



(51) Classification internationale des brevets :

B23K 31/02 (2006.01) B23K 103/18 (2006.01)  
B29C 65/00 (2006.01) B23K 103/16 (2006.01)  
B23K 20/06 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/FR2015/053654

(22) Date de dépôt international :

18 décembre 2015 (18.12.2015)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

1462943 19 décembre 2014 (19.12.2014) FR

(71) Déposants : ECOLE CENTRALE DE NANTES [FR/FR]; 1, rue de la Noë, 44300 Nantes (FR). FAURECIA AUTOMOTIVE COMPOSITES [FR/FR]; 2, rue Hennape, 92000 Nanterre (FR).

(72) Inventeurs : RACINEUX, Guillaume; 8 Brairon, 44690 Chateau Thebaud (FR). PRIEM, Didier; 2, rue du Hameau, 44240 La Chapelle Sur Erdre (FR). LEBRUN, Jean-Michel; 7 rue du Cher, 44000 Nantes (FR).

AMOSSE, Yannick; 13 chemin des Monneries, 44470 Carquefou (FR). KHALIL, Chady; Rue Al Ayn, Immeuble Georges El-Hage, Safra-mont Liban (LB).

(74) Mandataires : ORSINI, Fabienne et al.; Cabinet Harle et Phelip, 14-16 Rue Ballu, 75009 Paris (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

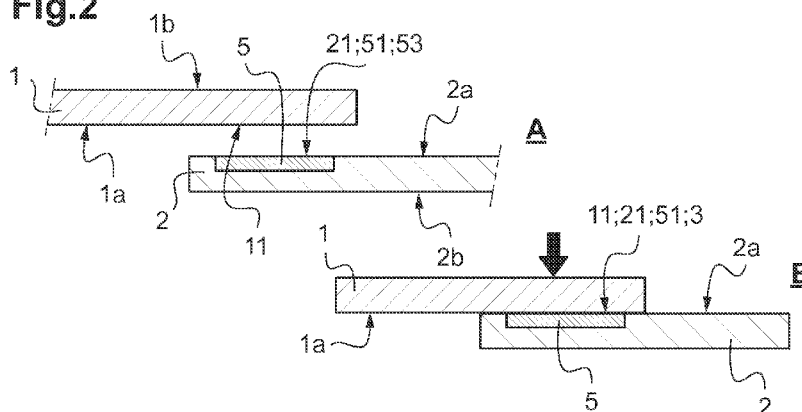
(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : ASSEMBLY METHOD BETWEEN A PART MADE OF METAL MATERIAL AND A PART MADE OF ORGANIC MATRIX COMPOSITE MATERIAL; CORRESPONDING PARTS MADE OF ORGANIC MATRIX COMPOSITE MATERIAL AND ASSEMBLY

(54) Titre : PROCÉDÉ POUR L'ASSEMBLAGE ENTRE UNE PIÈCE EN MATÉRIAU MÉTALLIQUE ET UNE PIÈCE EN MATÉRIAU COMPOSITE A MATRICE ORGANIQUE; PIÈCES EN MATÉRIAU COMPOSITE A MATRICE ORGANIQUE ET ENSEMBLE CORRESPONDANTS

Fig.2



(57) Abstract : The present application relates to an assembly method between a part (1) made of metal material and a part (2) made of organic matrix composite material, said method comprising the following consecutive steps: a) a step of providing said two parts (1, 2), each including a surface to be welded (11, 21), and said surface to be welded (21) of said composite part (2) is made up, at least partially, of an exposed portion (51) of at least one metal insert (5) which is partially embedded in said composite part (2); b) a step of positioning said surfaces to be welded (11, 21) opposite and separated from one another; and c) a step of projecting, at high speed, the surface to be welded (11) of the metal part (1) and/or the exposed portion (51) of the metal insert (5), onto one another, in order to obtain high-speed clamping of said surfaces to be welded (11, 21) to one another and to obtain a weld between the exposed portion (51) of the metal insert (5) of the composite part (2) and the complementary portion of the surface to be welded (11) of the metal part (1).

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]





LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, **Publiée :**  
SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, — *avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))*  
GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Déclarations en vertu de la règle 4.17 :**

- *relative au droit du déposant de demander et d'obtenir un brevet (règle 4.17.ii)*

---

La présente demande concerne un procédé pour l'assemblage entre une pièce (1) en matériau métallique et une pièce (2) en matériau composite à matrice organique, lequel procédé comprend les étapes successives suivantes : a) une étape de fourniture desdites deux pièces (1, 2), comportant chacune une surface à souder (11, 21), et laquelle surface à souder (21) de ladite pièce composite (2) est constituée, au moins partiellement, par une partie exposée (51) d'au moins un insert métallique (5) qui est noyé partiellement dans ladite pièce composite (2), b) une étape de positionnement desdites surfaces à souder (11, 21) en regard et à distance l'une de l'autre, et c) une étape de projection à grande vitesse de la surface à souder (11) de la pièce métallique (1) et/ou de la partie exposée (51) de l'insert métallique (5), l'une sur l'autre, pour obtenir un plaquage à grande vitesse desdites surfaces à souder (11, 21) l'une sur l'autre et pour obtenir un soudage entre la partie exposée (51) de l'insert métallique (5) de la pièce composite (2) et la partie complémentaire de la surface à souder (11) de la pièce métallique (1).

**PROCEDE POUR L'ASSEMBLAGE ENTRE UNE PIECE EN MATERIAU METALLIQUE ET UNE PIECE EN MATERIAU COMPOSITE A MATRICE ORGANIQUE ; PIECES EN MATERIAU COMPOSITE A MATRICE ORGANIQUE ET ENSEMBLE**

**DOMAINE TECHNIQUE AUQUEL SE RAPPORTE L'INVENTION**

La présente invention concerne l'assemblage entre deux pièces, à savoir une pièce en matériau métallique et une pièce en matériau composite en matrice organique.

Elle concerne en particulier un procédé pour l'obtention d'un tel assemblage, ainsi qu'un ensemble constitué des deux pièces assemblées.

**ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE**

Dans de nombreux domaines, notamment celui du transport, les structures multi-matériaux se généralisent de manière à répondre aux exigences croissantes des utilisateurs (notamment en termes d'allègement des structures, d'esthétique et de mise en œuvre de nouvelles fonctionnalités telles que l'isolation électrique ou l'amortissement).

Il est ainsi fréquent d'avoir besoin d'associer des pièces en matériau métallique et des pièces en matériau composite à matrice organique.

Pour assurer une rigidité satisfaisante de deux pièces assemblées, il est souvent préférable de réaliser des liaisons intimes, obtenues généralement par soudage.

Or, en pratique, les matériaux métalliques et les matériaux composites à matrice organique ne sont pas compatibles entre eux pour la mise en œuvre d'un soudage hétérogène.

Pour cette raison, les technologies actuelles pour l'assemblage de tels matériaux sont :

- l'assemblage mécanique, par exemple le vissage ou le rivetage, et
- l'assemblage par adhésion, notamment par collage.

Mais la technologie d'assemblage mécanique présente notamment l'inconvénient de générer un alourdissement de la structure en raison des éléments de liaison rapportés. De plus, un perçage des pièces pour le positionnement de ces éléments de liaison peut générer des zones de fragilité, de concentration des contraintes ou d'amorçage de rupture.

L'assemblage par collage a quant à lui pour inconvénient de nécessiter une préparation des surfaces, et aussi de ne pas permettre une prédiction fiable du comportement à long terme de ce collage.

Dans ce contexte, il existe un besoin de nouvelles technologies pour l'assemblage entre des pièces en matériau métallique et des pièces en matériau composite à matrice organique.

**OBJET DE L'INVENTION**

La présente invention concerne une nouvelle technologie d'assemblage entre une pièce en matériau métallique (appelée par la suite « pièce métallique ») et une pièce en matériau

composite à matrice organique (appelée par la suite « pièce composite »), qui a l'intérêt de s'appuyer sur un assemblage par soudage.

Pour cela, la présente invention prévoit de rapporter un insert métallique dans la pièce composite, au niveau d'une surface à souder, dont une partie est ménagée de manière exposée de sorte à être assemblée par une technique de soudage à grande vitesse avec une surface complémentaire de la pièce métallique.

Le procédé selon l'invention comprend les étapes successives suivantes :

a) une étape de fourniture desdites deux pièces,

lesquelles pièces comportent chacune une surface destinée à être soudée avec une surface complémentaire de l'autre pièce, et

laquelle surface à souder de ladite pièce composite est constituée, au moins partiellement, par une partie exposée d'au moins un insert métallique qui est noyé partiellement dans ladite pièce composite,

b) une étape de positionnement desdites surfaces à souder en regard et à distance l'une de l'autre, et

c) une étape de projection à grande vitesse de la surface à souder de la pièce métallique et/ou de la partie exposée de l'insert métallique, l'une sur l'autre, pour obtenir un plaquage à grande vitesse desdites surfaces à souder l'une sur l'autre et pour obtenir un soudage entre la partie exposée de l'insert métallique de la pièce composite et la partie complémentaire de la surface à souder de la pièce métallique.

