsions (PFN), grâce à quoi la tension de sortie de ce circuit appliquée aux lampes d'excitation 186 est réglée pour le niveau de puissance programmé, selon le code S choisi, ainsi que pour la largeur d'impulsion et la fréquence de répétition d'impulsion (code T). Le sous-programme d'application ETALONNAGE LASER déclenche alors l'émission laser du barreau 170 de laser, mesure la sortie de la thermopile 218 et compare la sortie de la thermopile avec le niveau de puissance programmé ; la différence entre la sortie calculée et la sortie mesurée de la thermopile 218 est utilisée pour régler la tension d'utilisation. Cette façon de procéder réitérée continue jusqu'à ce que les niveaux de puissance de laser mesurés et programmés présentent une différence prédéterminée, par exemple 2 watts. Lorsqu'une divergence est atteinte, la nouvelle valeur de la tension d'utilisation est emmagasinée à un endroit spécifié à l'intérieur de la mémoire de la CPU 560. Initialement, après une entrée au cours de la phase 759, la phase 1022 résout

les équations 1 et 2 pour une valeur de la tension d'utilisation (RESVOLT) basée sur les caractéristiques du circuit de formation d'impulsions d'un exemple particulier de système laser, à savoir le laser Raytheon, modèle numéro SS500. Des calculs ont été effectués pour le circuit de formation d'impulsions particulier du système laser Raytheon mentionné pour obtenir une courbe telle que celle représentée sur la figure 7K que l'on a calculée pour obtenir les paramètres caractérisant le facteur de circuit de formation d'impulsions en fonction de la fréquence de répétition ou FREQUENCE REP. Le paramètre M dans l'équation est défini comme étant la pente de la courbe dérivée empiriquement de la figure 7I, et le décalage de la courbe à une FREQUENCE REP est considéré pour ce circuit de formation d'impulsions comme ayant une valeur de 57 ; la pente M a, à titre d'exemple, une valeur de 0,33. La valeur du facteur de circuit de formation d'impulsions PFNFACTR est calculée à l'aide de l'équation 1 est est portée dans l'équation 2 en même temps que les valeurs appropriées de la puissance de sortie désirée du faisceau laser 178 en conformité avec le code S programmé, la FREQUENCE REP déterminée par le code T, et la largeur d'impulsion déterminée par le code M choisi de manière que l'on obtienne en conformité avec les termes de l'équation 2 une valeur calculée de la tension d'utilisation ou tension de décharge RESVOLT. Ensuite, la phase 1024 cadre la valeur calculée de RESVOLT pour le circuit de conversion numérique/analogique (D/A) du système laser Raytheon particulier 102. Ensuite, la valeur calculée de RESVOLT est vérifiée par un sous-programme d'application de niveau de puissance de sécurité SAFEPOWER qui est appelé et exécuté comme on va l'expliquer en détail en référence à la figure 7I. Si la valeur RESVOLT calculée répond aux conditions de sécurité, la phase 1028 met sous tension le circuit de formation d'impulsions et, après un délai approprié chronométré au cours de la phase 1030, la phase 1032 actionne le miroir 172 de commutation de faisceau pour diriger le faisceau laser 178 vers la chambre de soudage 108 en cours de commande. Ensuite, la phase 1034 détermine si oui ou non les lampes

d'excitation 186 sont sous tension et, dans la négative, un message d'alarme est affiché par la phase 1036 sur le CTR 133. Si les lampes d'excitation 186 ont été branchées, le circuit de déclenchement associé aux lampes d'excitation 186 est mis en fonction avant que la phase 1040 ouvre l'obturateur de décharge 190. Ensuite, la phase 1042 ouvre l'obturateur 188 de cavité intérieure pour permettre au barreau 170 de laser d'émettre le faisceau laser vers la thermopile 218. La phase 1044 laisse s'écouler une période de temps appropriée avant de fermer l'obturateur 188 de cavité intérieure, accède à la sortie de la thermopile 218 et transforme cette sortie en une manifestation ou signal numérique correspondant. La phase 1046 compare le niveau de puissance laser mesurée avec la valeur programmée de ce niveau en conformité avec le code S et, si la différence est dans les limites plus ou moins 2 watts, la valeur correspondante de la tension d'utilisation ou tension de décharge RESVOLT est emmagasinée dans une table de la mémoire de la CPU 560. Si aucune divergence n'est rencontrée, la phase 1050 détermine si oui ou non il s'agit de la sixième boucle des phases 1022 à 1046 et, dans l'affirmative, la phase 1052 affiche sur le CRT 133 un message d'alarme faisant connaître que le sous-programme d'application ETALONNAGE LASER ne peut atteindre une divergence. S'il s'agit d'une boucle inférieure à la sixième boucle, la phase 1054 calcule une valeur de décalage ou valeur modifiée S3 du code S d'après l'équation indiquée dans la phase 1054 de la figure 7G, où S1 est le code initial programmé S, PUISSANCE MES est la puissance du faisceau laser 178 mesurée au cours de la phase 1046 par la thermopile 218 et S2 est le décalage calculé antérieurement. L'écart modifié S3 est renvoyé dans la phase 1022 et est utilisé par celle-ci pour calculer une nouvelle valeur de RESVOLT d'après la seconde équation, cette valeur de RESVOLT étant placée dans la table RVOLBTT de la mémoire de la CPU par la phase 728' du programme partiel ETALONNAGE. Ensuite, les phases 1024 à 1054 sont répétées jusqu'à ce qu'une divergence soit obtenue ou que six boucles aient été complétées. Comme représenté sur

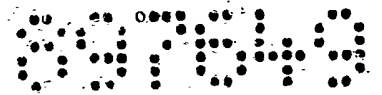
la figure 7G, lorsqu'une divergence est obtenue comme déterminé dans la phase 1046, la tension d'utilisation ou tension de décharge appliquée au circuit de formation d'impulsions du système laser 102 est emmagasinée dans une table d'une mémoire, grâce à quoi une compensation du faisceau laser de sortie est effectuée efficacement et l'entrée d'énergie pour chaque soudure est maintenue sensiblement constante sur une longue période de temps en assurant ainsi une uniformité de soudure. Comme expliqué ci-dessus à propos de la figure 7A, le sous-programme d'application ETALONNAGE est appelé pour chaque mode de soudage, grâce à quoi un écart ou décalage S3 pour chacune des soudures d'intersection 32, des soudures 34 de fentes et de pattes, des soudures linéaires 30 d'angle et des soudures linéaires 40 d'encoches est calculé et placé dans la mémoire de la CPU.

Le sous-programme d'application CHARGEMENT/DECHARGEMENT CHAMBRE est représenté sur la figure 7B et est destiné à actionner le moteur 266 d'entraînement de table coulissante pour déplacer la table coulissante 262 et sa chambre de soudage 108 entre sa première position ou position rentrée et sa seconde position ou position de soudage tout en assurant l'ouverture de la porte 214, le rappel du dispositif optique 204 de focalisation de faisceau laser et l'escamotage des doigts de repérage 316 et 319, ce qui permet à la table 262 de se déplacer. Initialement, dans la phase 760, le code M établi dans la phase 708 du programme partiel représenté sur la figure 6 est exécuté pendant le cycle d'Exécution d'Indicateur d'Appel du Programme de système de commande. En particulier, la phase 708 établit un code M M82 pour décharger la table coulissante 262 et sa chambre desoudage 108, tandis qu'au cours de la phase 710 est établi un code M M81 grâce auquel la table coulissante 262 est ramenée dans sa seconde position ou position de soudage. Ensuite, la phase 762 accède à la zone de sécurité 134 en avant de la chambre de soudage 108 devant être déplacée et, si cette zone est libre, la phase de soudage 764 actionne le moteur 470 d'entraînement suivant l'axe Z pour déplacer le dispositif optique 204 de



focalisation de faisceau laser jusqu'à sa position de référence. Ensuite, la phase 766 actionne les moteurs 294 et 296 d'entraînement suivant les axes X et Y pour déplacer les tables 290 et 292 de positionnement suivant les axes X et Y jusqu'à leur position centrale et jusqu'à leur position de référence ou position avancée, respectivement. Ensuite, la phase 768 établit la SUSPENSION D'AVANCE pour arrêter les tables 290 et 292 de positionnement suivant les axes X et Y, et le mécanisme 234 d'ouverture de porte est actionné pour placer la porte 114 dans sa position ouverte. Ensuite, les dispositifs de repérage avant et arrière 284 et 286 sont actionnés pour soulever leurs doigts de repérage 316 et 319 de manière à libérer ainsi la table coulissante 262. La phase 772 actionne ensuite le moteur 266 d'entraînement de table coulissante pour diriger la table coulissante 262 vers l'extérieur lorsqu'un code M M82 a été établi ou vers l'intérieur lorsqu'un code M M81 a été établi. Puis, la phase 774 actionne les dispositifs de repérage avant et arrière 284 et 286 pour placer leurs doigts de repérage 316 et 319 dans une position de blocage par rapport à la table coulissante 262. Ensuite, la porte 114 de l'armoire est fermée en réponse au code M M81 et, dans la phase 780, la SUSPENSION D'AVANCE est annulée. Dans la phase 782, il est décidé si oui ou non le code M M81 a été établi, ce qui indique que la chambre de soudage 108 doit être chargée et, dans l'affirmative, l'exécution du sous-programme d'application VERIFIER ENVIRONNEMENT DANS CHAMBRE est appelée pour que l'atmosphère à l'intérieur de la chambre de soudage 108 soit, à coup sûr, d'une pureté suffisante pour permettre un soudage. Ensuite, la phase 784 efface l'indicateur d'appel de routines et l'indicateur de séquence avant de finir.

En se référant maintenant à la figure 7C, on voit que l'on y a représenté le sous-programme d'application ETABLISSEMENT LARGEUR IMPULSION LASER. Initialement, dans la phase 910, ce sous-programme d'application est introduit par l'établissement d'un des codes M M55 à M59 selon celle des cinq largeurs d'impulsions laser possibles qui a été



choisie dans la phase 728 du programme partiel représenté sur la figure 6B et est exécuté ensuite pendant la phase suivante 912 de Cycle Exécution Indicateur d'Appel qui accède au code M choisi dans l'ensemble commun de données

5 de la mémoire de CPU 560 et interprète ce code. La phase 914 vérifie le niveau de puissance de sécurité du faisceau laser 178 calculé avec la largeur d'impulsion par appel du sous-programme d'application SAFEPRW comme on va le décrire en détail en référence à la figure 7I. La phase 916 détermine

10 si oui ou non le niveau de puissance calculé est sans danger, c'est-à-dire inférieur à des limites maximales, et, dans la négative, la phase 918 établit une alarme grâce à laquelle un arrêt immédiat du programme partiel est effectuée. Si le niveau est sans danger, la phase 920 rétablit la sortie

15 CHOIX SORTIE LARGEUR D'IMPULSION de l'interface 562, et la phase 922 établit la SORTIE DE LARGEUR D'IMPULSION CHOISIE, grâce à quoi le système 592 de commande de laser établit la largeur d'impulsion désirée du faisceau 178. A ce sujet, on remarquera que le CNC 126 associé et l'autre CNC 126 peuvent

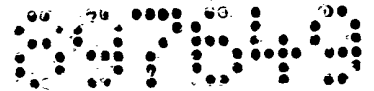
20 établir la largeur d'impulsion, l'autre CNC 126 adoptant la largeur d'impulsion établie par le CNC choisi ou CNC PRINCIPAL 226. Comme expliqué de façon plus détaillée dans la demande de brevet belge déposée ce même jour au nom de la demanderesse sous le titre de "DISPOSITIF DE COMMANDE PAR

25 CALCULATEUR D'UN APPAREIL D'USINAGE A LASER", l'un des deux CNC 126 est désigné comme étant le CNC PRINCIPAL et commande en fait la largeur d'impulsion et la fréquence de la pulsation du système 592 de commande de laser de l'autre CNC. Toutefois, chaque CNC commande sélectivement la tension de décharge ou

30 tension de sortie de sa source d'alimentation de laser, grâce à quoi on peut obtenir un réglage individuel du niveau de puissance de faisceau laser 178 appliqué à la chambre de soudage 108 associée à chaque CNC. Du fait que chaque chambre de soudage 108 effectue un type similaire de soudure, un

35 seul CNC 126 désigné comme étant PRINCIPAL choisit la largeur d'impulsion et la fréquence de répétition FREQUENCE REP, tandis qu'un réglage individuel de la tension de décharge ou

7



RESVOLT est recherché pour permettre un réglage individuel de chacun des faisceaux laser dirigés sur chaque chambre de soudage 108 pour les conditions différentes des trajets optiques séparés, des dispositifs optiques 204 de focalisation de faisceau laser et des chambres de soudage 108.

En se référant maintenant à la figure 7D, on voit que l'on y a représenté le sous-programme d'application EXECUTION CODE S, dans lequel un changement

d'un code S dans la phase 728 du programme partiel ordonne l'exécution du sous-programme d'application EXECUTION CODE S pendant le cycle de données de départ, conditionné préalablement, du programme de système de fonctionnement. Les codes S déterminent la tension de fonctionnement du laser et, en particulier, la tension qui est appliquée aux lampes d'excitation 186. Après l'appel ou ordre d'exécution au cours de la phase 950, la phase 952 détermine si oui ou non le nouveau code S se trouve dans les limites et, dans la négative, il est mis fin avant terme à ce sous-programme d'application et un message d'alarme est affiché au cours de la phase 954 sur le CRT 133. Si le code se trouve dans les limites, la phase 956 détermine la présence de l'indicateur M98 qui est établi manuellement par l'opérateur pour appeler, au cours de la phase 958, le programme partiel ETALONNAGE, comme indiqué sur la figure 7A. Ensuite, la phase 960 ordonne, c'est-à-dire appelle l'exécution du sous-programme d'application ETABLISSEMENT ECART NIVEAU PUISSANCE, comme décrit de façon plus complète en référence à la figure 7F. Enfin, la nouvelle valeur de code S est transférée au Registre-Tampon de Commande de Programme (PCB) à l'intérieur de la mémoire de la CPU 560.

Le sous-programme d'application EXECUTION CODE T est représenté sur la figure 7E et est destiné à calculer les valeurs de la FREQUENCE REP ou fréquence (PRF) établie par le code T dans la phase 728 du programme partiel 700 de la figure 6B. La phase 970 déclenche le sous-programme d'appli-



cation EXECUTION CODE T en examinant le Registre-Tampon de Commande de Programme (PCB) de la mémoire de la CPU, et le sous-programme d'application EXECUTION CODE T est appelé et exécuté pendant le cycle de données de départ

5 préconditionné du programme de système de fonctionnement pour déterminer si oui ou non la nouvelle valeur du code T peut être acceptée. Dans la phase 972, la nouvelle valeur du code T est vérifiée avec des limites prédéterminées et, si ce code se trouve à l'extérieur de ces limites, il est

10 mis fin avant terme au programme d'application et un message d'alarme approprié est affiché sur le CRT 133. Si le code se trouve dans les limites, la phase 974 détermine la plage PRF associée au convertisseur numérique/analogique incorporé au système 592 de commande de laser. Comme représenté sur la

15 figure 5, le système 592 de commande de laser reçoit une sortie numérique sur la ligne marquée CHOIX FREQUENCE IMPULSION, cette sortie numérique présentant une plage correspondante choisie de manière que le système 592 de commande de laser puisse engendrer une valeur analogique

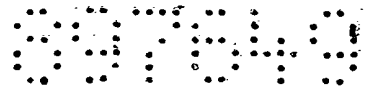
20 précise de la sortie numérique. Ensuite, la phase 976 calcule la valeur de sortie numérique/analogique PRF (PRFOUT) en conformité avec l'équation indiquée, où FSOUT est la sortie d'échelle complète de l'unité particulière numérique/ analogique, CODE T est la valeur de code T, et PLAGE est la

25 valeur maximale de chaque PLAGE PRF. On comprendra que la valeur calculée de PRFOUT est appliquée, par l'intermédiaire de la sortie CHOIX SORTIE FREQUENCE IMPULSION de l'interface 562 isolée optiquement, au système 592 de commande de laser. Ensuite, la phase 978 appelle le programme d'application

30 VERIFICATION NIVEAU PUISSANCE SECURITE (SAFEPOWER), comme on va l'expliquer en détail en référence à la figure 7I. La valeur calculée de la puissance de sécurité est comparée avec des limites connues et, si elle se trouve en dehors de ces limites, l'exécution du programme partiel est suspendue et un message

35 d'alarme est affiché sur le CRT 133. Si le niveau ne présente aucun danger, les signaux de déclenchement appliqués par l'interface 562 isolée optiquement au système 592 de commande





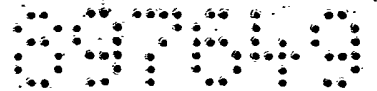
de laser cessent d'être appliqués, et la phase 986 détermine si oui ou non ce CNC 126 est PRINCIPAL, c'est-à-dire si oui ou non la FREQUENCE REP d'impulsion du laser et la largeur d'impulsion sont choisies par ce CNC 126 et, dans la négative, une sortie ou branchement est effectuée à partir de ce programme d'application. S'il n'en est pas ainsi, la phase 988 neutralise la sortie de fréquence d'impulsion choisie et la sortie de tension d'utilisation avant que la phase 990 n'établisse la sortie de fréquence d'impulsion choisie avec la plage PRF désirée et le pourcentage de signaux de plage devant être appliqué, par l'intermédiaire de la sortie de niveau de puissance choisie, au système 592 de commande laser.

