



(43) Date de la publication internationale
22 septembre 2016 (22.09.2016)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2016/146800 A1

(51) Classification internationale des brevets :
B61D 17/04 (2006.01) **B61D 17/08** (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2016/055904

(22) Date de dépôt international :
18 mars 2016 (18.03.2016)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1552294 19 mars 2015 (19.03.2015) FR

(71) Déposant : AIRBUS DEFENCE AND SPACE SAS
[FR/FR]; 51-61, route de Verneuil, 78130 Les Mureaux
(FR).

(72) Inventeur : CLAUDEL, Sylvain; 9, rue Pierre Loti,
33160 Saint-Médard-en-Jalles (FR).

(74) Mandataire : SCHMIT, Christian, M.; Ipside, 7, 9, al-
lées Haussman, CS40009, 33070 Bordeaux Cedex (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, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : ASSEMBLY WITH FLEXIBLE LINK AND FLEXIBLE LINK FOR SUCH AN ASSEMBLY

(54) Titre : ASSEMBLAGE A LIAISON SOUPLE ET LIAISON SOUPLE POUR UN TEL ASSEMBLAGE

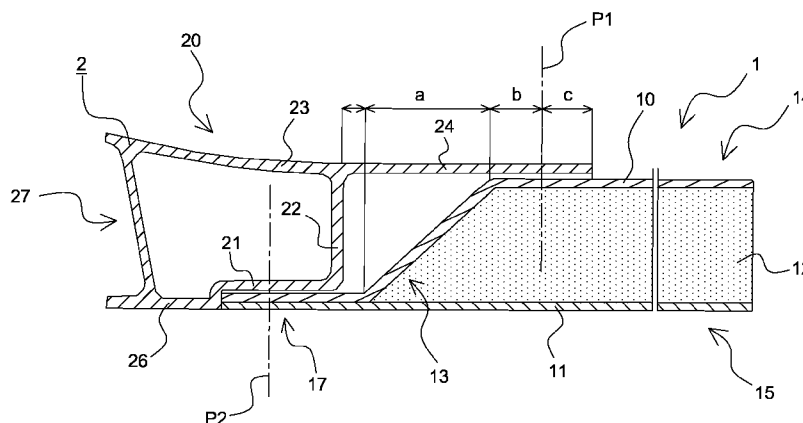


Fig.1

(57) Abstract : The invention relates to an end-to-end link between two panels (1, 2, 200, 300, 300') each including two plates or skins (10, 11, 23, 26), defining outer surfaces of said panels, connected by a solid or cellular core or by boxes (12, 27), and including an end edge, for which one of the plates or skins of each panel is extended by a tab (17, 24), the tab of a first one of said panels engaging, during the linking between the panels, with the outer surface of the skin or plate (10, 26) that is not provided with a tab of a second one of said panels and for which the edge of a first one of said panels, referred to as bevelled edge (13), is bevelled relative to said surfaces of the panel (10, 11) that include same, while the edge of the second one of said panels, referred to as straight edge (22), is an edge substantially perpendicular to said surfaces of the panel that include same, so that the tab of the straight-edge panel, referred to as compensation tab (24), includes in the width thereof a bearing end portion (b, c) and a free intermediate portion (a) capable of bending to compensate for the differences in thickness between the panels while the tab of the panel including said bevelled edge, referred to as bearing tab (17), engages over substantially the entire width thereof with the bearing portion (21) of the surface of the panel receiving same. The invention can be used for assembling long panels.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]



Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

L'objet de l'invention est une liaison en bout entre deux panneaux (1, 2, 200, 300, 300') comportant chacun deux plaques ou peaux (10, 11, 23, 26), définissant des faces externes desdits panneaux, reliées par une âme pleine ou alvéolée ou par un caissonnage (12, 27), et comportant un bord de terminaison, pour lequel une des plaques ou peaux de chaque panneau se prolonge par une languette (17, 24), la languette d'un premier desdits panneaux venant, lors de la liaison entre les panneaux, s'appliquer sur la face extérieure de la peau ou plaque (10, 26) dépourvue de languette d'un second desdits panneaux et pour lequel le bord d'un premier desdits panneaux, dit bord en biseau (13), est réalisé en biseau par rapport auxdites faces du panneau le comportant (10, 11) tandis que le bord du second desdits panneaux, dit bord droit (22), est un bord substantiellement perpendiculaire auxdites face du panneau le comportant, de sorte que la languette du panneau à bord droit, dite languette de rattrapage (24), comporte dans sa largeur une partie terminale en appui (b, c) et une partie intermédiaire libre (a) susceptible de fléchir pour rattraper des différences d'épaisseur entre les panneaux tandis que la languette du panneau comportant ledit bord en biseau, dite languette d'appui (17), est en appui sur substantiellement toute sa largeur sur la partie d'appui (21) de la face du panneau le recevant. Application à l'assemblage de panneaux de grande longueur.

ASSEMBLAGE A LIAISON SOUPLE ET LIAISON SOUPLE POUR UN TEL ASSEMBLAGE

Domaine de l'invention

La présente invention concerne un assemblage a liaison souple et une liaison souple pour un tel assemblage. Elle s'applique en particulier à la fixation entre panneaux composites et structures métalliques de grandes dimensions.

5 Arrière plan technologique

Lors de la fabrication de structures de grandes dimensions tels les aéronefs ou les caisses de train, on est amené à assembler des structures de plusieurs dizaines de mètres. C'est le cas par exemple de la liaison entre le panneau de face et la partie inférieure (brancard) d'une caisse de train.