Selon d'autres caractéristiques avantageuses, pouvant être prises en combinaison ou indépendamment :

- la pièce composite comporte une face avant munie de la surface à souder, et lors de l'étape de fourniture, l'insert métallique de la pièce composite se situe affleurant de la face avant de ladite pièce composite, ou en retrait de la face avant de ladite pièce composite (par exemple dans le cas d'un matériau composite stratifié formé de plusieurs plis, se situe entre lesdits plis de ladite pièce composite et avec découpe dans les plis sus-jacents pour obtenir la partie exposée de l'insert métallique) ;

- pour une pièce composite réalisée dans un matériau thermoplastique, l'étape de fourniture de la pièce composite comprend une opération d'inclusion de l'insert métallique par chauffage et par pression dans ladite pièce composite ;

- l'insert métallique a une épaisseur comprise entre 0,1 et 3 mm ;

- l'insert métallique et la pièce métallique sont réalisés dans un matériau choisi parmi l'acier, un alliage d'aluminium et le titane ;

- l'insert métallique consiste en une plaque munie d'orifices traversants ou une plaque pleine ; de préférence, si la surface à souder de la pièce métallique est projetée sur la surface à souder de la pièce composite, l'insert métallique consiste en une plaque munie d'orifices

traversants ayant une forme évasée du côté de la partie exposée, pour augmenter la tenue à l'arrachement mécanique de l'insert métallique dans la pièce composite ;

- si la surface à souder de la pièce métallique est projetée sur la surface à souder de la pièce composite, au moins une partie de la surface non-exposée de l'insert métallique, en contact avec le matériau composite, est préparée, par exemple par grenaillage, de manière à augmenter la surface de contact entre ledit insert métallique et le matériau constitutif de la pièce composite ;

- la pièce métallique et/ou la partie exposée de l'insert métallique comporte une partie à projeter dont une surface avant constitue la surface à souder, et l'étape de projection est obtenue au moyen d'une impulsion magnétique qui est appliquée sur ladite partie à projeter ; dans ce cas, éventuellement, la pièce métallique et/ou la partie exposée de l'insert métallique est non-conductrice électrique, et la partie à projeter comporte une surface arrière, opposée à la surface à souder, qui est recouverte d'un matériau conducteur électrique ;

- l'étape de projection est mise en œuvre de sorte à obtenir un plaquage progressif des surfaces à souder l'une sur l'autre, pour assurer une expulsion des oxydes ; dans ce cas, de préférence, ledit plaquage progressif est obtenu par le biais (i) d'au moins une cale isolante électrique ménagée entre les deux pièces et entourant la partie à projeter, ou (ii) d'une partie à projeter en forme d'un bossage, ou (iii) d'un pliage sur le bord de la pièce métallique, destiné à former ladite partie à projeter ;

- l'étape de projection à grande vitesse consiste en une étape de projection à grande vitesse de la surface à souder de la pièce métallique sur la surface à souder de la pièce composite ;

- l'étape de projection à grande vitesse consiste en une étape de projection à grande vitesse de la partie exposée de l'insert métallique sur la surface à souder de la pièce métallique.

La présente invention concerne également une pièce en matériau composite, comportant une surface à souder qui est formée, au moins partiellement, par une partie exposée d'au moins un insert métallique noyé partiellement dans ladite pièce en matériau composite à matrice organique.

Selon une forme de réalisation particulière de cette pièce en matériau composite, l'insert métallique consiste en une plaque munie d'orifices traversants ayant une forme évasée du côté de la partie exposée ; ledit insert métallique est rapporté dans la pièce composite de sorte que le matériau composite remplit au moins une partie desdits orifices traversants.

Selon une autre forme de réalisation particulière, la pièce composite comporte une face avant munie de la surface à souder, et l'insert métallique de la pièce composite se situe en retrait de la face avant de ladite pièce composite.

L'invention concerne également un ensemble comprenant une pièce réalisée en matériau métallique et une pièce réalisée en matériau composite, dans lequel ensemble ladite

pièce composite comporte au moins un insert métallique noyé partiellement dans ladite pièce composite, lequel au moins un insert métallique comporte une partie exposée en surface de ladite pièce composite qui est soudée avec une partie complémentaire de la surface de la pièce métallique.

5

#### DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

La présente invention sera encore illustrée, sans être aucunement limitée, par la description suivante de différents modes de réalisation illustrés sur les figures annexées dans lesquelles :

10 - la figure 1 est une vue générale schématique de deux pièces assemblées par soudage, suite à la mise en œuvre du procédé d'assemblage selon l'invention ;

- la figure 2 représente schématiquement, et en coupe, les deux principales étapes du procédé d'assemblage selon l'invention, à savoir une étape de positionnement (A) puis une étape de projection à grande vitesse (B) ;

15 - la figure 3 représente une première forme de réalisation possible d'une pièce composite selon l'invention, comportant un insert métallique affleurant une face avant de ladite pièce composite ;

- la figure 4 représente une deuxième forme de réalisation possible de la pièce composite selon l'invention, dans laquelle cette pièce est de type multi-plis et l'insert métallique est rapporté entre ses plis, les plis sus-jacents étant découpés pour obtenir la partie exposée dudit insert métallique ;

- la figure 5 représente, vue de dessus et en perspective, la surface à souder d'une pièce composite qui est équipée d'un insert métallique consistant en une plaque munie d'une pluralité d'orifices traversants ;

25 - la figure 6 représente schématiquement la pièce composite selon la figure 5 vue selon un plan de coupe vertical, passant par son insert métallique ;

- la figure 7 représente, schématiquement et en perspective, la surface à souder d'une pièce composite qui est munie d'un insert métallique sous la forme d'une plaque métallique pleine allongée ;

30 - la figure 8 représente, de manière schématique et en perspective, la surface à souder d'une pièce composite qui est munie de plusieurs inserts métalliques juxtaposés et chacun sous la forme d'une plaque métallique pleine ;

- la figure 9 illustre schématiquement, en deux étapes, une opération d'inclusion de l'insert métallique, par chauffage et par pression, dans l'épaisseur d'une pièce composite ;

35 - la figure 10 représente schématiquement un premier mode de réalisation particulier des étapes de positionnement et de projection du procédé d'assemblage selon l'invention, mettant en œuvre un système de cales isolantes ;

- la figure 11 représente schématiquement un deuxième mode de réalisation particulier des étapes de positionnement et de projection du procédé d'assemblage selon l'invention, dans lequel la partie à projeter de la pièce métallique se présente sous la forme d'un bossage ;

- la figure 12 représente schématiquement un troisième mode de réalisation particulier des étapes de positionnement et de projection du procédé d'assemblage selon l'invention, dans lequel la plaque métallique comporte une partie à projeter prenant la forme d'un pliage ;

- la figure 13 représente schématiquement un quatrième mode de réalisation particulier des étapes de positionnement et de projection du procédé d'assemblage selon l'invention, dans le cas d'une pièce composite selon la figure 4 dont l'insert métallique est rapporté entre ses plis ;

- la figure 14 représente schématiquement une autre forme de réalisation de l'insert métallique selon l'invention, du genre insert à « agraffer » ;

- la figure 15 illustre schématiquement, en deux étapes, une opération d'inclusion de l'insert métallique selon la figure 14, par chauffage et par pression, dans l'épaisseur d'une pièce composite ;

- la figure 16 représente schématiquement un cinquième mode de réalisation particulier des étapes de positionnement et de projection du procédé d'assemblage selon l'invention, dans le cas d'une pièce composite selon la figure 4 dont l'insert métallique est projeté contre la pièce métallique.

Tel que représenté sur la figure 1, la présente invention propose ainsi une nouvelle technologie pour l'assemblage entre, d'une part, une pièce 1 en matériau métallique et, d'autre part, une pièce 2 en matériau composite à matrice organique, au niveau d'une zone de soudage 3.

Dans un souci de simplification, ces pièces 1, 2 sont encore désignées, respectivement, sous les appellations de « pièce métallique 1 » et de « pièce composite 2 »,

Par « assemblage », on entend en particulier une liaison permanente, ou non démontable (sous réserve de dégradation ou de détérioration), entre les deux pièces 1, 2 au niveau de la zone de soudage 3.

Par « assemblage », on entend en particulier un « soudage » assurant une continuité de la nature des matériaux à assembler.

Par « assemblage », on entend avantageusement un assemblage par plaquage à grande vitesse, de préférence sous la forme d'une technique de soudage par impulsion magnétique.

La pièce métallique 1 est avantageusement réalisée en un matériau métallique choisi parmi l'acier, un alliage d'aluminium ou le titane.

La pièce métallique 1 se présente avantageusement sous la forme d'une plaque.

Tel que développé ci-après, si cette pièce métallique 1 comporte une partie à projeter 15, au moins cette partie à projeter 15 comporte une épaisseur comprise entre 0,5 et 3 mm.

Tout ou partie de la pièce métallique 1, si elle est fixe, peut comporter une épaisseur quelconque.

5 Cette pièce métallique 1 comporte en particulier deux faces opposées (figures 1 et 2) :

- une face avant 1a, destinée à venir en regard de la pièce composite 2 et comportant une surface à souder 11 pour former une partie de la zone de soudage 3, et

- une face arrière 1b, opposée à ladite face avant 1a.

La pièce composite 2 est quant à elle constituée d'un matériau comprenant :

10 - un renfort, généralement des fibres, et

- une matrice organique.

Les fibres du renfort sont caractérisées par leur composition (métal, verre, polymère, carbone, végétal, etc.), leur longueur (courtes (0,1 à 1 mm), longues (1 à 50 mm) ou continues (supérieures à 50 mm), et leur disposition (mat ou tissé) ou multi-matériaux NCF.

15 Les fibres continues peuvent être disposées parallèlement les unes par rapport aux autres, pour un renforcement unidirectionnel, ou selon un angle prédéfini (45° par exemple les unes par rapport aux autres) pour un renforcement multidirectionnel, ou encore d'une façon aléatoire.

Par « NCF » ou « Non Crimp Fabrics », on entend un tissu multiaxial qui est constitué de 20 plusieurs nappes (ou couches) unidirectionnelles (UD), cousues entre elles avec un fil (PET généralement).

Par exemple, un matériau NCF biaxial +45°/-45° est un tissu composé de deux nappes UD : la première nappe est composée d'UD à +45° et la seconde nappe est composée d'UD à -45°. Il existe également des matériaux NCF biaxiaux 0°/90° ou des matériaux NCF triaxiaux 25 0°/+45°/-45°.

Ce matériau composite peut encore être stratifié, formé de plusieurs plis (non représentés).

Par « pli », on entend couramment le semi-produit composite (fibres plus matrice) présenté sous forme quasi-bidimensionnelle ; on entend encore une épaisseur composée de 30 mèches ou « tapes » parallèles, liés par de la matrice.

La matrice organique est avantageusement choisie parmi les matériaux thermodurcissables et les matériaux thermoplastiques.

Par « matériau thermodurcissable », on entend notamment :

35 - les résines polyesters insaturés (UP), qui sont généralement utilisées avec des fibres de verre,

- les résines époxyde (EP), qui sont généralement utilisées avec des fibres de carbone,

- les résines vinylester,

- les résines polyuréthane,
- les résines phénoliques (PF),
- les résines polyimides thermodurcissables (PIRP) et polybismaléimides (BMI).

Par « matériau thermoplastique », on entend notamment :

- le polypropylène,
- le polyamide,
- le polyétherimide (PEI),
- le poly(sulfure de phénylène) (PPS) et
- la poly(éther-éther-cétone de phénylène) (PEEK).

De son côté également, la pièce composite 2 se présente avantageusement sous la forme d'une plaque, comportant une épaisseur comprise entre 0,5 et 10 mm.

Cette pièce composite 2 comporte en particulier deux faces opposées (figures 1 et 2) :

- une face avant 2a, destinée à venir en regard de la pièce métallique 1 et comportant une surface à souder 21 pour former une partie de la zone de soudage 3, et

- une face arrière 2b, opposée à ladite face avant 2a.