Le sous-programme d'application ETABLISSEMENT ECART NIVEAU PUISSANCE LASER, représenté sur la figure 7F, est appelé par un changement du code S ou de tout code M mentionné par la programmation d'un code M M70 et est exécuté pendant le Cycle suivant d'Exécution d'Indicateur d'Appel du programme de système de fonctionnement. Par exemple, lorsqu'il existe un changement du code S, le sous-programme d'application EXECUTION CODE S est exécuté et, dans sa phase 960, le sous-programme d'application ETABLISSEMENT ECART NIVEAU PUISSANCE LASER est appelé. Lorsqu'il s'est produit un changement du code M, le code M M70 est établi de manière à appeler de cette façon ce programme d'application. D'une façon générale, le sous-programme d'application ETABLISSEMENT ECART NIVEAU PUISSANCE LASER obtient la tension d'utilisation basée sur la FREQUENCE REP d'impulsion programmée établie par le code T et sur la largeur d'impulsion programmée emmagasinée dans une table de la mémoire de la CPU. La tension d'utilisation est la tension de sortie de la source d'alimentation 120 qui est appliquée à un circuit de formation d'impulsions au moyen duquel les tensions d'excitation de la lampe sont engendrées. Dans la phase 1002, la table de valeur d'écart se trouvant dans la mémoire de CPU est recherchée par les codes S, T and M programmés établissant les niveaux de puissance, la fréquence et la largeur d'impulsion de manière

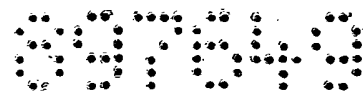
à obtenir de cette façon une indication de la tension
d'utilisation. La phase 1004 rend active la sortie CHOIX
SORTIE NIVEAU PUISSANCE (voir figure 5) avant que la phase
1006 ne déclenche une temporisation. Ensuite, la phase 1008
5 actionne le miroir 172 de commutation de faisceau pour diriger
le faisceau laser 178 sur la chambre de soudage 108 de ce CNC
126a. Puis, la phase 1010 vérifie si oui ou non la tension
des lampes se trouve dans les limites et, ensuite, met en
fonction, dans la phase 1012, les circuits de déclenchement
10 du laser, c'est-à-dire que la sortie DECLENCHEURS de l'inter-
face 562 isolée optiquement est mise en fonction. Ensuite,
la phase 1014 déclenche une temporisation pour permettre aux
lampes d'excitation 186 d'atteindre une stabilisation avant
d'être mises hors fonction au cours de la phase 1016. De ce
15 fait, lorsque le sous-programme d'application EXECUTION
SOUDURE AU LASER, comme on va le décrire en référence à la
figure 7H, est appelé, le barreau 170 de laser est prêt à
émettre son faisceau laser 178.

Le sous-programme d'application EXECUTION SOUDURE
20 AU LASER est représenté sur la figure 7H et est appelé par
les codes M M71 et M72 établis au cours de la phase 728 du
programme partiel et exécutés pendant le cycle C suivant
d'Exécution d'Indicateur d'Appel. Lorsqu'il est introduit
dans la phase 1060, l'Indicateur d'Appel de sous-programme
25 d'application est établi pour continuer d'exécuter le Cycle
d'Exécution Ulérieur d'Indicateur d'Appel. Après l'introduc-
tion du sous-programme, la phase 1062 détermine si oui ou non
l'un des modes laser correspondant à l'un des codes M51 à M54
a été choisi. Comme expliqué précédemment, le système 592 de
30 commande de laser comprend quatre modules séparés, chacun de
ceux-ci étant câblé et programmé de manière à commander
l'une des soudures 32 d'intersection, des soudures 34 de
fentes et de pattes, des soudures linéaires 30 d'angle ou des
soudures linéaires 40 d'encoches. Dans la négative, la phase
35 1063 affiche un "MESSAGE D'ERREUR" avant la sortie du programme.
Dans l'affirmative, la phase 1064 effectue une vérification
pour déterminer si oui ou non l'Indicateur convenable a été

établi antérieurement dans le sous-programme d'application VERIFICATION ENVIRONNEMENT CHAMBRE. Dans la négative, la phase 1066 appelle le sous-programme d'application VERIFICATION ENVIRONNEMENT CHAMBRE pour déterminer de nouveau si ou non l'atmosphère à l'intérieur de la chambre de soudage 108 a été purifiée de telle sorte que sa teneur en oxygène et en eau se trouve en dessous des limites spécifiées. Dans l'affirmative, la phase 1068 actionne le miroir 172 de commutation de faisceau pour diriger le faisceau laser 178 sur la chambre de soudage 108 de CNC 126. Ensuite, l'obturateur de décharge 190 est amené dans sa position d'ouverture, grâce à quoi le faisceau laser 177 est dirigé vers la chambre de soudage choisie 108. Ensuite, la phase 1072 détermine si oui ou non le code M M71 a été établi. Comme indiqué précédemment, il existe deux codes M, à savoir M71 et M72, le code M71 indiquant qu'une soudure ponctuelle, correspondant aux soudures 30 de l'intersection, doit être effectuée, tandis qu'un code M71 indique qu'une soudure linéaire, correspondant aux soudures linéaires 30 d'angle, aux soudures 34 de fentes et de pattes, et à la soudure linéaire 40 d'encoches, doit être réalisée. Une soudure linéaire diffère d'une soudure ponctuelle par le fait que la grille 16 de barres de combustible est déplacée par le système 288 de positionnement suivant les axes X et Y pendant que le barreau 170 de laser émet une série d'impulsions formant le faisceau laser 178, tandis qu'une soudure ponctuelle est effectuée alors que les grilles 16 de barres de combustible sont maintenues fixes par rapport au faisceau laser 178. De ce fait, si un code M71 est détecté, ce code indiquant qu'une soudure ponctuelle doit être effectuée, la phase 1074 ordonne une temporisation pour attendre que le système 288 de positionnement suivant les axes X et Y s'arrête avant de déclencher l'émission laser par le barreau 170 de laser. D'autre part, si un code M72 est programmé, ce code indiquant qu'une soudure linéaire doit être effectuée, aucune temporisation n'est ordonnée, ce qui permet au barreau 170 de laser de déclencher le soudage avant que ne commence le déplacement de la grille 16 de barre de combustible.

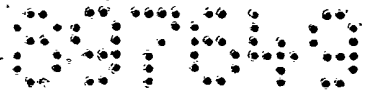


Ensuite, la phase 1076 effectue une vérification pour déterminer si ou non la tension appliquée aux lampes d'excitation 186 est conforme au programme. Puis, la phase 1078 vérifie l'état du laser et, en particulier, détermine si oui ou non la température et le débit du réfrigérant de la lampe se trouvent dans les limites spécifiées, si oui ou non le courant et la tension appliqués aux lampes se trouvent dans les limites spécifiées, et si oui ou non la porte 114 de l'armoire est ouverte. Ensuite, la phase 1080 détermine si oui ou non les circuits de déclenchement de lampes ont été déclenchés avec succès par la phase 1012 du sous-programme d'application ETABLISSEMENT ECART NIVEAU PUISSANCE LASER représentée sur la figure 7F. Dans la négative, la phase 1082 affiche un message d'alarme "Circuit de Déclenchement Non en Fonction" sur le CRT 133. Si le circuit a été mis en fonction, la phase 1084 effectue le déclenchement de l'émission laser en mettant en fonction le module de commande d'obturateur du système 592, c'est-à-dire applique le signal de commencement de soudure à ce système. La phase 1086 déclenche le minutage d'une période de temporisation durant laquelle le barreau 170 de laser est programmé pour compléter son émission laser, c'est-à-dire qu'il attend de recevoir le signal d'achèvement de soudure provenant du système 592 de commande de laser. La phase 1088 détermine si oui ou non une période de huit secondes s'est écoulée et, dans la négative, affiche un message "Temps d'Achèvement d'Emission Laser Non Terminé" sur le CRT 133. Quand la Période de temps s'est écoulée, la phase 1092 détermine si oui ou non une soudure ponctuelle doit être effectuée, c'est-à-dire si oui ou non le CODE M M71 a été établi et, dans l'affirmative, le sous-programme passe à la phase 1096 dans laquelle la CPU 560 engendre, par l'intermédiaire de l'interface optique 562, un Signal de Libération de Laser sur la liaison CNC 558 en indiquant que le barreau 170 de laser a été libéré et que l'autre CNC 126b peut maintenant demander le laser. Si une soudure linéaire doit être effectuée, la phase 1094 ferme l'obturateur de décharge 190 et l'obturateur de sécurité BRH



212, avant de prendre fin dans la phase 1096.

Le sous-programme d'application VERIFICATION NIVEAU PUISSANCE SECURITE est représenté sur la figure 7I et est exécuté pour calculer la puissance des lampes de laser exigée pour une FREQUENCE REP et une largeur d'impulsion données, telles que programmées par les codes T et les codes M M55 à M57, et pour la tension des lampes de passer telle que déterminée dans le sous-programme d'application ETABLISSEMENT ECART NIVEAU PUISSANCE LASER, comme expliqué précédemment en référence à la figure 7F. Pour l'exemple de système laser 102, c'est-à-dire de laser Rathyon modèle SS500, le niveau de puissance de sécurité maximale est de l'ordre de 16 kilowatts et, si la puissance calculée des lampes du laser dépasse ce niveau, le programme partiel est automatiquement arrêté. Le sous-programme d'application VERIFICATION NIVEAU PUISSANCE SECURITE est introduit dans la phase 1100 depuis soit la phase 914 du sous-programme d'application ETABLISSEMENT LARGEUR IMPULSION LASER représenté sur la figure 7C, soit la phase 978 du sous-programme d'application EXECUTION CODE T représenté sur la figure 7E, soit la phase 1026 du sous-programme d'application ETALONNAGE LASER de la figure 7G. Ensuite, dans la phase 1102, les valeurs de code T ordinaires sont obtenues à partir du Registre - Tampon de Commande de Programme (PCB) de la mémoire de la CPU et sont utilisées dans la phase 1104 pour calculer le facteur de circuit de formation d'impulsions d'après l'équation indiquée où la valeur de la FREQUENCE REP représente la fréquence d'impulsion programmée par la valeur de code T, l'ECART est obtenu à partir de la table de valeur d'ECART introduite par le sous-programme d'application ETABLISSEMENT ECART NIVEAU PUISSANCE LASER de la figure 7F, et la pente est déterminée à partir de la courbe de la figure 7K. Ensuite, la phase 1106 calcule une valeur intermédiaire VSQR en fonction de la largeur d'impulsion établie par les codes M M55 à M60 et la valeur de la tension d'utilisation (RESVOLT). Si VSQR est inférieur à l'unité, on sait que la puissance des lampes se trouve avant la limite maximale



désirée et une sortie ou branchement est effectué à partir de ce sous-programme d'application. Dans la négative, la phase 1110 calcule une valeur de la tension appliquée au circuit de formation d'impulsions (VPFN) d'après l'équation indiquée, en utilisant la valeur intermédiaire VSQR, et si BPFN est inférieur à l'unité, une sortie ou branchement est effectué par le fait qu'il a été déterminé que la puissance des lampes du laser se trouve en dessous du niveau de sécurité maximal. Dans la négative, ceci indique que les puissances des lampes dépasse la limite de sécurité maximale et, s'il en est ainsi, la phase 1114 calcule la puissance des lampes en fonction des valeurs de BPFN et PFNFACTR. Si la valeur de la puissance des lampes est inférieure à la limite de sécurité maximale, une sortie ou branchement ou effectué mais, s'il n'en est pas ainsi, la phase 1118 affiche un message d'alarme sur le CRT 133 et le programme partiel est automatiquement arrêté. Un registre G de la CPU 560 est utilisé comme indicateur de retour de vérification pour le programme d'appel, grâce à quoi, lors du branchement du sous-programme d'application VERIFICATION NIVEAU PUISSANCE SECURITE, un retour peut être effectué à l'un des sous-programme d'application suivant: ETABLISSEMENT LARGEUR IMPULSION LASER, EXECUTION CODE T, ou ECART NIVEAU PUISSANCE LASER.

On a donc décrit un appareil commandé par ordinateur pour un usinage d'une pièce se présentant à titre d'exemple sous la forme d'une grille de barres de combustible nucléaire. Cette pièce est usinée suivant un mode choisi parmi une pluralité de modes d'usinage, chaque mode présentant des paramètres distincts d'émission laser en ce qui concerne la puissance, la fréquence et la largeur d'impulsion. Plus spécifiquement, l'appareil commandé par ordinateur est programmé de manière à prendre des mesures du niveau de puissance du faisceau laser émis et à utiliser ces mesures pour étalonner, c'est-à-dire régler, la source laser pour chacun de ses modes d'usinage. De ce fait, la source laser est commandée par l'ordinateur au cours d'une séquence de

phase d'émission laser de manière que chaque mode de soudage soit effectué à un niveau de puissance précis pour chaque ensemble de paramètres. Comme expliqué ci-dessus, la source laser comprend des lampes d'excitation excitées par un

5 circuit de formation d'impulsions auquel est appliquée une tension d'utilisation ou tension de décharge réglable de manière que l'on obtienne une émission laser au niveau de puissance programmé. En particulier, un écart est

10 déterminé pour chaque mode d'usinage et une tension d'utilisation correspondante est calculée pour ce mode, grâce à quoi le faisceau laser émis à la largeur et la fréquence de répétition d'impulsion désirées se trouve au niveau de puissance programmé.

Il est bien entendu que la description qui précède

15 n'a été donnée qu'à titre purement illustratif et non limitatif et que des variantes ou des modifications peuvent y être apportées dans le cadre de la présente invention.

