

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
10 janvier 2002 (10.01.2002)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 02/02268 A1

(51) Classification internationale des brevets⁷ : B23K 26/02

Bruno [FR/FR]; 46, rue Salvador Allende, F-92000 Nanterre (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/FR01/02157

(74) Mandataire : POULIN, Gérard; Brevallex, 3, rue du Docteur Lancereaux, F-75008 Paris (FR).

(22) Date de dépôt international : 5 juillet 2001 (05.07.2001)

(25) Langue de dépôt : français

(81) États désignés (national) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
00/08798 6 juillet 2000 (06.07.2000) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :
AEROSPATIALE MATRA CCR [FR/FR]; 37, boulevard de Montmorency, F-75116 Paris (FR).

(84) États désignés (régional) : brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), brevet eurasiatique (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

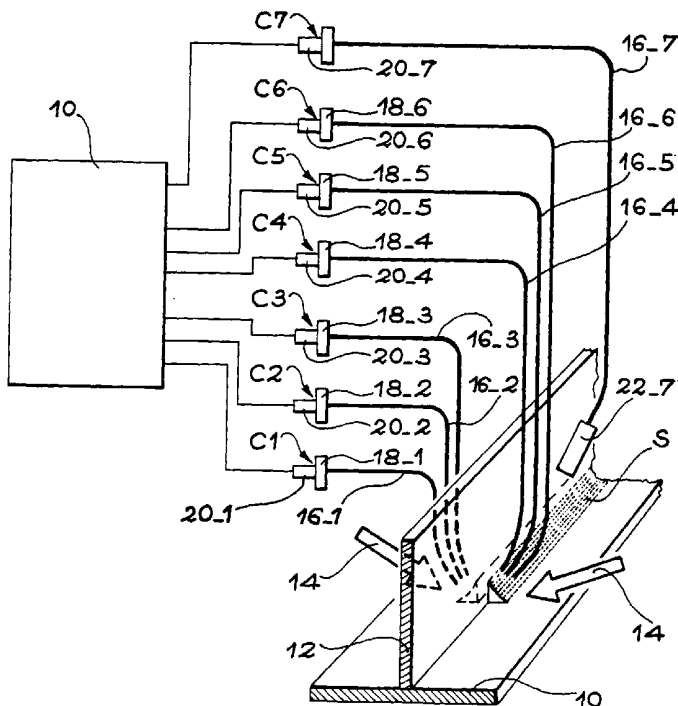
(72) Inventeur; et

(75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : ESMILLER,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD FOR DETECTING AND IDENTIFYING DEFECTS IN A LASER BEAM WELD SEAM

(54) Titre : PROCÉDE DE DETECTION ET D'IDENTIFICATION DE DEFAUTS DANS UN CORDON DE SOUDURE REALISE PAR FAISCEAU LASER



(57) Abstract: The invention concerns a method for identifying defects in a laser beam weld seam, which consists in: acquiring in real time at least two measuring signals delivered by optical sensors (C1 to C6) detecting light intensity variations in the plasma formed by the laser beam (14); then, in combining said signals by applying thereto a mathematical operator; then comparing the resulting combined signal to a predetermined threshold and depending on the result of said comparison, diagnosing the presence or absence of a defect corresponding to the operator used.

(57) Abrégé : Procédé de détection et d'identification de défauts dans un cordon de soudure réalisé par faisceau laser. Selon ce procédé, on acquiert en temps réel au moins deux signaux de mesure délivrés par des capteurs optiques (C1 à C6) détectant des variations d'intensité lumineuse du plasma formé par le faisceau laser (14). On combine ensuite ces signaux en leur appliquant un opérateur mathématique. Le signal combiné obtenu est alors comparé à un seuil prédéterminé. Selon le résultat de cette comparaison, on diagnostique la présence ou l'absence d'un défaut correspondant à l'opérateur utilisé.

WO 02/02268 A1



Publiée :

- avec rapport de recherche internationale
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

PROCEDE DE DETECTION ET D'IDENTIFICATION DE DEFAUTS
DANS UN CORDON DE SOUDURE REALISE PAR FAISCEAU LASER

DESCRIPTION

5

Domaine technique

L'invention concerne un procédé conçu pour détecter, localiser et identifier, de manière non destructive et en temps réel, des défauts éventuellement présents dans des cordons de soudure réalisés par un ou plusieurs faisceaux laser.

De façon plus précise, l'invention concerne un procédé de détection et d'identification de défauts qui fait appel à des capteurs optiques sensibles aux variations d'intensité lumineuse du plasma qui se forme dans la zone de soudage, sous l'action du ou des faisceaux laser.

L'invention s'applique au soudage de pièces métalliques quelconques telles que des pièces en alliage d'aluminium, en alliage de titane, en acier inoxydable, etc.. Elle peut notamment être utilisée pour contrôler le soudage bord à bord de deux tôles, le soudage d'un raidisseur sur une tôle (soudure en T), etc..

Par ailleurs, l'invention est adaptable à différentes configurations de soudage. Ainsi, elle concerne tous les types de soudage mettant en œuvre un ou plusieurs laser, de type YAG, CO₂, etc., avec ou sans métal d'apport.

Les défauts susceptibles d'être détectés et identifiés par le procédé selon l'invention sont des

défauts internes ou externes considérés comme nocifs pour le cordon de soudure. Parmi ces défauts, on citera à titre d'exemples non limitatifs le manque d'interpénétration des cordons de soudure dans le cas d'une soudure en T, les problèmes de fil d'apport, la présence de trous ou de soufflures, l'existence de défauts géométriques, etc..

Etat de la technique

10 Dans l'industrie aéronautique, l'assemblage des différentes pièces telles que les tôles formant l'enveloppe extérieure (fuselage, voilure, etc.) d'un aéronef, entre elles ainsi qu'avec les raidisseurs internes, est habituellement réalisé au moyen de rivets. Le remplacement des assemblages rivetés traditionnels par des assemblages soudés constituerait un progrès notable, en particulier en termes de masse, d'aérodynamisme et de temps de fabrication.

20 Pour ne pas déformer les tôles de revêtement dans le cas d'un assemblage tôle-raisseur, le remplacement des assemblages rivetés par des assemblages soudés impose l'utilisation du soudage par laser. En effet, cette technique autorise des vitesses de travail élevées sans entraîner de déformations importantes.

25 Dans l'hypothèse où la technique du soudage par laser serait utilisée à la place de la technique traditionnelle d'assemblage par rivets, on doit pouvoir disposer de moyens efficaces et fiables pour contrôler les cordons de soudure et identifier les défauts éventuellement détectés, afin de pouvoir y remédier

rapidement. Ces moyens de contrôle doivent être non destructifs et permettre, autant que possible, une acquisition en temps réel des données permettant le contrôle, c'est-à-dire directement lors du passage de
5 la tête de soudage.

Il existe des systèmes de contrôle ou de suivi du soudage réalisé par un ou plusieurs lasers, qui utilisent des capteurs optiques mesurant les variations de luminosité du plasma ou les variations de
10 température du cordon de soudure. Le système de suivi commercialisé sous la dénomination JURCA «LWM900» comporte les deux types de capteurs. Le système de suivi commercialisé sous la dénomination PROMOTEC «Welding Monitor FP1000» comporte seulement des
15 capteurs sensibles aux variations de luminosité du plasma.

Ces systèmes de suivi de soudage existants sont en majorité appliqués à l'industrie automobile et destinés au contrôle de cordons de soudure réalisés
20 entre des pièces en acier. Les moyens de traitement des signaux délivrés par les capteurs sont conçus essentiellement en fonction de la réponse des capteurs à ce matériau. Ils sont donc totalement inadaptés à des matériaux de nature différente, et notamment aux
25 alliages de titane ou d'aluminium utilisés dans d'autres industries telles que l'industrie aéronautique. De plus, les moyens de traitement des signaux utilisés dans ces systèmes de suivi de soudage connus ne présentent pas la précision et la fiabilité
30 requises dans le cadre de cette dernière industrie.

Par ailleurs, les systèmes de suivi de soudage utilisés dans l'industrie automobile utilisent des capteurs encombrants, placés à proximité immédiate de la tête de soudage. Un tel agencement limite le nombre des capteurs et, par conséquent, le nombre de signaux de mesure disponibles pour assurer la détection des défauts.