Selon l'invention, la surface à souder 11 de la pièce métallique 1 est destinée à être assemblée, par une technique de projection à grande vitesse, avec la surface à souder 21 de la pièce composite 2.

Pour cela, tel qu'illustré sur la figure 2, le procédé selon l'invention comprend des étapes successives suivantes :

- une étape de fourniture des deux pièces 1, 2 à assembler,
- une étape de positionnement des surfaces à souder 11, 21, en regard et à distance l'une de l'autre (partie A de la figure 2), et

- pour obtenir la zone de soudage 3 (partie B de la figure 2), une étape de projection à grande vitesse de la surface à souder 11 de la pièce métallique 1 sur la surface à souder 21 de la pièce composite 2 et/ou de la surface à souder 21 de la pièce composite 2 sur la surface à souder 11 de la pièce métallique 1.

Pour obtenir un tel assemblage (alors même que les matériaux respectifs sont incompatibles pour une liaison par soudage), la pièce composite 2 fournie comporte au moins un insert métallique 5 qui est partiellement noyé au niveau de sa surface à souder 21 (figure 2).

Lors de l'étape de projection à grande vitesse, la surface à souder 11 de la pièce métallique 1 est ainsi plaquée à grande vitesse sur la surface à souder 21 de la pièce composite 2, provoquant alors un phénomène de soudage entre l'insert métallique 5 de la pièce composite 2 et une partie complémentaire de la surface à souder 11 de la pièce métallique 1.

On obtient ainsi une liaison par soudure, sans apport de matière, entre l'insert métallique 5 et la pièce métallique 1 (correspondant à une continuité de la matière entre eux).

L'insert métallique 5 est par conséquent logé dans la pièce composite 2, au niveau de la zone où l'on souhaite réaliser l'assemblage avec la pièce métallique 1.

Pour cette raison, selon le cas, l'insert métallique 5 peut être placé à distance de la bordure du panneau composite 2, mais aussi le long de cette bordure.

5 L'insert métallique 5, et son implantation dans la pièce composite 2, sont décrits plus en détails ci-dessous en relation avec les figures 2 à 9.

En l'espèce, l'insert métallique 5 est implanté dans la pièce composite 2 de sorte à présenter une partie exposée 51 qui est dénudée au niveau de sa surface à souder 21 (figure 2 – partie A notamment).

10 Par « partie exposée », on entend ainsi une portion de la surface de l'insert métallique 5 qui est directement accessible au niveau de la surface à souder 21 de la pièce composite 2. En particulier, cette partie exposée 51 de l'insert métallique 5 ne doit pas être recouvert par le matériau composite, notamment par la matrice organique.

15 L'insert métallique 5 est réalisé dans un matériau qui est choisi en fonction du matériau constituant la pièce métallique 1 à assembler.

En particulier, ce matériau est choisi pour autoriser une technique de soudage par plaquage dynamique entre la partie exposée 51 de l'insert métallique 5 et la surface à souder 11 de la pièce métallique 1.

20 Par exemple, cet insert métallique 5 peut être réalisé en acier ou en alliage d'aluminium lorsque la pièce métallique 1 est réalisée en alliage aluminium.

Sans que cela soit limitatif, d'autres combinaisons de matériaux possibles sont :

- Aluminium-aluminium,
- Aluminium-cuivre
- Aluminium-magnésium
- 25 - Aluminium-titane
- Cuivre-cuivre
- Cuivre-acier
- Cuivre-bronze
- Nickel-titane
- 30 - Nickel-nickel
- Acier-acier

Un tel insert métallique 5, par exemple en forme d'une plaque ou d'une platine, comporte :

- une face extérieure 53, destinée à former la partie exposée 51 de l'insert métallique 5,
- 35 - une face intérieure 54 opposée, noyée au sein du matériau de la pièce composite 2, et
- un contour périphérique 55, noyé au sein du matériau de la pièce composite 2.

Par exemple, cet insert métallique a une épaisseur comprise entre 0,1 et 3 mm.

Tel que représenté sur la partie A de la figure 2, mais aussi sur les figures 3 et 4, l'insert métallique 5 est incrusté dans l'épaisseur de la pièce composite 2 ; il s'étend sur une partie seulement de son épaisseur.

En particulier, tel qu'illustré sur la figure 3, l'insert métallique 5 affleure la face avant 2a de la pièce composite 2.

Dans ce cas, la face extérieure 53 de l'insert métallique 5 et la face avant 2a de la pièce composite 2 s'étendent dans un même plan, ou au moins approximativement dans un même plan.

De manière alternative, tel qu'illustré sur la figure 4, l'insert métallique 5 peut être en retrait de la face avant 2a de la pièce composite 2 ; la face extérieure 53 de l'insert métallique 5 est ainsi en retrait de la face avant 2a de la pièce composite 2.

Pour cela, l'insert métallique 5 peut être rapporté entre les plis (non représentés) de la pièce composite 2.

Une découpe 25 est alors ménagée dans les plis sus-jacents par rapport à la face extérieure 53 de l'insert métallique 5, de manière à obtenir la partie exposée 51 de l'insert métallique 5 correspondant à la surface à souder 21 de la pièce composite 2.

Pour optimiser sa cohésion avec le matériau composite, la surface de l'insert métallique 5 en contact avec ce matériau composite, dite « surface non exposée », peut être préparée de sorte à obtenir une surface irrégulière.

Par « surface non exposée », on entend en particulier la face intérieure 54 et/ou le contour périphérique 55 de l'insert métallique 5.

Par exemple, un grenailage peut être appliqué sur cette surface non exposée de l'insert métallique 5, de sorte à augmenter la surface de contact entre la matrice de la pièce composite 2 et l'insert métallique 5.

Par ailleurs, l'insert métallique 5 peut consister en une pièce pleine ou une pièce ajourée.

Par exemple, comme illustré sur les figures 5 et 6, si la surface à souder 11 de la pièce métallique 1 est projetée sur la surface à souder 21 de la pièce composite 2, l'insert métallique 5 « fixe » est muni d'une pluralité d'orifices traversants 56, débouchant au niveau de ses faces extérieure 53 et intérieure 54.

Chacun de ces orifices traversants 56 est délimité par un contour 561 qui présente une forme évasée depuis la surface intérieure 54 jusqu'à la surface extérieure 53 (figure 6), par exemple une forme générale tronconique ou en tronc de pyramide.

Ces orifices traversants 56 sont avantageusement remplis par le matériau constitutif de la pièce composite 2 (matrice organique et éventuellement les fibres) de sorte à augmenter la tenue à l'arrachement mécanique de l'insert métallique 5 apporté sur la pièce composite 2.

Le pourcentage d'orifices 56 est adapté en fonction du compromis attendu entre, d'une part, la tenue par soudure entre l'insert métallique 5 et la pièce métallique 1 et, d'autre part, le maintien de l'insert métallique 5 dans le matériau composite.

Une plaque pleine, fixe ou à projeter, consiste quant à elle en une plaque dépourvue des orifices traversants tels que décrits ci-dessus en relation avec les figures 5 et 6.

Le ou les inserts métalliques 5 de la surface à souder 21 peuvent se présenter sous différentes formes et dimensions, en fonction notamment de l'assemblage souhaité.

La figure 7 représente une première forme de réalisation dans laquelle l'insert métallique 5 de la surface à souder 21 a une forme allongée, ici de forme générale rectangulaire.

Sa partie exposée 51 consiste ainsi également en une bande allongée de forme générale rectangulaire, pour l'obtention d'une zone de soudage 3 continue.

Par exemple, à titre indicatif, l'insert métallique 5 présente une longueur comprise entre 10 et 100 mm et une largeur comprise entre 10 et 30 mm.

La figure 8 montre encore une autre forme de réalisation dans laquelle la surface à souder 21 de la pièce composite 2 est constituée par la partie exposée 51 d'un groupe d'inserts métalliques 5 juxtaposés (en l'occurrence au nombre de trois), pour former une zone de soudage 3 par points.

Chaque insert métallique 5 a ici une forme générale carrée ou rectangulaire ; sa partie exposée 51 consiste ainsi également en une forme carrée ou rectangulaire.

Par exemple, à titre indicatif, chaque insert métallique 5 présente une longueur comprise entre 20 et 40 mm et une largeur comprise entre 20 et 40 mm.

La pièce composite 2, avec son insert métallique 5 rapporté, peut être obtenue par tout procédé adapté.

Par exemple, tel qu'illustré sur la figure 9, la pièce composite 2 peut être obtenue au cours d'une opération d'inclusion de l'insert métallique 5 par chauffage et par pression au sein d'une presse chauffante 6.

Un tel procédé est possible dans le cas d'une pièce composite 2 réalisée dans un matériau thermoplastique.

Une telle opération d'inclusion consiste :

- à déposer une pièce composite 2, dépourvue d'insert métallique 5, sur une partie fixe 61 de la presse chauffante 6,

- à déposer l'insert métallique 5 sur la face avant 2a de la pièce composite 2, au niveau de sa surface à souder 21 (partie A de la figure 9),

- à appliquer une pression avec chauffage par le biais d'un mors chauffant mobile 62 de la presse chauffante 6, de sorte à chauffer l'insert métallique 5 et à l'incruster dans la plaque composite 2 (partie B de la figure 9).

En particulier, l'insert métallique 5 est chauffé jusqu'à une température qui est fonction de la température de fusion de la matrice de la pièce composite 2. Plus précisément, cet insert métallique 5 est amené à une température égale ou supérieure à cette température de fusion.

Par exemple, l'insert métallique 5 est chauffé à une température de 260°C, avec l'application d'une pression de 27 bars, pour une matrice en polyamide extrudé 6.6.

Cet assemblage pourrait aussi être obtenu par tout autre procédé d'assemblage, par exemple par couture (l'insert métallique 5 est cousu avec les tissus pré-imprégnés avant consolidation).

Partant d'une telle pièce composite 2 avec son insert métallique 5, telle que décrite ci-dessus, l'étape de positionnement relatif des deux pièces 1, 2 est mise en œuvre de sorte que les surfaces à souder 11, 21 s'étendent en regard l'une par rapport à l'autre et à une distance comprise avantageusement entre 0,5 et 1,5 mm.

L'étape de projection à grande vitesse est quant à elle mise en œuvre de sorte à obtenir un plaquage à grande vitesse des surfaces à souder 11, 21 l'une sur l'autre et pour obtenir un soudage entre la partie exposée 51 de l'insert métallique 5 de la pièce composite 2 et la partie complémentaire de la surface à souder 11 de la pièce métallique 1.