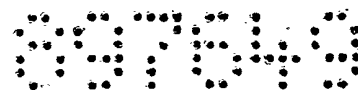
IDENTIFICATION DES REFERENCES NUMERIQUES UTILISEES SUR LES DESSINS

	LEGENDE	REF. NO.	FIGURE
	NIVEAU PUISSANCE < LIMITE MAX.	116	7I
	L'AUTRE CNC	126b	5B
5	TABEAU FONCTION MACHINE	130	5A
	CLAVIER ALPHA-NUMERIQUE	131	5A
	TABEAU D'AFFICHAGE DU DISPOSITIF D'AFFICHAGE A LASER	132	5B
	CRT	133	5A
10	THERMO-PILE	218	5A
	MECANISME D'OUVERTURE DE PORTE	234	5B
	MOTEUR D'ENTRAINEMENT DE TABLE COULISSANTE	266	5B
	DISPOSITIFS DE REPERAGE AVANT ET ARRIERE	284	5B
	DISPOSITIFS DE REPERAGE AVANT ET ARRIERE	286	5B
15	MOTEUR AXE "B"	388	5A
	INTERRUPTEURS DE PROXIMITE	402a-e	5A
	DETECTEUR D'HUMIDITE	410	5A
	DISPOSITIF DE COMMANDE D'ECOULEMENT MASSIQUE (CHAMBRE)	484	5A
20	DISPOSITIF DE COMMANDE D'ECOULEMENT MASSIQUE (DISPOSITIF DE SUPPORT)	486	5A
	DISPOSITIF DE COMMANDE D'ECOULEMENT MASSIQUE (LENTILLE)	488	5A
	SONDE DE DETECTION D'OXYGENE	496	5A
	SYSTEME DE REFROIDISSEMENT PAR EAU LASER	520	5B
25	UTILITE DE TRAITEMENT CENTRALE (CPU) & MEMOIRE	560	5A
	INTERFACE D'ENTREES ET DE SORTIES NUMERIQUES ISOLEE OPTIQUEMENT	562	5A
	INTERFACE D'ENTREES ET DE SORTIES NUMERIQUES ISOLEE OPTIQUEMENT	564	5A
30	TABEAU POUR LA COMMANDE ET L'ENTRAINEMENT SUIVANT AXE X	566	5A
	TABEAU POUR LA COMMANDE ET L'ENTRAINEMENT SUIVANT AXE Y	568	5A
	TABEAU POUR LA COMMANDE ET L'ENTRAINEMENT SUIVANT AXE Z	570	5A
	VOLIMETRE NUMERIQUE	578	5A
35	VOLIMETRE NUMERIQUE	580	5A

IDENTIFICATION DES REFERENCES NUMERIQUES UTILISEES SUR LES DESSINS

	LEGENDE	REF. NO.	FIGURE
	SYSTEME DE COMMANDE DE LASER	592	5B
5	MISE CNC EN MODE AUTOMATIQUE	702	6A
	APPEL PROGRAMME PARTIEL	704	6A
	ENFONCEMENT BOUTON "DEMARRAGE CYCLE"	706	6A
	CODE "M" DECHARGEMENT CHAMBRE APPELLE CE SOUS-PROGRAMME D'APPLICATION, ARRET ET ATTENTE	708	6A
10	CHARGEMENT GRILLE SUR DISPOSITIF DE SUPPORT	710	6A
	ENFONCEMENT BOUTON "DEMARRAGE CYCLE"	712	6A
	APPEL SOUS-PROGRAMME CHARGEMENT/DECHARGEMENT ET VERIFICATION ENVIRONNEMENT CHAMBRE, CODE "M" APPELLE CES SOUS-PROGRAMMES	714	6A
	ENTRAINEMENT EN ROTATION DISPOSITIF SUPPORT	716	6A
15	APPEL SOUS-PROGRAMME APPLICATION POUR SURVEILLANCE ENVIRONNEMENT CHAMBRE : O_2 & H_2O	718	6A
	DEPLACEMENT CHAMBRE ET LENTILLE JUSQU'AUX COORDONNEES INITIALES X,Y et Z DE SOUDURE,ARRET	720	6A
	OPERATEUR FOCALISE LENTILLE ET ALIGNE GRILLE	722	6A
	ENFONCEMENT BOUTON "DEMARRAGE CYCLE"	724	6B
20	INTRODUCTION ECARTS X, Y ET Z	726	6B
	REGLAGE SYSTEME LASER :		
	1) NIVEAU PUISSANCE (CODE S)		
	2) FREQUENCE IMPULSION (CODE T)		
	3) LARGEUR IMPULSION (CODE M)		
25	4) TYPE SOUDURE (CODE M)		
	APPELLE SOUS-PROGRAMME APPLICATION CORRESPONDANT	722	6B
	REGLAGE SYSTEME LASER	728'	7A
	REGLAGE DEBIT ARGON POUR SOUDAGE (CODE M)	730	6B
	EXECUTION SOUDURE LASER		
30	APPEL PROGRAMMES D'APPLICATION :		
	1) APPEL POUR MIROIR		
	2) MISE EN POSITION MIROIR		
	3) VERIFICATION MOUVEMENT		
	4) LIBERATION LASER		
35	5) ATTENDRE POUR "OPERATION LASER ACHEVEE"	732	6B

	VOLTMETRE NUMERIQUE	582	5A
	LECTEUR DE BANDE EN PAPIER	588	5A
	DOUBLE ENTRAINEMENT DE BANDE MAGNETIQUE	586	5A
5	INTERFACE POUR MICRO-ORDINATEUR	588	5A
	INTERFACE POUR BANDE MAGNETIQUE	590	5A



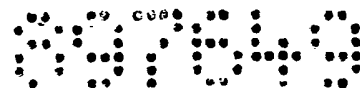
IDENTIFICATION DES REFERENCES NUMERIQUES UTILISEES SUR LES DESSINS

	<u>LEGENDE</u>	<u>REF. NO.</u>	<u>FIGURE</u>
	DEPLACEMENT GRILLE JUSQU'A POSITION SOUDURE SUIVANTE (X,Y)	734	6B
5	VERIFICATION CODE M	735	6B
	CE TYPE DE SOUDURE EST-IL TERMINE ?	736	6B
	ARRET, EXAMEN CODES M POUR TYPE SOUDURE SUIVANT	738	6B
	TOUS LES TYPES DE SOUDURES SONT-ILS TERMINES ?	740	6B
	MISE HORS FONCTION LASER	742	6B
10	DEPLACEMENT CHAMBRE JUSQU'A DEPOSITION CHARGEMENT, ENLEVEMENT GRILLE	744	6B
	MISE SYSTEME EN MODE AUTOMATIQUE	750	7A
	APPEL PROGRAMME PARTIEL ETALONNAGE	752	7A
	ENFONCEMENT BOUTON "DEMARRAGE CYCLE"	754	7A
15	DECHARGEMENT CHAMBRE	756	7A
	FOCALISER LENTILLE POUR DIRIGER FAISCEAU LASER SUR THERMO-PILE	758	7A
	APPEL SOUS-PROGRAMME APPLICATION ETALONNAGE	759	7A
	OPERATEUR INTRODUIT CODE M (M98)	759	7G
20	APPEL PAR CODE M (M81, M82) ETABLI AU COURS PHASE 708, EXECUTION PENDANT CYCLE EXECUTION INDICATEUR APPEL	760	7B
	ETABLIR INDICATEUR APPEL, VERIFICATION ZONE SECURITE	762	7B
	SOULEVEMENT LENTILLE JUSQU'A POSITION REFERENCE	764	7B
	POSITIONNEMENT TABLE X-Y :		
25	1) AXE Y CENTRE		
	2) AXE X PROLONGE	766	7B
	ETABLISSEMENT SUSPENSION AVANCE ET OUVERTURE PORTE POSTE DE TRAVAIL	768	7B
	SOULEVER DOIGT BLOCAGE TABLE COULISSANTE X	770	7B
30	ENTRAINEMENT PORTE COULISSANTE X VERS EXTERIEUR (M82) OU VERS INTERIEUR (M81)	772	7B
	ABAISSER DOIGT BLOCAGE PORTE COULISSANTE X	774	7B
	FERMETURE PORTE POSTE TRAVAIL (POUR M81 SEULEMENT)	778	7B
	LIBERATION SUSPENSION AVANCE	780	7B
35	POUR M81, EFFACEMENT, SUSPENSION, AVANCE ET APPEL VERIFICATION ENVIRONNEMENT CHAMBRE	782	7B

	EFFACEMENT INDICATEUR APPEL ET INDICATEUR SEQUENCE DE ROUTINES	784	7B
5	APPEL PAR CODES M (M55-M59) ETABLI AU COURS PHASE 728, EXECUTE PENDANT INDICATEUR APPEL	910	7C

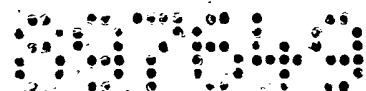
IDENTIFICATION DES REFERENCES NUMERIQUES UTILISEES SUR LES DESSINS

	<u>LEGENDE</u>	<u>REF. NO.</u>	<u>FIGURE</u>
5	ACCES ET INTERPRETATION CODE M DANS ENSEMBLE COMMUN DE DONNEES	912	7C
	VERIFICATION NIVEAU PUISSANCE SECURITE (PWR SECURITE)	914	7C
	NIVEAU DE SECURITE	916	7C
	ETABLISSEMENT ALARME ARRET, EXECUTION DE PROGRAMME PARTIEL	918	7C
10	ETABLIR DE NOUVEAU SORTIES PUISSANCE (PW).	920	7C
	ETABLIR SORTIE PUISSANCE (PW) CHOISIE	922	7C
	APPEL PAR CHANGEMENT DE VALEUR CODE M, EXECUTE PENDANT CYCLE DONNEES DEPART PRECONDITIONNE	950	7D
	CODE S DANS LIMITES	952	7D
15	ARRET AVANT TERME, AFFICHAGE MESSAGE ALARME	954	7D
	VERIFICATION INDICATEUR M98	956	7D
	APPEL PROGRAMME MACHINE ETALONNAGE	958	7D
	APPEL PROGRAMME MACHINE REGLAGE NIVEAU PUISSANCE ETABLI PAR CODE M-M70	960	7D
20	NOUVELLE VALEUR CODE S TRANSFEREE A REGISTRE TAMPON (PCB) DE COMMANDE PROGRAMME	962	7D
	APPEL PAR CHANGEMENT DE VALEUR CODE T, EXECUTE PENDANT CYCLE DONNEES DEPART PRECONDITIONNE	970	7E
	CODE T DANS LIMITES	972	7E
	ARRET AVANT TERME, AFFICHAGE MESSAGE ALARME	974	7E
25	DETERMINATION PLAGE PRF (FREQUENCE REPETITION IM- PULSIONS)	974	7E
	CALCULER: $PRF\ OUT = (FS\ OUT - CODE\ T) / PLAGE$	976	7E
	VERIFICATION NIVEAU PUISSANCE SECURITE (SAFE PWR)	978	7E
	NIVEAU SECURITE	980	7E
30	AFFICHAGE MESSAGE ALARME, ARRET EXECUTION DE PROGRAMME PARTIEL	982	7E
	NEUTRALISER SORTIE DECLENCHEUR LAMPES LASER	984	7E
	CE CNC EST-IL PRINCIPAL ?	986	7E
	NEUTRALISER SORTIES D/A PRF ET TENSION UTILISATION	988	7E
	ETABLISSEMENT PLAGE PRF ET TENSION UTILISATION	990	7E
35	APPEL PAR CODE M(M70) ETABLI AU COURS PHASE 960, EXECUTION PENDANT CYCLE EXECUTION INDICATEUR APPEL	1000	7F



IDENTIFICATION DES REFERENCES NUMERIQUES UTILISEES SUR LES DESSINS

LEGENDE		REF. NO.	FIGURE
5	RECHERCHE TABLE POUR CODE S, T ET M DESTINES A NIVEAU PUISSANCE, FREQUENCE ET P.W. (LARGEUR IMPULSION) POUR OBTENIR TENSION LAMPES	1002	7F
	VALIDER SORTIE TENSION LAMPES	1004	7F
	TEMPORISATION	1006	7F
	APPELER OPTENTION LASER, POSITIONNEMENT MIROIR COMMUTATION FAISCEAU	1008	7F
	VERIFICATION TENSION LAMPES	1010	7F
10	METTRE EN SERVICE CKT DECLENCHEURS LAMPES	1012	7F
	TEMPORISATION	1014	7F
	SORTIE	1016	7F
15	CALCUL TENSION UTILISATION (RESVOLT) BASE SUR CODES S, T ET SUR P.W.		
	1) FACTEUR CIRCUIT FORMATION IMPULSIONS (PFNFACTR)		
	$PFNFACTR = \sqrt{(FREQREP + ECART) / 10}$		
	2) RESVOLT = $\sqrt{\frac{PUISSANCE SORTIE}{1.1 \cdot P.W. \cdot PFNFACTR^2 \cdot FREQREP}}$	1022	7G
	CADRER RESVOLT POUR D/A DE SYSTEME LASER	1024	7G
20	VERIFICATION NIVEAU PUISSANCE SECURITE (SAFE PWR)	1026	7G
	MISE SOUS TENSION CIRCUIT FORMATION IMPULSIONS	1028	7G
	TEMPORISATION	1030	7G
	APPEL OPTENTION LASER, POSITIONNEMENT MIROIR MUTATION FAISCEAU	1032	7G
	LAMPES LASER EN FONCTION	1034	7G
25	ACTIONNEMENT ALARME	1036	7G
	MISE EN FONCTION CKT DECLENCHEURS LAMPES	1038	7G
	OUVERTURE OBTURATEUR DECHARGE	1040	7G
	OUVERTURE OBTURATEUR RESONATEUR, RENVOI FAISCEAU LASER SUR THERMOPILE	1042	7G
	ATTENTE FIN TEMPS EMISSION LASER, FERMETURE OBTURATEUR RESONATEUR, ACCES A INSTRUMENT MESURE NIVEAU PUISSANCE, CONVERSION A/D	1044	7G
30	PUISSANCE MESUREE + 2 WATTS	1046	7G
	MEMORISATION VALEUR ECART DANS TABLE	1048	7G
	6ème BOUCLE	1050	7G

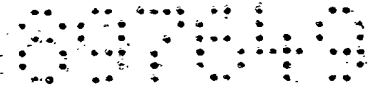


IDENTIFICATION DES REFERENCES NUMERIQUES UTILISEES SUR LES DESSINS

	LEGENDE	REF. NO.	FIGURE
	ACTIONNEMENT ALARME	1052	7G
	CALCULER MOD. $S_3 : S_3 = S_1 - \text{PUISS. MES.} + S_2$	1054	7G
5	APPEL PAR CODES M (M71, M72) ETABLIS AU COURS PHASE 728 DE PROGRAMME PARTIEL; EXECUTION PENDANT INDICATEUR APPEL SUIVANT; EXECUTION CYCLE; LORS INTRODUCTION, INDICATEUR APPEL PROGRAMME MACHINE EST ETABLI POUR REEXECUTION LORS CYCLE EXECUTION INDICATEUR APPEL SUIVANT	1060	7H
	MODE LASER A-T-IL ETE CHOISI ?	1062	7H
10	AFFICHAGE "MESSAGE ERREUR"	1063	7H
	INDICATEUR CONDITIONNEL "CONVENABLE" ETABLI AU COURS PHASE 882	1064	7H
	NOUVEL APPEL VERIFICATION ENVIRONNEMENT CHAMBRE	1066	7H
	POSITIONNEMENT MIROIR COMMUTATION FAISCEAU	1068	7H
15	APPEL OBTENTION LASER, OUVERTURE OBTURATEUR DECHARGE	1070	7H
	CODE M M/71 A-T-IL ETE ETABLI ?	1072	7H
	ATTENTE POUR DEPLACEMENT TABLE X-Y (SOUDURE PONCTUELLE)	1074	7H
	VERIFICATION TENSION LAMPES	1076	7H
	VERIFICATION INDICATEUR ETAT LASER		
20	1) TEMPERATURE ET DEBIT REFRIGERANT LAMPES		
	2) -I & V ALIMENTATION LAMPES		
	3) OUVERTURE PORTE ARMOIRE	1078	7H
	CKT DECLENCHEURS MIS EN FONCTION PAR PHASE 1012	1080	7H
	AFFICHAGE MESSAGE ALARME CKT DECLENCHEUR NON EN FONCTION	1082	7H
25	DECLENCHEMENT LASER PAR MISE EN FONCTION MODULE COMMANDE OBTURATEUR	1084	7H
	ATTENTE POUR FIN EMISSION LASER	1086	7H
	TEMPS EMISSION $> 8 \text{ SEC.}$	1088	7H
	AFFICHAGE MESSAGE ALARME "FIN TEMPS D'EMISSION LASER"	1090	7H
	CODE M (M71) EST-IL ETABLI ?	1092	7H
30	FERMETURE OBTURATEURS DECHARGE & BHR	1094	7H
	LIBERATION & DEVERROUILLAGE LASER, SORTIE	1096	7H
	ENTREE	1100	7I
	OBTENIR CODE T A PARTIR REGISTRE TAMPON (PCB) DE COMMANDE PROGRAMME	1102	7I

IDENTIFICATION DES REFERENCES NUMERIQUES UTILISEES SUR LES DESSINS

<u>LEGENDE</u>	<u>REF.NO.</u>	<u>FIGURE</u>
CALCULER : PFNFACTOR =		
5 (PENTE • FREQUENCE REP + ECART)/100	1104	7I
CALCULER : VSQR = (RESVOLT ² • PW)/100	1106	7I
VSQR < 1	1108	7I
CALCULER : VPFN = (VSQR • FREQUENCE REP)/100	1110	7I
VPFN < 1	1112	7I
10 CALCULER : PUISSANCE LAMPE =		
(VPFN • PFNFACTOR)/100	1114	7I
AFFICHAGE MESSAGE ALARME, ARRET AUTOMATIQUE	1118	7I



REVENDEICATIONS

1. Appareil pour l'usinage au laser d'une pièce à usiner en une séquence d'au moins une première et une seconde opération d'usinage au laser, cet appareil comprenant : un laser dont la puissance de sortie peut être commandée ; un système optique pour diriger un faisceau laser sur la pièce à usiner ; un agencement de mesure de puissance laser pour mesurer la puissance dudit faisceau laser ; caractérisé par un circuit de commande couplé audit agencement de mesure et audit laser et comprenant un circuit d'étalonnage sensible à la puissance mesurée du faisceau laser dirigé pour fournir le signal de commande destiné à chacun desdits premier et second modes d'usinage en fonction de la puissance mesurée et d'un premier et second ensemble de paramètres de laser.

2. Appareil suivant la revendication 1, caractérisé par le fait que ledit laser peut être excité de façon commandée pour émettre le faisceau laser en une série d'impulsions commandées.