Parmi les systèmes de suivi de soudage existants, on citera également les systèmes décrits dans les documents US-A-5 329 091, US-A-5 651 903 et US-A-5 272 312.

Dans le document US-A-5 329 091, le rayonnement ultraviolet du plasma produit par le faisceau laser est détecté par un capteur placé à proximité du point de soudage et muni d'un filtre approprié. Le signal analogique délivré par le capteur est comparé à un seuil et on lui donne la valeur 1 ou 0 selon qu'il est supérieur ou inférieur à ce seuil. On trie ensuite les périodes où le signal est égal à 0, selon leurs durées. Ce système permet de détecter certains défauts. Toutefois, il ne permet pas de les identifier de façon certaine et en totalité.

Dans le document US-A-5 651 903, un premier capteur optique observe les variations d'émissions ultraviolettes du plasma et un deuxième capteur optique mesure les variations de température du cordon de soudure en aval de la zone de soudage. On détermine ensuite les zones dans lesquelles les variations des signaux émis par ces deux capteurs sont maximales et, lorsque ces zones sont sensiblement les mêmes, on compare les signaux à des valeurs caractéristiques de

certains défauts, pour émettre un signal d'erreur lorsqu'un défaut est détecté. Comme dans le cas précédent, ce système ne permet pas de détecter et surtout de distinguer de façon fiable tous les défauts éventuellement présents sur le cordon de soudure.

Dans le document US-A-5 272 312, on utilise deux capteurs optiques orientés vers le plasma formé par le faisceau laser et observant respectivement les rayonnements ultraviolet et infrarouge. D'éventuels défauts sont détectés en traitant individuellement le signal délivré par chacun des capteurs. La discrimination entre les différents types de défauts n'est pas assurée de façon fiable.

15 **Exposé de l'invention**

L'invention a pour objet un procédé permettant de détecter et d'identifier, en temps réel et de façon fiable et reproductible, des défauts éventuellement présents dans des cordons de soudure réalisés par laser.

Conformément à l'invention, ce résultat est obtenu au moyen d'un procédé de détection et d'identification de défauts lors de la réalisation d'un cordon de soudure par au moins un faisceau laser formant un plasma dans une zone de soudage, selon lequel on acquiert en temps réel au moins deux signaux de mesure délivrés par des capteurs optiques distincts, détectant des variations d'intensité lumineuse du plasma, caractérisé en ce qu'on combine les signaux de mesure en leur appliquant au moins un opérateur mathématique adapté à la détection d'un

défaut correspondant, afin d'obtenir au moins un signal combiné, on compare chaque signal combiné à un seuil prédéterminé, et on diagnostique la présence ou l'absence du défaut correspondant à chaque opérateur
5 mathématique, selon le résultat de la comparaison.

Le demandeur a établi que la combinaison de signaux assurée par l'application de certains opérateurs mathématiques particulièrement simples permet de distinguer à volonté les différents défauts
10 les uns des autres.

Dans un mode de réalisation préféré de l'invention, l'opérateur mathématique est choisi dans le groupe comprenant l'addition, la soustraction, la multiplication, la division et une combinaison de ces
15 opérations.

Une première application de l'invention concerne la soudure d'un raidisseur sur une tôle par deux faisceaux laser placés de part et d'autre du raidisseur.

20 Dans cette application, on utilise deux groupes d'au moins un capteur optique ou deux groupes d'au moins deux capteurs optiques détectant des variations d'intensité lumineuse du plasma dans des bandes optiques différentes, disposés de part et
25 d'autre du raidisseur, les capteurs optiques des deux groupes étant identiques.

Lorsqu'on utilise deux groupes d'au moins un capteur, on additionne de préférence les signaux de mesure délivrés par un capteur de chaque groupe et on
30 détecte la présence d'un manque d'interpénétration des cordons de soudure dû à un manque de puissance des

faisceaux laser lorsque le résultat est inférieur à un premier seuil prédéterminé.

Lorsqu'on utilise deux groupes d'au moins deux capteurs, on additionne avantageusement d'une part
5 les signaux de mesure délivrés par une première paire de capteurs identiques et d'autre part les signaux de mesure délivrés par une deuxième paire de capteurs identiques, on multiplie l'une par l'autre les deux sommes obtenues et on détecte un manque
10 d'interpénétration des cordons de soudure, dû à un défaut autre qu'un manque de puissance des faisceaux laser, lorsque le résultat est supérieur à un deuxième seuil prédéterminé.

Généralement, le raidisseur et la tôle sont
15 positionnés au préalable l'un par rapport à l'autre par des points de soudure. On utilise alors de préférence deux groupes d'au moins un capteur, on divise l'un par l'autre les signaux de mesure délivrés par deux capteurs identiques et on détecte la présence de points
20 de soudure de positionnement préalable déficients lorsque le résultat est supérieur à un troisième seuil prédéterminé.

Lorsqu'on utilise deux groupes d'au moins deux capteurs, on additionne avantageusement d'une part
25 les signaux de mesure délivrés par une première paire de capteurs identiques et d'autre part les signaux de mesure délivrés par une deuxième paire de capteurs identiques, on divise l'une par l'autre les deux sommes obtenues, et on détecte une largeur insuffisante du
30 cordon de soudure lorsque le résultat de la division est inférieur à un quatrième seuil prédéterminé.

Une autre application de l'invention concerne la soudure bord à bord de deux tôles par un seul faisceau laser.

Dans ce cas, on utilise avantageusement au moins deux capteurs optiques détectant des variations d'intensité lumineuse du plasma dans des bandes optiques différentes, on divise l'un par l'autre les signaux de mesure délivrés par deux des capteurs et on détecte un manque d'épaisseur du cordon de soudure lorsque le résultat obtenu est inférieur à un premier seuil et une absence de soudage lorsque le résultat est supérieur à un deuxième seuil, supérieur au premier.

Dans le mode de réalisation préféré de l'invention, on acquiert les signaux de mesure au moyen d'au moins un groupe de trois capteurs, les capteurs de chaque groupe détectant les variations d'émission lumineuse du plasma respectivement dans une bande de fréquences principalement ultraviolette, dans une bande de fréquences principalement visible et dans une bande de fréquences principalement infrarouge.

Selon un autre aspect de l'invention, on utilise des capteurs optiques, dits capteurs «plasma», comprenant chacun une fibre optique dont une première extrémité est placée à proximité de la zone de soudage, un filtre optique placé dans le prolongement de la deuxième extrémité de la fibre optique et une photodiode placée en face de la deuxième extrémité de la fibre optique, de l'autre côté du filtre.

Dans ce cas, la première extrémité de la fibre optique est placée de préférence à environ 10 cm de la zone de soudage.

Avantageusement, on acquiert un signal de mesure supplémentaire au moyen d'un autre capteur optique, appelé "capteur thermique" détectant des variations d'énergie thermique du cordon de soudure en arrière de la zone de soudage.

Dans ce cas, le capteur thermique comprend une autre fibre optique dont une première extrémité est placée en arrière de la zone de soudage et orientée vers le cordon de soudure, et une photodiode sensible au rayonnement thermique et placée dans le prolongement de la deuxième extrémité de l'autre fibre optique. Par ailleurs, un moyen optique de focalisation tel qu'une lentille est placé à la première extrémité de ladite fibre optique. La première extrémité de ladite fibre optique est alors placée de préférence à une distance comprise entre environ 10 cm et environ 20 cm de la zone de soudage. La zone de mesure de diamètre compris entre 1 et 3 mm est placée de préférence entre 5mm et 5 cm en arrière de la zone de soudage selon le matériau soudé.

Dans le mode de réalisation préféré de l'invention, on combine les signaux de mesure et on les compare auxdits seuils prédéterminés après que lesdits signaux aient été acquis en temps réel pour le cordon de soudage considéré.

Dans ce cas, on calcule avantageusement la valeur moyenne, la valeur moyenne normalisée, puis l'écart type de chaque signal de mesure, et on diagnostique une qualité irrégulière de la soudure lorsque l'écart type dépasse une valeur prédéterminée.