Par « grande vitesse », on entend en particulier une vitesse comprise entre 150 m/s et 400 m/s.

Cette étape de projection est avantageusement mise en œuvre par le biais d'une impulsion qui est appliquée sur une partie à projeter 15 de la pièce métallique 1 et/ou sur la partie exposée 51 de l'insert métallique 5 (formant ainsi la partie à projeter de cet insert métallique 5).

En l'occurrence, cette partie à projeter 15 de la pièce métallique 1 comporte deux surfaces opposées :

- une surface avant 151, correspondant à la surface à souder 11 de la pièce métallique 1 et située de côté de sa face avant 1a, et
- une surface arrière 152, opposée à la surface à souder 11 précitée et située du côté de la face arrière 1b de la pièce métallique 1.

Une force de projection est ainsi appliquée sur cette partie à projeter 15, dans un sens s'étendant depuis sa surface arrière 152 vers sa surface avant 151 et dans une direction orientée vers la surface à souder 21 de la pièce composite 2.

L'étape de projection est avantageusement obtenue par le biais de moyens de projection par impulsion magnétique 7.

Un cycle de soudage, classique en soi, peut être résumé par les 6 étapes suivantes :

- un chargeur est alimenté par un réseau d'énergie électrique ;

- l'énergie électrique est alors stockée dans des condensateurs sous forme d'énergie électrostatique, l'énergie stockée étant graduellement augmentée via la tension de charge commandée par une unité de contrôle d'énergie ;

- lorsque le seuil fixé de la tension de charge est atteint, un éclateur (ou déchargeur) décharge très rapidement l'énergie électrostatique des condensateurs dans un inducteur 71 (lors de cette décharge, dont la durée est de l'ordre d'une centaine de  $\mu$ s, des courants électriques extrêmement élevés de l'ordre de plusieurs centaines de kA sont générés) ;

- la circulation de ce courant élevé à travers l'inducteur 71 génère très brusquement un champ d'induction magnétique dans la bobine ; il y a transformation d'énergie électrostatique en énergie magnétique ; le champ magnétique ainsi créé peut posséder une grande amplitude (de l'ordre de plusieurs dizaines de tesla) ; il est fortement variable au cours du temps, donc génère dans la pièce métallique 1 à souder des courants induits appelés aussi « courants de Foucault » ;

- l'interaction entre le champ magnétique primaire créé par la bobine et les courants induits dans la pièce métallique 1 génère des forces importantes d'origine magnétique, forces agissant mécaniquement sur la pièce métallique 1 dans laquelle circulent les courants de Foucault ;

- ces forces magnétiques transforment très brusquement l'énergie magnétique en énergie mécanique agissant radialement sur la partie à projeter 15 de la pièce métallique 1 et/ou sur la partie exposée 51 de l'insert métallique 5, pour leur propulsion sur l'autre pièce (respectivement la pièce composite 2 et la pièce métallique 1) maintenue fixe.

Ce phénomène de projection est ainsi la conséquence d'un transfert d'énergie extrêmement rapide, la puissance de ce processus étant de l'ordre de plusieurs centaines de mégawatts, mais sur des durées très courtes.

Ce processus est pratiquement adiabatique et il n'y a pas véritablement de transfert de chaleur : la soudure entre l'insert métallique 5 et la pièce métallique 1 est effectuée « à froid ».

En effet, les matériaux n'atteignent avantageusement pas plus de 30°C. Il n'y a donc pas de zone affectée thermiquement dans le matériau composite qui ne perd pas ses propriétés.

Le procédé de soudage par impulsion magnétique constitue également un procédé de soudage du genre « Solid State », ce qui signifie que le matériau n'est pas mis en fusion durant le cycle de soudage.

Dans le cas d'une pièce métallique non conductrice électrique, la surface arrière 152 de la partie à projeter 15 est alors avantageusement recouverte d'un matériau conducteur électrique formant « poussoir », par exemple réalisé en alliage d'aluminium, de sorte à obtenir la projection recherchée.

De manière alternative, il peut être envisagé d'utiliser toute autre technique adaptée à produire une projection à grande vitesse, par exemple par le biais d'une action mécanique ou par le biais d'un choc laser.

Dans les différents cas, sous l'effet de la force de propulsion :

5 - la partie à projeter 15 est déformée de sorte que sa surface à souder 11 est plaquée à grande vitesse contre la surface à souder 21 de la pièce composite 2, ou

- la partie exposée 51 de l'insert métallique 5 est déformée de sorte que sa surface à souder 21 est plaquée à grande vitesse contre la surface à souder 11 de la pièce métallique 1.

10 Ce plaquage à grande vitesse génère alors un phénomène de soudage entre la partie exposée 51 de l'insert métallique 5 de la pièce composite 2 et la partie complémentaire de la surface à souder 11 de la pièce métallique 1.

15 Il est ainsi obtenu un ensemble multi-matières, comprenant une pièce 1 réalisée en matériau métallique et une pièce 2 réalisée en matériau composite à matrice organique, dans lequel ladite pièce composite 2 comporte un insert métallique 5 noyé partiellement dans ladite pièce composite 2, lequel insert métallique 5 comporte une partie exposée 51 en surface 2a de ladite pièce composite 2 qui est soudée avec une partie complémentaire de la surface 11 de la pièce métallique 1.

20 Différentes formes de réalisation sont envisageables pour obtenir ce positionnement et cette projection, telles que décrites plus en détails ci-après en relation avec les figures 10 à 13, et 16.

Dans ces différentes formes de réalisation, l'étape de projection est avantageusement mise en œuvre de sorte à obtenir un plaquage progressif des surfaces à souder 11, 21 l'une sur l'autre, pour assurer une expulsion des oxydes.

25 Par « plaquage progressif » on entend notamment un contact des surfaces à souder qui commence par un point, puis qui s'étend sur une ligne, avant de se propager jusqu'à ce que toute la surface soit en contact (surface de soudage).

Selon une première forme de réalisation illustrée sur la figure 10, les pièces à souder 1, 2 sont rapportées à distance l'une de l'autre par le biais d'un système de cales isolantes électriques 8 réparties sur le pourtour des surfaces à souder 11, 21 (Figure 10 – partie A).

30 Les faces avant 1a, 2a des deux pièces 1, 2, et leurs surfaces à souder 11, 21 respectives, sont alors séparées d'une distance égale à la hauteur des cales 8 rapportées.

L'étape de projection va ainsi propulser à grande vitesse la partie à projeter 15 de la pièce métallique 1, en direction de la surface à souder 21 de la pièce composite 2, dans l'espace séparant leurs faces avant respectives 1a, 2a (Figure 10 - Partie B).

35 La partie à projeter 15 présente ainsi, au final, un agencement convexe par rapport à la face avant 1a de la pièce métallique 1.

Selon un autre mode de réalisation illustré sur la figure 11, la partie à projeter 15 de la pièce métallique 1 se présente initialement sous la forme d'un bossage qui est concave au niveau de la surface à souder 11 (saillant au niveau de la face arrière 1b de la pièce métallique 1) (figure 11 - partie A).

Le bossage est en particulier ménagé de sorte à conserver une distance comprise entre 0,5 et 1,5 mm, entre sa surface à souder 11 et la surface à souder 21 de la pièce composite 2.

L'étape de projection va ainsi propulser à grande vitesse la partie à projeter 15 de la pièce métallique 1, en forme de bossage, en direction de la surface à souder 21 de la pièce composite 2 (Figure 11 - partie B).

La partie à projeter 15 présente ainsi, au final, un agencement plan, ou pratiquement plan, par rapport à la pièce métallique 1 (Figure 11 - partie B).

Selon un troisième mode de réalisation illustré sur la partie A de la figure 12, la partie à projeter 15 de la pièce métallique 1 consiste en un pliage de cette plaque métallique 1, formant un angle avec la surface à souder 21 de la pièce composite 2.

La pièce métallique 1 comporte ainsi :

- une partie arrière 16, recouvrant la face arrière 2b de la pièce composite 2,
- une partie latérale 17, épousant le bord de la pièce composite 2, et
- une partie avant, s'étendant en regard de la face avant 2a de la pièce composite 2 et formant un pliage destinée à constituer la partie à projeter 15.

L'étape de projection va ainsi propulser à grande vitesse la partie à projeter 15 de la pièce métallique 1, en forme de pliage, en direction de la surface à souder 21 de la pièce composite 2 (Figure 12 - partie B).

La pièce composite 2 est ainsi, au final, prise en sandwich entre la partie arrière 16 et la partie avant 17 de la pièce métallique 1 (Figure 12 - partie B).

Selon une quatrième forme de réalisation illustrée sur la figure 13, la pièce composite 2 de la figure 4 (avec l'insert métallique 5 rapporté entre les plis de ladite pièce composite 2) et une pièce métallique 1 plane sont rapportées l'une sur l'autre (Figure 13 - partie A).

Les faces avant 1a, 2a des deux pièces 1, 2 sont en appuie l'une sur l'autre, et leurs surfaces à souder 11, 21 respectives sont alors séparées d'une distance égale à la hauteur des plis sus-jacents par rapport à la face extérieure 53 de l'insert métallique 5.

Cette hauteur correspond encore à la hauteur de la découpe 25 ménagée dans les plis sus-jacents précités.

L'étape de projection va ainsi propulser à grande vitesse la partie à projeter 15 de la pièce métallique 1, en direction de la surface à souder 21 de la pièce composite 2, dans l'espace séparant leurs surfaces à souder 11, 21 respectives (Figure 13 - Partie B).

La partie à projeter 15 présente ainsi, au final, un agencement convexe par rapport à la face avant 1a de la pièce métallique 1, s'étendant au sein de la découpe 25.

Dans ce cas, la distance entre les surfaces à souder 11, 21 permet un soudage direct, sans l'utilisation d'isolants ou de plots.

La figure 14 représente schématiquement une autre forme de réalisation de l'insert métallique 5 selon l'invention, du genre insert à « agraffer », pour optimiser sa cohésion avec le matériau composite.

Un tel insert métallique 5, similaire à celui décrit ci-dessus en relation avec les figures 2 à 9, comporte encore des pattes de montage monoblocs 57 qui sont réparties au niveau de son contour périphérique 55 (en particulier de ces grands côtés) et qui s'étendent du côté de sa face intérieure 54.

L'insert métallique 5 comporte avantageusement des orifices traversants 56 tels que développés ci-dessus en relation avec les figures 5 et 6.

Les pattes de montage monoblocs 57 en regard (raccordées aux deux grands côtés) sont ici divergentes les unes par rapport aux autres, s'écartant depuis l'insert métallique 5.

