

⑤④ Méthode d'assemblage d'un panneau avec raidisseur et poste d'assemblage associé.

②② Date de dépôt : 29.04.22.

③③ Priorité :

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

☐ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : DASSAULT AVIATION Société
anonyme — FR.

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 03.11.23 Bulletin 23/44.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 03.05.24 Bulletin 24/18.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦② Inventeur(s) : BOURSIER Joffrey et BUNEL Pascal.

⑦③ Titulaire(s) : DASSAULT AVIATION Société
anonyme.

⑦④ Mandataire(s) : Lavoix.



Description

Titre de l'invention : Méthode d'assemblage d'un panneau avec raidisseur et poste d'assemblage associé

- [0001] La présente invention concerne une méthode d'assemblage d'une pièce comportant au moins un raidisseur et un panneau, le panneau présentant au moins une région incurvée, la région incurvée étant cylindrique en arc de cercle autour d'un axe central, le panneau présentant une première surface et une deuxième surface opposée à la première surface, la région incurvée définissant au moins une rainure ménagée dans la première surface, la méthode comportant les étapes suivantes :
- [0002] - insertion du raidisseur dans la rainure ;
- [0003] - soudage par friction malaxage du raidisseur sur le panneau, le soudage étant réalisé à partir de la deuxième surface du panneau, en regard du raidisseur, le soudage étant mis en œuvre par une tête de soudage comprenant un pion rotatif.
- [0004] Afin de répondre aux exigences techniques de résistance statique, de résistance fatigue et de tolérance aux dommages, les pièces (typiquement d'aéronef) sont assemblées à partir d'un panneau sur lequel sont assemblés des raidisseurs. Le matériau utilisé pour ces pièces est classiquement l'aluminium. Plusieurs nuances d'alliages d'aluminium peuvent composer ces pièces.
- [0005] Plusieurs procédés d'assemblage d'un raidisseur sur panneau sont utilisés dans le domaine aéronautique. Le rivetage est le plus fréquemment utilisé et est parfaitement maîtrisé. Cependant, le soudage est un procédé également utilisé pour l'assemblage de raidisseurs sur panneau. Parmi les types de soudage utilisés, on connaît le soudage par fusion et le soudage par friction malaxage (désigné par l'acronyme anglais FSW pour Friction Stir Welding).
- [0006] Le soudage par friction malaxage est un des procédés de soudage sans fusion, utilisés notamment pour des alliages d'aluminium. La réalisation d'un cordon de soudure s'effectue grâce au malaxage des matières induit par la rotation d'un outil, généralement nommé pion rotatif. Le malaxage est induit par frottement entre le pion et la ou les surfaces des panneaux à assembler.
- [0007] Dans un premier temps, le pion en rotation pénètre progressivement dans les matières, afin de créer un échauffement qui a pour but de ramollir et d'entraîner les matières en rotation pour créer le phénomène de malaxage. La tête de soudage comprend deux parties. La première partie, qui produit le malaxage, est décrite précédemment (le pion), et la deuxième partie est un épaulement solidaire de la première partie qui reste sur la surface de contact. Le frottement de la deuxième partie produit également un échauffement. Une force de forgeage maîtrisée est appliquée pendant

- tout le processus pour assurer le contact avec l'épaulement sans pénétration de celui-ci.
- [0008] En particulier, la tête de soudage est typiquement portée par un robot. Le robot est par exemple un robot d'architecture sérielle anthropomorphique poly-articulé. Un tel robot poly-articulé présente plusieurs servomoteurs pour commander un déplacement tridimensionnel de la tête de soudage par rapport au panneau, le long d'une trajectoire suivant le raidisseur, et pour commander un effort maîtrisé.
- [0009] Pour assembler un raidisseur sur un panneau, il existe plusieurs types de configurations de soudage possibles par le procédé de friction malaxage, comme par exemple le soudage en T. Une configuration de soudage en T est une configuration où le raidisseur est soudé de manière sensiblement perpendiculaire au panneau.
- [0010] Certaines pièces d'aéronef, comme des éléments de voilure ou de fuselage, présentent un profil géométrique tridimensionnel simple, c'est-à-dire légèrement galbé avec un grand rayon de courbure ou même plan. L'assemblage de ces pièces, par soudage de raidisseurs sur panneau, est alors facilement compatible avec le procédé de soudage par friction malaxage.
- [0011] Cependant, certaines pièces d'aéronef présentent à la fois des profils géométriques tridimensionnels à plus faible accessibilité pour une tête de soudage, par exemple des profils cylindriques à faible rayon de courbure, ainsi qu'à faibles épaisseurs.
- [0012] Ces pièces requièrent une tolérance faible sur le suivi de la trajectoire de soudage. Or, une telle trajectoire de soudage est difficilement accessible aux têtes de soudage connues, et il en suit que la faible tolérance ne peut être respectée avec les procédés de soudage par friction malaxage connus.
- [0013] En effet, un robot poly-articulé tel que décrit ci-dessus présente une anisotropie ainsi qu'une souplesse articulaire qui ne sont pas compatibles avec les tolérances requises. L'effort important exercé par le robot pour mettre en œuvre la friction malaxage produit notamment des vibrations, qui empêchent le robot de suivre la trajectoire sur le profil à faible accessibilité avec une précision suffisante pour des faibles épaisseurs de raidisseurs et de panneaux.
- [0014] Pour remédier à ces inconvénients, on connaît une première méthode hors ligne de génération de trajectoire adaptée de commande des servomoteurs du robot. La trajectoire adaptée est générée en amont du soudage par modélisation des vibrations du robot. La trajectoire adaptée générée ne correspond pas au suivi exact de la ligne de soudage, mais est déterminée pour compenser les déviations de la tête de soudage dues aux vibrations, de sorte que la trajectoire réelle de la tête de soudage suive au mieux la ligne de soudage souhaitée.
- [0015] Cependant, cette première méthode n'est pas satisfaisante. En effet, il est tout de même constaté des déviations réelles de trajectoire de quelques millimètres, qui sont inacceptables pour de faibles épaisseurs de raidisseurs et de panneaux.

- [0016] On connaît aussi une deuxième méthode en ligne de correction de la déviation latérale en temps réel par capteur profilométrique laser.
- [0017] Cependant, cette deuxième méthode n'est pas non plus satisfaisante. En effet, le temps de réponse est long pour des profils de panneaux complexes, car il y a une reprise de la calibration quand l'orientation de la tête du capteur change. De plus, les mesures du capteur ne sont pas fiables, notamment en raison des irrégularités des bords des pièces. Enfin, pour cette deuxième méthode aussi, il est constaté des déviations réelles de trajectoire de quelques millimètres, qui sont inacceptables pour de faibles épaisseurs de raidisseurs et de panneaux.
- [0018] Les méthodes connues sont donc inadaptées d'un point de vue qualité, dans la mesure où les faibles tolérances souhaitées ne sont pas respectées, et sont inadaptées d'un point de vue industrialisation, dans la mesure où elles ne sont pas compatibles avec les exigences de temps de cycle et de paramétrages.
- [0019] Un but de l'invention est donc de fournir une méthode et un poste d'assemblage permettant d'assembler un panneau présentant un profil géométrique tridimensionnel à faible accessibilité à au moins un raidisseur, notamment lorsque le panneau et le raidisseur présentent de faibles épaisseurs.
- [0020] L'invention porte sur une méthode d'assemblage du type précitée caractérisée en ce que l'étape de soudage par friction malaxage comprenant au moins une phase de travail, la phase de travail comprenant, de manière conjointe :
- [0021] * application d'une force de forgeage par la tête de soudage sur le panneau selon un axe de forgeage et rotation du pion rotatif selon un axe de rotation centrale confondu avec l'axe de forgeage, et ;
- [0022] * rotation orbitale, autour de l'axe central, de l'ensemble formé par le panneau et le raidisseur inséré dans la rainure, pour former un cordon de soudure le long de la rainure, l'axe de rotation centrale du pion rotatif étant maintenu fixe par rapport à l'axe central au cours de ladite rotation orbitale.
- [0023] La méthode selon l'invention peut comprendre l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prise(s) isolément ou suivant toute combinaison techniquement possible :
- [0024] - lors de la rotation orbitale autour de l'axe central, la deuxième surface présente une vitesse d'avance linéaire constante, la vitesse d'avance linéaire étant de préférence comprise entre 0,5 mm/s et 10,0 mm/s.
- [0025] - le soudage par friction malaxage comprend une phase transitoire préliminaire, avant la phase de travail, au cours de laquelle le panneau est maintenu fixe par rapport à l'axe central, la phase transitoire préliminaire comprenant :
- [0026] * la mise en rotation du pion rotatif par rapport au panneau suivant l'axe de rotation centrale,
- [0027] * le déplacement du pion rotatif vers le panneau et le contact du pion rotatif avec la

deuxième surface du panneau en regard de la rainure, et

- [0028] * l'augmentation de l'effort de forgeage de la force de forgeage exercée par la tête de soudage sur le panneau, jusqu'à un effort de forgeage de travail maintenu constant pendant la phase de travail, l'augmentation étant de préférence mise en œuvre par palier(s).
- [0029] - l'effort de forgeage de travail est compris entre 4500 N et 6500 N, de préférence supérieure ou égale à 5000 N.
- [0030] - l'axe de rotation centrale du pion délimite un angle de forgeage avec la normale au contact du pion rotatif sur la deuxième surface, la phase transitoire préliminaire comprenant une augmentation de l'angle de forgeage depuis un angle de forgeage initial lors du contact du pion rotatif avec la deuxième surface du panneau jusqu'à un angle de forgeage de travail, l'angle de forgeage de travail étant maintenu constant pendant la phase de travail, l'angle de forgeage initial étant de préférence nul, l'angle de forgeage de travail étant de préférence compris entre $0,5^{\circ}$ et $5,0^{\circ}$.
- [0031] - le soudage par friction malaxage comprend une phase transitoire d'arrêt, après la phase de travail, au cours de laquelle le panneau est maintenu fixe par rapport à l'axe central, la phase transitoire d'arrêt comprenant une décroissance de l'effort de forgeage depuis l'effort de forgeage de travail jusqu'à rupture de contact du pion avec la deuxième surface.
- [0032] - la phase transitoire d'arrêt comprend une décroissance de l'angle de forgeage depuis l'angle de forgeage de travail jusqu'à un angle de forgeage final, l'angle de forgeage final étant de préférence nul.
- [0033] - la deuxième surface présente un rayon de courbure, pris perpendiculairement à l'axe central, inférieure ou égale à 500 mm, de préférence inférieure ou égale à 450 mm.
- [0034] - la région incurvée présente une épaisseur, hors rainure, inférieure ou égale à 5,0 mm, de préférence inférieure ou égale à 4,0 mm, et/ou le raidisseur présente largeur inférieure ou égale à 3,0 mm, de préférence inférieure ou égale à 2,0 mm.
- [0035] - l'étape de soudage par friction malaxage est mise en œuvre par un poste d'assemblage, le poste d'assemblage comprenant un outil de soudage par friction malaxage et un dispositif de rotation orbitale du panneau, l'outil de soudage comprenant au moins ladite tête de soudage, le dispositif de rotation orbitale du panneau comportant un bâti, un support enclume mobile en rotation par rapport au bâti autour d'un axe longitudinal, et un système d'entraînement en rotation orbitale du support enclume par rapport au bâti selon l'axe longitudinal, le support enclume comprenant une pièce de contre-appui, la pièce de contre-appui présentant une surface de contre-appui incurvée sur laquelle est rapporté le panneau, le support enclume étant tel que, lorsque le panneau est positionné sur la surface de contre-appui incurvée, l'axe

longitudinal est confondu avec l'axe central du panneau, la rotation orbitale étant mise en œuvre par le système d'entraînement en rotation orbitale.