10 Ces panneaux initialement en matériaux métalliques, sont appelés à être remplacés au moins partiellement par des panneaux en matériaux composite qui permettent de concevoir et réaliser des structures encore plus légères, ce qui particulièrement important pour les industrie du transport.

15 Qu'ils soient métalliques ou en matériaux composites, les panneaux de grandes dimensions qui ont une fonction structurale sont souvent des panneaux de type sandwich, c'est à dire qu'ils sont constitués de deux peaux reliées entre elles par différentes techniques bien connues. C'est en général la technologie qui permet de donner aux panneaux de la raideur et de l'inertie pour une masse optimisée la plus faible possible.

20 Comme toutes les pièces manufacturées, ces panneaux présentent des tolérances de fabrication, qui sont en fait de deux sortes :

Des tolérances générales liées à l'empilement des couches élémentaires de chaque panneau à assembler

Des tolérances de forme des pièces

Or du fait des grandes dimensions, les pièces à assembler présentent des tolérances de forme qui peuvent induire des jeux qui peuvent atteindre plusieurs millimètres entre les pièces à assembler. Ces jeux ne sont pas acceptables pour de nombreuses raisons, mécanique, étanchéité tenue dans le temps, et donc les
5 définisseurs utilisent différentes méthodes pour combler ces jeux.

On peut d'abord utiliser des panneaux dont les tolérances de forme soient très faibles, nettement plus faibles que celles des produits standards, soit en contrôlant mieux le procédé de fabrication, soit en effectuant des usinages après cette fabrication : on conçoit que ce type de solution est particulièrement coûteux.

10 Ou bien on peut combler les jeux :

Par exemple, en aéronautique, on pratique très souvent un « comblage rigide », c'est à dire qu'on introduit des cales métalliques dans les intervalles, ce qui nécessite de mesurer très précisément les jeux au cas par cas.

Quand le jeux est faible – quelques dixièmes de mm, on peut se contenter
15 de le combler avec un mastic.

Dans d'autres industries, on peut chercher à rattraper les jeux, et utiliser la flexibilité des panneaux et les déformer jusqu'à ce que les jeux soient éliminés par exemple à l'aide de vis ou de rivets.

Toutes ces méthodes ont des inconvénients, et généralement :

20 Les technologies aéronautiques sont très performantes mais aussi très coûteuses (mesures et réalisation de comblages spécifiques et précis, ré usinage de grandes pièces, ..)

Les technologies par déformation sont moins coûteuses, mais elles nécessitent que les matériaux présentent de grandes déformations plastiques, et
25 introduisent des contraintes résiduelles dans les matériaux qui rendent les assemblages mécaniquement moins performants, en statique mais aussi en fatigue.

Pour fixer les idées, mentionnons la norme NF EN 755-9 dans sa version en vigueur au 1^{er} mars 2015, qui définit les tolérances de forme acceptables lors de la
30 fabrication de profilés en Aluminium, permet d'évaluer les jeux auxquels on peut usuellement s'attendre à une tolérance de rectitude globale de 1,5 mm/m, soit 15 mm pour une pièce de 10m de longueur à laquelle s'ajoute une tolérance de

rectitude locale de 0,6 mm/300 mm, soit un jeu de 30 mm pour un assemblage de deux pièces métalliques de 10 m de long.

Selon la figure 1, pour raccorder de telles pièces, il est possible de pourvoir chaque pièce d'une aile terminale et d'assembler les pièces tête bêche de sorte
5 que les ailes terminales se fixent sur des faces opposées des pièces notamment par rivetage : les jeux d'assemblages vont se trouver au niveau de la jonction entre les ailes terminales et les faces opposée, zones où il va être nécessaire d'apporter des solutions pour combler ces jeux

On s'intéresse ici aux solutions qui permettent un compromis optimal entre
10 la performance technique de l'assemblage et son cout économique : il s'agit d'utiliser une méthode d'assemblage la plus simple possible, qui soit le moins exigeante possible vis-à-vis des tolérances de fabrication des pièces et qui n'induisse qu'un minimum de contraintes résiduelles dans les pièces assemblées, de façon à préserver la tenue structurale dans la durée des pièces assemblées.

15 La solution envisagée ici a pour but d'obtenir un contact entre les deux parties de la liaison ce qui va donner une tenue mécanique correcte de la liaison.

Brève description de l'invention

La présente invention prévoit pour ce faire une liaison en bout entre deux panneaux comportant chacun deux plaques ou peaux, définissant des faces
20 externes desdits panneaux, reliées par une âme pleine ou alvéolée ou par un caissonnage, et comportant un bord de terminaison, pour lequel une des plaques ou peaux de chaque panneau se prolonge par une languette, la languette d'un premier desdits panneaux venant, lors de la liaison entre les panneaux, s'appliquer sur la face extérieure de la peau ou plaque dépourvue de languette
25 d'un second desdits panneaux et pour lequel le bord d'un premier desdits panneaux, dit bord en biseau, est réalisé en biseau par rapport auxdites faces du panneau le comportant tandis que le bord du second desdits panneaux, dit bord droit, est un bord substantiellement perpendiculaire auxdites face du panneau le comportant, de sorte que la languette du panneau à bord droit, dite languette de
30 rattrapage, comporte dans sa largeur une partie terminale en appui et une partie intermédiaire libre susceptible de fléchir pour rattraper des différences d'épaisseur entre les panneaux tandis que la languette du panneau comportant ledit bord en

biseau, dite languette d'appui, est en appui sur substantiellement toute sa largeur sur la partie d'appui de la face du panneau le recevant.