On peut alors ensuite comparer la valeur moyenne de chaque signal de mesure aux valeurs moyennes précédentes dudit signal, enregistrées pour un nombre donné de cordons de soudure contrôlés auparavant et on
5 diagnostique une dérive de l'appareil de mesure lorsque la valeur moyenne du signal a varié d'environ 30%, au moins, par rapport aux valeurs moyennes précédentes.

Brève description des dessins

- 10 On décrira à présent, à titre d'exemple non limitatif, un mode de réalisation préféré de l'invention, en se référant aux dessins annexés, dans lesquels :
- la figure 1 est une vue en perspective qui représente schématiquement un appareil de soudage
15 laser utilisé pour le soudage d'un raidisseur sur une tôle et équipé d'un système de détection et d'identification de défauts mettant en œuvre le procédé selon l'invention ;
 - la figure 2 est une vue de côté, illustrant schématiquement la position du capteur thermique par rapport à celle des capteurs plasma ;
 - la figure 3 est un organigramme expliquant les différentes étapes du traitement des signaux de mesure dans le système de détection et
25 d'identification de défauts de la figure 1 ;
 - les figures 4A à 4C sont des courbes qui illustrent, dans trois applications particulières, la comparaison de signaux de mesure combinés à des valeurs de seuil prédéterminées, effectuée conformément à
30 l'invention.

Exposé détaillé d'un mode de réalisation préféré de l'invention

Comme l'illustre schématiquement la figure 1, l'invention concerne le contrôle non destructif et en temps réel de la qualité d'une soudure réalisée entre deux pièces 10 et 12 par un ou plusieurs lasers 14 (illustrés par des flèches sur la figure 1). Comme on l'a représenté à titre d'exemple non limitatif, la pièce 10 peut notamment être une tôle sensiblement plane ou de faible courbure et la pièce 12, un raidisseur que l'on vient souder sur la face interne de la tôle 10 au moyen de deux faisceaux laser 14 situés de part et d'autre du raidisseur 12. L'invention s'applique toutefois à d'autres types d'assemblage tels que l'assemblage bord à bord de deux tôles, etc..

Par ailleurs, les pièces 10 et 12 dont le soudage doit être contrôlé sont des pièces métalliques qui peuvent être réalisées en différents métaux tels que des alliages d'aluminium, des alliages de titane, des aciers inoxydables, etc..

Le ou les lasers 14 utilisés pour souder entre elles les pièces 10 et 12 peuvent être constitués par tous types de lasers utilisés habituellement dans l'industrie pour souder les matériaux concernés.

Selon une technique habituelle, dite de "pointage", les pièces 10 et 12 que l'on désire assembler par soudage sont généralement positionnées préalablement l'une par rapport à l'autre par des points de soudure (non représentés).

La soudure des pièces 10 et 12 est réalisée par une machine de soudage (non représentée) qui

intègre une tête de soudage située à proximité des pièces 10 et 12 à souder, et des moyens pour assurer un déplacement relatif entre ladite tête de soudage et les pièces selon une ligne de soudage prédéterminée. Ces différents éléments sont bien connus de l'homme du métier et ne font pas partie de l'invention. Il n'en sera donc fait aucune description. Pour une bonne compréhension de l'invention, il est simplement rappelé ici que la tête de soudage intègre notamment des systèmes optiques permettant de diriger le ou les faisceaux laser sur la zone de soudage, un ou des dispositifs d'alimentation en métal d'apport nécessaire à la soudure et une ou plusieurs buses par lesquelles un gaz neutre tel que de l'argon ou de l'hélium est amené dans la zone de soudage.

Conformément à l'invention, on intègre à la machine de soudage un système de contrôle ou de suivi de soudure, permettant de détecter, de localiser et d'identifier en temps réel, c'est-à-dire lors du passage de la tête de soudage, d'éventuels défauts dans la soudure réalisée.

Dans le mode de réalisation préféré de l'invention illustré schématiquement sur la figure 1, le système de contrôle comprend sept capteurs optiques C1 à C7, ainsi que des moyens d'acquisition et de traitement des signaux de mesure délivrés par chacun de ces capteurs. Dans d'autres applications, le nombre des capteurs optiques utilisés peut toutefois être différent de sept et constitué par un nombre quelconque supérieur ou égal à deux, sans sortir du cadre de l'invention.

Les capteurs C1 à C6 sont des capteurs dits "capteurs plasma", qui détectent des variations d'intensité lumineuse du plasma formé par les faisceaux laser 14, dans la zone du soudage. A cet effet, chacun des capteurs C1 à C6 est monté sur la tête de soudage et orienté vers le point d'impact des faisceaux laser sur les pièces 10 et 12.

Chacun des capteurs plasma C1 à C6 comprend respectivement une fibre optique 16-1 à 16-6 dont une première extrémité est située à proximité de la zone de soudage et orientée vers ladite zone, c'est-à-dire vers le point d'impact des faisceaux laser 14 sur les pièces 10 et 12. Plus précisément, les fibres optiques 16-1 à 16-3 sont situées d'un côté du raidisseur 12 et orientées vers le plasma formé par le faisceau laser 14 dirigé vers ce même côté, alors que les fibres optiques 16-4 à 16-6 sont situées de l'autre côté du raidisseur 12 et orientées vers le plasma formé par le faisceau laser 14 dirigé vers cet autre côté. Afin d'éviter les projections de métal fondu ainsi que la forte chaleur dégagée lors de la soudure, la première extrémité de chacune des fibres optiques 16-1 à 16-6 est placée à environ 10 cm de la zone de soudure.

Les fibres optiques 16-1 à 16-6 sont, par exemple, des fibres en PMMA à saut d'indice. Ce type de fibres a notamment pour avantage de présenter une importante ouverture numérique permettant d'observer l'ensemble du plasma, ainsi qu'une bonne transmission pour les longueurs d'onde observées.

Chacun des capteurs C1 à C6 comprend de plus un filtre optique respectif 18-1 à 18-6, placé

dans le prolongement de l'extrémité opposée de la fibre optique correspondante. Plus précisément, les filtres optiques 18-1 et 18-4 des capteurs C1 et C4 laissent passer principalement une bande de fréquences
5 correspondant à un rayonnement ultraviolet, les filtres 18-2 et 18-5 des capteurs C2 et C5 laissent passer principalement une bande de fréquences correspondant à un rayonnement visible et les filtres 18-3 et 18-6 laissent passer principalement une bande de fréquences
10 correspondant à un rayonnement infrarouge.

Chacun des capteurs C1 à C6 comprend, en outre, respectivement, une photodiode 20-1 à 20-6 placée en face de la deuxième extrémité de la fibre optique correspondante, de l'autre côté du filtre. Les
15 photodiodes transforment les signaux optiques qu'elles reçoivent en signaux électriques. Ces derniers signaux constituent les signaux de mesure délivrés par les capteurs C1 à C6. Les photodiodes 20-1 à 20-6 sont, par exemple, des photodiodes en silicium sensibles dans la
20 zone allant de 0,3 à 1,1 μm .

Dans l'agencement qui vient d'être décrit, l'utilisation des fibres optiques 16-1 à 16-6 permet de disposer d'un nombre de capteurs élevé, tout en réduisant au maximum l'encombrement du système de
25 contrôle à proximité de la zone de soudage. En effet, les éléments relativement volumineux tels que les filtres et les photodiodes peuvent être installés en dehors de cette zone.

Cet agencement permet également d'acquérir
30 des signaux de mesure représentant un grand nombre de grandeurs différentes (six dans l'exemple décrit), ce

qui contribue à accroître les informations permettant de détecter les défauts éventuels et de les distinguer les uns des autres.

Le septième capteur optique C7, facultatif,
5 est un capteur dit "thermique" qui détecte des variations d'énergie thermique du cordon de soudure en arrière de la zone de soudage, c'est-à-dire en arrière du point d'impact des faisceaux laser 14 sur les pièces 10 et 12.

10 De façon plus précise et comme l'illustre en particulier la figure 2, le capteur thermique C7 comprend également une fibre optique 16-7. Une première extrémité de cette fibre optique 16-7 est orientée vers le cordon de soudure S formé en arrière de la zone de
15 soudage, d'un côté du raidisseur 12. Plus précisément, la première extrémité de la fibre optique 16-7 est orientée vers un point du cordon de soudure S situé à une distance L entre environ 5 mm et environ 1 cm en arrière de la zone de soudage. En effet, les autres
20 positions du point de mesure ne permettent pas d'obtenir des signaux exploitables.