- [0036] - l'outil de soudage comprend aussi un système de pilotage de la tête de soudage, le système de pilotage comporte un bras robot, le bras robot étant propre à déplacer la tête de soudage dans au moins deux directions spatiales distinctes, le bras robot étant articulé et comprenant au moins deux axes de rotation ; et, au cours de ladite rotation orbitale, chaque axe de rotation du bras robot est maintenu fixe relativement aux autres axes de rotation du bras robot.
- [0037] De plus, l'invention concerne un poste d'assemblage d'une pièce, la pièce comportant au moins un raidisseur et un panneau, le poste d'assemblage comprenant :
- [0038] - un outil de soudage par friction malaxage, l'outil comprenant une tête de soudage, la tête de soudage comportant un pion rotatif,
- [0039] - un dispositif de rotation orbitale du panneau comportant un bâti, un support enclume mobile en rotation par rapport au bâti autour d'un axe longitudinal, et un système d'entraînement en rotation orbitale du support enclume par rapport au bâti selon l'axe longitudinal, le support enclume comprenant une pièce de contre-appui, la pièce de contre-appui présentant une surface de contre-appui incurvée sur laquelle le panneau est propre à être rapporté, la surface de contre-appui incurvée étant cylindrique en arc de cercle autour de l'axe longitudinal, et
- [0040] - une unité de traitement configurée pour commander l'outil de soudage et le dispositif de rotation orbitale du panneau pour mettre en œuvre un soudage par friction malaxage du raidisseur sur le panneau, l'unité de traitement étant configurée pour commander l'outil de soudage et le dispositif de rotation orbitale pour que le soudage par friction malaxage comprenne au moins une phase de travail, la phase de travail comprenant, de manière conjointe :
- [0041] * application d'une force de forgeage par la tête de soudage selon un axe de forgeage et rotation du pion rotatif selon un axe de rotation centrale confondu avec l'axe de forgeage, et ;
- [0042] * rotation orbitale du support enclume autour de l'axe longitudinal par rapport au bâti, l'axe de rotation centrale du pion rotatif étant maintenu fixe par rapport à l'axe longitudinal au cours de ladite rotation orbitale.
- [0043] Le poste d'assemblage selon l'invention peut comprendre l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prise(s) isolément ou suivant toute combinaison techniquement possible :
- [0044] - l'outil de soudage comprend aussi un système de pilotage de la tête de soudage, le système de pilotage comportant un bras robot, le bras robot étant propre à déplacer la tête de soudage dans au moins deux directions spatiales distinctes, le bras robot étant articulé et comprenant au moins deux axes de rotation ; l'unité de traitement étant

configurée pour commander l'outil de soudage de sorte que, au cours de la rotation orbitale, chaque axe de rotation du bras robot soit maintenu fixe relativement aux autres axes de rotation du bras robot.

- [0045] - la surface de contre-appui incurvée présente un rayon de courbure, pris perpendiculairement à l'axe longitudinal, inférieure ou égale à 500 mm, de préférence inférieure ou égale à 450 mm.
- [0046] - la pièce de contre-appui délimite un sillon de réception du raidisseur, le sillon de réception s'étend de préférence, dans le sens de la profondeur, perpendiculairement à la surface de contre-appui incurvée.
- [0047] L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple, et faite en se référant au dessin annexé, sur lequel :
- [0048] [Fig.1] la [Fig.1] est une vue schématique en perspective d'une pièce comprenant un assemblage d'un panneau et de plusieurs raidisseurs ;
- [0049] [Fig.2] la [Fig.2] est un organigramme d'un poste d'assemblage selon un exemple de réalisation de l'invention ;
- [0050] [Fig.3] la [Fig.3] est une vue schématique en perspective partielle du poste d'assemblage de la [Fig.2] ;
- [0051] [Fig.4] la [Fig.4] est un organigramme d'une méthode d'assemblage selon l'invention.
- [0052] Une pièce 2 réalisée par une méthode d'assemblage selon l'invention, est illustrée sur la [Fig.1].
- [0053] La pièce 2 est de préférence une pièce d'aéronef. Alternativement, la pièce 2 est une pièce destinée à une autre application qu'à un aéronef.
- [0054] La pièce 2 d'aéronef forme par exemple une section d'un conduit S-duct, un élément d'un bidon de carburant d'aéronef, un élément d'une nacelle moteur, ou tout autre élément d'aéronef présentant une forme complexe.
- [0055] La pièce 2 comporte l'assemblage d'un panneau 4 et d'au moins un raidisseur 6, au moyen d'un cordon de soudure.
- [0056] Le panneau 4 et le raidisseur 6 sont en métal, avantageusement en aluminium ou en alliage d'aluminium.
- [0057] Le panneau 4 et le raidisseur 6 sont de même nuance métallique ou de nuances métalliques différentes.
- [0058] Comme illustré sur la [Fig.1], le panneau 4 présente au moins une région incurvée 8, la région incurvée 8 étant cylindrique en arc de cercle autour d'un axe central X1.
- [0059] De préférence, la région incurvée 8 forme l'intégralité du panneau 4. Alternativement, le panneau 4 présente au moins une autre région de forme différente à ladite région incurvée 8.
- [0060] Le panneau 4 présente une première surface 12 et une deuxième surface 14 opposée à

la première surface 12.

- [0061] La première surface 12 et la deuxième surface 14 sont donc incurvées cylindriques en arc de cercle autour du même axe central X1.
- [0062] En d'autres termes, la première surface 12 et la deuxième surface 14 sont respectivement engendrées par des droites génératrices parallèles à l'axe central X1 et à partir de courbes directrices en arc de cercle, les arcs de cercle étant centrés sur le même axe central X1.
- [0063] La deuxième surface 14 présente un rayon de courbure, défini par rapport à l'axe central X1 et dans un plan perpendiculaire à l'axe central X1, inférieur à 500 mm, de préférence inférieure ou égale à 450 mm.
- [0064] Le rayon de courbure de la deuxième surface 14 est pris selon une normale à la deuxième surface 14.
- [0065] De préférence, ledit rayon de courbure est supérieur à 350 mm.
- [0066] La région incurvée 8 du panneau 4 est donc à faible accessibilité pour un soudage par friction malaxage.
- [0067] De préférence, la région incurvée 8 présente un secteur angulaire, défini par rapport à l'axe central X1 et dans un plan perpendiculaire à l'axe central X1, inférieur à 180°, avantageusement inférieure ou égale à 170°, mieux inférieure ou égale à 160°.
- [0068] Le secteur angulaire est défini, dans un plan perpendiculaire à l'axe central X1, par l'angle formé entre une première droite, passant par l'axe central X1 et une première extrémité de la région incurvée 8, et une deuxième droite, passant par l'axe central X1 et une seconde extrémité de la région incurvée 8 opposée à la première extrémité.
- [0069] La première surface 12 est dans cet exemple une surface extérieure du panneau 4 et la deuxième surface 14 est une surface intérieure du panneau 4. En d'autres termes, le panneau 4 est bombé au niveau de la première surface 12.
- [0070] Alternativement, la première surface 12 est une surface intérieure du panneau 4 et la deuxième surface 14 est une surface extérieure du panneau 4. En d'autres termes, le panneau 4 est en creux au niveau de la première surface 12.
- [0071] Comme illustré par la [Fig.1], la région incurvée 8 du panneau 4 définit, pour chaque raidisseur 6, avant l'assemblage du panneau 4 avec le raidisseur 6, au moins une rainure 16 de forme complémentaire au raidisseur 6.
- [0072] La région incurvée 8 présente une épaisseur hors rainure inférieure ou égale à 5,0 mm, de préférence inférieure ou égale à 4,0 mm, par exemple inférieure ou égale à 3,0 mm.
- [0073] L'épaisseur est prise entre la première surface 12 et la deuxième surface 14, selon la normale aux surfaces 12, 14.
- [0074] L'épaisseur correspond en particulier à la différence entre le rayon de courbure de la première surface 12 et le rayon de courbure de la deuxième surface 14.