3. Appareil suivant la revendication 1 ou 2, caractérisé par le fait que chacun desdits premier et second ensembles de paramètres de laser comprend un paramètre représentant le niveau de puissance désiré du faisceau laser.

4. Appareil suivant la revendication 3, caractérisé par le fait que chacun desdits premier et second ensembles de paramètres comprend des paramètres représentant la largeur d'impulsion ainsi que la fréquence des impulsions laser commandées.

5. Appareil suivant la revendication 3, caractérisé par le fait que ledit circuit de commande comprend un moyen pour comparer la puissance mesurée du faisceau laser dirigé avec la valeur du paramètre programmé représentant le niveau de puissance, cela de manière à fournir un signal représentant la différence entre cette puissance et cette valeur.

6. Appareil suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé par le fait que ledit premier mode d'usinage correspond à un soudage ponctuel de la pièce à usiner et le second mode d'usinage correspond à un soudage

linéaire de la pièce à usiner.

5 7. Appareil suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé par le fait qu'il comprend un moyen pour disposer ledit agencement de mesure entre une première position, dans laquelle ledit agencement de mesure intercepte le trajet du faisceau laser pour effectuer une mesure du niveau de puissance du faisceau laser, et une seconde position éloignée du faisceau laser.

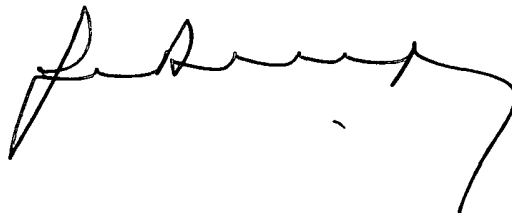
10 8. Appareil suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé par le fait que ledit circuit de commande comprend une mémoire et un circuit pour déterminer une tension d'utilisation relative à chaque mode d'usinage en conformité avec son ensemble de paramètres et pour emmagasiner les tensions d'utilisation déterminées
15 dans une mémoire.

20 9. Appareil suivant la revendication 8, caractérisé par le fait que ledit circuit de détermination détermine la tension d'utilisation en conformité avec une fonction déterminée de façon empirique d'après les caractéristiques d'un circuit de formation d'impulsions.

Bruxelles, le 31 août 1983

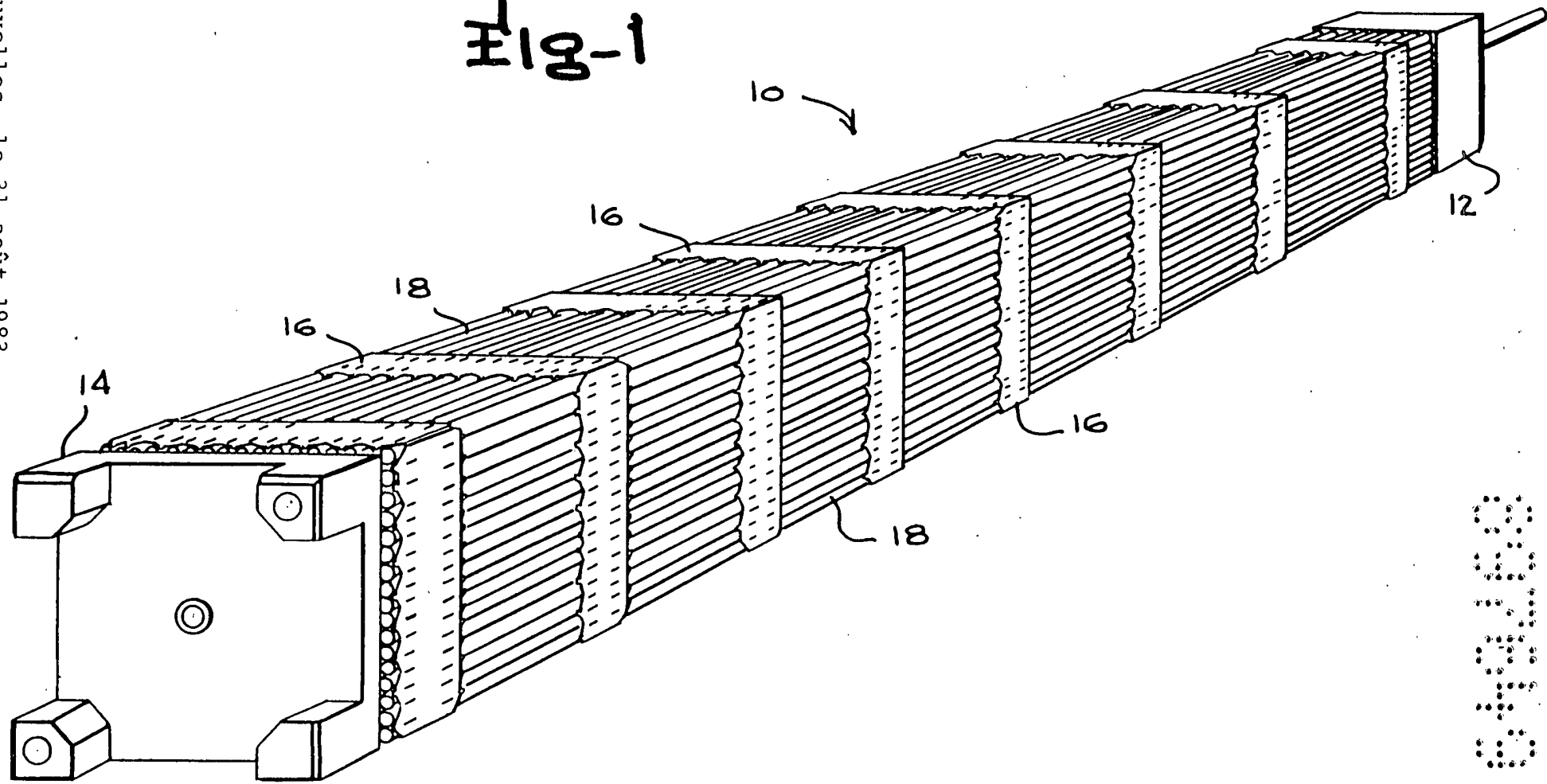
P.Pon. de WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION

OFFICE KIRKPATRICK - G.C. PLUCKER

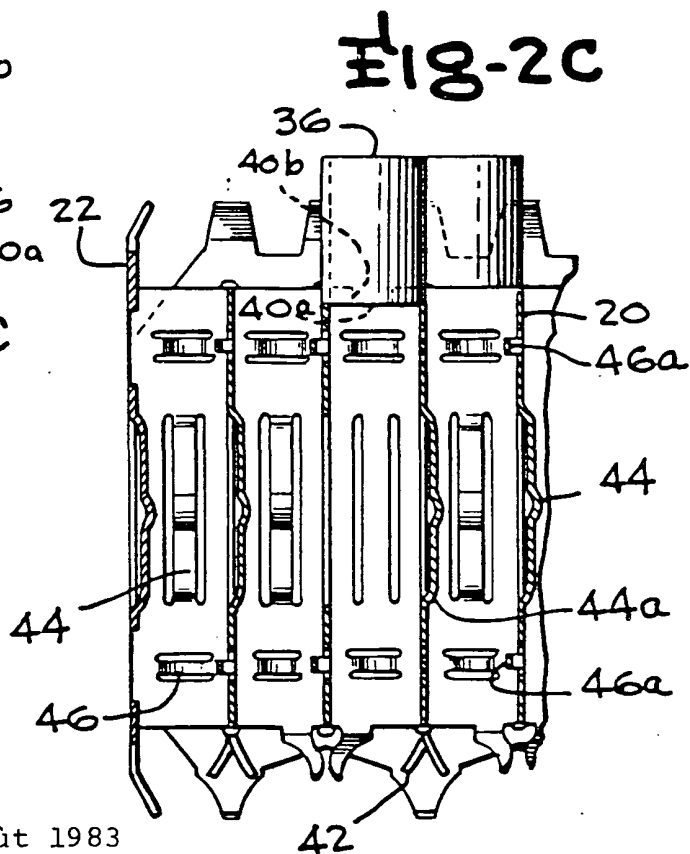
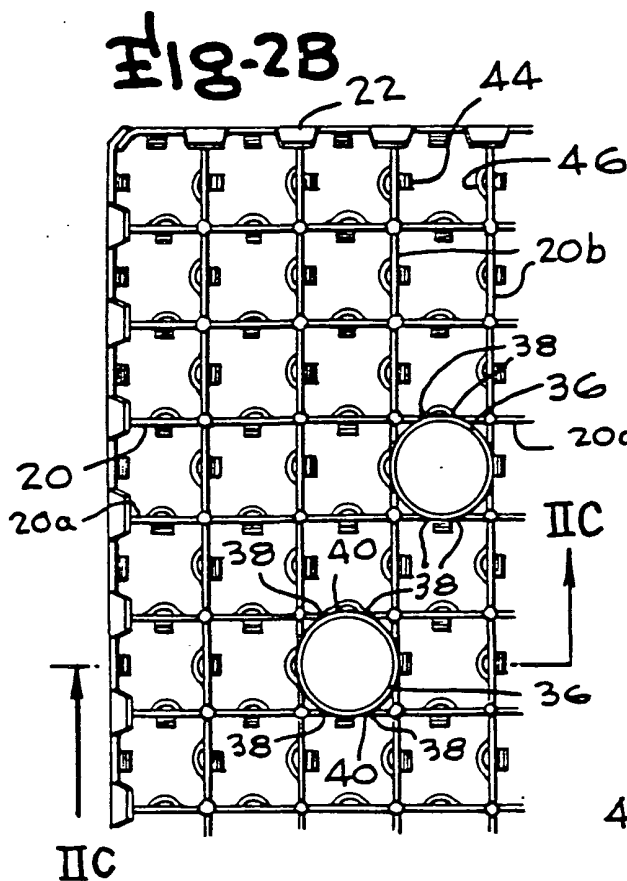
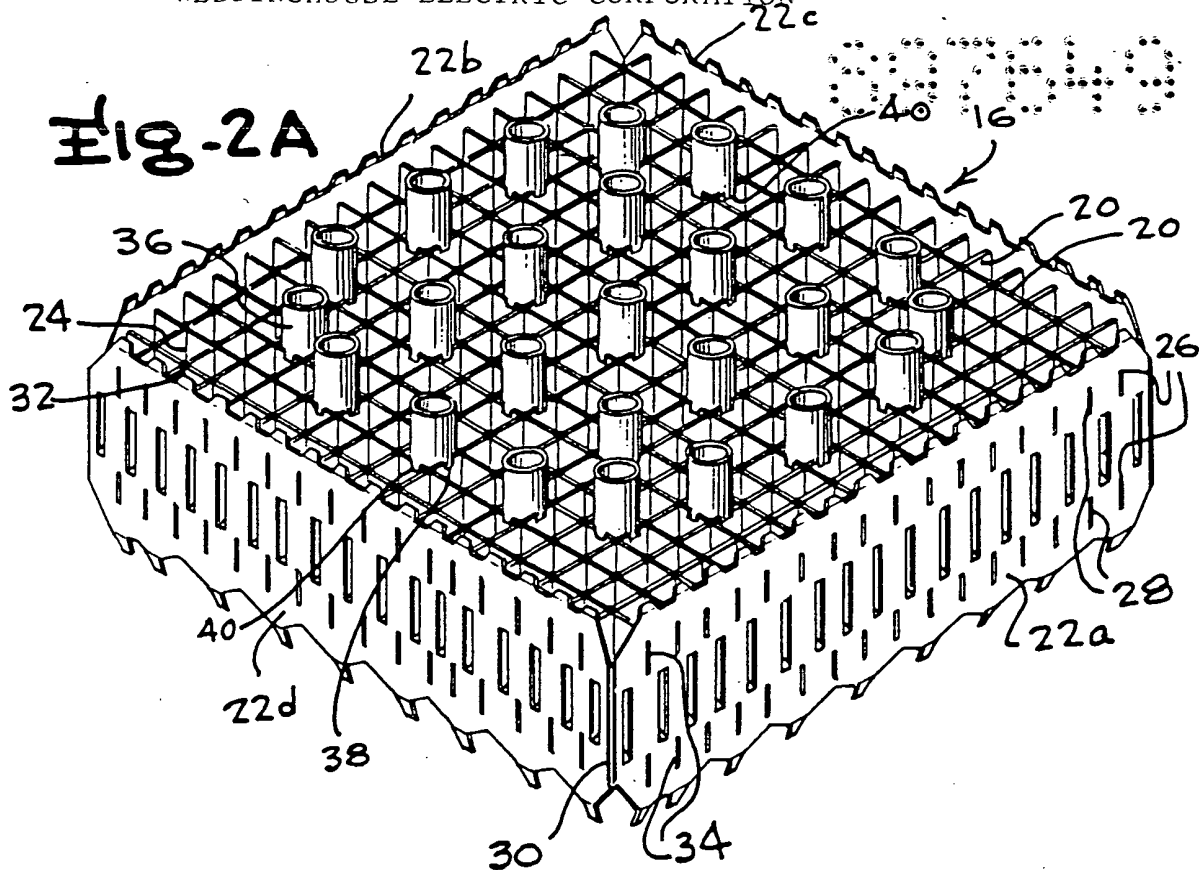


037500

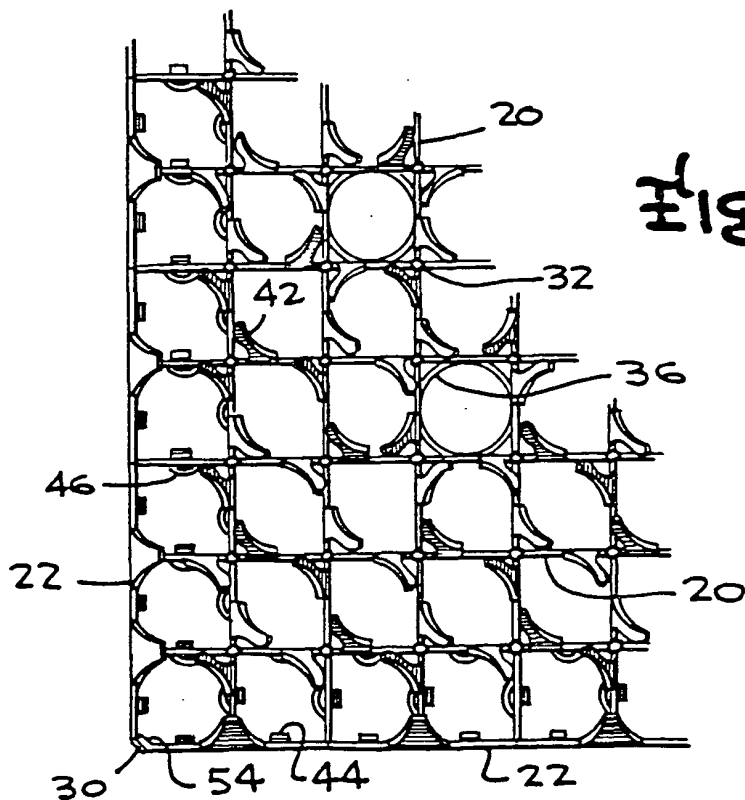
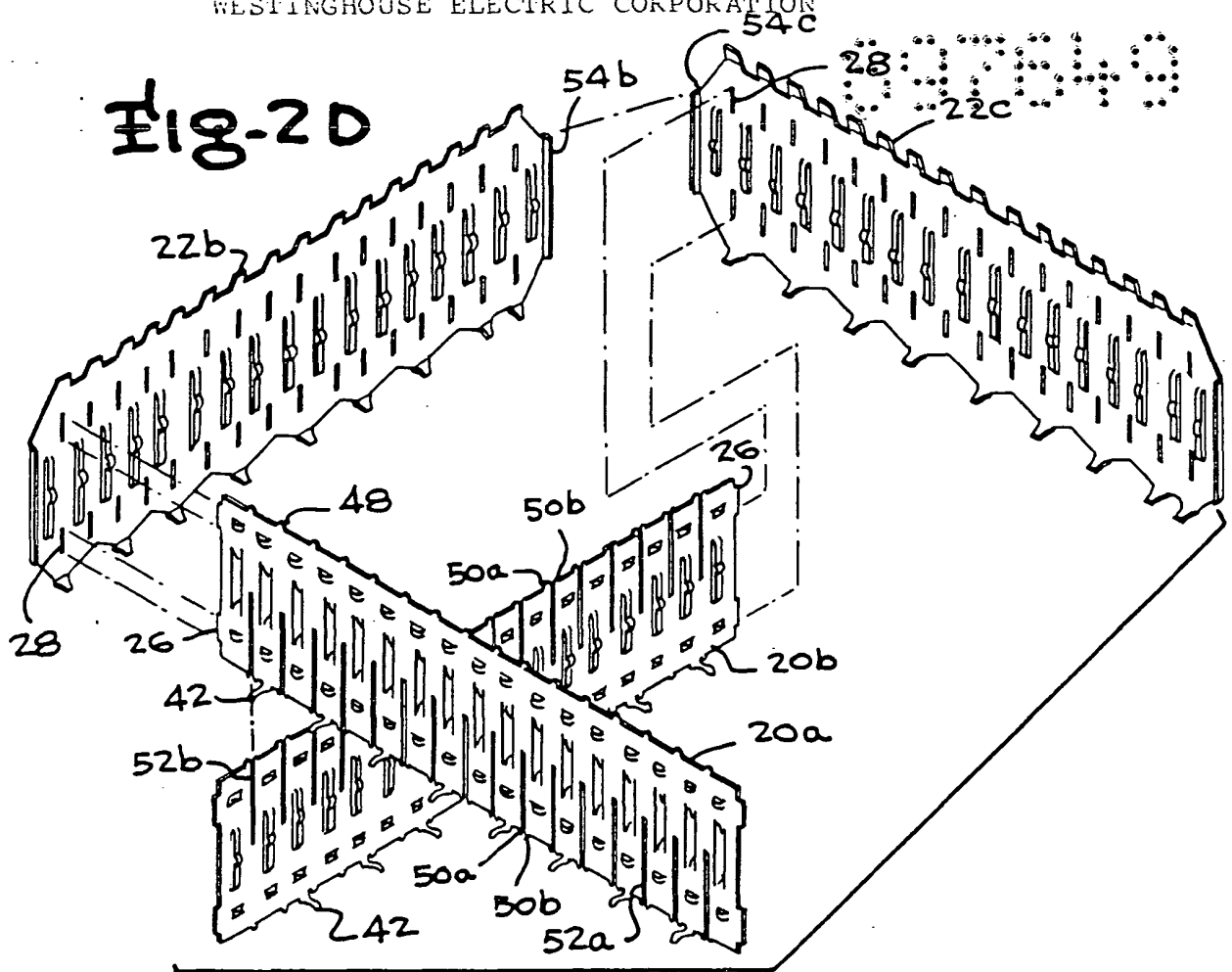
Fig-1