L'extrémité de la fibre optique 16-7
25 tournée vers le cordon de soudure S est équipée d'un moyen de focalisation 22-7, tel qu'une lentille de focale 20 mm, permettant de limiter la zone d'observation du capteur C7 à un cercle de 1 à 3 mm de diamètre environ, et de placer l'extrémité de la fibre équipée de son système de focalisation entre 10 et
20 cm de la zone de soudage.

30 La fibre optique 16-7 est une fibre en silice ayant une faible atténuation dans le proche

infrarouge (entre 1 et 1,8 μm). Une photodiode 20-7 est placée en face de l'extrémité opposée de la fibre optique 16-7. Cette photodiode 20-7 transforme les signaux optiques acheminés par la fibre optique 16-7 en signaux électriques, qui constituent également des signaux de mesure conformément à l'invention. La réponse spectrale de la photodiode 20-7 varie, par exemple, entre 0,8 et 1,8 μm . Dans ce cas, un filtre optique 18-7 est également interposé entre la fibre optique 16-7 et la photodiode 20-7, pour bloquer le rayonnement de longueur d'onde inférieure à 1 μm , afin que le capteur C7 ne voie pas la lumière émise par le plasma.

Un filtre électronique passe bande (non représenté) est placé à la sortie de chacune des photodiodes 20-1 à 20-7, afin de supprimer d'éventuels parasites dans les signaux traités.

Les signaux de mesure délivrés par chacun des capteurs C1 à C7 sont transmis aux moyens 10 d'acquisition et de traitement. Ces moyens, qui intègrent notamment un ordinateur, peuvent être implantés en un lieu quelconque, à proximité ou non de la tête de soudage.

Comme l'illustre schématiquement la figure 3, les moyens 10 d'acquisition et de traitement des signaux de mesure effectuent successivement un certain nombre d'opérations qui vont à présent être décrites en détail.

Lors d'une première étape E1, qui s'effectue simultanément à la réalisation des cordons de soudure S par les faisceaux laser 14, on enregistre

les sept signaux de mesure délivrés par les capteurs C1 à C7.

Une seconde étape, illustrée en E2 sur la figure 3, est mise en œuvre lorsque les cordons de soudure S sont terminés. A ce stade, on calcule, pour chacun des signaux de mesure, la valeur moyenne globale de ce signal sur toute la durée de la mesure correspondant à la réalisation des cordons de soudure S considérés. On calcule ensuite la valeur moyenne normalisée de chaque signal de mesure, en ramenant ce signal à l'unité. On s'affranchit ainsi, notamment, des problèmes découlant de décalages dans les mesures dus à des différences de positionnement relatif des capteurs. La valeur moyenne globale et la valeur moyenne normalisée de chacun des signaux sont enregistrées dans un fichier dans lequel est gardé en mémoire l'historique de tous les contrôles effectués.

Lors d'une étape E3, on vérifie qu'il n'existe pas de dérive inacceptable du système de contrôle. A cet effet, la valeur moyenne globale de chacun des signaux de mesure, qui vient d'être calculée, est comparée aux valeurs moyennes globales de ces signaux enregistrées lors d'un certain nombre de mesures correspondantes effectuées précédemment. A titre d'exemple, on compare les cinq dernières valeurs enregistrées. Lorsque cette comparaison révèle une dérive supérieure à un seuil prédéterminé (par exemple, 30%), l'opérateur en est averti par le déclenchement d'une alarme. Cette alarme peut prendre une forme quelconque (visuelle, sonore, etc.).

Lors de l'étape suivante, identifiée par la référence E4 sur la figure 3, chacun des sept signaux de mesure est normalisé. Cette opération est effectuée en divisant la valeur instantanée de chaque signal par la valeur moyenne de ce signal calculée à l'étape E2. On détermine ensuite l'écart type pour chacun des signaux de mesure, à partir des signaux normalisés.

Lors de l'étape E5 suivante, on vérifie que la valeur de l'écart type de chaque signal de mesure qui vient d'être calculée ne dépasse pas un seuil prédéterminé propre à ce signal. Si ce seuil est dépassé, l'opérateur en est averti par l'émission d'une alarme sous une forme quelconque appropriée (sonore, visuelle, etc.). En effet, le dépassement de ce seuil révèle une qualité de soudure qui varie de façon excessive sur toute sa longueur.

Le programme passe ensuite à une étape E6, essentielle selon l'invention, au cours de laquelle les différents signaux de mesure normalisés sont traités de façon à détecter, localiser et identifier les différents défauts éventuellement présents dans la soudure qui vient d'être réalisée.

Au cours de cette étape E6 on applique au moins un opérateur mathématique simple à un ou plusieurs groupes d'au moins deux signaux de mesure normalisés, de façon à obtenir un ou plusieurs signaux combinés. Chaque opérateur et le groupe de signaux auquel il est appliqué sont propres à la détection d'un type de défaut particulier, comme l'illustreront les exemples qui seront décrits par la suite.

Chaque signal combiné obtenu par l'application d'un opérateur particulier est ensuite comparé, en E7, à un seuil prédéterminé, qui dépend également de l'opérateur et, par conséquent, du type de défaut à détecter. Lorsque le signal combiné franchit ce seuil (c'est-à-dire lorsqu'il devient supérieur à ce seuil lorsque celui-ci correspond à une valeur maximale ou lorsqu'il devient inférieur à ce seuil lorsque celui-ci correspond à une valeur minimale), l'opérateur est informé de la survenance d'une anomalie, de l'emplacement du défaut et de la nature de celui-ci. Cette information peut être assurée par un moyen quelconque tel qu'une alarme visuelle, sonore ou autre, un affichage, etc..

Les résultats obtenus par l'application de ces différents traitements sont enfin édités sous la forme d'un rapport de synthèse comme indiqué en E8 sur la figure 3. Le rapport de synthèse indique notamment si la soudure est acceptable ou non, si certains réglages doivent être modifiés sur la machine de soudage, etc..

Dans le cas particulier, illustré sur les figures 1 et 2, du soudage d'un raidisseur 12 sur une tôle 10 différents traitements susceptibles d'être effectués à l'étape E7 vont à présent être décrits à titre d'exemples, lorsqu'on dispose des sept capteurs C1 à C7.

Selon un premier traitement, on additionne les signaux de mesure normalisés dérivés des capteurs C1 et C4 ou des capteurs C2 et C5. L'opérateur est donc une simple addition. On compare ensuite le signal

combiné obtenu à un seuil prédéterminé. Si la somme précédemment calculée est inférieure à ce seuil sur une partie au moins de la longueur des cordons de soudure S, cela signifie qu'il existe dans cette zone un manque
5 d'interpénétration de ces cordons de soudure et que ce défaut a pour origine un manque de puissance des faisceaux laser. Cette information est alors portée à la connaissance de l'opérateur, sous une forme quelconque appropriée.

10 La figure 4A est une courbe obtenue lors d'un essai, en appliquant ce premier traitement sur la base des signaux de mesure normalisés issus des capteurs C1 et C4. Sur cette courbe, on a porté en abscisses la distance (en mm) parcourue le long du
15 cordon de soudure et en ordonnées le signal combiné SC1 correspondant à la somme des signaux de mesure normalisés issus des capteurs C1 et C4. On voit que ce signal combiné SC1 devient inférieur au seuil inférieur SI1 dans la partie des cordons de soudure située entre
20 900 mm et 1350 mm. On en déduit que l'interpénétration des cordons est insuffisante dans cette zone, en raison d'un manque de puissance des faisceaux laser.

Selon un deuxième traitement, on applique aux signaux de mesure normalisés issus des capteurs
25 C1, C2, C4 et C5 un opérateur mathématique qui additionne d'une part les signaux issus des capteurs C1 et C4 et d'autre part les signaux issus des capteurs C2 et C5, puis multiplie l'une par l'autre les des sommes. Le signal combiné obtenu en appliquant cet opérateur est
30 ensuite comparé à un deuxième seuil prédéterminé. Si ce seuil est dépassé, on en déduit qu'il existe un manque

d'interpénétration des deux cordons de soudure S dû à un problème autre que le manque de puissance des faisceaux laser. Cet autre problème peut être, par exemple, un manque de métal d'apport. Comme dans le cas
5 précédent, l'information correspondante est portée à la connaissance de l'utilisateur.