- [0075] Chaque raidisseur 6 et rainure correspondante 16 s'étendent de manière sensiblement perpendiculaire à l'axe central X1 au niveau de la première surface 12 du panneau 4.
- [0076] Chaque rainure 16 présente une largeur correspondant à celle du raidisseur 6.
- [0077] Chaque rainure 16 présente de préférence une profondeur supérieure ou égale à 40% de l'épaisseur du panneau 4.
- [0078] Chaque rainure 16 présente de préférence une profondeur inférieure ou égale à 60% de l'épaisseur du panneau 4.
- [0079] Chaque raidisseur 6 présente un profil incurvé complémentaire à la région incurvée 8 du panneau 4.
- [0080] Chaque raidisseur 6 forme une membrure faisant saillie par rapport à la première surface 12.
- [0081] Chaque raidisseur 6 définit une tranche qui est insérée de manière complémentaire dans la rainure 16 du panneau 4 avant soudage.
- [0082] Comme indiqué plus haut, la largeur du raidisseur 6 prise au niveau de sa tranche est donc sensiblement égale à celle de la rainure 16.
- [0083] La largeur du raidisseur 6 prise au niveau de sa tranche est par exemple inférieure ou égale à 3,0 mm, de préférence inférieure ou égale à 2,0 mm.
- [0084] La tranche et la rainure 16 étant de formes complémentaires, la tranche est appliquée sur le fond de la rainure 16 sur la quasi-totalité de sa surface, par exemple, sur plus de 90% de sa surface.
- [0085] Comme illustré par la [Fig.1], une fois inséré dans la rainure 16, le raidisseur 6 est sensiblement perpendiculaire à la première surface 12 du panneau 4 pour former une configuration de soudage en T.
- [0086] Le cordon de soudure est réalisé au moyen d'un soudage par friction malaxage du raidisseur 6 au panneau 4, comme indiqué par la suite.
- [0087] Le soudage est effectué à partir de la deuxième surface 14 du panneau 4, en regard du raidisseur 6. Il est réalisé sur tout le long de la rainure 16 et est centré par rapport à elle. Le soudage mélange et homogénéise la tranche du raidisseur 6 insérée dans la rainure 16 avec la matière du panneau 4 au voisinage de la rainure 16.
- [0088] Aucune interface résiduelle n'existe entre le panneau 4 et le raidisseur 6 après soudage. La pièce 2 est dépourvue de zones non soudées au niveau de l'interface entre le panneau 4 et le raidisseur 6.
- [0089] Le cordon de soudure, et donc la soudure, est contenu dans le panneau 4. Le cordon de soudure ne débord pas dans la région du raidisseur 6 située en saillie par rapport à la première surface 12.
- [0090] La pièce 2 est fabriquée avantageusement à l'aide d'un poste d'assemblage 22 illustré schématiquement sur les figures 2 et 3.
- [0091] Le poste d'assemblage 22 comporte un dispositif de rotation orbitale 24 du panneau

4 et un outil 26 de soudage par friction malaxage.

[0092] Le poste d'assemblage 22 comporte en outre une unité de traitement 28 configurée pour commander l'outil de soudage 26 et le dispositif de rotation orbitale 24 du panneau 4.

[0093] Le dispositif de rotation orbitale 24 du panneau 4 est propre à soutenir le panneau 4 et chaque raidisseur 6.

[0094] Plus précisément, le dispositif de rotation orbitale 24 du panneau 4 est propre à supporter au moins le poids de la pièce 2 d'aéronef destinée à être assemblée et de la force de forgeage de travail exercée lors du soudage.

[0095] Dans le mode de réalisation préféré de la [Fig.3], le dispositif de rotation orbitale 24 du panneau 4 comporte un bâti 30 et un support enclume 32 mobile en rotation par rapport au bâti 30 autour d'un axe longitudinal X2.

[0096] Le dispositif de rotation orbitale 24 du panneau 4 comprend aussi un système d'entraînement en rotation orbitale 34 du support enclume 32 par rapport au bâti 30 selon l'axe longitudinal X2.

[0097] L'axe longitudinal X2 est par exemple sensiblement horizontal.

[0098] Le bâti 30 est fixe par rapport au sol, au moins pendant l'étape de soudage par friction malaxage du raidisseur 6 au panneau 4 lors de la méthode d'assemblage.

[0099] De préférence, le bâti 30 est fixé au sol.

[0100] Le bâti 30 et le système d'entraînement en rotation orbitale 34 sont propres à faire contrepoids au support enclume 32, à la pièce 2 d'aéronef destinée à être assemblée et à la force de forgeage de travail exercée lors du soudage.

[0101] Le système d'entraînement en rotation orbitale 34 est propre à déplacer le support enclume 32 en rotation orbitale par rapport au bâti 30 autour de l'axe longitudinal X2.

[0102] Pour ce faire, le système d'entraînement en rotation orbitale 34 comprend au moins un motoréducteur 36.

[0103] Dans un mode de réalisation préféré, illustré sur la [Fig.3], le système d'entraînement en rotation orbitale 34 comprend aussi une platine tournante 38, le motoréducteur 36 étant propre à déplacer la platine tournante 38 en rotation par rapport au bâti 30 selon l'axe longitudinal X2.

[0104] La platine tournante 38 est sensiblement centrée sur l'axe longitudinal X2.

[0105] La platine tournante 38 comprend avantageusement des orifices de fixation pour positionner et fixer le support enclume 32 sur la platine tournante 38.

[0106] Dans un exemple de réalisation, le bâti 30 et le système d'entraînement 34 sont formés par un positionneur mono-axe de la marque Kuka, de préférence de la gamme KP1-H HW.

[0107] De manière générale, le support enclume 32 est porté par le bâti 30.

[0108] Dans le mode de réalisation préféré illustré sur la [Fig.3], le support enclume 32 est

de préférence en porte-à-faux par rapport au bâti 30.

- [0109] Le support enclume 32 est raccordé au bâti 30 par l'intermédiaire du système d'entraînement 34. Par exemple, le support enclume 32 est positionné et fixé sur la platine tournante 38.
- [0110] Le support enclume 32 comprend une pièce de contre-appui 40.
- [0111] Le support enclume 32 comprend aussi une structure de support 42 de la pièce de contre-appui 40.
- [0112] Le support enclume 32 comprend aussi de préférence un système d'immobilisation, non représenté, du panneau 4 contre la pièce de contre-appui 40, le système d'immobilisation comprenant par exemple des brides de fixation.
- [0113] La structure de support 42 de la pièce de contre-appui 40 raccorde la pièce de contre-appui 40 audit système d'entraînement 34, et dans cet exemple à la platine tournante 38.
- [0114] La structure de support 42 est propre à transmettre la rotation de la platine tournante 38 par rapport au bâti 30 à la pièce de contre-appui 40.
- [0115] La structure de support 42 est solidaire de la pièce de contre-appui 40.
- [0116] La structure de support 42 comprend par exemple un plateau de positionnement 44 et au moins une traverse 46 s'étendant perpendiculairement au plateau de positionnement 44.
- [0117] Le plateau de positionnement 44 est interposé entre la platine tournante 38 et la pièce de contre-appui 40.
- [0118] Le plateau de positionnement 44 est fixé sur la platine tournante 38.
- [0119] Chaque traverse 46 est fixée au plateau de positionnement 44 d'une part et à la pièce de contre-appui 40 d'autre part.
- [0120] Chaque traverse 46 soutient le poids de la pièce de contre-appui 40.
- [0121] Dans le mode de réalisation préféré illustré sur la [Fig.3], la pièce de contre-appui 40 est en porte-à-faux par rapport au bâti 30.
- [0122] La pièce de contre-appui 40 présente une surface de contre-appui incurvée 48 sur laquelle le panneau 4 est propre à être rapporté.
- [0123] Par l'intermédiaire du système d'entraînement 34, la surface de contre-appui incurvée 48 est propre à être mise en rotation orbitale, autour de l'axe longitudinal X2 par rapport au bâti 30, à une vitesse d'avance linéaire comprise 0,5 mm/s et 10,0 mm/s.
- [0124] Le support enclume 32 est propre à permettre à l'ensemble du panneau 4 et du raidisseur 6 d'être solidaire en rotation de la pièce de contre-appui 40.
- [0125] La surface de contre-appui incurvée 48 est cylindrique en arc de cercle autour de l'axe longitudinal X2.
- [0126] En d'autres termes, la surface de contre-appui incurvée 48 est engendrée par des droites génératrices parallèles à l'axe longitudinal X2 et à partir d'une courbe directrice

en arc de cercle centré sur l'axe longitudinal X2.

- [0127] La surface de contre-appui incurvée 48 présente un rayon de courbure, défini par rapport à l'axe longitudinal X2 et dans un plan perpendiculaire à l'axe longitudinal X2, inférieur à 500 mm.
- [0128] Le rayon de courbure de la surface de contre-appui incurvée 48 est pris selon une normale à la surface de contre-appui incurvée 48.
- [0129] Par exemple, ledit rayon de courbure est supérieur à 350 mm.
- [0130] Le rayon de courbure de la surface de contre-appui 48 par rapport à l'axe longitudinal X2 est égal au rayon de courbure de la première surface 12 du panneau 4 par rapport à l'axe central X1.
- [0131] Ainsi, la surface de contre-appui incurvée 48 présente une forme épousant ladite première surface 12 du panneau 4.
- [0132] En d'autres termes, le support enclume 32 est tel que, lorsque le panneau 4 est positionné sur la surface de contre-appui incurvée 48, l'axe longitudinal X2 est confondu avec l'axe central X1 du panneau 4.
- [0133] Par conséquent, lorsque le panneau 4 est positionné sur la surface de contre-appui incurvée 48, le support enclume 32 est mobile en rotation orbitale par rapport au bâti 30 autour de l'axe central X1 du panneau 4.
- [0134] La pièce de contre-appui 40 permet ainsi d'effectuer le soudage à partir de la deuxième surface 14 du panneau 4.
- [0135] La surface de contre-appui incurvée 48 présente une étendue supérieure au panneau 4.
- [0136] Dans le premier mode de réalisation, la surface de contre-appui incurvée 48 est concave. En particulier, la surface de contre-appui incurvée 48 est en creux.
- [0137] Dans un deuxième mode de réalisation non illustré, la surface de contre-appui incurvée 48 est convexe. En particulier, la surface de contre-appui incurvée 48 est bombée. Ce deuxième mode de réalisation est destiné au soudage de raidisseurs 6 sur la surface en creux du panneau 4.
- [0138] La pièce de contre-appui 40 délimite, pour chaque raidisseur 6, un sillon de réception 50 du raidisseur 6.
- [0139] Chaque sillon de réception est délimité au travers de la surface de contre-appui incurvée 48.
- [0140] Pour chaque raidisseur 6, le sillon de réception 50 présente une profondeur supérieure ou égale à la hauteur du raidisseur 6, prise par rapport à la première surface 12 du panneau 4.
- [0141] De préférence, le sillon de réception 50 s'étend, dans le sens de la profondeur, perpendiculairement à la surface de contre-appui incurvée 48.
- [0142] En particulier, lorsque le raidisseur 6 est reçu dans le sillon de réception 50, le

raidisseur 6 s'étend perpendiculairement à la surface de contre-appui incurvée 48.

[0143] La pièce de contre-appui 40 permet ainsi un soudage dans une configuration en T du panneau 4 et du raidisseur 6.

[0144] Pour chaque raidisseur 6, le sillon de réception 50 présente une largeur supérieure ou égale à la largeur du raidisseur 6.

[0145] Le support enclume 32 comporte de préférence, pour chaque raidisseur 6, une bride déplaçable entre une position fermée d'immobilisation du raidisseur 6 et une position ouverte de libération du raidisseur 6 pour immobiliser le raidisseur sur la pièce de contre-appui 40.