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



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



Bruxelles, le 31 août 1983

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

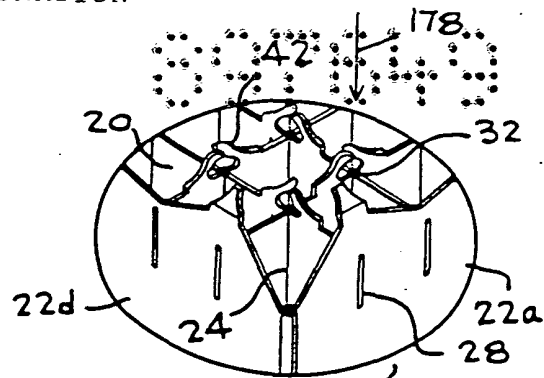
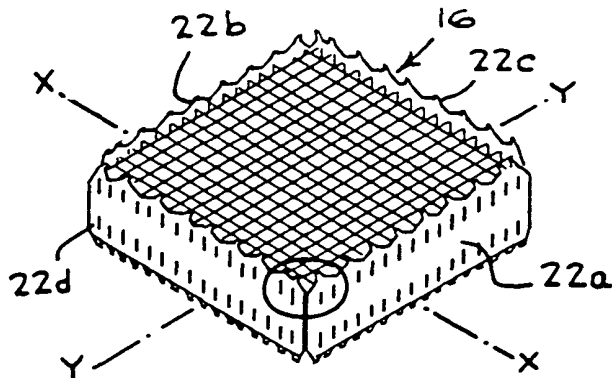


Fig. 3A

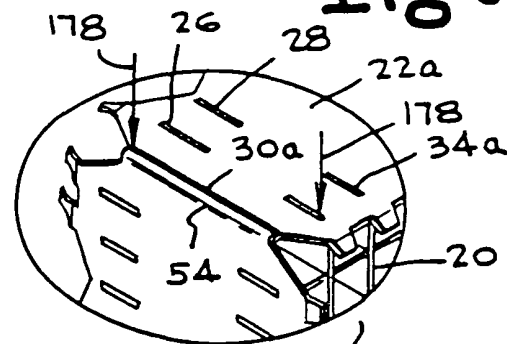
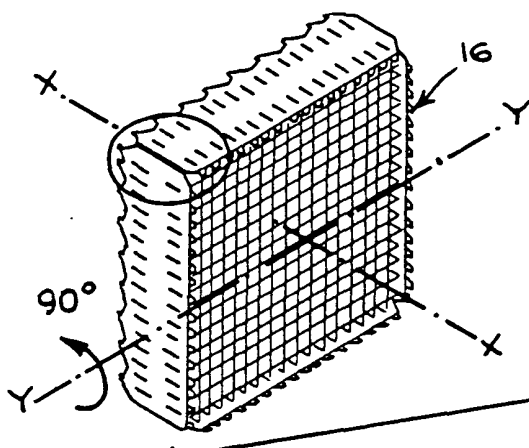


Fig. 3B

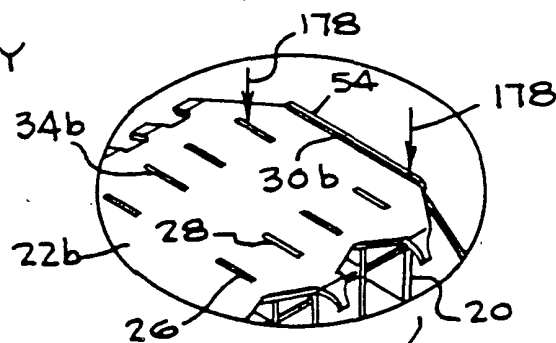
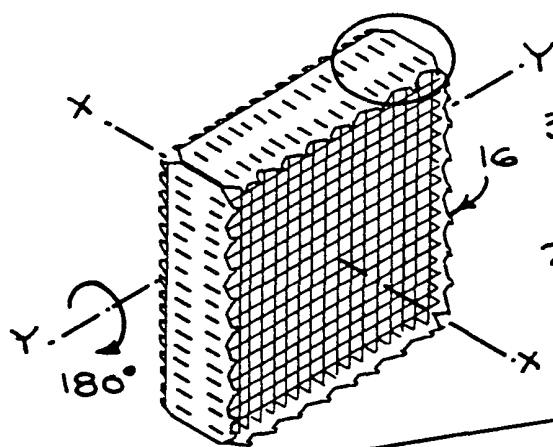


Fig. 3C

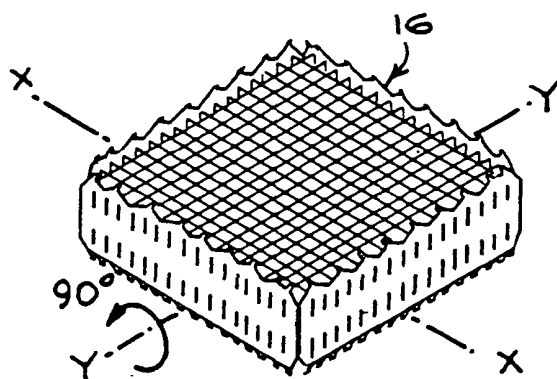


Fig. 3D

Bruxelles, le 31 août 1983

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

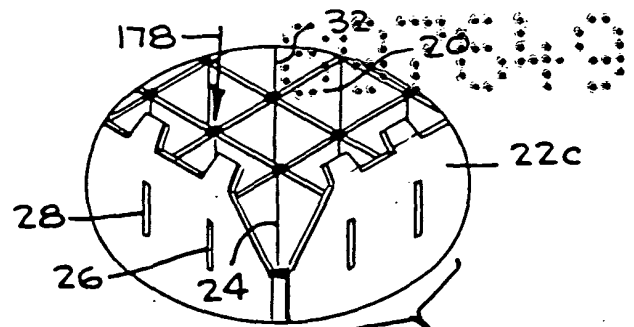
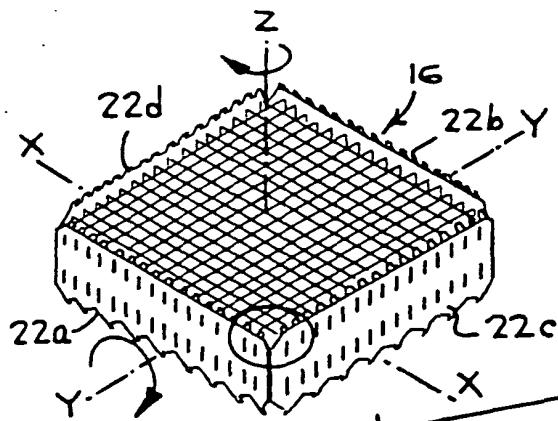


Fig-3E

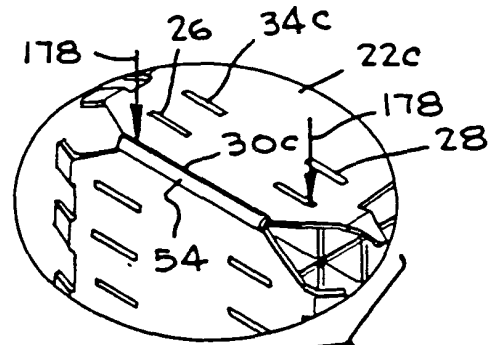
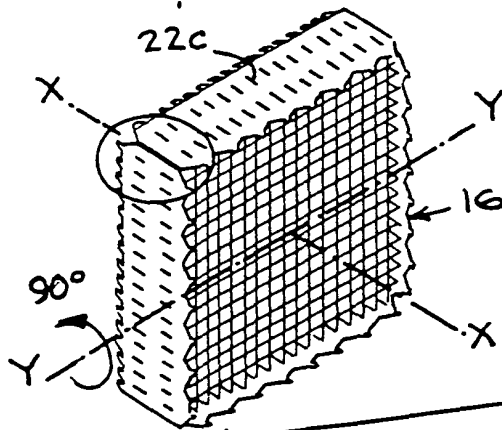


Fig-3F

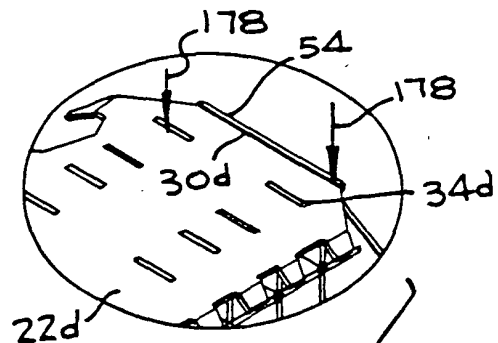
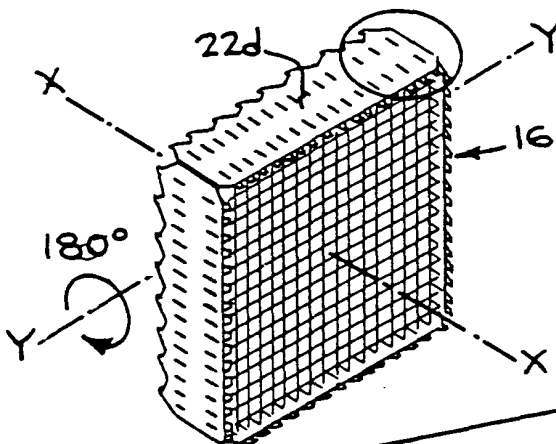