Ces pattes de montage 57 sont également flexibles, de sorte à être repliées lors du montage de l'insert métallique 5 sur la pièce composite 2.

A cet égard, la figure 15 représente schématiquement une opération d'inclusion de l'insert métallique 5 selon la figure 14, par chauffage et par pression, dans l'épaisseur d'une pièce composite 2, cela selon un procédé similaire à celui décrit ci-dessus en relation avec la figure 9.

Un tel procédé est possible dans le cas d'une pièce composite 2 réalisée dans un matériau thermoplastique.

Une telle opération d'inclusion consiste :

- à déposer une pièce composite 2, dépourvue d'insert métallique 5, sur une partie fixe 61 de la presse chauffante 6,

- à déposer l'insert métallique 5 sur la face avant 2a de la pièce composite 2, au niveau de sa surface à souder 21 (partie A de la figure 15),

- à appliquer une pression avec chauffage par le biais d'un mors chauffant mobile 62 de la presse chauffante 6, de sorte à chauffer l'insert métallique 5 et à l'incruster dans la plaque composite 2.

Là encore, l'insert métallique 5 est chauffé jusqu'à une température qui est fonction de la température de fusion de la matrice.

Lors de cette dernière étape, les pattes de montage monoblocs 57 pénètrent dans l'épaisseur de la pièce composite 2 pour ressortir du côté de sa face arrière 2b, jusqu'à ce que la face extérieure 53 de l'insert métallique 5 s'étende dans le plan, ou au moins approximativement dans le plan, de la face avant 2a de la pièce composite 2.

La partie saillante 571 de ces pattes de montage monoblocs 57 (ressortant du côté de la face arrière 2b de la pièce composite 2) sont alors repliées contre la face arrière 2b de la pièce

composite 2, avantageusement en moyen d'une forme adaptée de la partie fixe 61 de la presse chauffante 6.

La figure 16 illustre une variante de réalisation du quatrième mode de réalisation selon la figure 13.

Là encore, la pièce composite 2 de la figure 4 (avec l'insert métallique 5 rapporté entre les plis de ladite pièce composite 2) et une pièce métallique 1 plane sont rapportées l'une sur l'autre (Figure 16 - partie A).

L'insert métallique 5 de la pièce composite 2 (et en particulier sa face extérieure 53) se situe en retrait de la face avant 2a de ladite pièce composite 2, au sein d'un trou borgne 26 s'ouvrant au niveau de ladite face avant 2a et fermée au niveau de la face arrière 2b.

L'insert métallique 5 est implanté dans la pièce composite 2 de sorte à présenter - la partie exposée 51 qui est dénudée au niveau de sa surface à souder 21, et - une partie périphérique 58 noyée dans le matériau composite.

Les faces avant 1a, 2a des deux pièces 1, 2 sont en appui l'une sur l'autre ; et leurs surfaces à souder 11, 21 respectives sont alors séparées d'une distance égale à la hauteur séparant la face extérieure 53 de l'insert métallique 5 et la face avant 2a de ladite pièce composite 2.

Ce retrait correspond avantageusement aux plis sus-jacents par rapport à la face extérieure 53 de l'insert métallique 5. Cette hauteur correspond ainsi à la hauteur de la découpe 25 ménagée dans les plis sus-jacents précités.

L'étape de projection va ainsi consister à propulser à grande vitesse la surface à souder 21 de la pièce composite 2 (en l'espèce la partie exposée 51 de l'insert métallique 5) en direction de la surface à souder 11 de la pièce métallique 1, dans l'espace séparant leurs surfaces à souder 11, 21 respectives (Figure 16 - Partie B).

La force de projection est appliquée sur cette partie exposée 51, dans un sens s'étendant depuis sa face intérieure 54 vers sa surface extérieure 53 et dans une direction orientée vers la surface à souder 11 de la pièce métallique 1.

L'étape de projection est avantageusement obtenue par le biais de moyens de projection par impulsion magnétique 7, disposés en regard de la face arrière 2b de la pièce composite 2 et de la face intérieure 54 de l'insert métallique 5.

La partie exposée 51 de l'insert métallique 5 présente ainsi, au final, un agencement convexe, en direction de la face avant 1a de la pièce métallique 1 et de la face avant 2a de ladite pièce composite 2, s'étendant au sein de la découpe 25.

Dans ce cas encore, la distance entre les surfaces à souder 11, 21 permet un soudage direct, sans l'utilisation d'isolants ou de plots.

De manière générale, la présente invention a l'intérêt de permettre un assemblage efficace entre une pièce métallique et une pièce composite, sans atteinte de leurs propriétés respectives.

5 Cette solution technique a en plus l'intérêt de permettre la mise en œuvre de moyens classiques, habituellement utilisés pour des assemblages de deux pièces métalliques entre elles.

- REVENDICATIONS -

1. Procédé pour l'assemblage entre une pièce (1) en matériau métallique et une pièce (2) en matériau composite à matrice organique, lequel procédé est caractérisé en ce qu'il comprend les étapes successives suivantes :

a) une étape de fourniture desdites deux pièces (1, 2),

lesquelles pièces (1, 2) comportent chacune une surface (11, 21) destinée à être soudée avec une surface complémentaire (11, 21) de l'autre pièce (1, 2), et

laquelle surface à souder (21) de ladite pièce composite (2) est constituée, au moins partiellement, par une partie exposée (51) d'au moins un insert métallique (5) qui est noyé partiellement dans ladite pièce composite (2),

b) une étape de positionnement desdites surfaces à souder (11, 21) en regard et à distance l'une de l'autre, et

c) une étape de projection à grande vitesse de la surface à souder (11) de la pièce métallique (1) et/ou de la partie exposée (51) de l'insert métallique (5), l'une sur l'autre, pour obtenir un plaquage à grande vitesse desdites surfaces à souder (11, 21) l'une sur l'autre et pour obtenir un soudage entre la partie exposée (51) de l'insert métallique (5) de la pièce composite (2) et la partie complémentaire de la surface à souder (11) de la pièce métallique (1).

2. Procédé d'assemblage selon la revendication 1, caractérisé en ce que la pièce composite (2) comporte une face avant (2a) munie de la surface à souder (21), et

en ce que, lors de l'étape de fourniture, l'insert métallique (5) de la pièce composite (2) se situe :

- affleurant de la face avant (2a) de ladite pièce composite (2), ou

- en retrait de la face avant (2a) de ladite pièce composite (2).

3. Procédé d'assemblage selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, pour une pièce composite (2) réalisée dans un matériau thermoplastique, caractérisé en ce que l'étape de fourniture de la pièce composite (2) comprend une opération d'inclusion de l'insert métallique (5), par chauffage et par pression, dans ladite pièce composite (2).

4. Procédé d'assemblage selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'insert métallique (5) est réalisé en acier, en alliage d'aluminium ou en titane, et en ce que ladite pièce métallique (1) est réalisée en acier ou en alliage d'aluminium.

5. Procédé d'assemblage selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que l'insert métallique (5) consiste en une plaque munie d'orifices traversants (56) ou une plaque pleine.

6. Procédé d'assemblage selon la revendication 5, caractérisé en ce que l'insert métallique (5) consiste en une plaque munie d'orifices traversants (56) ayant une forme évasée du côté de la partie exposée (51) rapporté dans la pièce composite (2) de sorte que le matériau composite remplit au moins une partie desdits orifices traversants (56).

7. Procédé d'assemblage selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'au moins une partie de la surface non-exposée (54, 55) de l'insert métallique (5), en contact avec le matériau composite, est préparée de manière à augmenter la surface de contact entre ledit insert métallique (5) et le matériau constitutif de la pièce composite (2).

8. Procédé d'assemblage selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que la pièce métallique (1) et/ou la partie exposée (51) de l'insert métallique (5) comporte une partie à projeter (15, 51) dont une surface avant (151, 53) constitue la surface à souder (11, 21), et en ce que l'étape de projection est obtenue au moyen d'une impulsion magnétique qui est appliquée sur ladite partie à projeter (15, 51).

9. Procédé d'assemblage selon la revendication 8, caractérisé en ce que la pièce métallique (1) et/ou la partie exposée (51) de l'insert métallique (5) est non-conductrice électrique, et en ce que la partie à projeter (15, 51) comporte une surface arrière (152, 54), opposée à la surface à souder (11, 21), qui est recouverte d'un matériau conducteur électrique.

10. Procédé d'assemblage selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que l'étape de projection est mise en œuvre de sorte à obtenir un plaquage progressif des surfaces à souder (11, 21) l'une sur l'autre, pour assurer une expulsion des oxydes.

11. Procédé d'assemblage selon la revendication 10, caractérisé en ce que ledit plaquage progressif est obtenu par le biais de :

- au moins une cale isolante électrique (8) ménagée entre les deux pièces (1, 2) et entourant la partie à projeter (15), ou
- une partie à projeter (15) en forme d'un bossage, ou
- un pliage sur le bord de la pièce métallique (1), destiné à former ladite partie à projeter (15).

12. Procédé d'assemblage selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que l'étape de projection à grande vitesse consiste en une étape de projection à grande vitesse de la surface à souder (11) de la pièce métallique (1) sur la surface à souder (21) de la pièce composite (2).

13. Procédé d'assemblage selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que l'étape de projection à grande vitesse consiste en une étape de projection à grande vitesse de la partie exposée (51) de l'insert métallique (5) sur la surface à souder (11) de la pièce métallique (1).

14. Pièce en matériau composite à matrice organique, pour la mise en œuvre du procédé d'assemblage selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, comportant une surface à souder (21) qui est formée, au moins partiellement, par une partie exposée (51) d'au moins un insert métallique (5) noyé partiellement dans ladite pièce composite (2), lequel insert métallique (5) consiste en une plaque munie d'orifices traversants (56) ayant une forme évasée du côté de la partie exposée (51), lequel insert métallique (5) est rapporté dans la pièce

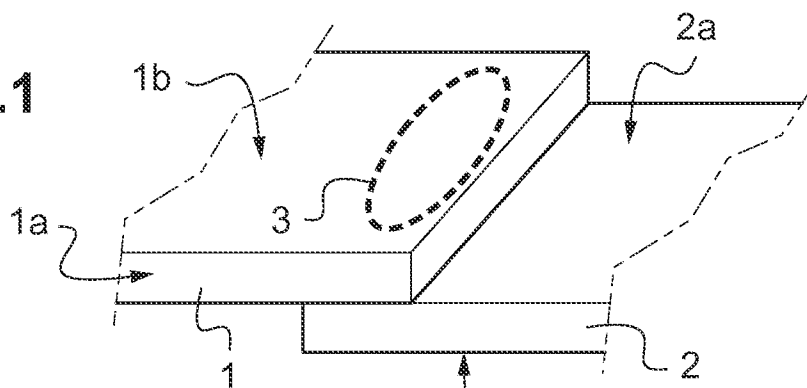
composite (2) de sorte que le matériau composite remplit au moins une partie desdits orifices traversants (56).