[0146] L'outil de soudage 26 comporte une tête de soudage 52 et un système de pilotage 54 de la tête de soudage 52.

[0147] La tête de soudage 52 comprend au moins un pion rotatif 56.

[0148] La tête de soudage 52 comprend aussi par exemple un épaulement 58 solidaire du pion rotatif 56.

[0149] Le pion rotatif 56 est propre à provoquer, par friction et entraînement en rotation, l'écoulement et le malaxage de la matière avec lequel il entre en contact.

[0150] Pour ce faire, la tête de soudage 52 comprend par exemple un moteur dédié propre à entraîner en rotation le pion 56 pour mettre en œuvre le malaxage.

[0151] L'épaulement 58 est solidaire avec le pion rotatif 56, et est coaxial avec le pion rotatif 56.

[0152] L'épaulement 58 présente une section transversale supérieure à la section transversale du pion rotatif 56.

[0153] L'épaulement 58 est propre à limiter la pénétration de la tête de soudage 52 dans le panneau 4 et à éviter que la matière du panneau 4 ne flue dans le sens vers la tête de soudage 52 lors du malaxage.

[0154] Par l'intermédiaire du système de pilotage 54, la tête de soudage 52 est apte à appliquer une force de forgeage sur le panneau 4 selon un axe de forgeage.

[0155] La force de forgeage s'étend selon l'axe de forgeage, vers le panneau 4, et présente une intensité désignée par les termes « effort de forgeage ».

[0156] De préférence, le système de pilotage 54 est propre à faire appliquer un effort de forgeage supérieure ou égal à 4500N.

[0157] Le système de pilotage 54 est propre à faire tourner la tête de soudage 52, et donc le pion rotatif 56 et l'épaulement 58, selon un axe de rotation centrale.

[0158] L'axe de rotation centrale passe notamment par un centre géométrique d'une section transversale du pion rotatif 56.

[0159] Lors du soudage, l'axe de rotation centrale est confondu avec l'axe de forgeage de la force de forgeage exercée.

[0160] De préférence, le système de pilotage 54 est propre à faire tourner la tête de soudage

52 par rapport à l'axe de rotation centrale à une vitesse de rotation supérieure ou égale à 600 tour/min.

- [0161] Le système de pilotage 54 est apte à positionner et déplacer le pion rotatif 56 sur la deuxième surface 14.
- [0162] De préférence, le système de pilotage 54 est propre à modifier un angle de forgeage formé entre l'axe de rotation centrale du pion 56 et la normale au contact du pion 56 sur la deuxième surface 14.
- [0163] La normale correspond en particulier à une droite passant par l'axe central X1 et par un centre géométrique d'une section transversale du pion rotatif 56.
- [0164] Dans le mode de réalisation préféré illustré, le système de pilotage 54 comporte un bras robot 60.
- [0165] Avantageusement, le bras robot 60 est propre à déplacer la tête de soudage 52 dans au moins deux directions spatiales distinctes, et de préférence au moins trois directions spatiales distinctes.
- [0166] Le bras robot 60 est articulé et comprend au moins deux axes de rotation, de préférence au moins trois axes de rotation, avantageusement au moins quatre axes de rotation, mieux au moins cinq axes de rotation et en particulier au moins six axes de rotation.
- [0167] Au moins deux, de préférence au moins trois, des axes de rotation sont non parallèles deux à deux. Avantageusement, tous les axes de rotation sont non parallèles deux à deux.
- [0168] De manière générale, pour chaque axe de rotation, le bras robot 60 comprend deux éléments d'articulation 62A-62G et une articulation joignant les deux éléments d'articulation 62A-62G, l'axe de rotation passant par l'articulation. Par l'intermédiaire de l'articulation, les deux éléments d'articulation 62A-62G sont mobiles l'un par rapport à l'autre autour de l'axe de rotation.
- [0169] Pour chaque articulation, le bras robot 60 comprend au moins un moteur d'entraînement 66 propre à entraîner en rotation, autour de l'axe de rotation de l'articulation, un des éléments d'articulation 62A-62G de l'articulation par rapport à l'autre.
- [0170] Chaque moteur d'entraînement 66 est par exemple un servomoteur AC.
- [0171] Les éléments d'articulation 62A-62G, les articulations et les moteurs d'entraînement 66 du bras robot 60 forment une chaîne mécanique de commande du positionnement, de la rotation et de la force de forgeage de la tête de soudage 52.
- [0172] Ainsi, dans cet exemple, le système de pilotage 54 est propre à faire tourner la tête de soudage 52 selon l'axe de rotation centrale à une vitesse de rotation supérieure ou égale à 600 tour/min par l'intermédiaire de l'un des moteurs d'entraînement 66 du bras robot 60.

- [0173] De plus, dans cet exemple, le système de pilotage 54 est propre à faire appliquer un effort de forgeage supérieure ou égal à 4500N par l'intermédiaire de l'ensemble des moteurs d'entraînement 66 du bras robot 60.
- [0174] Dans le mode de réalisation illustré, les éléments d'articulation 62A-62G du bras robot 60 comprennent au moins un châssis de base 62A, supportant les autres éléments d'articulation 62B-62G, et une bride de fixation 62G de la tête de soudage 52, propre à enserrer la tête de soudage 52.
- [0175] La bride de fixation 62G de la tête de soudage 52 et le châssis de base 62A sont disposés aux extrémités opposées de la chaîne mécanique de commande.
- [0176] La bride de fixation 62G de la tête de soudage 52 et le châssis de base 62A sont raccordés au moyen des autres éléments d'articulation 62B-62G et articulations du bras robot 60.
- [0177] Le châssis de base 62A est fixe par rapport au sol, au moins pendant le soudage de chaque raidisseur 6 au panneau 4 lors de la méthode d'assemblage.
- [0178] Dans un exemple particulier de réalisation du bras robot 60, les éléments d'articulation 62A-62G du bras robot 60 comprennent aussi un carrousel 62B.
- [0179] Le carrousel 62B est monté sur le châssis de base 62A de sorte qu'une des articulations du bras robot 60 joigne le carrousel 62B au châssis de base 62A. Le carrousel 62B est propre à être entraîné en rotation autour d'un premier des axes de rotation par rapport au châssis de base 62A par un premier des moteurs d'entraînement 66.
- [0180] Le premier axe de rotation est par exemple sensiblement vertical.
- [0181] Par « sensiblement », on entend par exemple que le premier axe de rotation présente un angle aigu avec la verticale inférieur ou égal à 5°.
- [0182] Les éléments d'articulation 62A-62G du bras robot 60 comprennent aussi par exemple un bras de bascule 62C.
- [0183] Le bras de bascule 62C est monté sur le carrousel 62B de sorte qu'une des articulations du bras robot 60 joigne le bras de bascule 62C au carrousel 62B. Le bras de bascule 62C est propre à être entraîné en rotation autour d'un deuxième des axes de rotation par rapport au carrousel 62B par un deuxième des moteurs d'entraînement 66.
- [0184] Le deuxième axe de rotation est de préférence sensiblement perpendiculaire au premier axe de rotation.
- [0185] Le deuxième axe de rotation est par exemple horizontal.
- [0186] Le bras de bascule 62C est en particulier ainsi propre à pivoter vers le haut et vers le bas autour du deuxième axe de rotation par rapport au carrousel 62B.
- [0187] Les éléments d'articulation 62A-62G du bras robot 60 comprennent aussi par exemple un bras de liaison 62D.
- [0188] Le bras de liaison 62D est monté sur le bras de bascule 62C de sorte qu'une des articulations du bras robot 60 joigne le bras de liaison 62D au bras de bascule 62C. Le

bras de liaison 62D est propre à être entraîné en rotation autour d'un troisième des axes de rotation par rapport au bras de bascule 62C par un troisième des moteurs d'entraînement 66.

[0189] Le troisième axe de rotation est par exemple horizontal.

[0190] Le bras de liaison 62D est en particulier ainsi propre à pivoter vers le haut et vers le bas autour du deuxième axe de rotation par rapport au bras de bascule 62C.

[0191] Les éléments d'articulation 62A-62G du bras robot 60 comprennent aussi par exemple un avant-bras 62E.

[0192] L'avant-bras 62E est monté sur le bras de liaison 62D de sorte qu'une des articulations du bras robot 60 joigne l'avant-bras 62E au bras de liaison 62D. L'avant-bras 62E est propre à être entraîné en rotation autour d'un quatrième des axes de rotation par rapport au bras de liaison 62D par un quatrième des moteurs d'entraînement 66.

[0193] L'avant-bras 62E s'étend par exemple dans le prolongement du bras de liaison 62D le long du quatrième axe de rotation.

[0194] De préférence, l'avant-bras 62E comprend aussi, à l'opposé de l'articulation avec le bras de liaison 62D, au moins une première branche et une deuxième branche s'étendant sous forme de fourche.

[0195] Les première et deuxième branches s'étendent par exemple parallèlement au quatrième axe de rotation.

[0196] Les éléments d'articulation 62A-62G du bras robot 60 comprennent aussi par exemple une main de robot 62F.

[0197] La main de robot 62F est montée sur l'avant-bras 62E de sorte qu'une des articulations du bras robot 60 joigne la main de robot 62F à l'avant-bras 62E. La main de robot 62F est propre à être entraînée en rotation autour d'un cinquième des axes de rotation par rapport à l'avant-bras 62E par un cinquième des moteurs d'entraînement 66.

[0198] La main de robot 62F est par exemple montée enserrée par la fourche formée par les première et deuxième branches de l'avant-bras 62E.

[0199] Le cinquième axe de rotation est alors par exemple perpendiculaire au quatrième axe de rotation.

[0200] Dans un exemple de réalisation, la bride de fixation 62G de la tête de soudage 52 est montée sur la main de robot 62F de sorte qu'une des articulations du bras robot 60 joigne la bride de fixation 62G à la main de robot 62F. La bride de fixation 62G est propre à être entraînée en rotation autour d'un sixième des axes de rotation par rapport à la main de robot 62F par un sixième des moteurs d'entraînement 66.

[0201] Le sixième axe de rotation est par exemple perpendiculaire au cinquième axe de rotation.

[0202] Le bras robot 60 est par exemple un robot de la marque Kuka, de préférence de la

gamme KR 500-3 MT.