Fig-3G

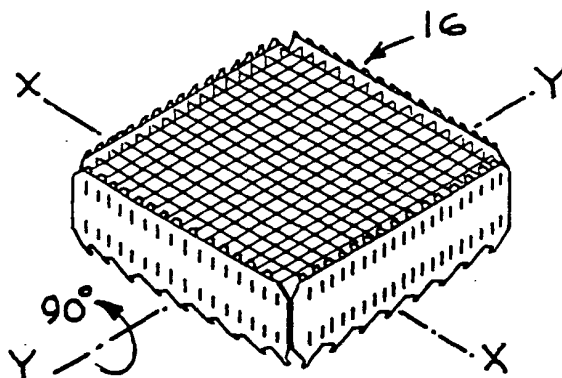


Fig-3H

Bruxelles, le 31 août 1983

P.Pon.de WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION

OFFICE KIRKPATRICK - G.C. PLUCKER

697849

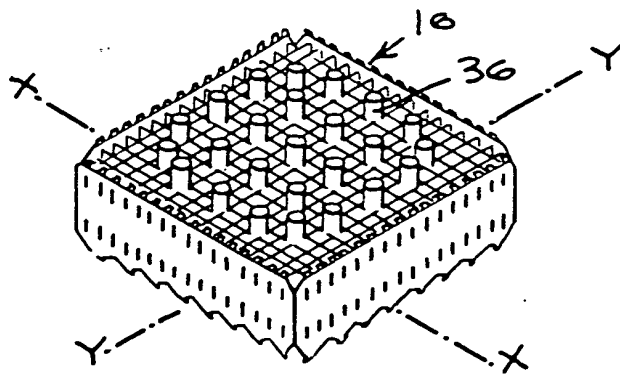


Fig-3I

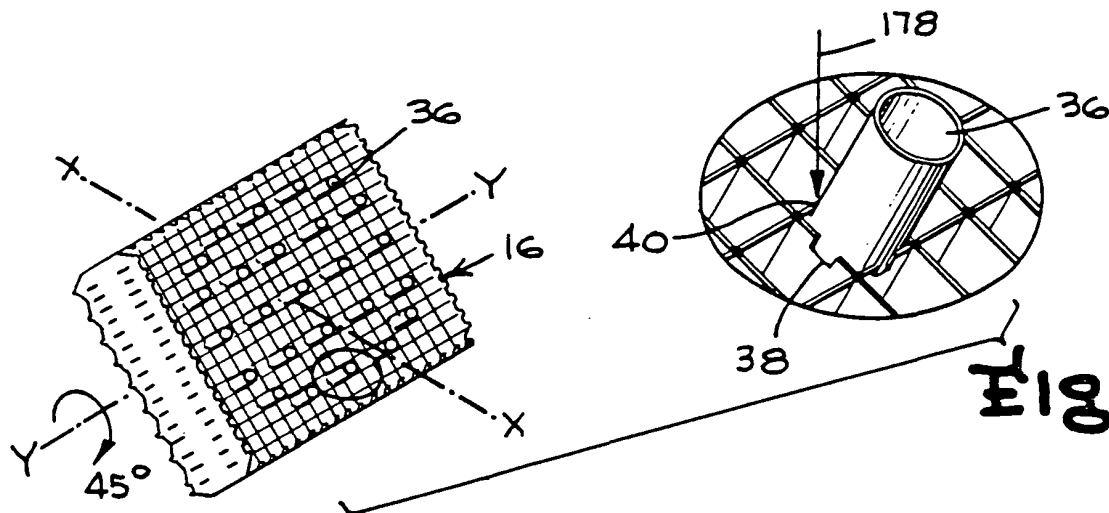


Fig-3J

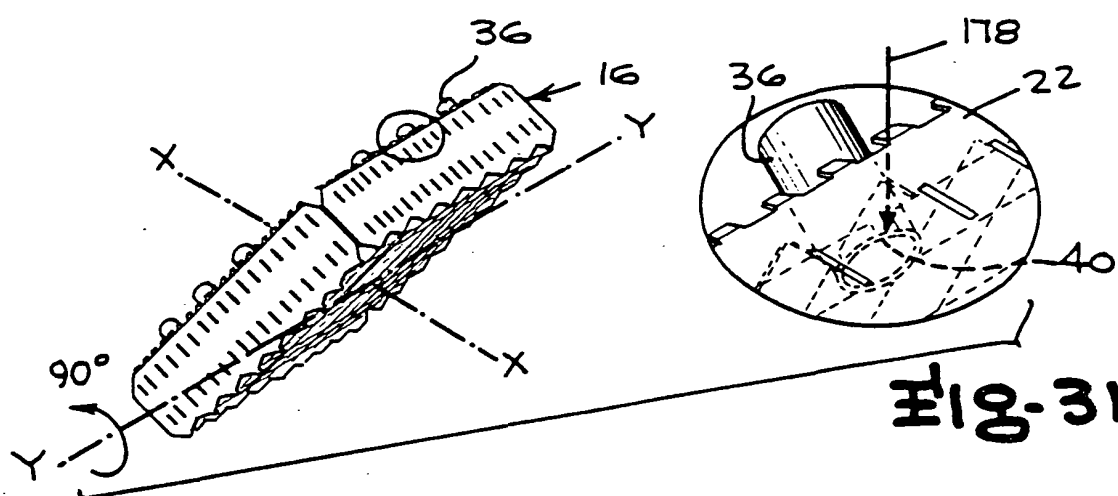


Fig-3K

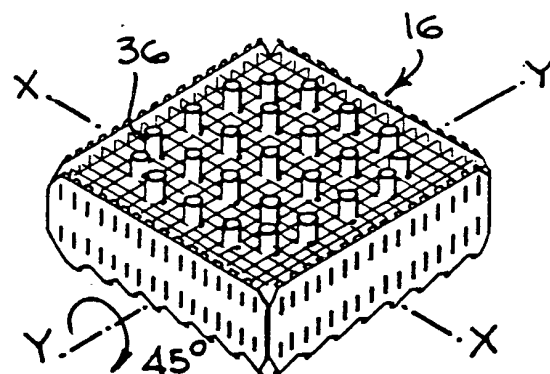
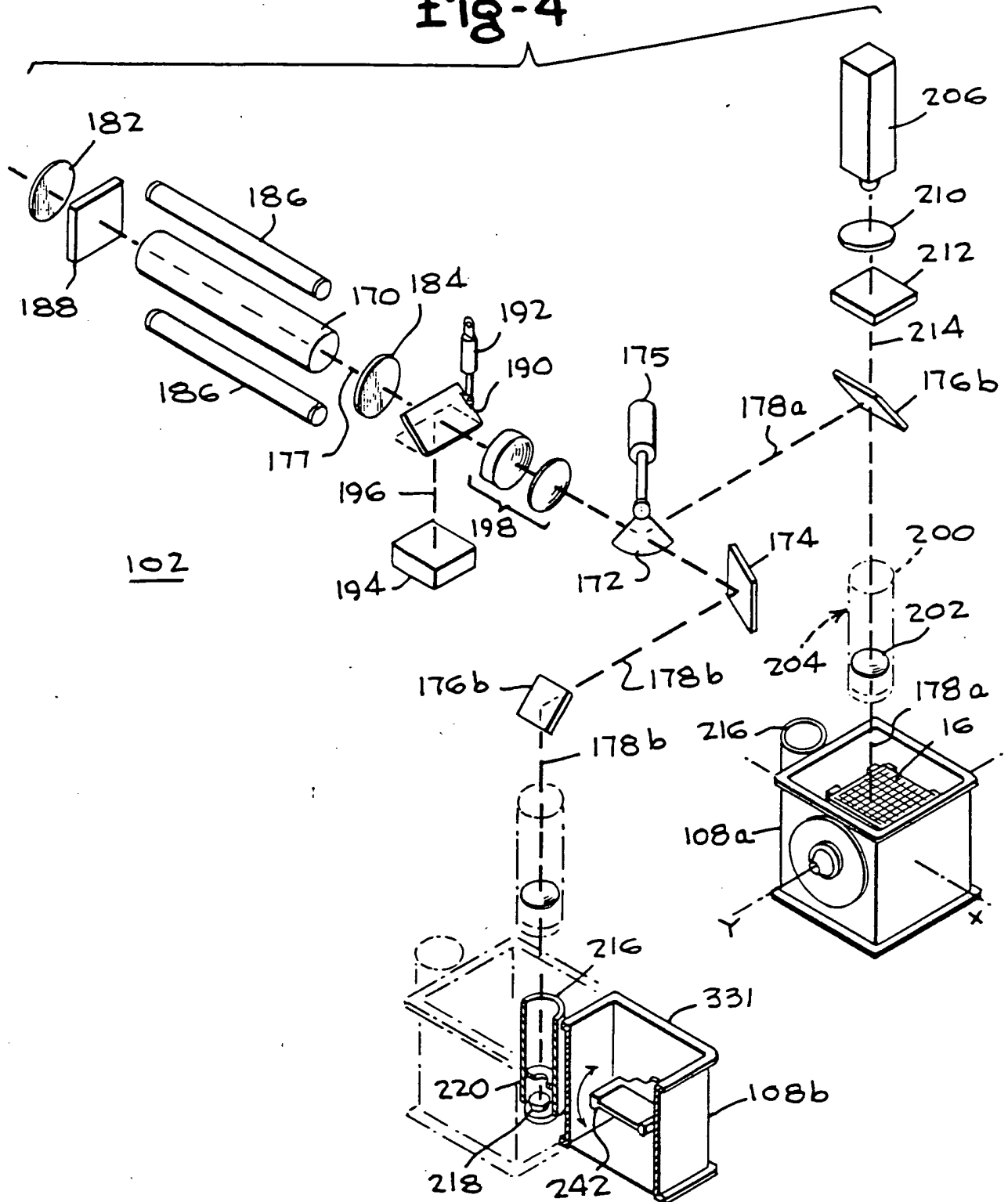


Fig-3L

Fig-4



Bruxelles, le 31 août 1983

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

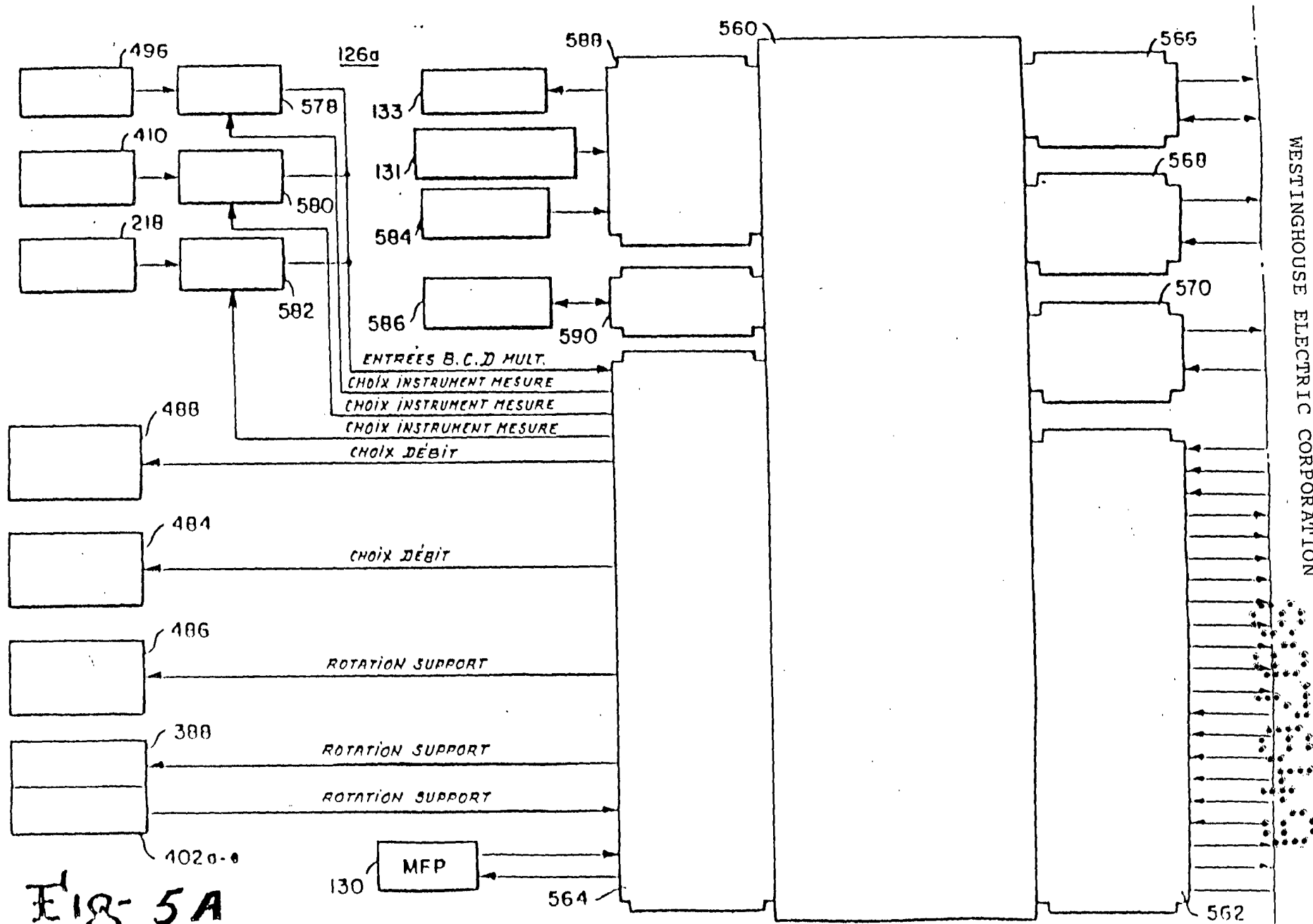
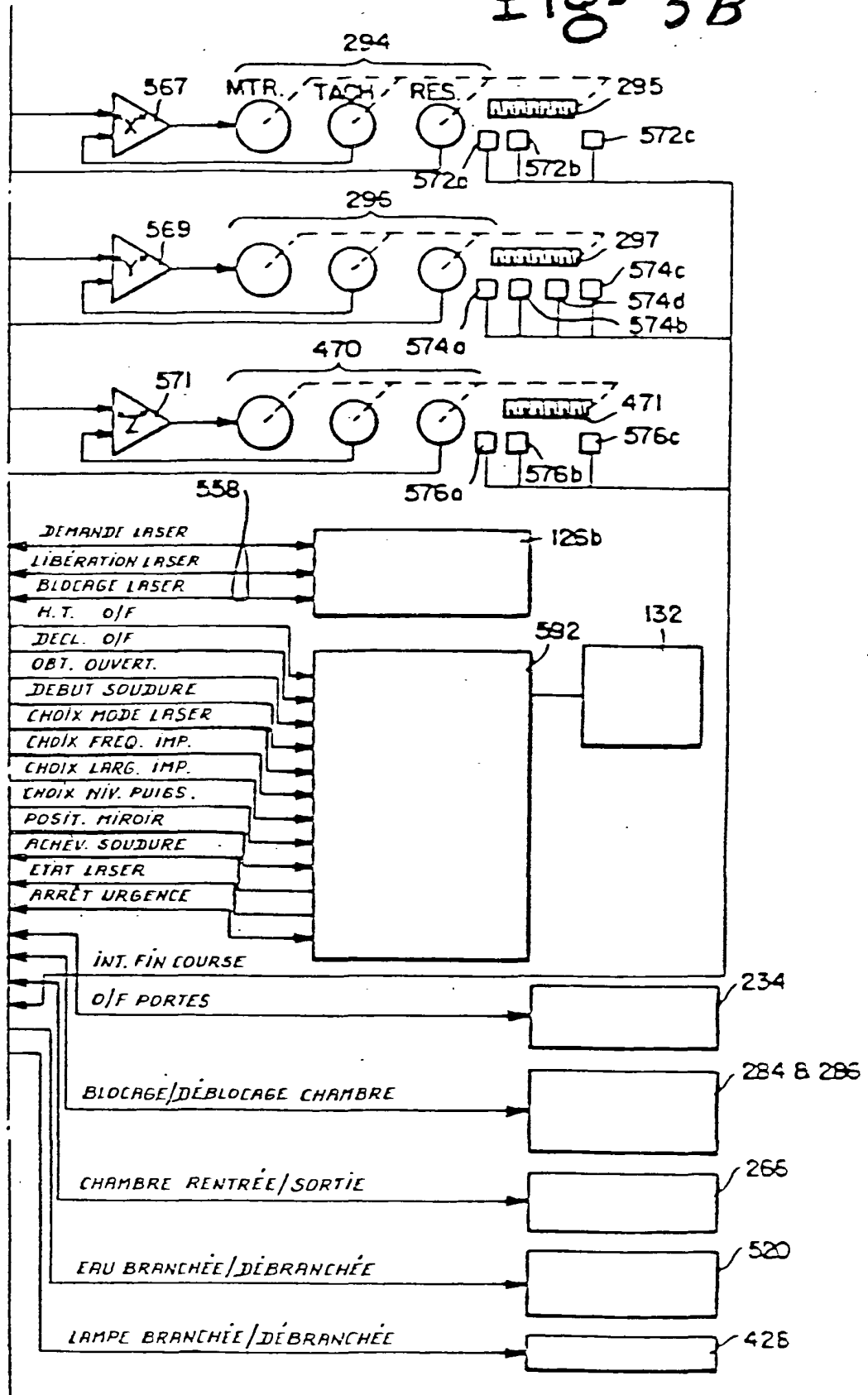