Préférentiellement, ladite languette d'appui définit une surface de référence substantiellement rigide pour la liaison.

- 5 Selon un mode de réalisation particulier, ledit bord droit fait un angle de $90^\circ \pm 15^\circ$ par rapport auxdites faces des peaux ou plaques du panneau le comportant.

Selon un mode de réalisation alternatif ou complémentaire, ledit bord en biseau fait un angle de $45^\circ \pm 15^\circ$ par rapport à la normale auxdites faces du panneau la comportant.

- 10 Ledit bord en biseau est avantageusement réalisé par un pliage d'une première peau selon une première inclinaison en début de biseau puis selon une seconde inclinaison en fin de biseau où la première peau rejoint la seconde peau du panneau pour former une première languette dite languette d'appui à l'extrémité dudit bord en biseau.

- 15 Ledit bord droit est avantageusement une paroi reliant les deux plaques du panneau à bord droit et disposée en bout d'une première de ces plaques, ladite languette de rattrapage du panneau comportant ledit bord droit étant constituée par un prolongement d'une seconde de ses plaques en porte à faux par rapport audit bord droit.

- 20 Selon un mode de réalisation particulier le panneau comportant ledit bord droit est un panneau ou une structure métallique.

Ladite languette de rattrapage est réalisée en sorte d'avoir une flexibilité adaptée à rattraper les différences d'épaisseur des panneaux par flexion de sa partie intermédiaire libre.

- 25 En particulier, en réalisant une languette de rattrapage et un biseau suffisamment longs, la partie intermédiaire libre peut être suffisamment déformable pour venir en contact avec la face du panneau la recevant et permettre un rivetage tout en minimisant les contraintes induites par l'assemblage.

- 30 Selon un aspect préférentiel de l'invention, la liaison comporte un jour de section substantiellement triangulaire rectangle pour laquelle ledit bord en biseau constitue l'hypoténuse de ladite section, le bord droit et ladite partie intermédiaire libre constituant les deux autres côtés de ladite section.

L'invention propose en outre un assemblage de deux panneaux qui comprend entre les deux panneaux une liaison rivetée comprenant au moins une première ligne de rivets de fixation de la languette d'appui du panneau comportant ledit bord en biseau sur une face d'appui du panneau comportant ledit bord droit et
5 au moins une seconde ligne de rivets de fixation de ladite partie terminale de ladite languette de rattrapage sur une face d'appui du panneau comportant ledit bord en biseau.

La paroi d'appui du panneau comportant ledit bord droit est avantageusement une bordure en retrait de la face dépourvue de languette dudit
10 panneau en sorte de compenser l'épaisseur de la languette d'appui pour avoir les faces planes extérieures aux deux panneaux en continuité.

La paroi d'appui du panneau comportant ledit bord droit est avantageusement une bordure en retrait de la face dépourvue de languette dudit panneau et relié à ladite face par un talon formant une butée pour la languette
15 d'appui.

La languette de rattrapage est préférablement adaptée à se courber sous l'action de l'assemblage du premier panneau et du second panneau soit en direction du premier panneau soit dans le sens opposé.

Selon un mode de réalisation particulier, la souplesse de ladite languette de
20 rattrapage est calculée pour lui permettre de fléchir d'une distance au moins égale à la somme des tolérances des couches qui constituent chaque panneau. Selon un mode de réalisation alternatif, la souplesse de ladite languette de rattrapage est calculée pour lui permettre de fléchir d'une distance au moins égale à la somme quadratique des tolérances des couches qui constituent chaque panneau.

25 Pour la somme quadratique on prend la racine carrée de la somme des carrés des incertitudes de chaque couche.

Le fléchissement de ladite languette de rattrapage se mesure au point d'accostage entre ladite languette et la face du panneau sur lequel elle s'applique.

L'invention s'applique en outre à un assemblage mixte panneau composite /
30 structure métallique pour lequel un premier desdits panneaux est un panneau composite et un second desdits panneaux est une structure métallique.

Le panneau composite est avantageusement le panneau comportant ledit bord en biseau et, le panneau composite comprenant une âme entre une première

peau et une seconde peau, l'âme comporte un bord en biseau partant de la première peau pour s'étendre vers la seconde peau, la première peau épousant la pente du bord en biseau pour rejoindre la seconde et réaliser la languette d'appui.

La structure métallique est avantageusement le panneau comportant ledit
5 bord droit.

Brève description des dessins

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention seront apparents à la lecture de la description qui suit d'un exemple non limitatif de réalisation de l'invention en référence aux dessins qui représentent:

10 en figure 1: une terminaison de structure métallique et une terminaison de panneau composite de l'invention en vue de côté coupe et en vis à vis;

aux figures 2A et 2B: des vues de la terminaison de la figure 1 respectivement pour un jeu négatif et un jeu positif;

en figure 3: un détail de la structure de la figure 1;

15 en figure 4: la modélisation d'une languette de rattrapage de la structure métallique de la figure 1;

aux figures 5A et 5B: des modélisations des contraintes dans la structure pour les jeux des figures 2A et 2B;

20 en figure 6: un exemple de structure recevant un panneau conformément à l'invention;

aux figures 7A et 7B: des représentations schématique de l'assemblage de la figure 1 au niveau de la languette de rattrapage en vue de face;

aux figures 8A à 8C: un exemple de rivet utilisable pour l'invention.