Selon un troisième traitement, on applique aux signaux de mesure normalisés issus des capteurs C1 et C4 un opérateur constitué par une division. En
10 d'autres termes, on divise le signal de mesure normalisé issu du capteur C1 par le signal de mesure normalisé issu du capteur C4. Le signal combiné ainsi obtenu est ensuite comparé à un troisième seuil supérieur. Si la comparaison révèle que le signal
15 combiné dépasse ce troisième seuil, on en déduit que le "pointage" des pièces est déficient. L'information correspondante est portée à la connaissance de l'utilisateur sous une forme quelconque appropriée.

Enfin, selon un quatrième traitement, on
20 calcule d'une part la somme des signaux de mesure normalisés issus des capteurs C1 et C4 et, d'autre part, la somme des signaux de mesure normalisés issus des capteurs C2 et C5. On divise ensuite la première de ces sommes par la deuxième, après quoi on compare le
25 signal combiné obtenu à un quatrième seuil inférieur. Lorsque cette comparaison révèle que le signal combiné ainsi calculé est inférieur à ce quatrième seuil, on en déduit que les cordons de soudure S sont trop étroits. L'information correspondante est portée à la
30 connaissance de l'utilisateur sous une forme quelconque appropriée.

Le même défaut peut être détecté en appliquant un opérateur comparable au précédent, dans lequel les deux sommes sont remplacées par deux multiplications. On compare alors le signal combiné
5 obtenu en divisant l'un par l'autre les résultats de ces deux multiplications avec un autre seuil inférieur prédéterminé.

Comme on l'a déjà indiqué, l'invention s'applique également à d'autres types de soudage.
10 Ainsi, elle peut aussi être utilisée dans le cas du soudage bord à bord de deux tôles par un seul faisceau laser.

Dans ce cas, on utilise par exemple au moins deux capteurs plasma, qui détectent des
15 variations d'intensité lumineuse du plasma dans des bandes optiques différentes. Les signaux de mesure normalisés issus de ces capteurs peuvent alors être divisés l'un par l'autre pour fournir un signal combiné, que l'on compare ensuite à un seuil inférieur
20 prédéterminé et/ou à un seuil supérieur prédéterminé.

Lorsque le signal combiné est inférieur au seuil inférieur, on en déduit que le cordon de soudure présente une partie en creux dans la zone concernée. Lorsque au contraire le signal combiné est supérieur au
25 seuil supérieur, on en déduit que le cordon de soudure est incomplet.

Les figures 4B et 4C illustrent les résultats d'essais effectués respectivement lors du soudage bord à bord de deux tôles d'acier inoxydable et
30 lors du soudage bord à bord de deux tôles en alliage de titane. Dans les deux cas, le soudage a été réalisé par

un laser CO₂. Comme sur la figure 4A, on a porté en abscisses la distance (en mm) le long du cordon de soudure et en ordonnées la valeur du rapport de signaux correspondant au signal combiné.

5 Dans le cas de la figure 4B, le signal combiné SC2 dépasse le seuil supérieur prédéterminé SS2 dans la partie du cordon de soudure correspondant à une distance supérieure à 270 mm. On en déduit que le cordon de soudure est incomplet dans cette zone.

10 Dans le cas de la figure 4C, le signal combiné SC3 est inférieur au seuil inférieur prédéterminé SI3 entre 301 mm et 340 mm et supérieur au seuil supérieur prédéterminé SS3 de 340 mm à 392 mm. On en déduit que le cordon de soudure présente une partie
15 en creux dans la première zone et une partie non soudée dans la deuxième zone.

 De façon générale, l'opérateur mathématique utilisé conformément à l'invention est un opérateur simple constitué par une addition, une soustraction,
20 une multiplication, une division ou une combinaison quelconque de ces différentes opérations. Le nombre des capteurs utilisés peut également être un nombre quelconque, supérieur ou égal à deux.

REVENDICATIONS

1. Procédé de détection et d'identification de défauts lors de la réalisation d'un cordon de soudure (S) par au moins un faisceau laser (14) formant un plasma dans une zone de soudage, selon lequel on acquiert en temps réel au moins deux signaux de mesure délivrés par des capteurs optiques (C1 à C6) distincts, détectant des variations d'intensité lumineuse du plasma, caractérisé en ce qu'on combine les signaux de mesure en leur appliquant au moins un opérateur mathématique adapté à la détection d'un défaut correspondant, afin d'obtenir au moins un signal combiné, on compare chaque signal combiné à un seuil prédéterminé, et on diagnostique la présence ou l'absence du défaut correspondant à chaque opérateur mathématique, selon le résultat de la comparaison.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel l'opérateur mathématique est choisi dans le groupe comprenant l'addition, la soustraction, la multiplication, la division et une combinaison de celles-ci.

3. Procédé selon la revendication 2, appliqué à la soudure d'un raidisseur (12) sur une tôle (10) par deux faisceaux laser (14) placés de part et d'autre du raidisseur, dans lequel on utilise deux groupes d'au moins un capteur optique (C1,C2,C3;C4,C5,C6) disposés de part et d'autre du raidisseur, les capteurs optiques des deux groupes étant identiques, on additionne les signaux de mesure délivrés par un capteur de chaque groupe et on détecte

la présence d'un manque d'interpénétration des cordons de soudure dû à un manque de puissance des faisceaux laser lorsque le résultat est inférieur à un premier seuil prédéterminé.

5 4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 et 3, appliqué à la soudure d'un raidisseur (12) sur une tôle (10) par deux faisceaux laser (14) placés de part et d'autre du raidisseur, dans lequel on utilise deux groupes d'au moins deux
10 capteurs optiques (C1,C2,C3 ;C4,C5,C6) détectant des variations d'intensité lumineuse du plasma dans des bandes optiques différentes, disposés de part et d'autre du raidisseur, les capteurs optiques des deux groupes étant identiques, on additionne d'une part les
15 signaux de mesure délivrés par une première paire de capteurs identiques et d'autre part les signaux de mesure délivrés par une deuxième paire de capteurs identiques, on multiplie l'une par l'autre les deux sommes obtenues et on détecte un manque
20 d'interpénétration des cordons de soudure, dû à un défaut autre qu'un manque de puissance des faisceaux laser, lorsque le résultat est supérieur à un deuxième seuil prédéterminé.

25 5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, appliqué à la soudure d'un raidisseur (12) sur une tôle (10) par deux faisceaux laser (14) placés de part et d'autre du raidisseur, le raidisseur et la tôle étant positionnés au préalable l'un par rapport à l'autre par des points de soudure,
30 dans lequel on utilise deux groupes d'au moins un capteur optique (C1,C2,C3;C4,C5,C6) disposés de part et

d'autre du raidisseur, les capteurs optiques des deux groupes étant identiques, on divise l'un par l'autre les signaux de mesure délivrés par deux capteurs identiques et on détecte la présence de points de soudure de positionnement préalable déficients lorsque
5 le résultat est supérieur à un troisième seuil prédéterminé.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 5, appliqué à la soudure d'un
10 raidisseur (12) sur une tôle (10) par deux faisceaux laser (14) placés de part et d'autre du raidisseur, dans lequel on utilise deux groupes d'au moins deux capteurs optiques (C1,C2,C3;C4,C5,C6) détectant des variations d'intensité lumineuse du plasma dans des
15 bandes optiques différentes, disposés de part et d'autre du raidisseur, les capteurs optiques des deux groupes étant identiques, on additionne d'une part les signaux de mesure délivrés par une première paire de capteurs identiques et d'autre part les signaux de
20 mesure délivrés par une deuxième paire de capteurs identiques, on divise l'une par l'autre les deux sommes obtenues, et on détecte une largeur insuffisante du cordon de soudure lorsque le résultat de la division est inférieur à un quatrième seuil prédéterminé.