Fig- 5A

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

Fig- 5B

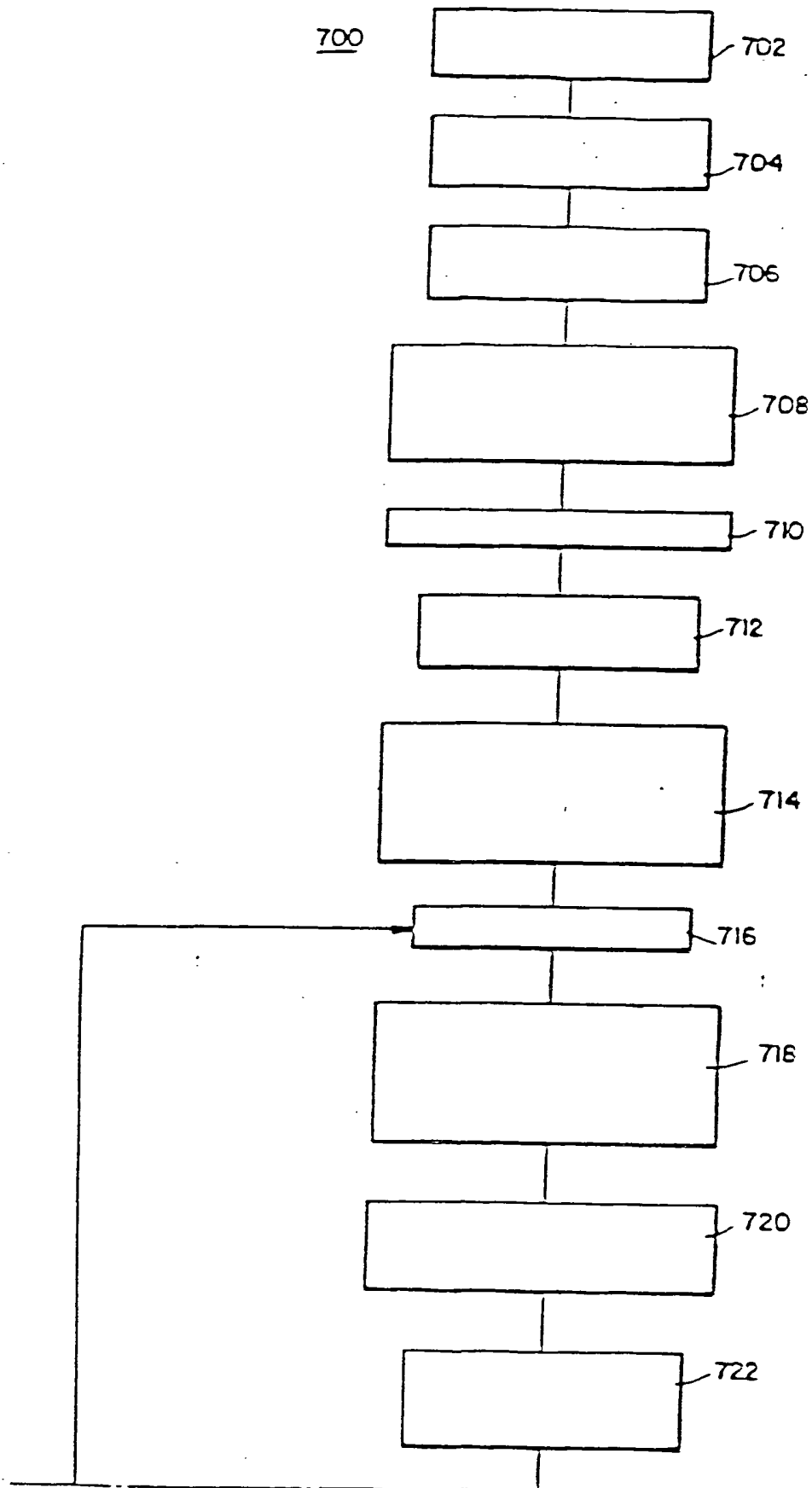


Bruxelles, le 31 août 1983

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

Fig. 6

PROGRAMME PARTIEL



Bruxelles, le 31 août 1983

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

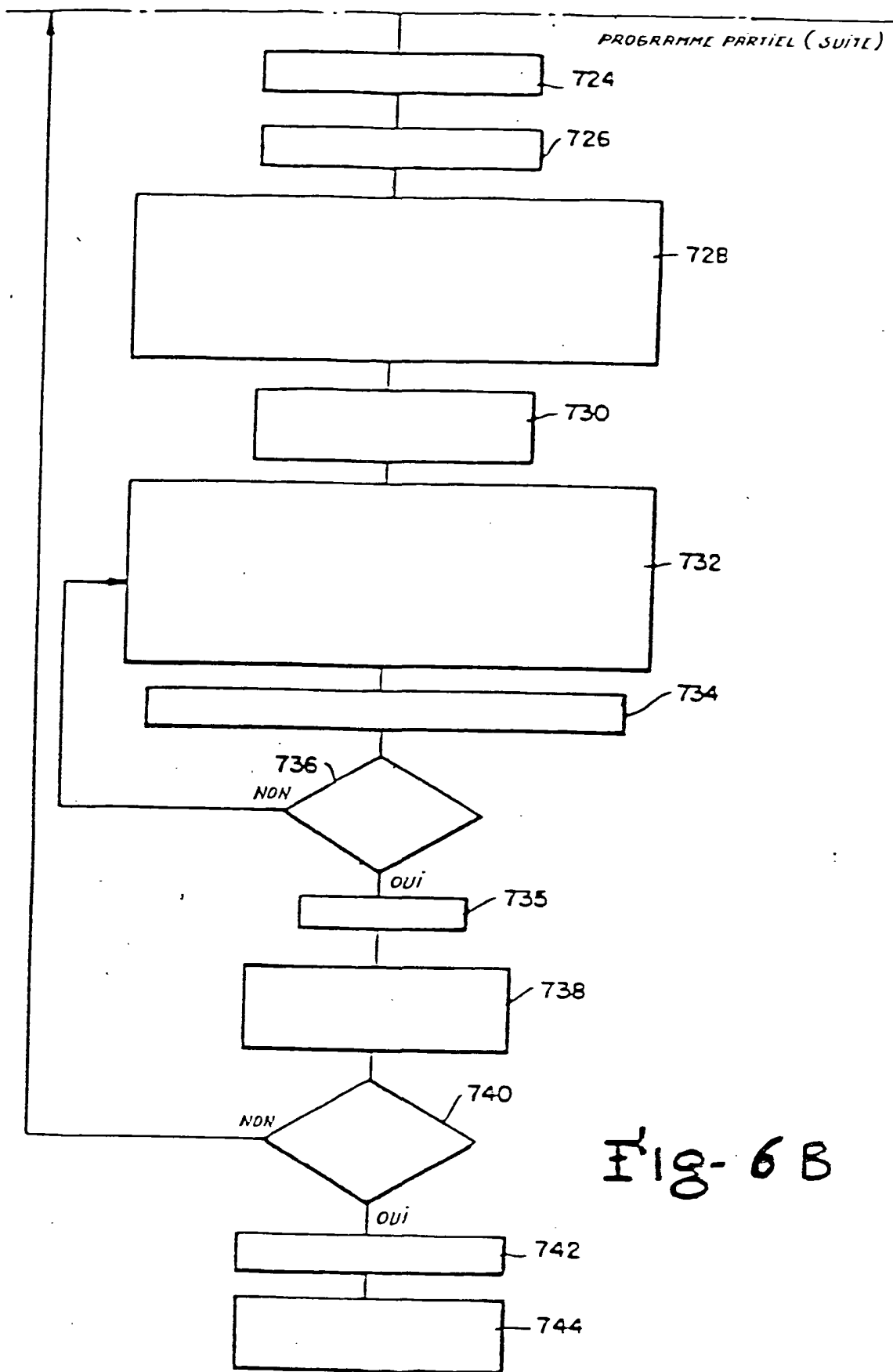


Fig-6B

Bruxelles, le 31 août 1983

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

Fig-7 A

PROGRAMME PARTIEL ETALONNAGE

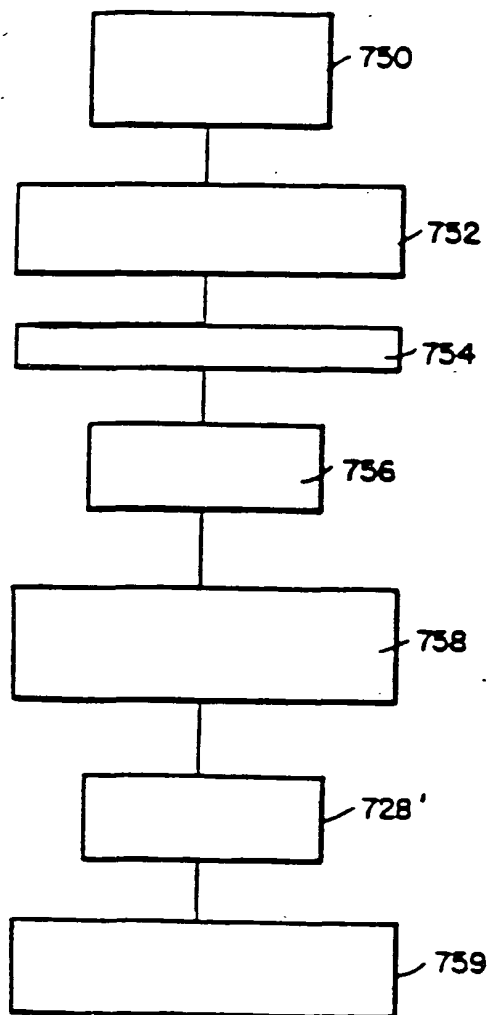
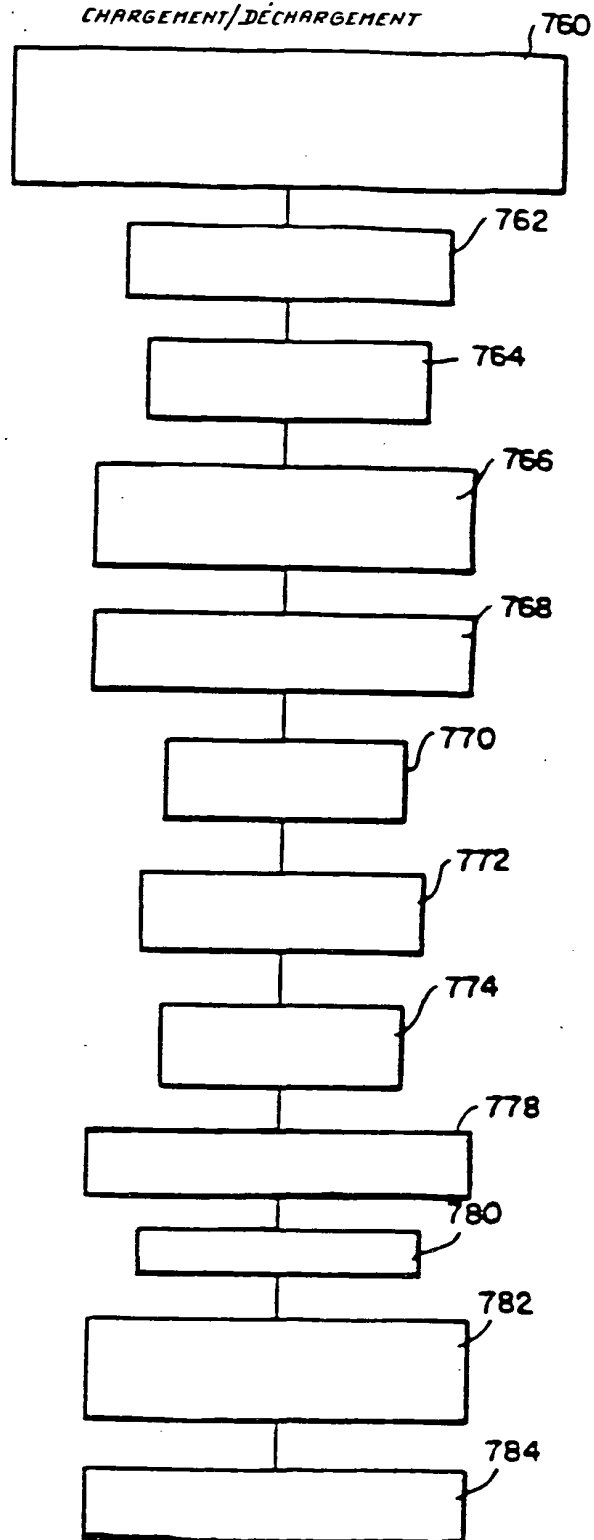


Fig-7 B

CHARGEMENT/DÉCHARGEMENT



Bruxelles, le 31 août 1983

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

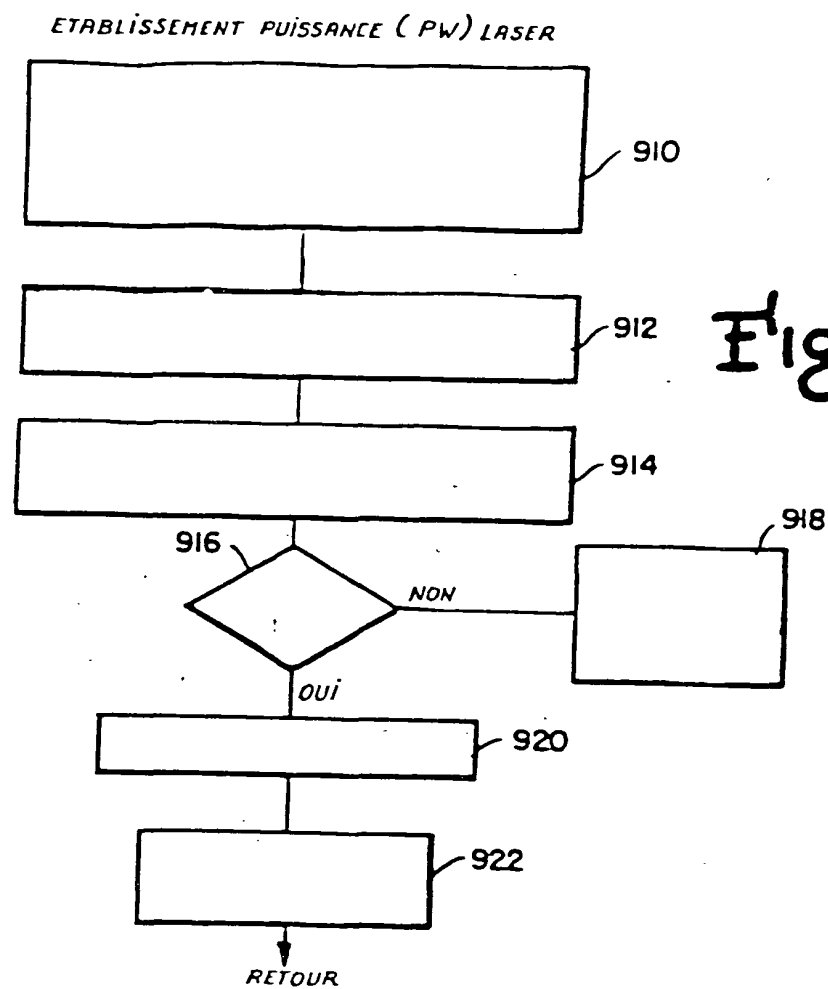
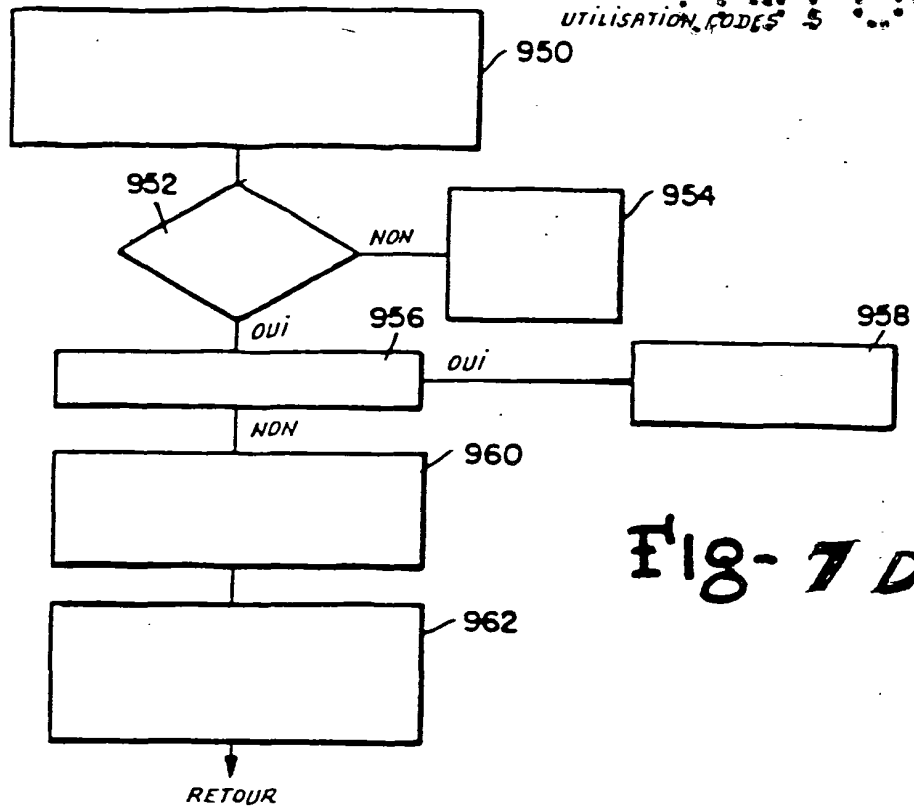