25 en figure 9: une vue en perspective d'une voiture ferroviaire comportant des panneaux composites fixés avec une structure inférieure métallique au moyen d'une liaison selon l'invention;

en figure 10: une vue en perspective de l'assemblage d'une partie de panneau et de structure de la figure 9;

30 en figure 11: une vue en coupe de côté de l'assemblage de la figure 10.

Description détaillée de modes de réalisation de l'invention

La présente invention s'inscrit dans le cadre de l'assemblage de panneaux de longueur importante et notamment dans le cadre de l'étude du remplacement

de panneaux aluminium ou acier notamment de caisses de voitures ferroviaires par des panneaux latéraux composites. Dans ce cadre, comme représenté en figure 9, des panneaux composites 300 se fixent à des éléments de châssis métalliques 200 composant la base des voitures dans le but de gagner du poids sur la structure et des panneaux de pavillon 301 se fixent sur lesdits panneaux latéraux. Ceci permet d'augmenter la charge utile de la caisse, que ce soit en nombre de passagers ou en équipement embarqué.

Une des contraintes d'une telle réalisation est de minimiser les coûts d'assemblage des pièces de grandes dimensions comme celles qui composent la caisse de train, notamment les façades latérales, le châssis métallique et le pavillon. Pour cela il faut trouver le compromis idéal entre le coût de fabrication des pièces primaires et le coût d'assemblage pur. Ce dernier est dirigé par le temps nécessaire à la manipulation et la complexité d'opération.

Le procédé de rivetage est bien adapté à la réalisation de liaisons entre des pièces de grandes dimensions et convient pour l'assemblage des pièces précédemment cités.

Dans le secteur aéronautique, beaucoup de solutions au cas par cas sont utilisés lors de l'assemblage (métrologie, ré-usinage des pièces, utilisation de calles physiques usinées...). Dans le domaine ferroviaire visé, le prix accepté par unité de masse gagnée sur une caisse de train est nettement inférieur au prix accepté pour la même unité de masse gagnée sur un aéronef par exemple. En outre le coût de fabrication des pièces tels que des panneaux doit rester réduit ce qui ne permet pas de réduire autant que dans l'aéronautique les tolérances dimensionnelles acceptables des pièces.

Des tolérances de fabrication trop contraignantes imposeraient des prix de fabrication trop importants. Il est connu que les structures fortement hyperstatiques constituées de grandes pièces relativement souples et sujettes à des défauts géométriques ne peuvent pas être assemblées sans subir des déformations. Il en résulte un état géométrique et des contraintes résiduelles partiellement maîtrisées.

La présente invention propose une nouvelle approche qui utilise la flexibilité d'une pièce lors de l'assemblage de panneaux ce qui va permettre d'autoriser une plus grande tolérance sur les dimensions des pièces en particulier de l'épaisseur

des panneaux composites qui vont être assemblés sur des structures métalliques. La présente invention permet également d'obtenir des tolérances de défaut de forme plus larges pour la fabrication des pièces, donc un coût le plus faible possible, tout en assurant la performance de l'assemblage en utilisant la flexibilité d'une partie de l'assemblage.

Les panneaux composites sont des produits solides comportant des peaux ou plaques réalisées avec un matériau de liaison appelé matrice et d'un matériau de renfort en général sous forme de fibres qui prennent en sandwich un matériau de comblement léger, mousse, matériau alvéolaire, matériau ni d'abeille ou autre appelé âme.

La matrice conserve la disposition géométrique des fibres et leur transmet les sollicitations auxquelles est soumise la pièce. Le matériau obtenu est ainsi léger, possède une bonne tenue en fatigue et possède de bonnes caractéristiques mécaniques dans le sens des fibres.

Dans le cas de pièces de grande longueur, un défaut d'épaisseur ou de planéité d'un panneau tel qu'un panneau composite va se traduire par exemple par des ondulations du panneau sur la longueur du panneau.

Le mode d'assemblage privilégié pour lier deux pièces minces de grandes dimensions est le rivetage. Ce procédé utilise fréquemment des rivets dits aveugles car ils nécessitent d'avoir accès à seulement un côté de l'assemblage. A l'aide de pistolet à pression on vient tirer sur la tige du rivet, ce qui permet d'écraser la tête de l'autre côté. La tige est dimensionnée pour se casser en sa base à partir d'une certaine pression.

Dans le cas de caisses de train l'assemblage est composé de deux lignes de rivets. La première se situe sur la face extérieure du train, la seconde se situe sur la face intérieure du train.

Des lignes de rivetages sont par exemple représentées sous les repères 110, 120 sur la figure 10 entre le panneau 300 et la structure ou châssis métallique 200 de bas de caisse de voiture ferroviaire utilisable pour recevoir un panneau fixé selon l'invention.

Dans une application à la réalisation de caisses de train notamment, en fonction de la chaleur et de l'hydrométrie, la température d'une caisse de train peut monter à des températures dépassant les 80°C ce qui sollicite de manière

importante les assemblages et en particulier les assemblages composite/métal ce qui impose des contraintes de dimensionnement particulières.