25 7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, appliqué à la soudure bord à bord de deux tôles par un seul faisceau laser, dans lequel on utilise au moins deux capteurs optiques détectant des variations d'intensité lumineuse du
30 plasma dans des bandes optiques différentes, on divise l'un par l'autre les signaux de mesure délivrés par

deux des capteurs et on détecte un manque d'épaisseur du cordon de soudure lorsque le résultat obtenu est inférieur à un premier seuil et une absence de soudage lorsque le résultat est supérieur à un deuxième seuil,
5 supérieur au premier.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel on acquiert les signaux de mesure au moyen d'au moins un groupe de trois capteurs (C1,C2,C3;C4,C5,C6), les capteurs de
10 chaque groupe détectant les variations d'émission lumineuse du plasma respectivement dans une bande de fréquences principalement ultraviolette, dans une bande de fréquences principalement visible et dans une bande de fréquences principalement infrarouge.

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel on utilise des capteurs optiques (C1,C2,C3;C4,C5,C6) comprenant chacun une fibre optique (16-1 à 16-6) dont une première extrémité est placée à proximité de la zone de soudage,
20 un filtre optique (18-1 à 18-6) placé dans le prolongement de la deuxième extrémité de la fibre optique et une photodiode (20-1 à 20-6) placée en face de la deuxième extrémité de la fibre optique, de l'autre côté du filtre.

10. Procédé selon la revendication 9, dans lequel la première extrémité de la fibre optique est placée à environ 10 cm de la zone de soudage.

11. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel on acquiert un
30 signal de mesure supplémentaire au moyen d'un autre capteur optique (C7), détectant des variations

d'énergie thermique du cordon de soudure en arrière de la zone de soudage.

12. Procédé selon la revendication 11, dans lequel l'autre capteur optique (C7) comprend une autre
5 fibre optique (16-7) dont une première extrémité est placée en arrière de la zone de soudage et orientée vers le cordon de soudure, et une photodiode (20-7) sensible au rayonnement thermique et placée dans le prolongement de la deuxième extrémité de l'autre fibre
10 optique.

13. Procédé selon la revendication 12, dans lequel la première extrémité de l'autre fibre optique (16-7) est placée à une distance comprise entre environ 10 cm et environ 20 cm, de la zone de soudage.

14. Procédé selon l'une quelconque des revendications 12 et 13, dans lequel un moyen optique de focalisation (22-7) est placé à la première
15 extrémité de l'autre fibre optique (16-7).

15. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel on combine les signaux de mesure et on les compare auxdits seuils prédéterminés après que lesdits signaux aient été
20 acquis en temps réel pour le cordon de soudage considéré.

16. Procédé selon la revendication 15, dans lequel on calcule la valeur moyenne, la valeur moyenne normalisée, puis l'écart type de chaque signal de mesure, et on diagnostique une qualité irrégulière de la soudure lorsque l'écart type dépasse une valeur
25 prédéterminée.
30

17. Procédé selon la revendication 16, dans lequel on compare la valeur moyenne de chaque signal de mesure aux valeurs moyennes précédentes dudit signal, enregistrées pour un nombre donné de cordons de soudure
5 contrôlés auparavant et on diagnostique une dérive de l'appareil de mesure lorsque la valeur moyenne du signal a varié d'environ 30%, au moins, par rapport aux valeurs moyennes précédentes.