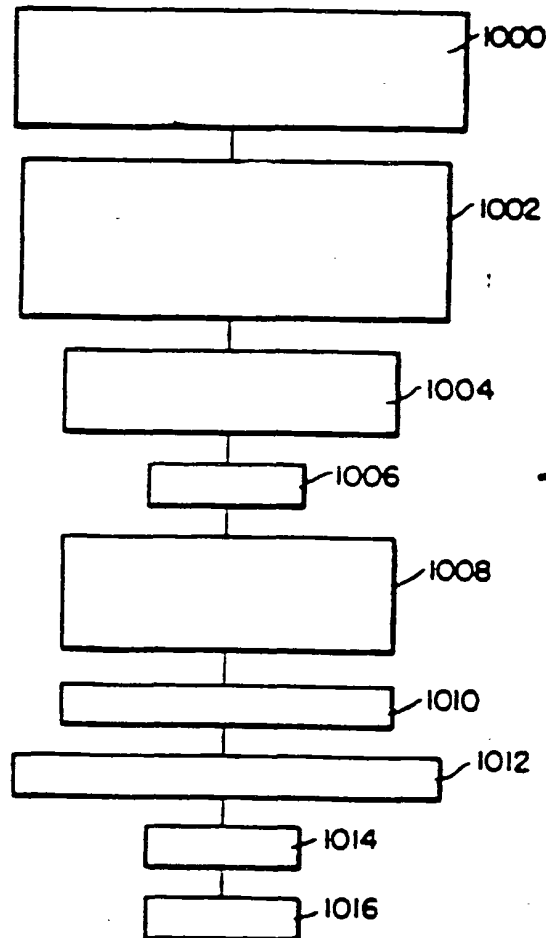
Fig. 7c

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

UTILISATION CODES 5

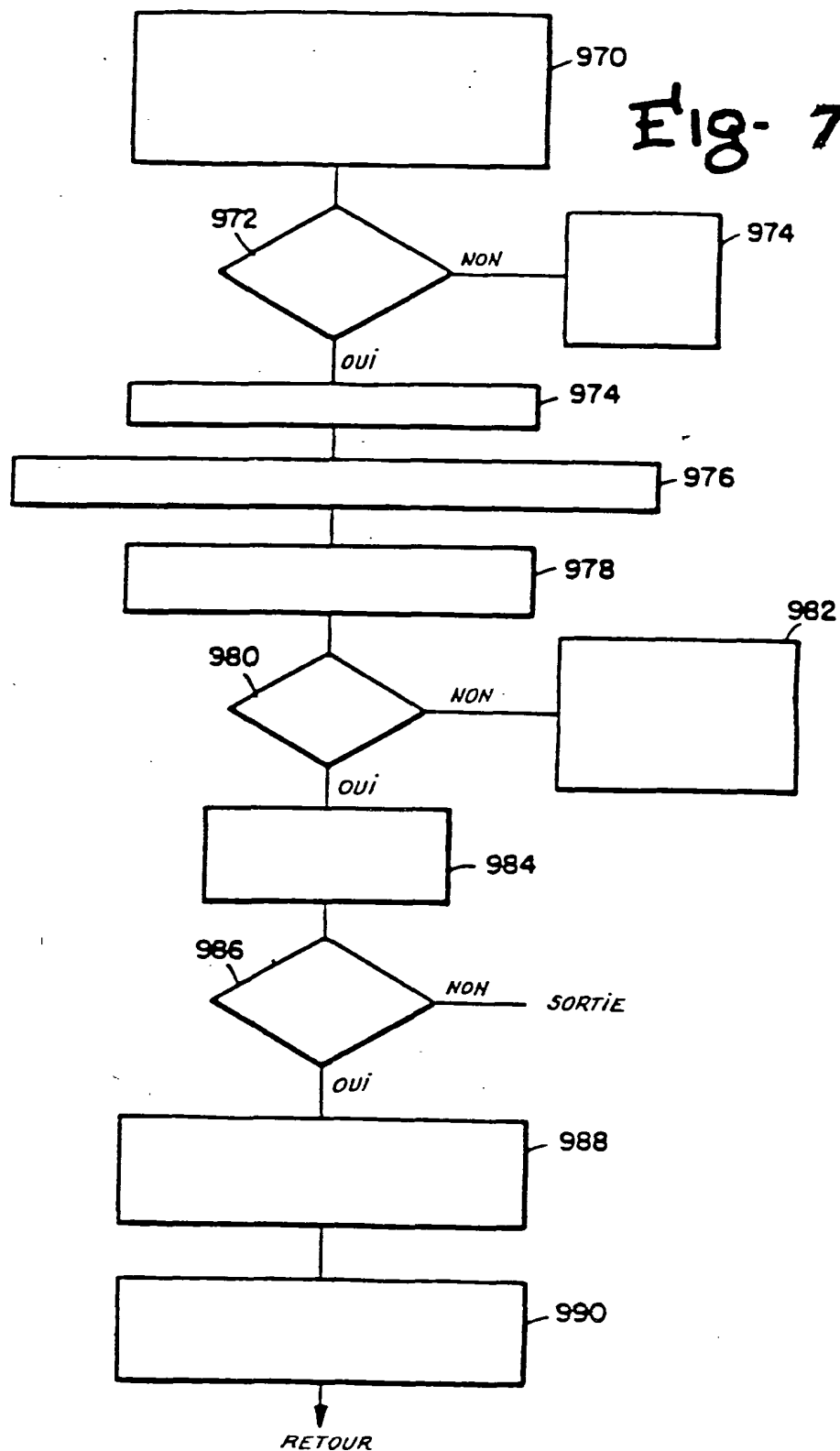


ETABLISSEMENT DÉCALAGE NIVEAU PUISSANCE LASER



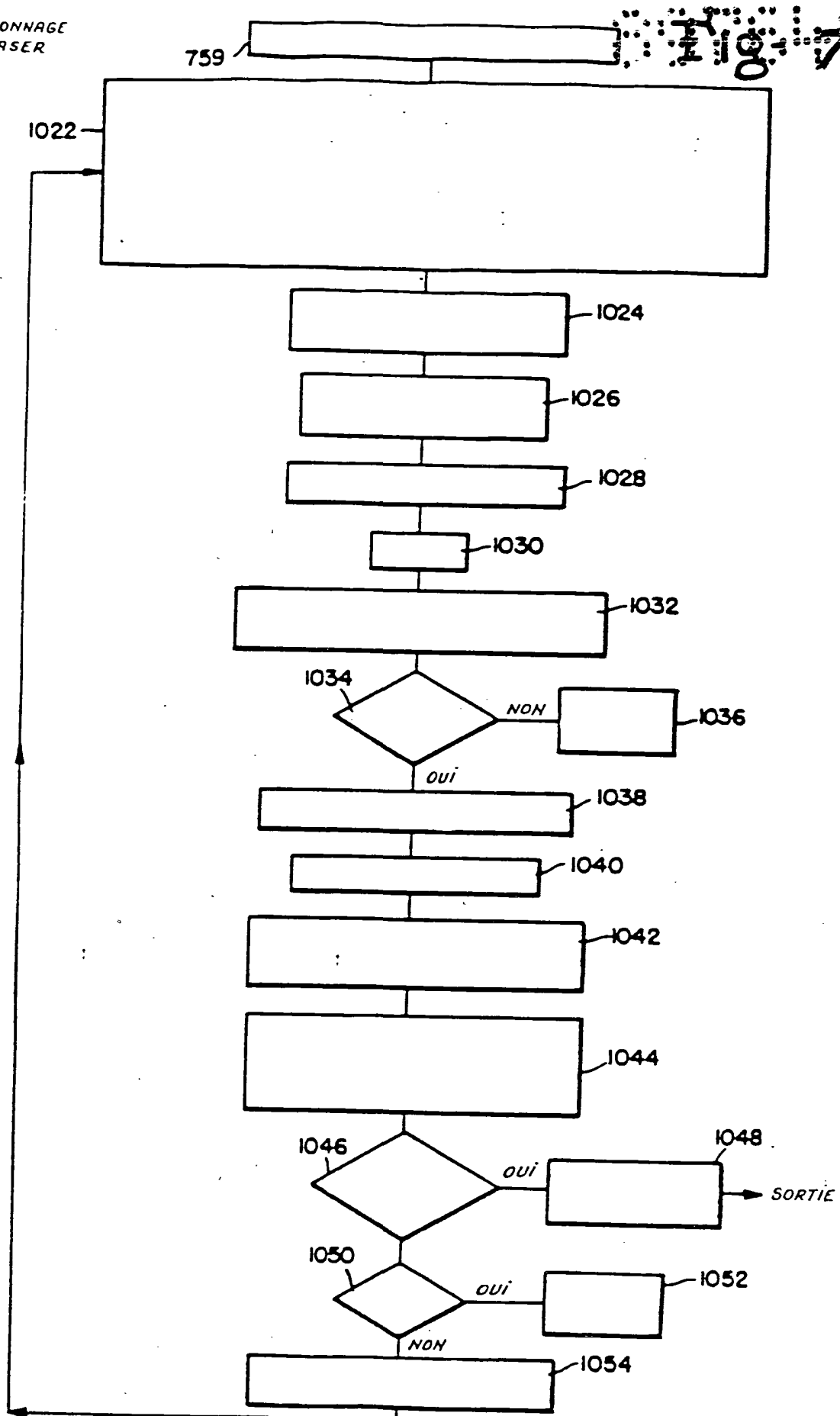
Bruxelles, le 31 août 1983
 P.Pon.de WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION
 OFFICE KIRKPATRICK - G.C. PLUCKER.

UTILISATION CODE T



Bruxelles, le 31 août 1983

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

ETALONNAGE
LASER

Bruxelles, le 31 août 1983

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

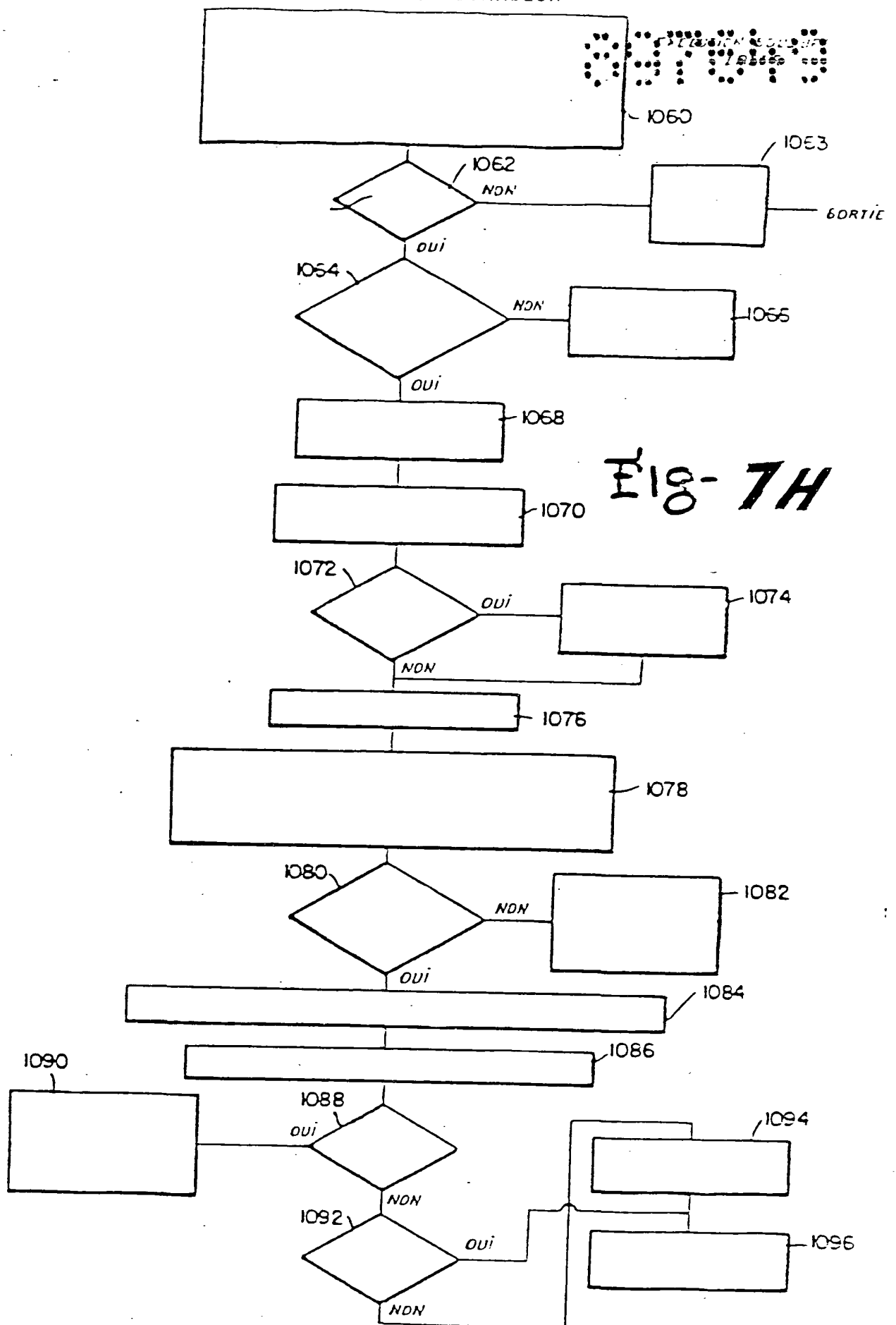
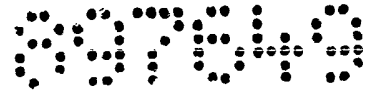


Fig-7H

Bruxelles, le 31 août 1983

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



VÉRIFICATION NIVEAU
PUissance DE SÉCURITÉ

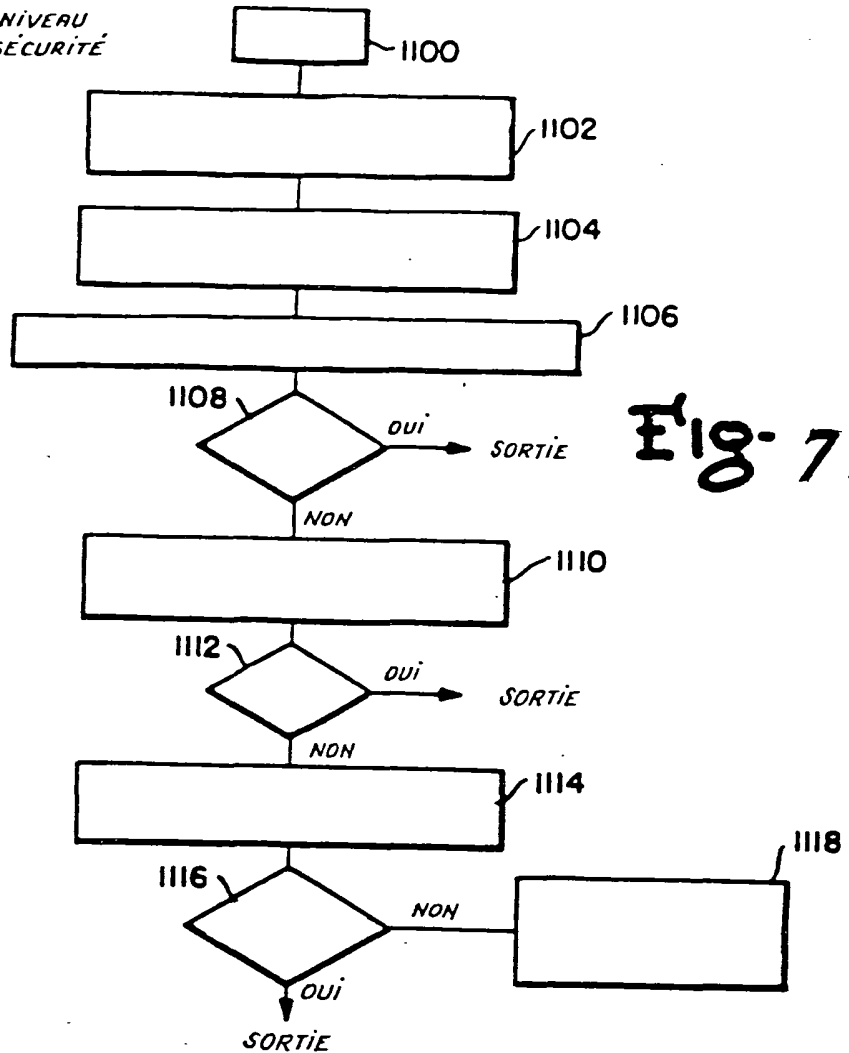
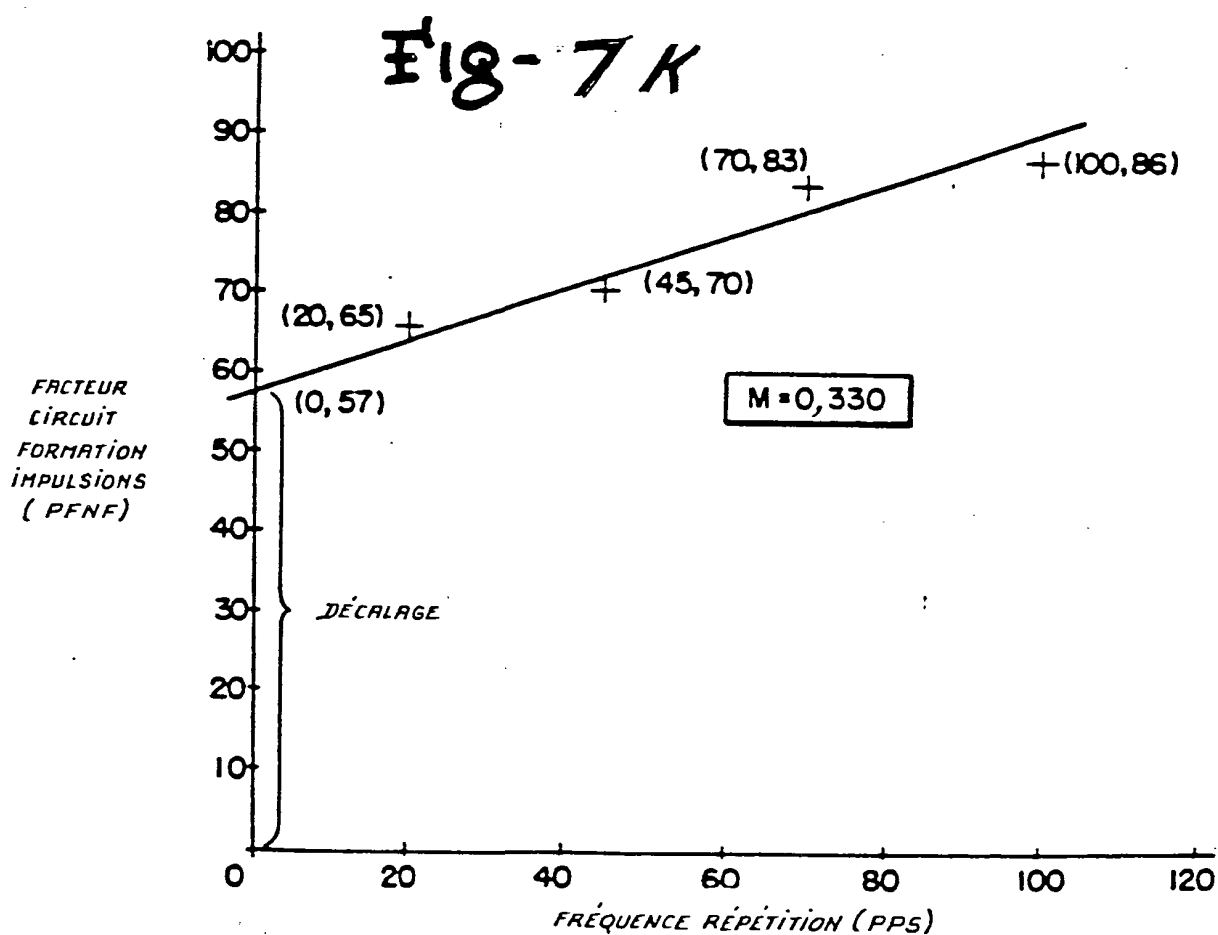


Fig. 7I

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



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