Dans le contexte de l'invention et selon la figure 1, le bord d'un panneau composite 1 à fixer comporte un retour à la peau formant une languette 17 de fixation venant en appui sur une face du panneau métallique 2 et appelée ici languette d'appui dans le sens qu'elle constitue une surface d'appui de référence substantiellement rigide pour l'assemblage.

Le panneau métallique 2 comporte de son côté une languette métallique 24 pourvue d'une partie terminale en appui sur une face du panneau composite mais aussi pourvue d'une partie intermédiaire libre d'appui sur une longueur qui permet d'apporter de la flexibilité pour l'assemblage, cette languette étant appelée languette de rattrapage. Les rivets sont positionnés au niveau de la partie des languettes en appui sur les faces des panneaux et insérés dans des perçages, une série de perçages P1 traversant la languette de rattrapage et une première peau 10 du panneau et une série de perçages P2 traversant la partie en appui de la languette de rattrapage et une paroi d'appui 21 du châssis.

Par surface d'appui de référence substantiellement ou essentiellement rigide on entend que la languette d'appui est suffisamment rigide pour que son éventuel fléchissement reste négligeable par rapport à la flexion de la languette de rattrapage en cas de différence d'épaisseur des panneaux au niveau de la liaison, ce qui correspond par exemple à un fléchissement angulaire de la languette d'appui 10 à 100 fois inférieur à celui de la languette de rattrapage au niveau de leur jonction avec le bord du panneau les portant pour un écart d'épaisseur.

De même la languette d'appui est en appui sur substantiellement toute sa longueur exprime que même si une petite partie de la languette d'appui est en porte à faux, cette petite partie reste de longueur négligeable par exemple jusqu'à 10% de la longueur de la languette et est de longueur insuffisante pour apporter un fléchissement angulaire significatif de la languette d'appui.

Les défauts de forme des pièces composites sont induits notamment par la forme imparfaite du moule. Les défauts du moule entraînent une première famille de défauts sur la pièce produite.

Une deuxième source de défauts vient des efforts de déformation après polymérisation. Le procédé de fabrication des matériaux composites entraînent

des tensions internes qui se relâchent après polymérisation, ce qui conduit à une déformation globale de la pièce par effet ressort appelé en anglais "spring back".

Ces deux sources de défauts induisent les défauts de forme D_f sur les pièces composites.

- 5 Une troisième source de défauts proviens, sur la face opposée au moule, des variations d'épaisseurs liées aux dispersions de fabrications (cumul des tolérances des couches successives de matériaux assemblés sur le moule) : ce qui donne lieu à des défauts d'empilement.

Le panneau composite 1 comprend une première peau 10 et une seconde
10 peau 11 disposées de part et d'autre d'une âme 12 en mousse, nid d'abeille ou autre matériau léger. Il comprend, au niveau d'au moins un bord du panneau composite, une terminaison d'assemblage comportant la bordure 17 de retour à la peau réalisée en solidarisant ensemble les deux peaux 10, 11 et formant la languette d'appui.

- 15 Pour améliorer la jonction entre les peaux et la rigidité du bord du panneau au niveau de la terminaison, le bord 13 de l'âme est découpé en biseau pour réaliser une zone de transition progressive depuis la première face 14 vers la seconde face 15 du panneau, la première peau 10 recouvrant la zone de transition depuis la première face vers la seconde face du panneau pour venir s'appliquer
20 sur la seconde peau 11 qui prolonge cette seconde face et réaliser la languette d'appui 17 par retour à la peau du panneau composite.

Du fait de sa constitution par solidarisation des deux peaux la languette d'appui est relativement rigide et non flexible.

- La structure métallique 2 comprend pour sa part une extrémité 20 de jonction
25 avec le panneau composite pourvu d'une paroi d'appui 21 en regard de la languette d'appui 17.

Cette structure comporte en outre une paroi de liaison 22 entre ladite paroi d'appui et une seconde face 23 de la structure, cette paroi de liaison formant un bord substantiellement droit.

- 30 Par bord substantiellement ou essentiellement droit on entend un bord perpendiculaire ou le plus perpendiculaire possible aux peaux ou plaques 23, 24, 21, 26 compte tenu des tolérances de découpe, usinage ou de moulage. On considère dans le contexte de la présente invention comme bord

substantiellement ou essentiellement droit un bord à $90^\circ \pm 15^\circ$ de la surface des peaux ou plaques.

La languette 24 s'étend au delà du bord droit sur la face 23 de la structure opposée à celle portant la paroi d'appui 17. La languette 24 est en porte à faux et
5 vient s'appliquer sur la première face 14 du panneau composite.

La languette 24 comporte une partie libre de longueur "a" et une partie en appui de longueur "b"+"c".

La partie libre se situe au dessus du bord en biseau 13 du panneau 1 et permet à la languette 24 de fléchir ce qui lui donne une fonction de rattrapage de
10 jeu et de défauts comme il sera vu plus loin.

Pour ce qui concerne le bord en biseau on considère qu'une plage de 30° à 60° soit $45^\circ \pm 15^\circ$ par rapport à la normale aux plaques permet d'avoir une longueur libre de languette adéquate pour l'invention.

La partie de la languette 24 en appui sur la première face 14 du panneau et la bordure 17 sur la paroi d'appui 21 constituent des zones de réception de moyens
15 de fixation tels que des rivets.

Les défauts que permet de rattraper la languette de rattrapage 24 sont notamment les défauts d'empilement du panneau composite et de la structure.