- [0203] L'unité de traitement 28 est configurée pour commander l'outil de soudage 26 et le dispositif de rotation orbitale 24 du panneau 4.
- [0204] Pour ce faire, l'unité de traitement 28 comprend par exemple un dispositif de traitement 68 informatique et une mémoire 70, le dispositif de traitement informatique 68 étant connecté de manière opérationnelle à la mémoire 70.
- [0205] Le dispositif de traitement 68 comprend par exemple au moins un processeur, la mémoire 70 recevant alors des modules logiciels décrits ci-dessous propres à être exécutés par le processeur pour réaliser des fonctions.
- [0206] Le dispositif de traitement informatique 68 comprend par exemple un seul processeur. Alternativement, le dispositif de traitement informatique 68 comprend plusieurs processeurs, qui sont situés dans une même zone géographique, ou sont, au moins partiellement, situés dans des zones géographiques différentes et sont alors propres à communiquer entre eux.
- [0207] Par le terme « mémoire », on entend toute mémoire informatique volatile ou non volatile appropriée au sujet actuellement divulgué, telle qu'une mémoire vive (RAM), une mémoire morte (ROM) ou d'autres éléments électroniques, optique, magnétique ou tout autre support de stockage lisible par ordinateur sur lequel les données et les fonctions de commande telles que décrites par la suite sont stockées.
- [0208] Par conséquent, la mémoire 70 est un support de stockage tangible où les données et les fonctions de commande sont stockées sous une forme non transitoire.
- [0209] Alternativement, le dispositif de traitement 68 comprend un microcontrôleur, un réseau de cellules programmables (FPGA) et/ou un circuit intégré dédié (ASIC) capables d'exécuter diverses opérations de traitement de données et de fonctions, en particulier capables d'exécuter au moins les fonctions des modules 72, 74 décrites par la suite.
- [0210] L'unité de traitement 28 comprend ainsi un module 72 de commande de l'outil de soudage 26 et un module 74 de commande du dispositif de rotation orbitale 24.
- [0211] Le module 72 de commande de l'outil de soudage 26 est configuré pour commander les déplacements du système de pilotage 54, et en particulier du bras robot 60.
- [0212] En particulier, le module 72 est configuré pour commander chaque moteur d'entraînement 66 du bras robot 60 en fonction d'une séquence de mouvements souhaitée pour le bras robot 60, en fonction de la rotation du pion rotatif 56 souhaitée, en fonction de la force de forgeage souhaitée, et/ou en fonction de l'angle de forgeage souhaité.
- [0213] La séquence de mouvement pour mettre en œuvre la méthode d'assemblage décrite ci-après est notamment stockée dans la mémoire 70.
- [0214] Le module 74 de commande du dispositif de rotation orbitale 24 est configuré pour

commander le système d'entraînement 34 du dispositif de rotation orbitale 24 et en particulier le motoréducteur 36.

- [0215] Le module 74 de commande du dispositif de rotation orbitale 24 est notamment configuré pour commander une vitesse de rotation de la pièce de contre-appui 40 autour de l'axe longitudinal X2 par rapport au bâti 30.
- [0216] La séquence de rotation orbitale pour mettre en œuvre la méthode d'assemblage décrite ci-après est notamment stockée dans la mémoire 70.
- [0217] Par l'intermédiaire des modules 72, 74, l'unité de traitement 28 est alors configurée pour contrôler le dispositif de rotation orbitale 24 et l'outil de soudage 26 par friction malaxage pour mettre en œuvre l'étape de soudage de la méthode d'assemblage décrite ci-après.
- [0218] Une méthode d'assemblage 100 de la pièce 2 d'aéronef va maintenant être décrite, en référence à la [Fig.4].
- [0219] La méthode 100 comprend la fourniture 102 du raidisseur 6 et du panneau 4, décrits ci-dessus, initialement séparés.
- [0220] La fourniture 102 du panneau 4 comprend par exemple l'usinage de la rainure 16 correspondant à chaque raidisseur 6 dans le panneau 4, au niveau de sa première surface 12. L'usinage est mis en œuvre par un poste d'usinage de manière connue par l'homme du métier.
- [0221] La méthode 100 comprend aussi de préférence la fourniture 104 du poste d'assemblage 22 décrit ci-dessus, le soudage ultérieur étant mis en œuvre par ce poste d'assemblage 22.
- [0222] La méthode 100 comprend l'insertion 106 du raidisseur 6 dans la rainure 16.
- [0223] Pour ce faire, le raidisseur 6 est positionné pour être reçu dans le sillon de réception 50 de la pièce de contre-appui 40.
- [0224] De plus, le panneau 4 est positionné sur la pièce de contre-appui 40, ce positionnement s'accompagnant ainsi de l'insertion du raidisseur 6 dans la rainure 16.
- [0225] La tranche du raidisseur 6 est alors appliquée contre le fond de la rainure 16.
- [0226] Le panneau 4 est alors immobilisé par rapport à la pièce de contre-appui 40, par exemple par le système d'immobilisation du support enclume 32, de sorte que l'ensemble du panneau 4 et du raidisseur 6 soit solidaire en rotation de la pièce de contre-appui 40.
- [0227] La méthode 100 comprend alors le soudage par friction malaxage 108 du raidisseur 6 sur le panneau 4.
- [0228] Le soudage par friction malaxage 108 est réalisé à partir de la deuxième surface 14 du panneau 4, en regard du raidisseur 6.
- [0229] Le soudage par friction malaxage 108 est mis en œuvre au moins par la tête de soudage 52 comprenant le pion rotatif 56.

- [0230] Pendant cette étape de soudage 108, le bâti 30 du dispositif de rotation orbitale 24 et le châssis de base 62A du bras robot 60 sont fixes en position l'un par rapport à l'autre.
- [0231] En particulier, le bâti 30 et le châssis de base 62A sont fixes par rapport au sol.
- [0232] Le soudage par friction malaxage 108 comprend successivement une phase transitoire préliminaire 110, une phase de travail 112 et une phase transitoire d'arrêt 114.
- [0233] Au cours de la phase transitoire préliminaire 110, le panneau 4 est maintenu fixe par rapport à l'axe central X1.
- [0234] En particulier, le dispositif de rotation orbitale 24 maintient le panneau 4 fixe par rapport au bras robot 60.
- [0235] Plus précisément, le module 74 commande ainsi le dispositif orbitale 24 de sorte que le système d'entraînement 34 maintienne en position la pièce de contre-appui 40 par rapport au bâti 30.
- [0236] La phase transitoire préliminaire 110 comprend la mise en rotation 116 du pion rotatif 56 par rapport au panneau 4 selon l'axe de rotation centrale.
- [0237] L'axe de rotation centrale du pion rotatif 56 passe par un centre géométrique d'une section transversale du pion rotatif.
- [0238] Au cours de la phase transitoire préliminaire 110, le pion rotatif 56 présente une vitesse de rotation initiale par exemple comprise entre 900 tour/min et 1500 tour/min.
- [0239] En vue depuis le panneau 4, le sens de rotation du pion rotatif 56 est horaire ou trigonométrique.
- [0240] La phase transitoire préliminaire 110 comprend aussi le déplacement 118 du pion rotatif 56 vers le panneau 4 et le contact 120 du pion rotatif 56 avec la deuxième surface 14 du panneau 4 en regard de la rainure 16 et de manière centrée par rapport à la rainure 16.
- [0241] Le contact 120 du pion rotatif 56 est de préférence en regard d'une première extrémité longitudinale du raidisseur 6.
- [0242] Ce déplacement 118 est mis en œuvre après ou de manière concomitante à la mise en rotation 116.
- [0243] Ce déplacement 118 est ici mis en œuvre par le bras robot 60.
- [0244] En particulier, la mise en rotation 116, le déplacement 118, et le contact 120 sont mis en œuvre par l'actionnement des moteurs d'entraînement 66 du bras robot 60 selon une séquence de mouvements/configurations articulaires, la séquence étant dans cet exemple commandée par le module 72 de commande de l'unité de traitement 28.
- [0245] A partir du contact 120 du pion rotatif 56 avec la deuxième surface 14, une force de forgeage est appliquée sur le panneau 4.
- [0246] La force de forgeage s'étend selon l'axe de forgeage et présente une intensité désignée par les termes « effort de forgeage ».

- [0247] L'axe de rotation centrale du pion 56 est alors confondu avec l'axe de forgeage et délimite un angle de forgeage avec la normale au contact du pion rotatif 56 sur la deuxième surface 14.
- [0248] La phase transitoire préliminaire 110 comprend l'augmentation 122 d'un effort de forgeage de la force de forgeage exercée par la tête de soudage 52 sur le panneau 4, jusqu'à un effort de forgeage de travail maintenu constant pendant la phase de travail 112 ultérieure.
- [0249] La pièce de contre-appui 40 assure alors une reprise de l'effort de forgeage.
- [0250] De préférence, l'augmentation 122 de l'effort de forgeage est mise en œuvre par palier(s).
- [0251] Plus précisément, lors de l'augmentation 122, l'effort de forgeage est augmenté jusqu'à au moins un palier auquel l'effort est maintenu constant pendant une période de temps non nulle, puis l'effort est augmenté depuis ledit palier jusqu'au palier suivant ou jusqu'à l'effort de forgeage de travail.
- [0252] Ainsi, à l'issue de la phase transitoire préliminaire 110, l'effort de forgeage de travail correspond à celui exercé lors de la phase de travail 112.
- [0253] L'effort de forgeage de travail est par exemple compris entre 4500 N et 6500 N, de préférence supérieure ou égale à 5000 N.
- [0254] La rotation du pion rotatif 56 combinée à la force de forgeage conduit à un échauffement, un ramollissement, une pénétration du pion 56 en rotation dans les matières du panneau 4 et du raidisseur 6, et un entraînement des matières du panneau 4 et du raidisseur 6 en rotation pour créer le phénomène de malaxage.
- [0255] Le pion rotatif 56 pénètre dans les matières jusqu'à ce que l'épaule 58 soit en contact avec la deuxième surface 14 du panneau 4. L'effort de forgeage de travail est contrôlé pour maintenir le contact de l'épaule 58 de la tête de soudage 52 avec la deuxième surface 14 du panneau 4 sans pénétration de l'épaule 58 dans la matière du panneau 4.
- [0256] Dans un mode de réalisation avantageux, la phase transitoire préliminaire 110 comprend une augmentation 124 de l'angle de forgeage depuis un angle de forgeage initial lors du contact 120 du pion rotatif 56 avec la deuxième surface 14 du panneau 4 jusqu'à un angle de forgeage de travail, l'angle de forgeage de travail étant maintenu constant pendant la phase de travail 112.
- [0257] L'angle de forgeage initial est de préférence nul. En particulier, lors du contact 120 du pion rotatif 56, l'axe de rotation centrale est confondu avec la normale à la deuxième surface 14.
- [0258] De préférence, l'augmentation 124 de l'angle de forgeage est mise en œuvre de manière linéaire.
- [0259] Ainsi, à l'issue de la phase transitoire préliminaire 110, l'angle de forgeage de travail

correspond à celui de la phase de travail 112.