15. Pièce en matériau composite à matrice organique, pour la mise en œuvre du procédé d'assemblage selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, comportant une surface à souder (21) qui est formée, au moins partiellement, par une partie exposée (51) d'au moins un insert métallique (5) noyé partiellement dans ladite pièce composite (2), laquelle pièce composite (2) comporte une face avant (2a) munie de la surface à souder (21), et lequel insert métallique (5) de la pièce composite (2) se situe en retrait de la face avant (2a) de ladite pièce composite (2).

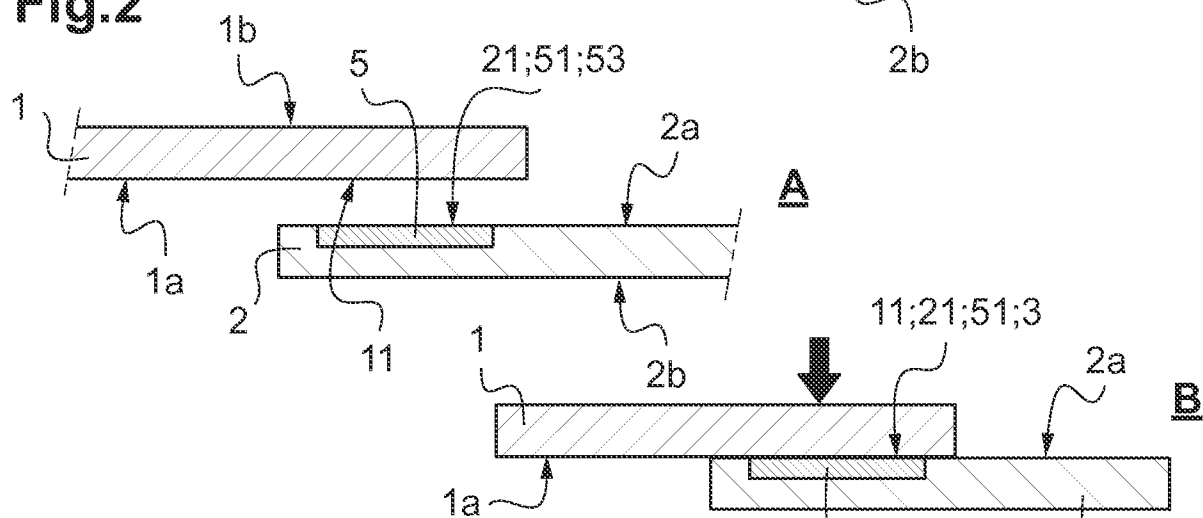
16. Ensemble comprenant une pièce (1) réalisée en matériau métallique et une pièce (2) réalisée en matériau composite à matrice organique, issu d'un procédé d'assemblage selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, dans lequel ladite pièce composite (2) comporte au moins un insert métallique (5) noyé partiellement dans ladite pièce composite (2), lequel au moins un insert métallique (5) comporte une partie exposée (51) en surface (2a) de ladite pièce composite (2) qui est soudée avec une partie complémentaire de la surface (11) de la pièce métallique (1).