Ces défauts d'empilement D_e sont constitués par la somme des tolérances
20 de toutes les couches qui constituent chaque panneau (peau, âmes du sandwich, etc..) Il peut s'agit d'une addition classique, où d'une addition quadratique (on prend la racine carrée de la somme des carrés des incertitudes de chaque couche) plus réaliste du point de vue risque d'occurrence, et donc préférées par les inventeurs. Sa valeur est de l'ordre de ± 1 millimètre pour un empilement tel celui de la figure 1,
25 quand les panneaux ont une épaisseur de l'ordre de 50 mm, les peaux du sandwich composite ayant une épaisseur d'environ 3 mm.

La languette est adaptée à se courber sous l'action de l'assemblage du panneau et de la structure soit en direction du panneau comme représenté en figure 2A avec un déplacement -y correspondant à une sous épaisseur du panneau par
30 rapport à la structure soit dans le sens opposé en figure 2B avec un déplacement +y correspondant à une sur épaisseur du panneau par rapport à la structure.

La figure 3 représente un exemple de structure 200 comportant une première face 26 terminée au niveau de la partie d'assemblage avec un panneau composite

par la paroi d'appui 21 et qui comporte une seconde face 23 qui se prolonge par la languette 24. L'agrandissement en figure 3 permet de distinguer un talon 25 reliant la paroi d'appui 21 à la première face 26 de la structure. Ce talon permet ici d'obtenir une face extérieure plane entre le panneau et la structure, la différence de
5 hauteur entre la partie d'appui 21 et la plaque 26 de la structure correspondant à l'épaisseur de la languette d'appui 17 du panneau composite. Le talon peut en outre servir de butée pour la bordure 17 de l'extrémité d'assemblage du panneau.

Comme vu plus haut, la languette 24 est destinée par sa souplesse à rattraper les jeux d'empilement, mais elle ne pourra rattraper à elle seul les jeux dus
10 aux tolérances de forme : en fait c'est la souplesse du panneau et de la structure, souplesse due à leur grande dimension dans le sens de la longueur qui permet de rattraper ce jeux.

Il est à noter qu'il est bien connu que cette souplesse dépend de la forme du panneau et de la structure, et par exemple un panneau plan sera très souple alors
15 qu'un panneau courbe comme celui de la figure 3 sera beaucoup moins souple.

Comme expliqué dans la partie précédente, pour réaliser l'assemblage sans avoir de jeu à combler, il faut augmenter la souplesse de la pièce métallique pour diminuer la contrainte interne au niveau de l'assemblage. C'est le rôle de la languette de rattrapage 24 d'apporter cette souplesse dans l'assemblage, par une
20 conception adaptée de cette languette.

Pour cette conception adaptée, il y a lieu de se donner un certain nombre d'objectifs, liés au bon fonctionnement de la structure assemblée.

De manière générale, pour la conception de cette liaison :

- On se donne un critère de contrainte de flambage maximale admissible
25 dans la languette;
- On se donne un critère de contrainte résiduelle maximale admissible dans la languette;
- On se donne un jeux maximum de liaison admissible, susceptible d'un comblage par mastic;
- 30 - On définit l'épaisseur du linguet de façon qu'il puisse supporter les efforts en matage dus à la liaison;
- Sur la base de cette épaisseur et du critère de flambage, on en déduit la longueur maximale possible du linguet;

- Sur la base de cette longueur, de l'épaisseur et du critère de contrainte résiduelle, on calcule l'effort maximum de serrage de la liaison, dont on déduit la déformée maximale;

5 - On compare cette déformée à la tolérance maximale possible due aux empilements des constituants des panneaux, en s'assurant que l'écart maximal entre la déformée et la tolérance maximale est inférieure au jeux maximum de liaison admissible;

- On s'assure qu'avec les efforts ainsi définis, on pourra rattraper les jeux du aux tolérances de forme pour la liaison réelle à réaliser.

10 Dans l'hypothèse où l'on ne peut pas rattraper respectivement les tolérances d'empilement ou de forme, on réitère l'analyse en réduisant respectivement ces tolérances.

En pratique, on démarrart l'analyse avec des tolérances standard qui permettent d'avoir un cout minimum des panneaux, on peut être amené à réduire ces tolérances et donc à augmenter le cout des panneaux, mais cette augmentation sera la plus faible possible.

Il faut d'abord que la languette de rattrapage modélisée à la figure 4, aussi appelée ci-après linguet, et la liaison soient capables de supporter les efforts de de la structure en fonctionnement. Ces efforts supposés connus permettent de déterminer le nombre d'éléments de liaison/rivets, leur diamètre D, le pas P entre deux rivets en fonction en particulier de leur caractéristiques. Le fonctionnement par matage de ces rivets permet de déterminer l'épaisseur du linguet :

$$e \geq F_{\text{cisaillement}} / (D * \sigma_{\text{matage}})$$

avec :

25 e = épaisseur du linguet (mm);

σ_{matage} = contrainte de matage admissible sur (MPa);

D = diamètre du rivet (mm);

$F_{\text{cisaillement}}$ = effort externe de cisaillement appliqué sur un rivet (N).

Par ailleurs, il faut que la liaison soit capable de supporter tous les efforts auxquels elle sera soumise en fonctionnement. L'effort le plus dimensionnant est la tenue en flambage du linguet lors d'un effort de flexion de la liaison pour ce faire, la contrainte de flambage σ_f doit être supérieure à la limite élastique σ_e du matériau utilisé, en fait avec un coefficient de sécurité de 1,5.