- [0260] L'angle de forgeage de travail est avantageusement compris entre 0,5° et 5,0°.
- [0261] De préférence, la phase transitoire préliminaire 110 comprend aussi une diminution de la vitesse de rotation du pion rotatif 56 depuis la vitesse de rotation initiale jusqu'à une vitesse de rotation de travail maintenue constante pendant la phase de travail 112 ultérieure. Alternativement, la vitesse de rotation initiale correspond à la vitesse de rotation de travail.
- [0262] La vitesse de rotation de travail du pion rotatif 56 est par exemple comprise entre 600 tour/min et 900 tour/min.
- [0263] Dans l'exemple de réalisation, le module 72 commande le système de pilotage 54 pour mettre en œuvre le cas échéant l'augmentation 122 de l'effort de forgeage, l'augmentation 124 de l'angle de forgeage et la diminution de la vitesse de rotation du pion 56.
- [0264] En particulier, le profil d'augmentation de l'effort de forgeage et le profil d'augmentation de l'angle de forgeage sont notamment stockés dans la mémoire 70 de l'unité de traitement 28.
- [0265] La phase de travail 112 est mise en œuvre après la phase transitoire préliminaire 110.
- [0266] La phase de travail 112 comprend ainsi l'application 126 de la force de forgeage par la tête de soudage 52 sur le panneau 4 selon l'axe de forgeage, et la rotation 128 du pion rotatif 56 selon l'axe de rotation centrale confondu avec l'axe de forgeage par rapport au panneau 4.
- [0267] De plus, de manière conjointe à cette application 126 et à cette rotation 128 du pion 56, la phase de travail 112 comprend une rotation orbitale 130, autour de l'axe central X1, de l'ensemble formé par le panneau 4 et le raidisseur 6 inséré dans la rainure 16.
- [0268] Cette rotation orbitale 130 conjointe permet la formation d'un cordon de soudure le long de la rainure 16.
- [0269] La rotation orbitale 130 est mise en œuvre par le système d'entraînement en rotation orbitale 34.
- [0270] Dans l'exemple de réalisation, le module 74 commande le système d'entraînement 34 pour mettre en œuvre la rotation orbitale 130.
- [0271] En particulier, le motoréducteur 36 est commandé pour faire tourner la platine tournante 38 par rapport au bâti 30, ce qui entraîne le support enclume 32 et donc la pièce de contre-appui 40.
- [0272] Lors de la rotation orbitale 130 autour de l'axe central X1, la deuxième surface 14 présente une vitesse d'avance linéaire constante. La vitesse d'avance linéaire est de préférence comprise entre 0,5 mm/s et 10,0 mm/s.
- [0273] De préférence, la rotation orbitale 130 est mise en œuvre pour que le pion rotatif 56 parcourt au moins 80%, de préférence au moins 90%, mieux la totalité de la longueur

de la rainure 16.

- [0274] En particulier, la rotation orbitale 130 est mise en œuvre jusqu'à ce que le pion rotatif 56 soit en regard d'une deuxième extrémité longitudinale du raidisseur 6, la deuxième extrémité longitudinale étant opposée à la première extrémité longitudinale en regard de laquelle le pion 56 était positionné lors du contact initial 120.
- [0275] Au cours de la phase de travail 112, l'effort de forgeage de travail est maintenu constant et la vitesse de rotation de travail du pion rotatif 56 est maintenue constante.
- [0276] Dans l'invention, l'axe de rotation centrale du pion 56 est maintenu fixe par rapport à l'axe central X1 au cours de ladite rotation orbitale 130. En particulier, l'axe de forgeage est maintenu fixe par rapport à l'axe central X1 au cours de ladite rotation orbitale 130.
- [0277] En d'autres termes, le mouvement d'avance pour créer le cordon de soudure est géré par la rotation orbitale 130 de l'ensemble panneau/raidisseur, et donc dans cet exemple par le dispositif de rotation orbitale 24 et non par le bras robot 60.
- [0278] Dans le mode de réalisation illustré, la configuration articulaire du bras robot 60 est fixe au cours de ladite rotation orbitale 130.
- [0279] Ainsi, lors de la phase de travail 112, chaque axe de rotation du bras robot 60 est maintenu fixe en position relativement aux autres axes de rotation du bras robot 60.
- [0280] En d'autres termes, les positions spatiales relatives des différents éléments d'articulation 62A-62G du bras robot 60 sont maintenues fixes en position, en particulier par rapport au bâti 30 du dispositif de rotation orbitale 24.
- [0281] Dans l'exemple de réalisation, le module 72 commande le bras robot 60 pour que l'axe de forgeage soit maintenu fixe par rapport à l'axe central X1 au cours de ladite rotation orbitale 130 commandée de manière conjointe par le module 74.
- [0282] A l'issue de la phase de travail 112, la pièce 2 est assemblée et la rotation orbitale 130 est arrêtée.
- [0283] La phase transitoire d'arrêt 114 est mise en œuvre après la phase de travail 112, en particulier après achèvement du cordon de soudure.
- [0284] Au cours de la phase transitoire d'arrêt 114, le panneau 4 est maintenu fixe par rapport à l'axe central X1.
- [0285] En particulier, le dispositif de rotation orbitale 24 maintient le panneau 4 fixe par rapport au bras robot 60.
- [0286] Plus précisément, le module 74 commande ainsi le dispositif orbitale 24 de sorte que le système d'entraînement 34 maintienne en position la pièce de contre-appui 40 par rapport au bâti 30.
- [0287] La phase transitoire d'arrêt 114 comprend une décroissance 132 de l'effort de forgeage depuis l'effort de forgeage de travail jusqu'à rupture de contact du pion 56 avec la deuxième surface 14.

- [0288] De préférence, la décroissance 132 de l'effort de forgeage est mise en œuvre de manière linéaire.
- [0289] Dans un mode de réalisation avantageux, la phase transitoire d'arrêt 114 comprend une décroissance 134 de l'angle de forgeage depuis l'angle de forgeage de travail jusqu'à un angle de forgeage final.
- [0290] L'angle de forgeage final est de préférence nul. L'axe de rotation centrale est alors confondu avec la normale à la deuxième surface 14.
- [0291] De préférence, la décroissance 134 de l'angle de forgeage est mise en œuvre de manière linéaire.
- [0292] Dans l'exemple de réalisation, le module 72 commande le système de pilotage 54 pour mettre en œuvre la décroissance 132 de l'effort de forgeage et la décroissance 134 de l'angle de forgeage.
- [0293] En particulier, le profil de décroissance de l'effort de forgeage et le profil de décroissance de l'angle de forgeage sont notamment stockés dans la mémoire 70 de l'unité de traitement 28.
- [0294] La tête de soudage 52 est déplacée à l'écart de la pièce 2 assemblée.
- [0295] Ce déplacement de la tête de soudage est commandé par l'actionnement des moteurs d'entraînement 66 du bras robot 60 selon une séquence de mouvements, qui est dans cet exemple commandée par le module 72 de commande de l'unité de traitement 28.
- [0296] La pièce 2 assemblée est enfin extraite du dispositif de rotation orbitale 24.
- [0297] Des essais expérimentaux ont été menés avec un positionneur mono-axe de la gamme KP1-H HW de la marque Kuka, un support enclume tel que décrit ci-dessus, et un bras robot 60 de la gamme KR 500-3 MT de la marque Kuka. Il en résulte de très bons résultats, avec une rectitude du cordon de soudure dans les tolérances souhaitées, un temps de cycle non dégradé et un paramétrage du procédé similaire aux procédés classiques de soudage par friction-malaxage.
- [0298] Grâce aux caractéristiques précédemment décrites, il est ainsi possible d'apporter de la flexibilité tout en garantissant le respect des exigences de qualité, en particulier au niveau de la tolérance.
- [0299] Bien que l'invention ait été décrite dans le cadre d'un outil de soudage 26 comprenant un bras robot 60, il apparaît clairement que le concept de l'invention est applicable à tout type d'outil de soudage par friction malaxage comprenant une tête de soudage 52 avec pion rotatif 56.
- [0300] De plus, en variante, l'un quelconque ou plusieurs des éléments d'articulation 62A-62G du bras robot 60 décrits ci-dessus peuvent être omis. Par exemple, le carrousel 62B, et/ou le bras de bascule 62C, et/ou le bras de liaison 62D, et/ou l'avant-bras 62E, et/ou la main de robot 62F peuvent être omis(e)(s).
- [0301] En outre, il apparaît aussi clairement que le concept de l'invention est applicable à

tout type de dispositif propre à assurer la rotation orbitale 130 de l'ensemble panneau/ raidisseur autour de l'axe central X1 pendant une phase de travail 112 de soudage.

Revendications

- [Revendication 1] Méthode d'assemblage (100) d'une pièce (2), la pièce (2) comportant au moins un raidisseur (6) et un panneau (4), le panneau (4) présentant au moins une région incurvée (8), la région incurvée (8) étant cylindrique en arc de cercle autour d'un axe central (X1), le panneau (4) présentant une première surface (12) et une deuxième surface (14) opposée à la première surface (12), la région incurvée (8) définissant au moins une rainure (16) ménagée dans la première surface (12), la méthode (100) comportant les étapes suivantes :
- insertion (106) du raidisseur (6) dans la rainure (16) ;
 - soudage par friction malaxage (108) du raidisseur (6) sur le panneau (4), le soudage étant réalisé à partir de la deuxième surface (14) du panneau (4), en regard du raidisseur (6), le soudage étant mis en œuvre par une tête de soudage (52) comprenant un pion rotatif (56) ;
- caractérisée en ce que l'étape de soudage par friction malaxage (108) comprenant au moins une phase de travail (112), la phase de travail (112) comprenant, de manière conjointe :
- * application (126) d'une force de forgeage par la tête de soudage (52) sur le panneau (4) selon un axe de forgeage et rotation (128) du pion rotatif (56) selon un axe de rotation centrale confondu avec l'axe de forgeage, et ;
 - * rotation orbitale (130), autour de l'axe central (X1), de l'ensemble formé par le panneau (4) et le raidisseur (6) inséré dans la rainure (16), pour former un cordon de soudure le long de la rainure (16), l'axe de rotation centrale du pion rotatif (56) étant maintenu fixe par rapport à l'axe central (X1) au cours de ladite rotation orbitale (130).
- [Revendication 2] Méthode (100) selon la revendication 1, dans laquelle, lors de la rotation orbitale (130) autour de l'axe central (X1), la deuxième surface (14) présente une vitesse d'avance linéaire constante, la vitesse d'avance linéaire étant de préférence comprise entre 0,5 mm/s et 10,0 mm/s.
- [Revendication 3] Méthode (100) selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, dans laquelle le soudage par friction malaxage (108) comprend une phase transitoire préliminaire (110), avant la phase de travail (112), au cours de laquelle le panneau (4) est maintenu fixe par rapport à l'axe central (X1), la phase transitoire préliminaire (110) comprenant :
- la mise en rotation (116) du pion rotatif (56) par rapport au panneau (4) suivant l'axe de rotation centrale,

- le déplacement (118) du pion rotatif (56) vers le panneau (4) et le contact (120) du pion rotatif (56) avec la deuxième surface (14) du panneau (4) en regard de la rainure (16), et

- l'augmentation (122) de l'effort de forgeage de la force de forgeage exercée par la tête de soudage (52) sur le panneau (4), jusqu'à un effort de forgeage de travail maintenu constant pendant la phase de travail (112), l'augmentation étant de préférence mise en œuvre par palier(s).