1/4

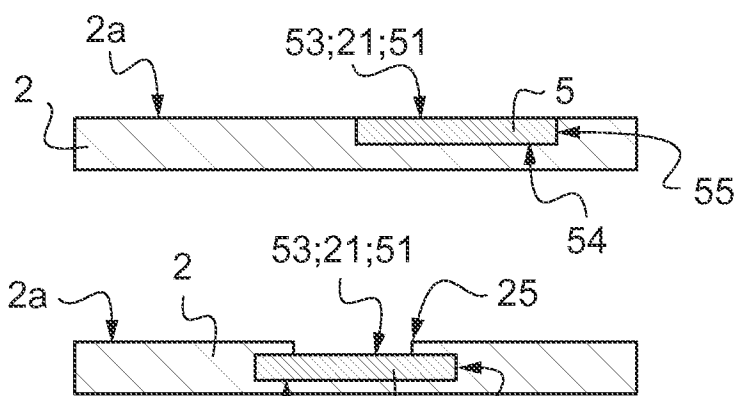
**Fig.1**



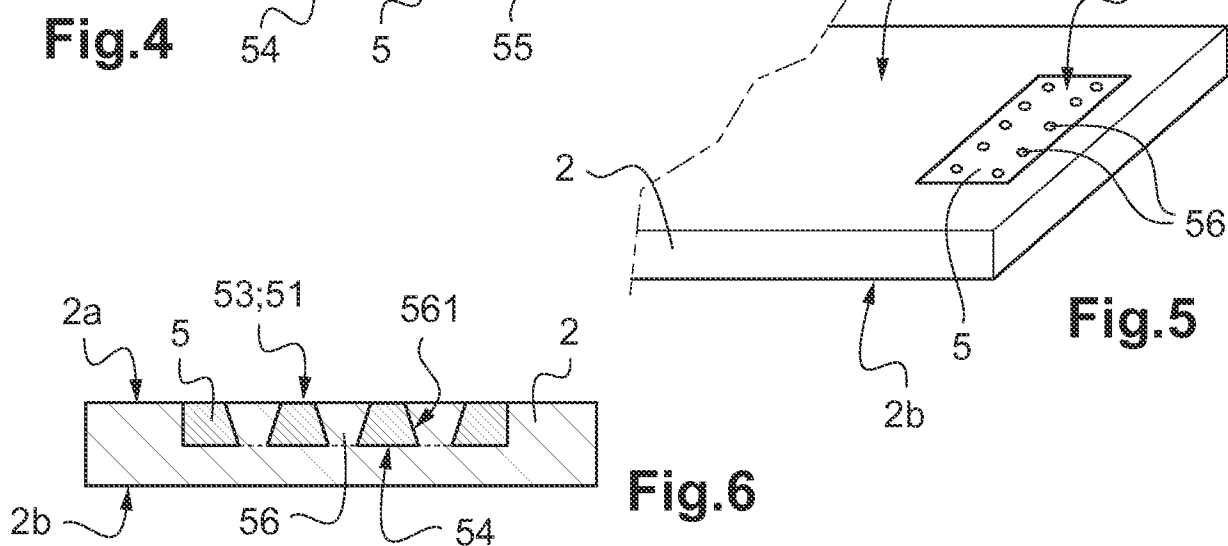
**Fig.2**



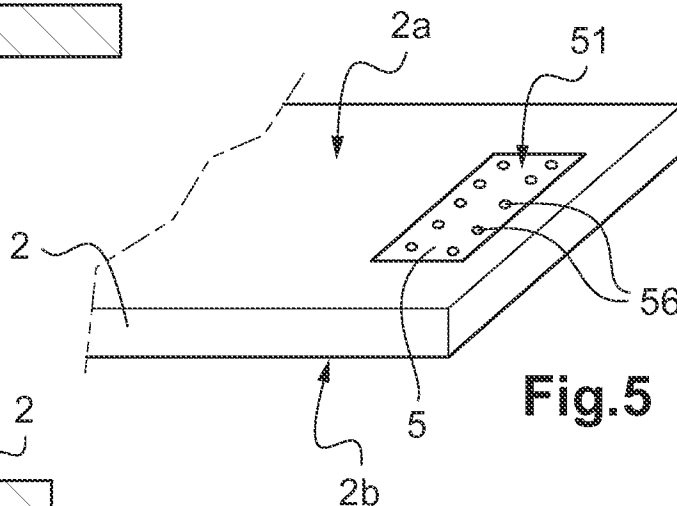
**Fig.3**



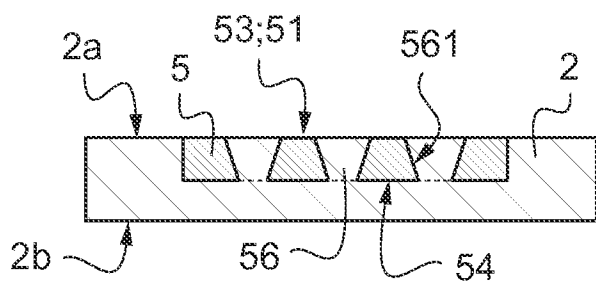
**Fig.4**



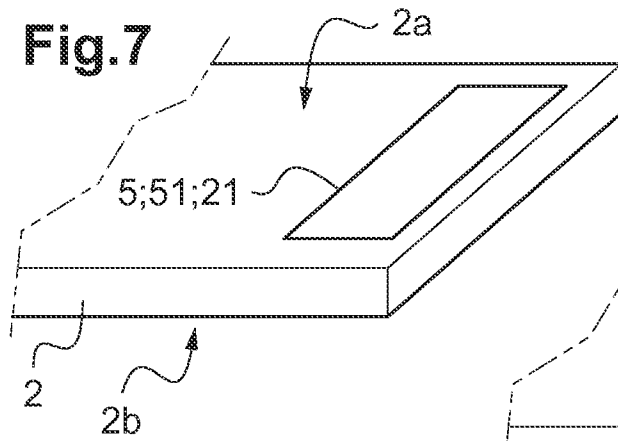
**Fig.5**



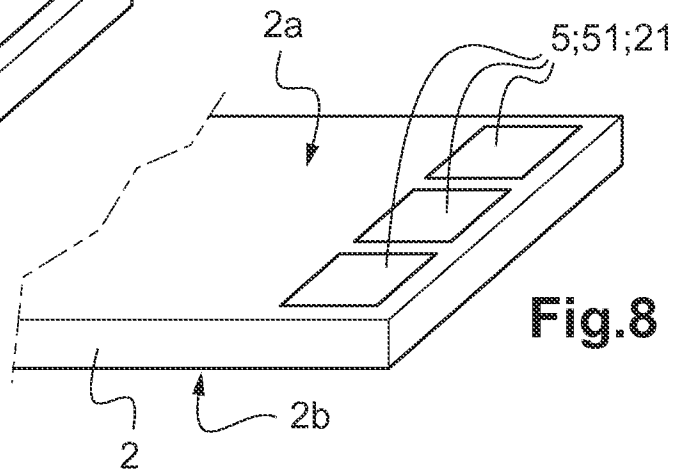
**Fig.6**



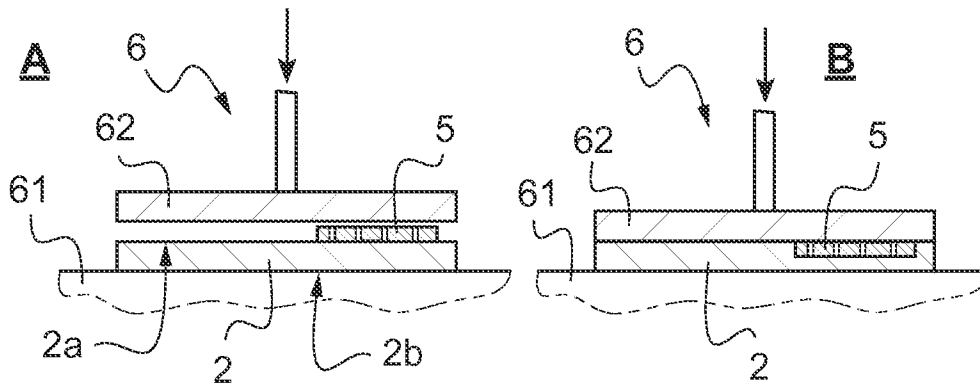
**Fig.7**



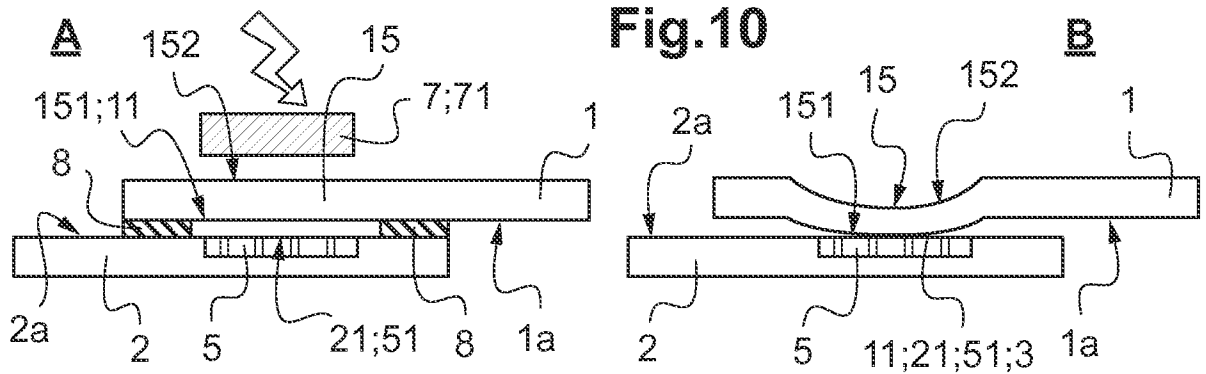
**Fig.8**



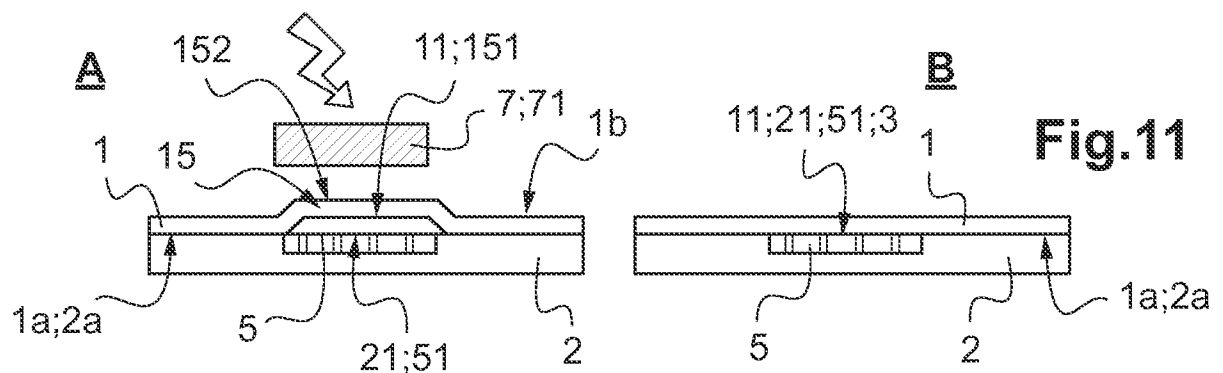
**Fig.9**



**Fig.10**



**Fig.11**



3/4

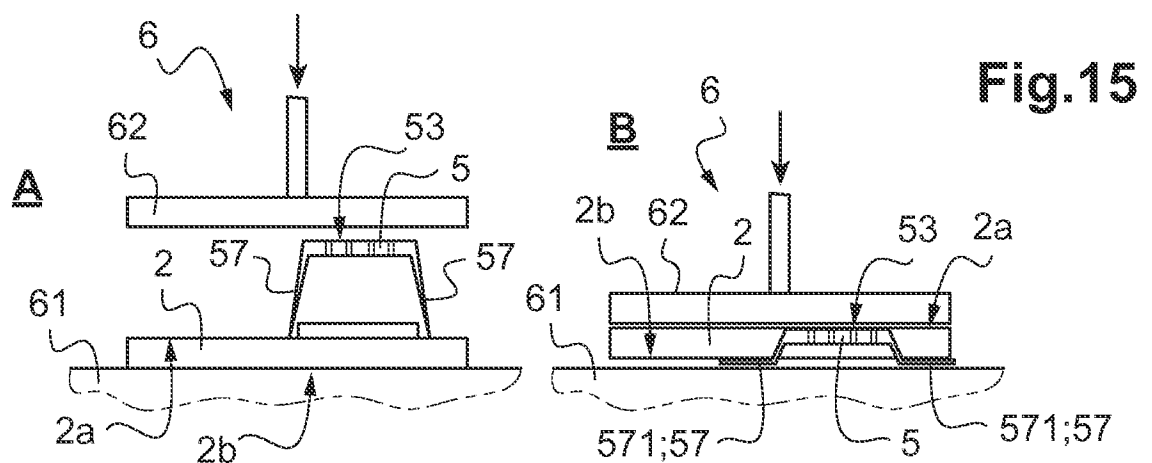
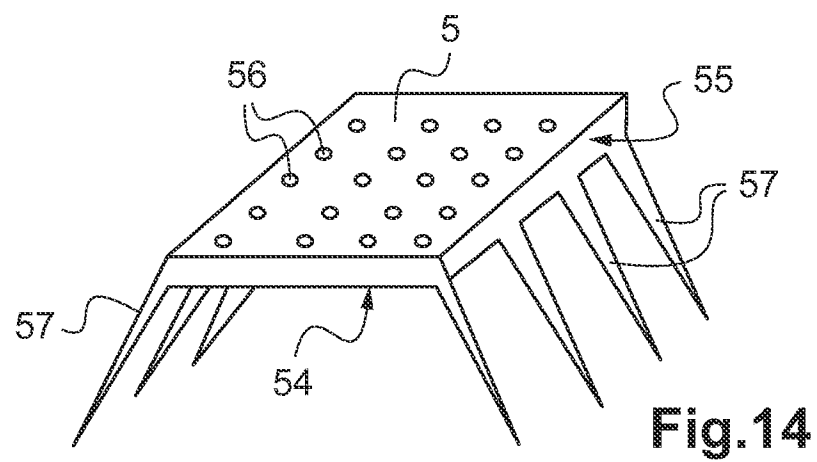
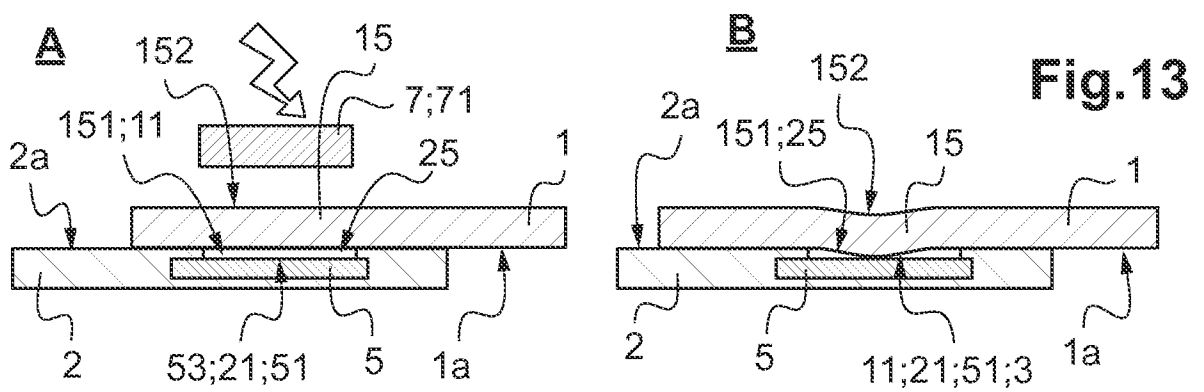
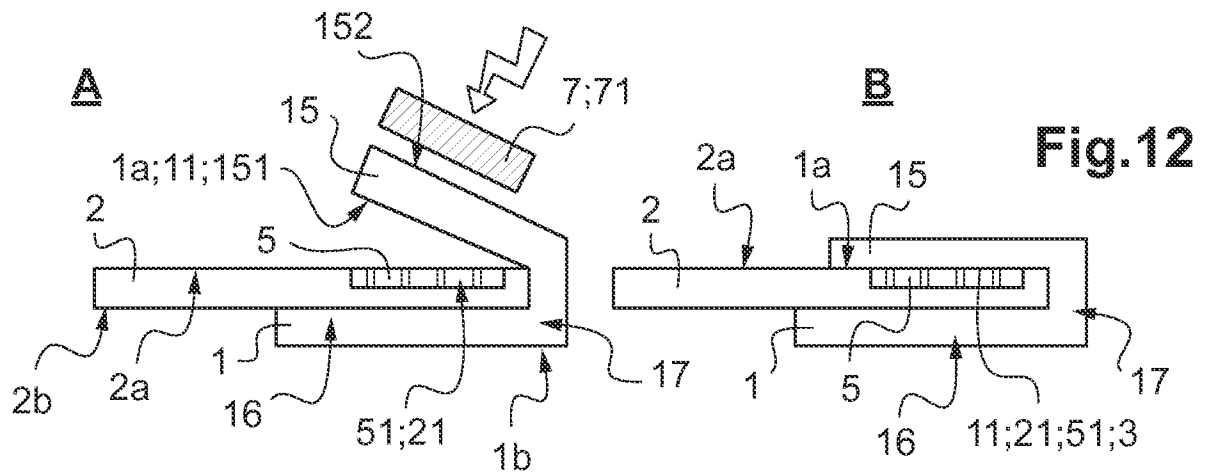
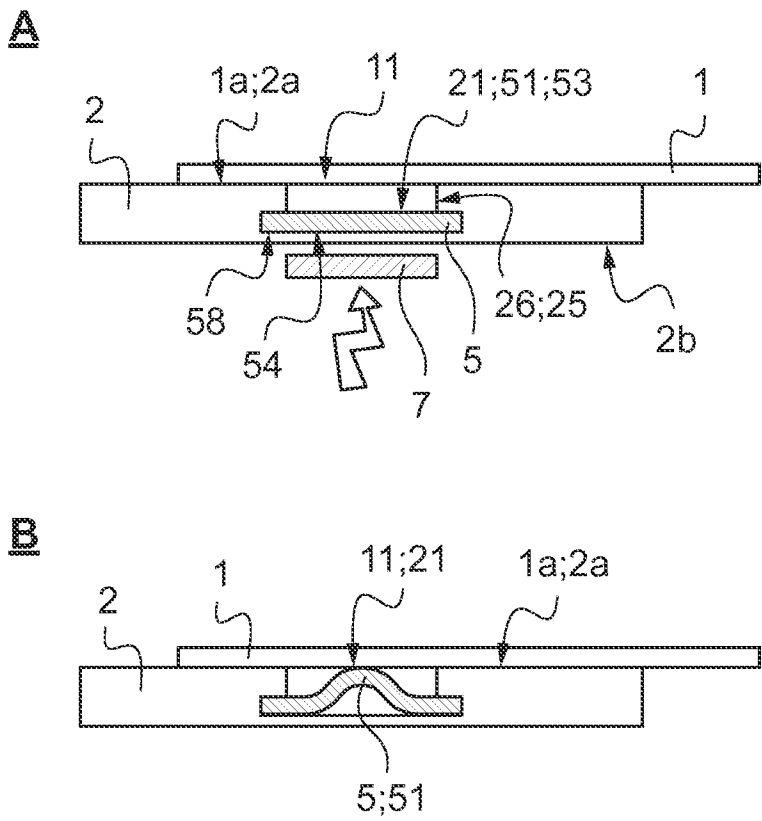