La contrainte de flambage peut être calculée de diverses façon, on l'estime ici par assimilation du linguet à un intermédiaire entre une poutre encastree – encastree et une poutre encastree-guidée :

$$F_{\text{critique flambage}} = \pi^2 * E * I_f / l_k^2$$

5 Avec :

E = module élastique du matériau du linguet (MPa);

I_f = Inertie de flexion du linguet = $b * e^3 / 12$;

$l_k = 0,6$;

D'où :

$$10 \quad \sigma_{\text{critique flambage}} = (\pi^2 * E * e^2) / (4,32 * L^2) > 1,5 \sigma_e$$

avec :

L: longueur du linguet jusqu'au point d'introduction du serrage (mm);

e = épaisseur du linguet (mm);

σ_e = limite élastique du matériau utilisé (MPa);

15 D'où :

$$L < \pi * e * E^{1/2} * 1 / (4,32 * 1,5 * \sigma_e)^{1/2}$$

Pour que le linguet 24 reste utilisable dans sa fonction, il faut également que la contrainte de flexion induite par le serrage n'atteigne pas une fraction de la limite élastique du matériau ; la valeur maximale σ_m admissible pour cette

20 contrainte résiduelle dépend de l'assemblage et de sa fonction, mais en première estimation on peut choisir que cette contrainte maximale ne dépasse pas la moitié du potentiel de contrainte à limite élastique du matériau ,soit $\sigma_m = 1 / (2 * 1,15) * \sigma_e$. Cette contrainte permet de calculer la flèche maximale atteignable par le linguet, et donc le jeu maximal qui peut être rattrapé.

25 Si y_m est cette flèche, elle est liée à la contrainte maximale acceptable dans le linguet par la relation (approximation du linguet par une poutre encastree) :

$$y_m = \sigma_m * (2 * L^2) / (3 * E * e)$$

La comparaison de cette flèche maximale atteignable avec le défaut d'empilement D_e permet de vérifier si l'assemblage est possible :

30 Soit $y_m > D_e - m$, où m est le jeux résiduel qui peut être comblé par un mastic ; m vaut au maximum 0,7 mm de façon classique. Alors, l'assemblage est réalisable.

Soit $y_m < D_e - m$ alors l'assemblage n'est pas réalisable ; il faut revoir la chaîne de côte qui doit être plus contraignante ; et les pièces seront plus chères à fabriquer.

Il reste à vérifier que le flux d'effort d'accostages maximal F_a appliqué en bout de linguet sera suffisant pour assurer cette déformation. Pour réaliser l'opération d'assemblage, on utilise usuellement des épingles, qui sont des dispositifs d'accostage provisoire que l'on place dans les trous prévus pour les rivets de l'assemblage final ; connaissant l'effort maximal d'accostage d'une épingle (T_{epingle}) et considérant une épingle dans chaque trou, on calcule $K_a = T_{\text{epingle}} / P$ et que cette valeur est supérieure à l'effort K nécessaire pour faire fléchir le linguet de la valeur du défaut maximal D_e :

$$K = 3 * D_e * E * e^3 / (L^3 * 12)$$

A l'issue de cette première phase de prédéfinition du linguet, l'analyse se poursuit par un calcul qui permet de vérifier les exigences d'assemblages en prenant en compte les défauts de formes des panneaux à assembler dans leurs grandes longueurs.

Cela nécessite un calcul aux éléments finis, dans lequel on modélise l'ensemble des deux pièces à assembler, y compris le linguet ou languette de rattrapage défini précédemment, avec les hypothèses suivantes ;

La déformation est assurée par des épingles d'assemblage utilisant les lieux prévus par les rivets ; les épingles d'assemblage sont des produits standards, dont la force de serrage est connue .

Le défaut de forme est modélisé soit par des outils (tels le logiciel de simulation d'assemblage 3DCS de la société HITEX), soit avec un logiciel de calcul par élément fini sous forme d'un défaut sinusoïdal de longueur d'onde variable, dont l'amplitude est le défaut de forme attendu.

Le calcul donne au final :

- le jeu résiduel qui doit être au maximum mentionnés ci-dessus (m)
- les contraintes résiduelles qui ne doivent pas dépasser σ_m

Si ces objectifs ne sont pas atteints, il y a lieu de spécifier des défauts de forme plus faibles, ce qui complique le procédé de fabrication des pièces et donc leur coût.

On notera que la démarche mentionnée précédemment porte sur le cas pire, qui indique la faisabilité de l'assemblage, et la classe des tolérances de fabrication nécessaires au succès de l'assemblage. Quand cette faisabilité est démontré, il est toujours possible d'optimiser la conception que ce soit en termes
5 de longueur de linguet, choix de matériau, contraintes résiduelles, jeux résiduels et coût.

Augmenter la longueur du linguet permet donc de diminuer fortement la contrainte maximum interne au châssis ou structure métallique. Toutefois augmenter indéfiniment la longueur du linguet n'est pas possible. Il y a un risque
10 de flambage du linguet.

Aussi, un compromis entre la longueur du linguet et donc de la terminaison du panneau composite et de sa partie de retour à la peau et sa souplesse est possible selon les pièces à raccorder, leurs dimensions et les efforts qu'elle ont à passer.