[Revendication 4] Méthode (100) selon la revendication 3, dans laquelle l'effort de forgeage de travail est compris entre 4500 N et 6500 N, de préférence supérieure ou égale à 5000 N.

[Revendication 5] Méthode (100) selon l'une quelconque des revendications 3 ou 4, dans laquelle l'axe de rotation centrale du pion (56) délimite un angle de forgeage avec la normale au contact du pion rotatif (56) sur la deuxième surface (14),
la phase transitoire préliminaire (110) comprenant une augmentation (124) de l'angle de forgeage depuis un angle de forgeage initial lors du contact (120) du pion rotatif (56) avec la deuxième surface (14) du panneau (4) jusqu'à un angle de forgeage de travail, l'angle de forgeage de travail étant maintenu constant pendant la phase de travail (112), l'angle de forgeage initial étant de préférence nul, l'angle de forgeage de travail étant de préférence compris entre $0,5^{\circ}$ et $5,0^{\circ}$.

[Revendication 6] Méthode (100) selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans laquelle le soudage par friction malaxage (108) comprend une phase transitoire d'arrêt (114), après la phase de travail (112), au cours de laquelle le panneau (4) est maintenu fixe par rapport à l'axe central (X1), la phase transitoire d'arrêt (114) comprenant une décroissance (132) de l'effort de forgeage depuis l'effort de forgeage de travail jusqu'à rupture de contact du pion (56) avec la deuxième surface (14).

[Revendication 7] Méthode (100) selon la revendication 6, dans laquelle la phase transitoire d'arrêt (114) comprend une décroissance (134) de l'angle de forgeage depuis l'angle de forgeage de travail jusqu'à un angle de forgeage final, l'angle de forgeage final étant de préférence nul.

[Revendication 8] Méthode (100) selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans laquelle la deuxième surface (14) présente un rayon de courbure, pris perpendiculairement à l'axe central (X1), inférieure ou égale à 500 mm, de préférence inférieure ou égale à 450 mm.

[Revendication 9] Méthode (100) selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans laquelle la région incurvée (8) présente une épaisseur, hors rainure, in-

férieure ou égale à 5,0 mm, de préférence inférieure ou égale à 4,0 mm, et/ou le raidisseur (6) présente largeur inférieure ou égale à 3,0 mm, de préférence inférieure ou égale à 2,0 mm.

[Revendication 10] Méthode (100) selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, dans laquelle l'étape de soudage par friction malaxage (108) est mise en œuvre par un poste d'assemblage (22), le poste d'assemblage (22) comprenant un outil de soudage (26) par friction malaxage et un dispositif de rotation orbitale (24) du panneau (4), l'outil de soudage (26) comprenant au moins ladite tête de soudage (52), le dispositif de rotation orbitale (24) du panneau (4) comportant un bâti (30), un support enclume (32) mobile en rotation par rapport au bâti (30) autour d'un axe longitudinal (X2), et un système d'entraînement en rotation orbitale (34) du support enclume (32) par rapport au bâti (30) selon l'axe longitudinal (X2), le support enclume (32) comprenant une pièce de contre-appui (40), la pièce de contre-appui (40) présentant une surface de contre-appui incurvée (48) sur laquelle est rapporté le panneau (4), le support enclume (32) étant tel que, lorsque le panneau (4) est positionné sur la surface de contre-appui incurvée (48), l'axe longitudinal (X2) est confondu avec l'axe central (X1) du panneau (4), la rotation orbitale (130) étant mise en œuvre par le système d'entraînement en rotation orbitale (34).

[Revendication 11] Méthode (100) selon la revendication 10, dans laquelle l'outil de soudage (26) comprend aussi un système de pilotage (54) de la tête de soudage (52), le système de pilotage (54) comporte un bras robot (60), le bras robot (60) étant propre à déplacer la tête de soudage (52) dans au moins deux directions spatiales distinctes, le bras robot (60) étant articulé et comprenant au moins deux axes de rotation ; et, au cours de ladite rotation orbitale (130), chaque axe de rotation du bras robot (60) est maintenu fixe relativement aux autres axes de rotation du bras robot (60).

[Revendication 12] Poste d'assemblage (22) d'une pièce (2), la pièce (2) comportant au moins un raidisseur (6) et un panneau (4), le poste d'assemblage (22) comprenant :

- un outil de soudage (26) par friction malaxage, l'outil comprenant une tête de soudage (52), la tête de soudage (52) comportant un pion rotatif (56),
- un dispositif de rotation orbitale (24) du panneau (4) comportant un bâti (30), un support enclume (32) mobile en rotation par rapport au bâti

(30) autour d'un axe longitudinal (X2), et un système d'entraînement en rotation orbitale (34) du support enclume (32) par rapport au bâti (30) selon l'axe longitudinal (X2), le support enclume (32) comprenant une pièce de contre-appui (40), la pièce de contre-appui (40) présentant une surface de contre-appui incurvée (48) sur laquelle le panneau (4) est propre à être rapporté, la surface de contre-appui incurvée (48) étant cylindrique en arc de cercle autour de l'axe longitudinal (X2), et
 - une unité de traitement (28) configurée pour commander l'outil de soudage (26) et le dispositif de rotation orbitale (24) du panneau (4) pour mettre en œuvre un soudage par friction malaxage du raidisseur (6) sur le panneau (4),

l'unité de traitement (28) étant configurée pour commander l'outil de soudage (26) et le dispositif de rotation orbitale (24) pour que le soudage par friction malaxage comprenne au moins une phase de travail, la phase de travail comprenant, de manière conjointe :

* application d'une force de forgeage par la tête de soudage (52) selon un axe de forgeage et rotation du pion rotatif (56) selon un axe de rotation centrale confondu avec l'axe de forgeage, et ;

* rotation orbitale du support enclume (32) autour de l'axe longitudinal (X2) par rapport au bâti (30), l'axe de rotation centrale du pion rotatif (56) étant maintenu fixe par rapport à l'axe longitudinal (X2) au cours de ladite rotation orbitale.

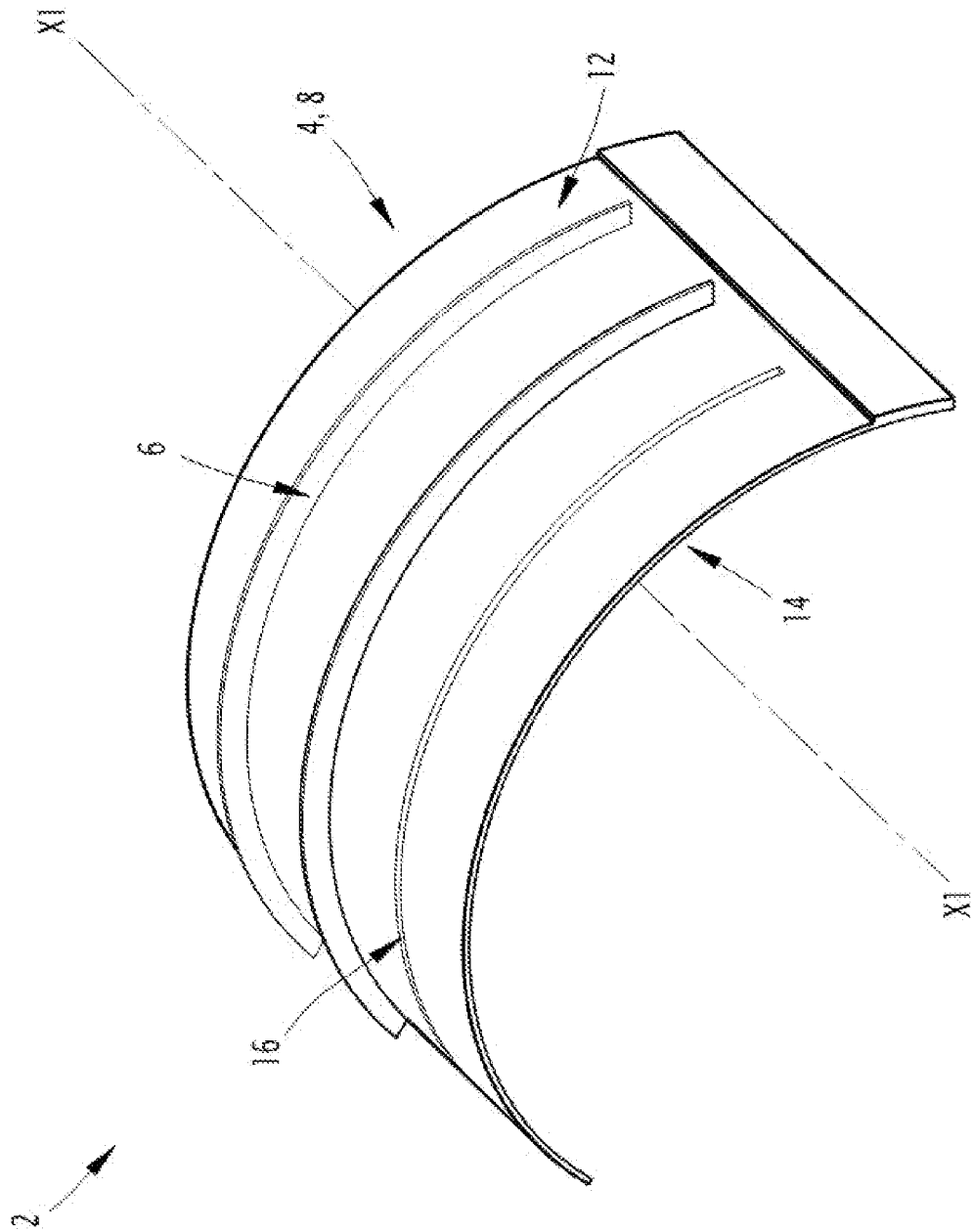
[Revendication 13] Poste d'assemblage (22) selon la revendication 12, dans lequel l'outil de soudage (26) comprend aussi un système de pilotage (54) de la tête de soudage (52), le système de pilotage (54) comportant un bras robot (60), le bras robot (60) étant propre à déplacer la tête de soudage (52) dans au moins deux directions spatiales distinctes, le bras robot (60) étant articulé et comprenant au moins deux axes de rotation ; l'unité de traitement (28) étant configurée pour commander l'outil de soudage (26) de sorte que, au cours de la rotation orbitale, chaque axe de rotation du bras robot (60) soit maintenu fixe relativement aux autres axes de rotation du bras robot (60).