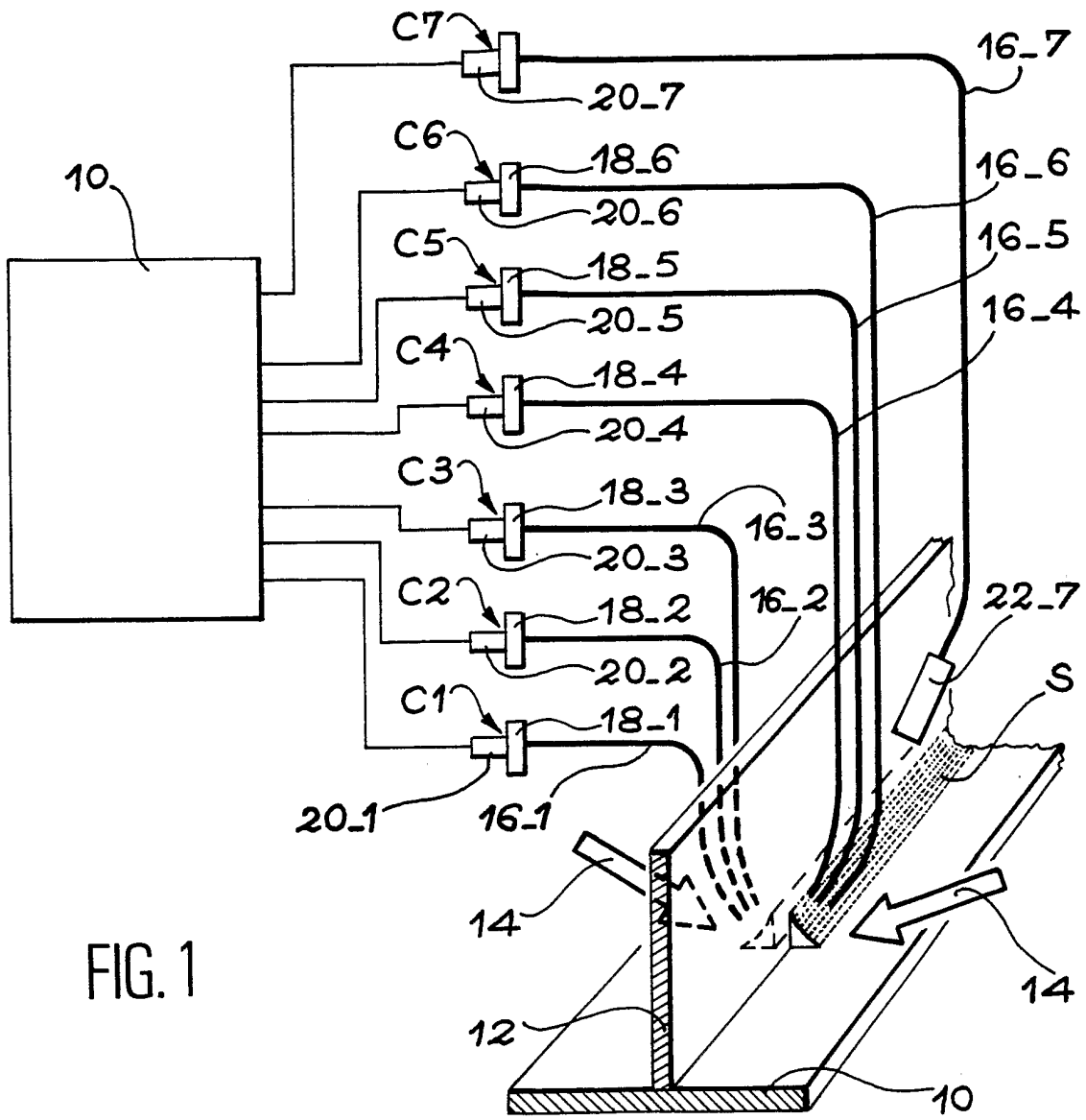


FIG. 1

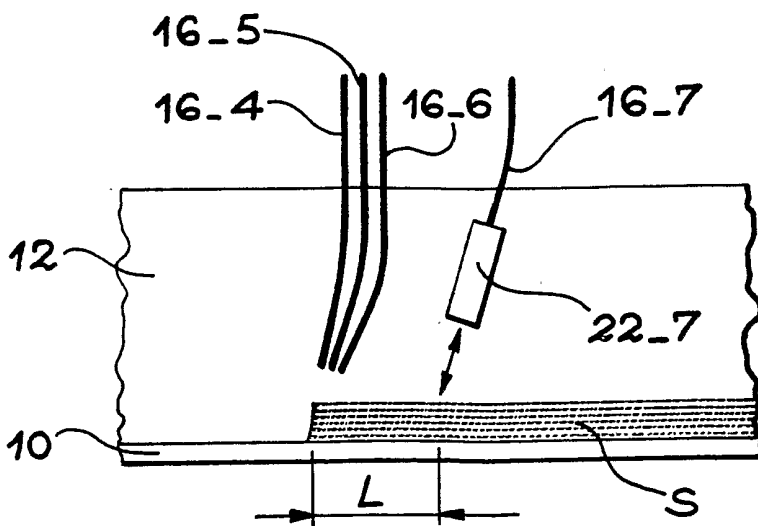
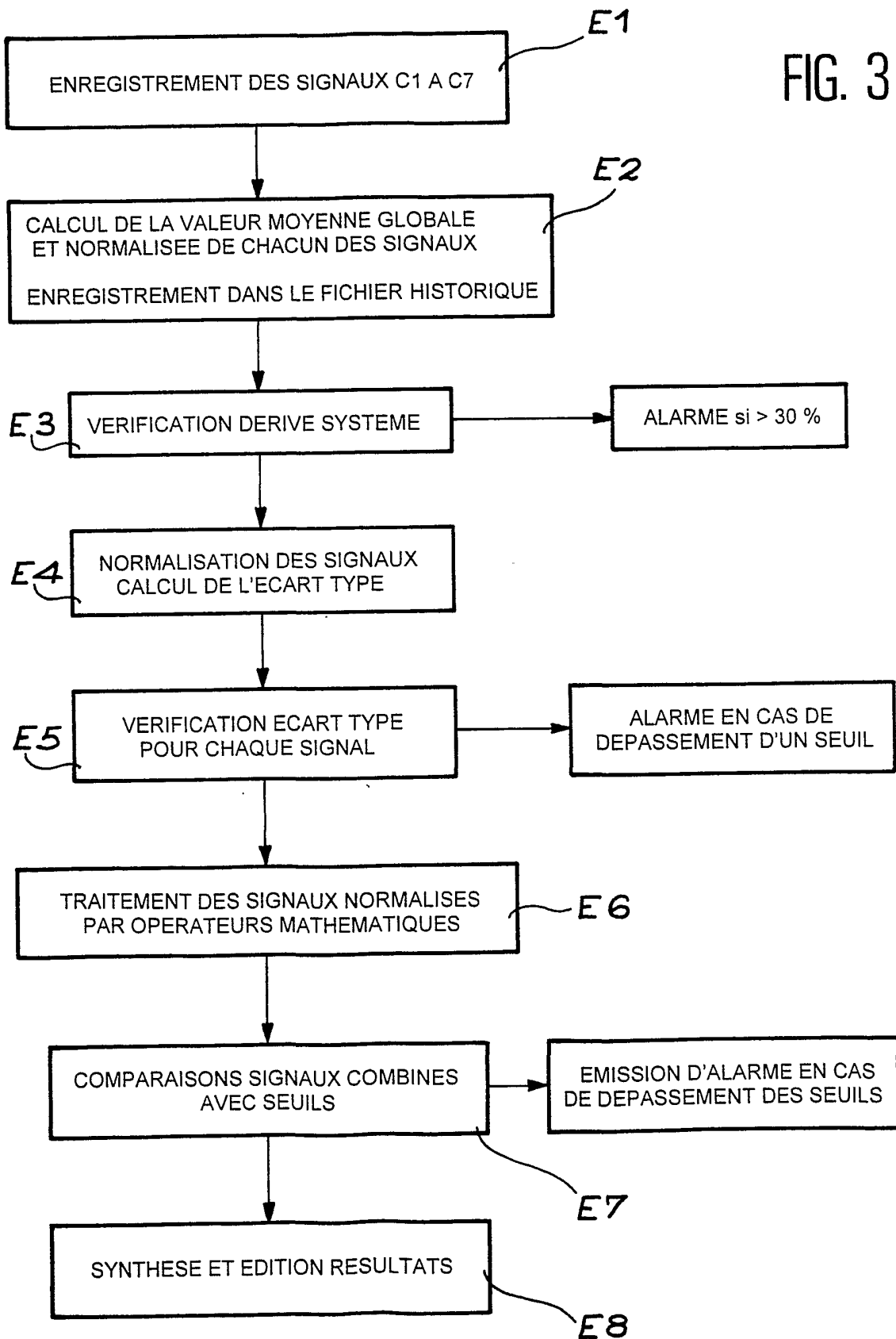