Fig.16



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/FR2015/053654

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. B23K31/02 B29C65/00 B23K20/06  
ADD. B23K103/18 B23K103/16

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)  
B23K B29C

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 practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                        | Relevant to claim No. |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Y         | US 2004/155030 A1 (SCHMIDT JIM [US])<br>12 August 2004 (2004-08-12)<br>paragraphs [0023] - [0027]; figures<br>-----                                       | 1-13,16               |
| Y         | DE 10 2011 106700 A1 (DAIMLER AG [DE])<br>8 March 2012 (2012-03-08)<br>abstract; claims; figures<br>-----                                                 | 1-13,16               |
| Y         | FR 2 998 210 A1 (PLASTIC OMNIUM CIE)<br>23 May 2014 (2014-05-23)<br>page 4, line 25 - page 5, line 24; claims;<br>figures<br>-----                        | 3,5,6,<br>14,15       |
| Y         | US 2004/028858 A1 (SCHNELL STEPHAN [DE])<br>12 February 2004 (2004-02-12)<br>paragraphs [0050] - [0052], [0063] -<br>[0068]; figures 3-5<br>-----<br>-/-- | 14                    |



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family 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 application or patent 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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

22 March 2016

Date of mailing of the international search report

06/04/2016

Name and mailing address of the ISA/

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

Authorized officer

Jeggy, Thierry

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR2015/053654

| C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT |                                                                                                                                                        |                       |
|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Category*                                            | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                     | Relevant to claim No. |
| Y                                                    | DE 19 11 940 A1 (HOEHN JAKOB)<br>24 September 1970 (1970-09-24)<br>page 1, paragraph 3<br>page 3, last paragraph - page 4, paragraph<br>1; figures 7-8 | 15                    |
| A                                                    | -----<br>DE 10 2006 024604 A1 (BAYERISCHE MOTOREN<br>WERKE AG [DE])<br>29 November 2007 (2007-11-29)<br>abstract; claims; figures<br>-----             | 1                     |

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2015/053654

| Patent document<br>cited in search report | Publication<br>date | Patent family<br>member(s)                                                                                | Publication<br>date                                                              |
|-------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| US 2004155030 A1                          | 12-08-2004          | AU 2003299820 A1<br>US 2004155030 A1<br>WO 2004058429 A1                                                  | 22-07-2004<br>12-08-2004<br>15-07-2004                                           |
| DE 102011106700 A1                        | 08-03-2012          | NONE                                                                                                      |                                                                                  |
| FR 2998210 A1                             | 23-05-2014          | CN 104968484 A<br>EP 2922689 A2<br>FR 2998210 A1<br>US 2015290903 A1<br>WO 2014080121 A2                  | 07-10-2015<br>30-09-2015<br>23-05-2014<br>15-10-2015<br>30-05-2014               |
| US 2004028858 A1                          | 12-02-2004          | DE 10125559 A1<br>EP 1395423 A1<br>JP 4027311 B2<br>JP 2004533950 A<br>US 2004028858 A1<br>WO 03006235 A1 | 28-11-2002<br>10-03-2004<br>26-12-2007<br>11-11-2004<br>12-02-2004<br>23-01-2003 |
| DE 1911940 A1                             | 24-09-1970          | NONE                                                                                                      |                                                                                  |
| DE 102006024604 A1                        | 29-11-2007          | DE 102006024604 A1<br>EP 1859921 A1                                                                       | 29-11-2007<br>28-11-2007                                                         |

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2015/053654

| <b>A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE</b><br>INV. B23K31/02 B29C65/00 B23K20/06<br>ADD. B23K103/18 B23K103/16                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                      |                                                                                                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                      |                                                                                                                           |
| <b>B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE</b><br>Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)<br>B23K B29C                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                      |                                                                                                                           |
| 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 cela est réalisable, termes de recherche utilisés)<br>EPO-Internal, WPI Data                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                      |                                                                                                                           |
| <b>C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                      |                                                                                                                           |
| Catégorie*                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents                                                       | no. des revendications visées                                                                                             |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | US 2004/155030 A1 (SCHMIDT JIM [US])<br>12 août 2004 (2004-08-12)<br>alinéas [0023] - [0027]; figures<br>-----                                       | 1-13,16                                                                                                                   |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | DE 10 2011 106700 A1 (DAIMLER AG [DE])<br>8 mars 2012 (2012-03-08)<br>abrégé; revendications; figures<br>-----                                       | 1-13,16                                                                                                                   |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | FR 2 998 210 A1 (PLASTIC OMNIUM CIE)<br>23 mai 2014 (2014-05-23)<br>page 4, ligne 25 - page 5, ligne 24;<br>revendications; figures<br>-----         | 3,5,6,<br>14,15                                                                                                           |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | US 2004/028858 A1 (SCHNELL STEPHAN [DE])<br>12 février 2004 (2004-02-12)<br>alinéas [0050] - [0052], [0063] - [0068];<br>figures 3-5<br>-----<br>-/- | 14                                                                                                                        |
| <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents         </div> <div> <input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe         </div> </div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                      |                                                                                                                           |
| * Catégories spéciales de documents cités:<br><div style="display: flex;"> <div style="flex: 1;"> <p>"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent</p> <p>"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens</p> <p>"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée</p> </div> <div style="flex: 1;"> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"&amp;" document qui fait partie de la même famille de brevets</p> </div> </div> |                                                                                                                                                      |                                                                                                                           |
| Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée<br><br><div style="text-align: center;">22 mars 2016</div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                      | Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale<br><br><div style="text-align: center;">06/04/2016</div> |
| Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale<br>Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2<br>NL - 2280 HV Rijswijk<br>Tel. (+31-70) 340-2040,<br>Fax: (+31-70) 340-3016                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                      | Fonctionnaire autorisé<br><br><div style="text-align: center;">Jeggy, Thierry</div>                                       |

| 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                                               | DE 19 11 940 A1 (HOEHN JAKOB)<br>24 septembre 1970 (1970-09-24)<br>page 1, alinéa 3<br>page 3, dernier alinéa - page 4, alinéa 1;<br>figures 7-8<br>----- | 15                            |
| A                                               | DE 10 2006 024604 A1 (BAYERISCHE MOTOREN<br>WERKE AG [DE])<br>29 novembre 2007 (2007-11-29)<br>abrégé; revendications; figures<br>-----                   | 1                             |

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2015/053654

| Document brevet cité<br>au rapport de recherche | Date de<br>publication | Membre(s) de la<br>famille de brevet(s) | Date de<br>publication |
|-------------------------------------------------|------------------------|-----------------------------------------|------------------------|
| US 2004155030 A1                                | 12-08-2004             | AU 2003299820 A1                        | 22-07-2004             |
|                                                 |                        | US 2004155030 A1                        | 12-08-2004             |
|                                                 |                        | WO 2004058429 A1                        | 15-07-2004             |
| -----                                           |                        |                                         |                        |
| DE 102011106700 A1                              | 08-03-2012             | AUCUN                                   |                        |
| -----                                           |                        |                                         |                        |
| FR 2998210 A1                                   | 23-05-2014             | CN 104968484 A                          | 07-10-2015             |
|                                                 |                        | EP 2922689 A2                           | 30-09-2015             |
|                                                 |                        | FR 2998210 A1                           | 23-05-2014             |
|                                                 |                        | US 2015290903 A1                        | 15-10-2015             |
|                                                 |                        | WO 2014080121 A2                        | 30-05-2014             |
| -----                                           |                        |                                         |                        |
| US 2004028858 A1                                | 12-02-2004             | DE 10125559 A1                          | 28-11-2002             |
|                                                 |                        | EP 1395423 A1                           | 10-03-2004             |
|                                                 |                        | JP 4027311 B2                           | 26-12-2007             |
|                                                 |                        | JP 2004533950 A                         | 11-11-2004             |
|                                                 |                        | US 2004028858 A1                        | 12-02-2004             |
|                                                 |                        | WO 03006235 A1                          | 23-01-2003             |
| -----                                           |                        |                                         |                        |
| DE 1911940 A1                                   | 24-09-1970             | AUCUN                                   |                        |
| -----                                           |                        |                                         |                        |
| DE 102006024604 A1                              | 29-11-2007             | DE 102006024604 A1                      | 29-11-2007             |
|                                                 |                        | EP 1859921 A1                           | 28-11-2007             |
| -----                                           |                        |                                         |                        |