[Revendication 14] Poste d'assemblage (22) selon l'une quelconque des revendications 12 ou 13, dans lequel la surface de contre-appui incurvée (48) présente un rayon de courbure, pris perpendiculairement à l'axe longitudinal (X2), inférieure ou égale à 500 mm, de préférence inférieure ou égale à 450 mm.

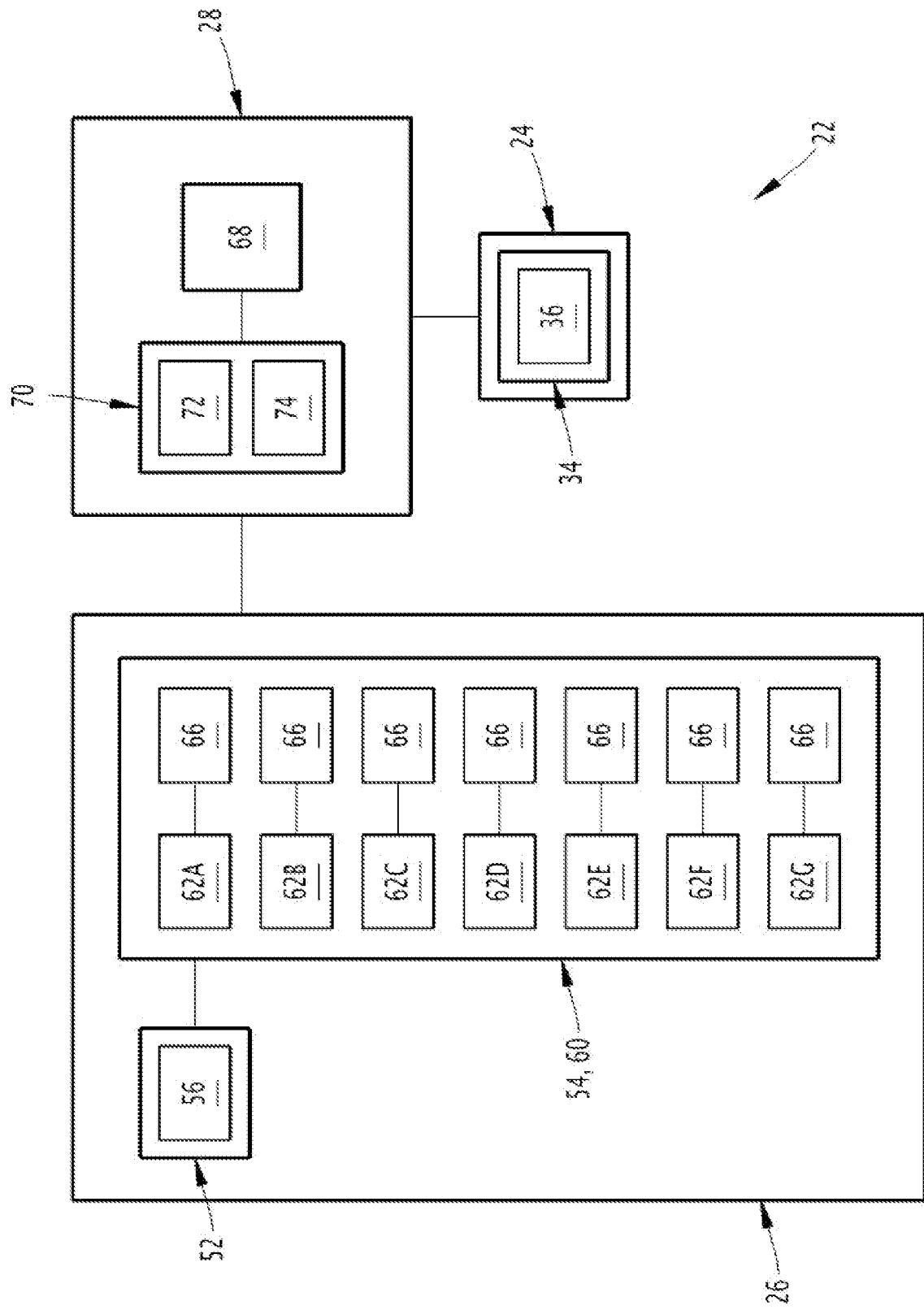
[Revendication 15] Poste d'assemblage (22) selon l'une quelconque des revendications 12

ou 13, dans lequel la pièce de contre-appui (40) délimite un sillon de réception (50) du raidisseur (6), le sillon de réception (50) s'étend de préférence, dans le sens de la profondeur, perpendiculairement à la surface de contre-appui incurvée (48).

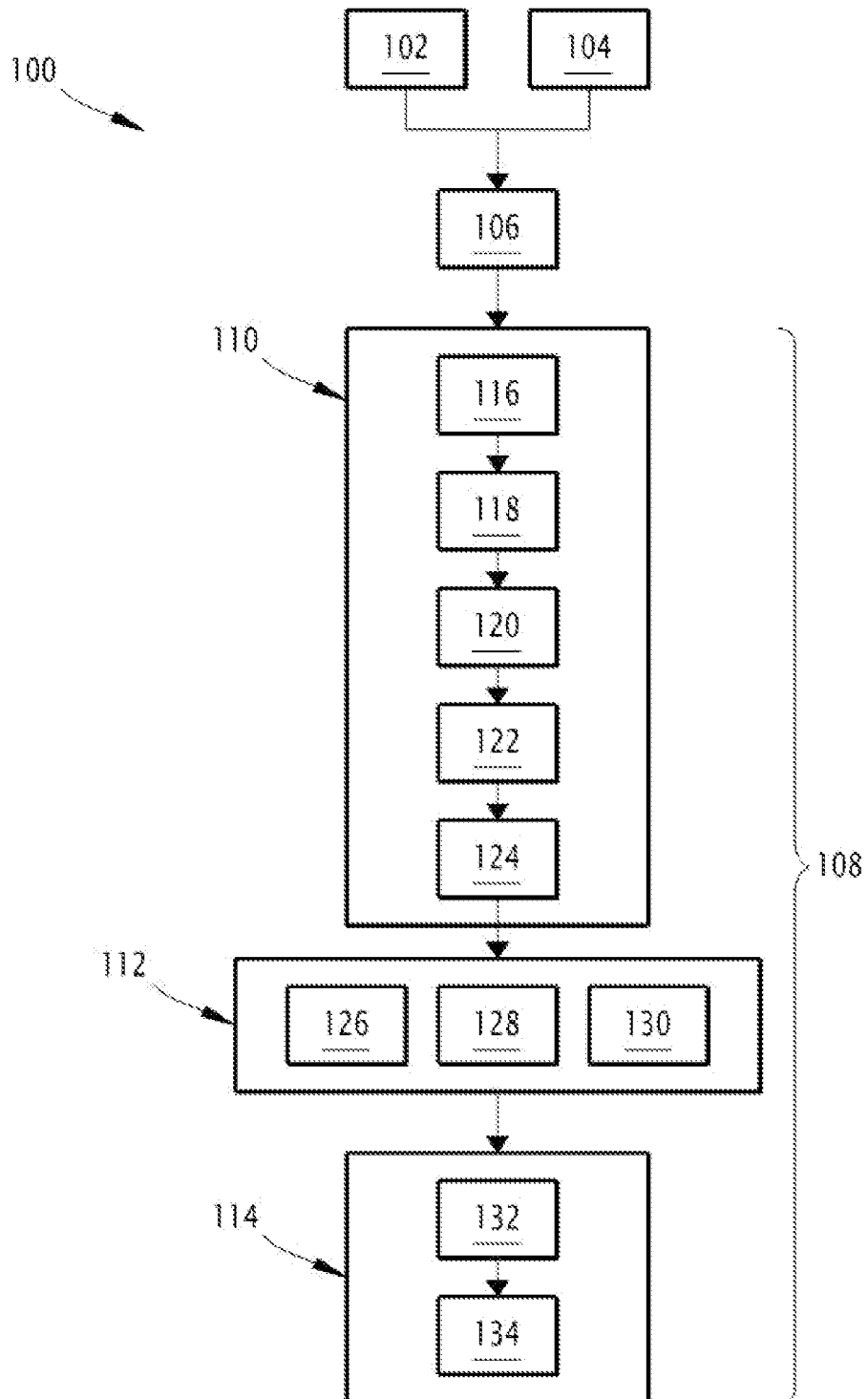
[Fig. 1]



[Fig. 2]



[Fig. 4]



RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

☐ Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

☒ Le demandeur a maintenu les revendications.

☐ Le demandeur a modifié les revendications.

☐ Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

☐ Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

☒ Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

☐ Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

NEANT

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

US 2014/069987 A1 (MIALHE CHRISTOPHE [FR]
ET AL) 13 mars 2014 (2014-03-13)

FR 3 049 929 A1 (DASSAULT AVIAT [FR])
13 octobre 2017 (2017-10-13)

US 2006/027630 A1 (TALWAR RAJESH [US] ET
AL) 9 février 2006 (2006-02-09)

US 2002/190103 A1 (YOSHINAGA FUMIO [JP])
19 décembre 2002 (2002-12-19)

CN 106 563 866 A (SHANGHAI SHIPBUILDING
TECH RES INST ET AL.)
19 avril 2017 (2017-04-19)

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES

NEANT