FIG. 2

FIG. 3



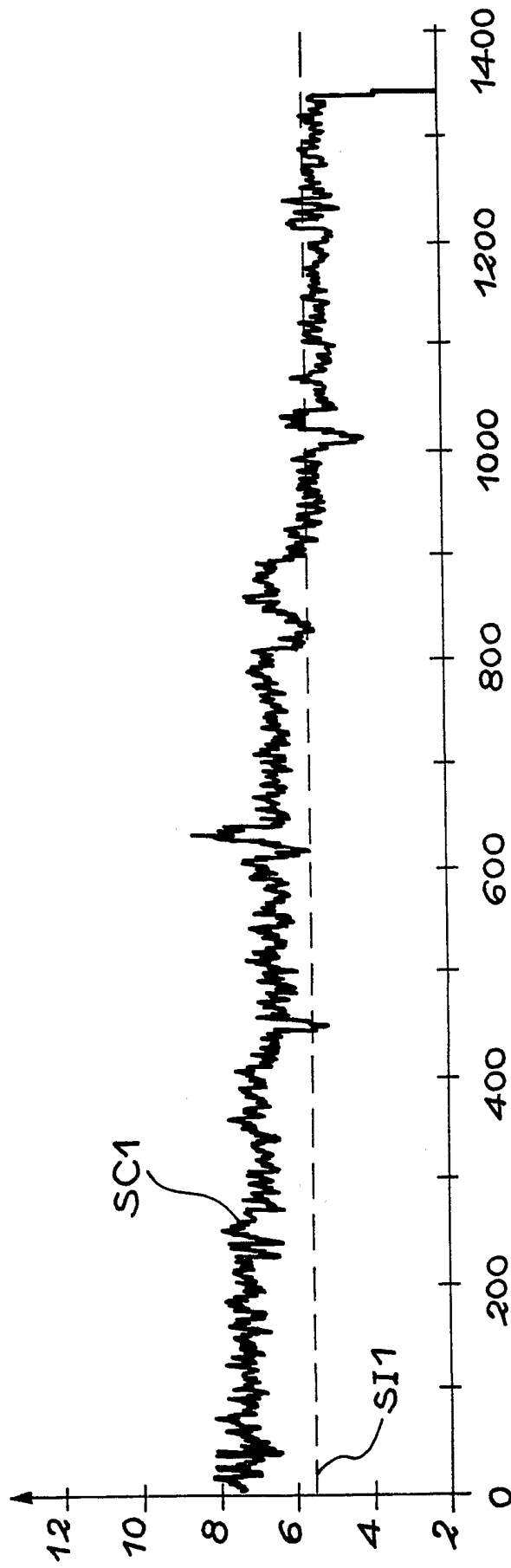


FIG. 4A

FIG. 4B

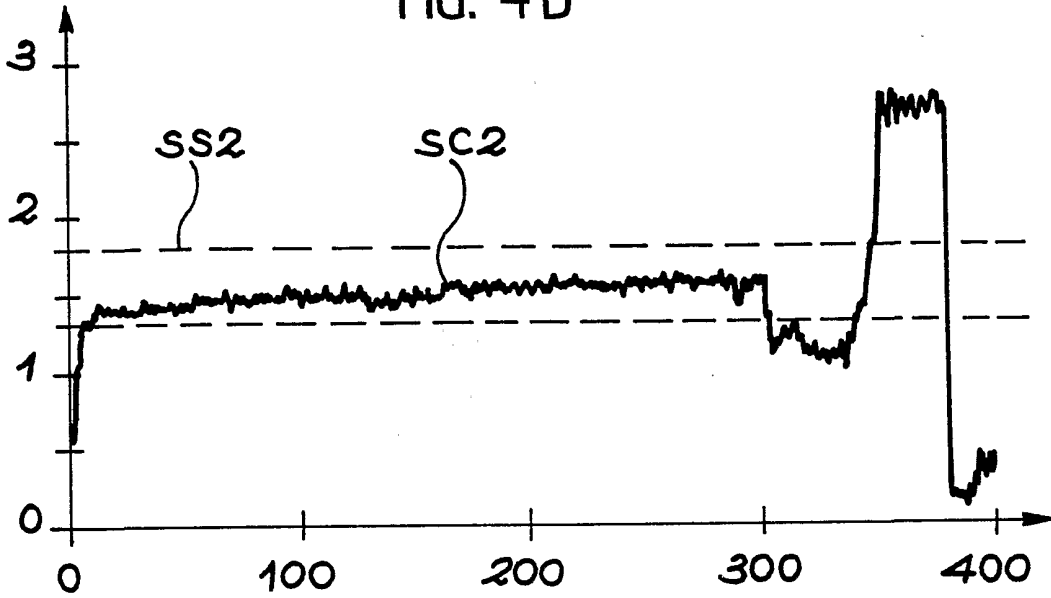
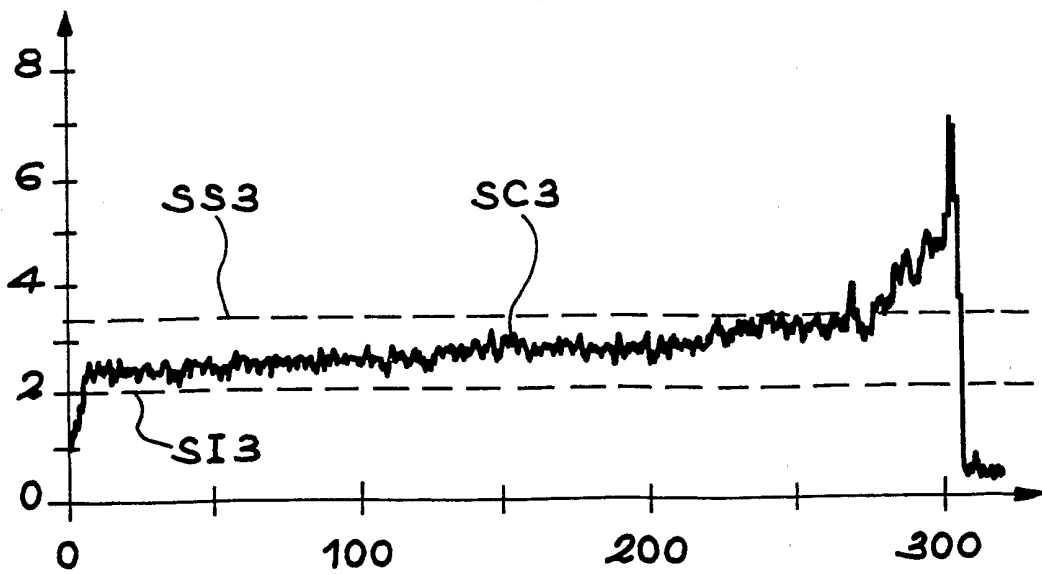


FIG. 4C



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

FR 01/02157

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 B23K26/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 B23K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P,X	WO 00 41837 A (COSMA POWERLASERS LIMITED ;GU HONGPING (CA)) 20 July 2000 (2000-07-20) abstract page 3, line 5 - line 10 page 4, line 1 -page 6, line 15 figures 1,4,5,6,8A,8B ---	1,2
Y	US 5 651 903 A (SHIRK BRYAN W) 29 July 1997 (1997-07-29) cited in the application column 3, line 57 -column 4, line 3 ---	1,2,15
A	column 5, line 57 - line 60 column 6, line 4 - line 14 column 6, line 30 - line 35 ---	7,11,16, 17.
	-/--	

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

Z document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

6 November 2001

Date of mailing of the international search report

12/11/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Verdoodt, E

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 01/02157

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 5 486 677 A (MAISCHNER DORA ET AL) 23 January 1996 (1996-01-23) column 2, line 3 - line 6 column 4, line 18 - line 26 column 4, line 65 - column 5, line 6 claim 1 figure 1	1, 2, 15
A	EP 0 911 109 A (TRW INC) 28 April 1999 (1999-04-28) figure 2B page 5, line 23 - line 30 abstract	9, 12, 14, 16, 17
A	US 5 272 312 A (JURCA MARIUS-CHRISTIAN) 21 December 1993 (1993-12-21) cited in the application figure 7 abstract	8
A	US 5 841 098 A (GEDRAT OLAF ET AL) 24 November 1998 (1998-11-24) column 5, line 49 - line 61 column 4, line 56 - column 5, line 15 column 4, line 11 - line 26 figure 1	3-6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 01/02157

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 0041837	A	20-07-2000	AU 2087400 A WO 0041837 A1	01-08-2000 20-07-2000
US 5651903	A	29-07-1997	NONE	
US 5486677	A	23-01-1996	DE 4106007 A1 WO 9214578 A1 DE 59203479 D1 EP 0573474 A1	03-09-1992 03-09-1992 05-10-1995 15-12-1993
EP 0911109	A	28-04-1999	US 6060685 A CA 2251082 A1 EP 0911109 A2 JP 11218489 A	09-05-2000 23-04-1999 28-04-1999 10-08-1999
US 5272312	A	21-12-1993	DE 3908187 A1 AT 116181 T CA 2028844 A1 DE 59008117 D1 WO 9010520 A1 EP 0414869 A1 JP 3504214 T	20-09-1990 15-01-1995 15-09-1990 09-02-1995 20-09-1990 06-03-1991 19-09-1991
US 5841098	A	24-11-1998	DE 19639667 C1 EP 0838301 A1	12-03-1998 29-04-1998

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Déclaration internationale No
PCI/FR 01/02157

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE CIB 7 B23K26/02		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE		
Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) CIB 7 B23K		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, PAJ, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
P, X	WO 00 41837 A (COSMA POWERLASERS LIMITED ;GU HONGPING (CA)) 20 juillet 2000 (2000-07-20) abrégé page 3, ligne 5 - ligne 10 page 4, ligne 1 -page 6, ligne 15 figures 1,4,5,6,8A,8B	1,2
Y	US 5 651 903 A (SHIRK BRYAN W) 29 juillet 1997 (1997-07-29) cité dans la demande	1,2,15
A	colonne 3, ligne 57 -colonne 4, ligne 3 colonne 5, ligne 57 - ligne 60 colonne 6, ligne 4 - ligne 14 colonne 6, ligne 30 - ligne 35 --- -/--	7,11,16, 17
<input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents		
<input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités:		
A document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée *T* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention *X* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément *Y* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier *Z* document qui fait partie de la même famille de brevets		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 6 novembre 2001		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 12/11/2001
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Verdoodt, E

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Di e Internationale No
PCI/FR 01/02157

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	<p>US 5 486 677 A (MAISCHNER DORA ET AL) 23 janvier 1996 (1996-01-23) colonne 2, ligne 3 - ligne 6 colonne 4, ligne 18 - ligne 26 colonne 4, ligne 65 - colonne 5, ligne 6 revendication 1 figure 1</p> <p style="text-align: center;">---</p>	1, 2, 15
A	<p>EP 0 911 109 A (TRW INC) 28 avril 1999 (1999-04-28) figure 2B page 5, ligne 23 - ligne 30 abrégé</p> <p style="text-align: center;">---</p>	9, 12, 14, 16, 17
A	<p>US 5 272 312 A (JURCA MARIUS-CHRISTIAN) 21 décembre 1993 (1993-12-21) cité dans la demande figure 7 abrégé</p> <p style="text-align: center;">---</p>	8
A	<p>US 5 841 098 A (GEDRAT OLAF ET AL) 24 novembre 1998 (1998-11-24) colonne 5, ligne 49 - ligne 61 colonne 4, ligne 56 - colonne 5, ligne 15 colonne 4, ligne 11 - ligne 26 figure 1</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	3-6

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

D e Internationale No
PCT/FR 01/02157

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 0041837	A	20-07-2000	AU 2087400 A WO 0041837 A1	01-08-2000 20-07-2000
US 5651903	A	29-07-1997	AUCUN	
US 5486677	A	23-01-1996	DE 4106007 A1 WO 9214578 A1 DE 59203479 D1 EP 0573474 A1	03-09-1992 03-09-1992 05-10-1995 15-12-1993
EP 0911109	A	28-04-1999	US 6060685 A CA 2251082 A1 EP 0911109 A2 JP 11218489 A	09-05-2000 23-04-1999 28-04-1999 10-08-1999
US 5272312	A	21-12-1993	DE 3908187 A1 AT 116181 T CA 2028844 A1 DE 59008117 D1 WO 9010520 A1 EP 0414869 A1 JP 3504214 T	20-09-1990 15-01-1995 15-09-1990 09-02-1995 20-09-1990 06-03-1991 19-09-1991
US 5841098	A	24-11-1998	DE 19639667 C1 EP 0838301 A1	12-03-1998 29-04-1998