Les figures 5A et 5B représentent la localisation des contraintes σ maximales, σ_{M1} dans le cas d'un jeu négatif - y pour la figure 5A où la contrainte maximale σ_{M1} est située à la jonction entre le linguet ou languette de rattrapage et la paroi de liaison 22 et σ_{M2} dans le cas d'un jeu positif +y dans le cas de la figure 5B où la contrainte maximale σ_{M2} se situe dans la zone d'accostage du linguet sur la
20 première face 14 du panneau.

Pour mieux décrire la mise en œuvre de l'invention, on va considérer le cas présenté à la figure 6 . Cette figure représente la structure en aluminium 200 de la figure 3 en perspective, cette structure devant être assemblée avec un panneau en matériau sandwich composite. La longueur des deux pièces et de la liaison est de
25 10 m et les rivets sont alignés selon deux lignes 110 et 120 sur les deux côtés de la structure.

La figure 7A représente un défaut de forme à rattraper D_f entre le panneau composite et la structure métallique La figure 7B représente en partie gauche l'écart Δy et en partie droite le résultat après serrage au moyen d'outillages adaptés
30 (épingles par exemple) ou des rivets 30.

A titre d'exemple on considèrera un panneau tel que l'épaisseur de l'âme en mousse du panneau sandwich est de 38mm, l'épaisseur des peaux est de 3 mm, Le retour à la peau du panneau composite s'effectue avec un angle de 45°, et

un jeu de 10 mm est prévu entre le linguet ou languette de rattrapage 24 et la première face 14 du panneau lorsque la bordure 17 est posée sur la paroi d'appui 21 été choisi afin d'éviter un double contact.

La structure de l'exemple est en aluminium 6005 T6 de 3 à 5 mm d'épaisseur, son module d'élasticité vaut $E=70\text{GPa}$, et sa limite élastique vaut $\sigma_e > 220\text{MPa}$

Par ailleurs, les sollicitations en utilisation ont permis de définir la liaison qui sera réalisée à l'aide de rivets aveugles à tirer en inox passivés de 6,58mm de diamètre, réparti selon un pas de $P=60\text{mm}$, devant permettre d'assurer la tenue sous un flux d'effort de cisaillement de 70 N/mm

Les épingles utilisées pour réaliser l'assemblage permettent de passer un effort de 2000N .

Concernant le défaut d'empilage (chaîne de cote), on le considère égal à $\pm 0,74\text{mm}$ (approche quadratique retenue).

On obtient donc pour le linguet le résultat suivant :

Epaisseur $> 2,1\text{mm}$ soit 3mm retenu;

Longueur maximale $L < 69\text{ mm}$ avec cette épaisseur de 3mm ;

Flèche maximale admissible par le linguet en flexion = $1,5\text{mm}$, donc supérieur au défaut à rattraper

Flux d'effort d'accostage nécessaire pour déformer le linguet de la valeur du défaut = $1,1\text{ N/mm}$, donc inférieur au flux d'effort d'accostage maxi assuré par les épingles de 33N/mm

On constate donc que les critères que l'on s'est fixé pour définir le linguet sont donc vérifiés. L'analyse va se poursuivre par la prise en compte des défauts de formes de pièces à assembler, négligées à ce stade.

Les défauts de forme des pièces dans la grande longueur du panneau de 10m de l'exemple, à titre d'initialisation au départ de l'analyse, seront représentés par:

- Pour la structure métallique : une sinusoïde d'amplitude 15mm crête à crête, et une longueur d'onde de $2,5\text{m}$, ce défaut correspondant à une tolérance de forme globale de 15mm associé à une tolérance de forme locale de $0,6\text{mm}$ sur 300mm , conforme aux défauts susceptible d'être rencontré sur un profilé en aluminium filé;

- Pour le panneau composite : une sinusoïde d'amplitude 15 mm crête à crête, et une longueur d'onde du défaut identique à celui du panneau métallique, soit 2,5 m, mais en opposition de phase par rapport à ce dernier.

Les conditions aux limites permettant de réaliser les simulations d'assemblages et les conditions de validité de la liaison sont précisées ci-dessous et à titre d'exemple, les efforts d'accostage sont fixés à 2000N tous les 240mm (1 épingle tous les 5 trous), soit un flux d'effort d'épinglage de 8333N/mm.

En terme de jeu maxi admissible entre pièces après accostage :

En B : $m < 0,7\text{mm}$;

En A : $m < 0,1\text{mm}$ (plus faible qu'en A car on ne souhaite pas faire de comblage liquide dans cette zone);

En terme de contraintes maxi admissible dans les pièces après accostage :

Pièce métallique : critère de Von Mises $\sigma_m < 220 * (1 / (2 * 1,15)) = 95\text{MPa}$;

Pièce composite : critère de Hashin $< 0,15 = (1 / (2 * 1,3))^2$

Le coefficient 1,3 correspond au coefficient de sécurité à rupture spécifié dans la norme de dimensionnement des caisses NF EN 12663-1.

La souplesse des pièces dépendants des courbures des panneau, deux cas d'assemblages correspondant à deux géométries de panneaux composites ont été étudiés : le cas d'un panneau composite plan (tel qu'une face), et le cas d'un panneau composite courbe (tel qu'un panneau de pavillon).

La figure 11 présente la vue d'un cas de panneau courbe 300' assemblé avec la structure de caisse 200 ou un autre panneau.

Dans les analyses qui vont suivre, la longueur du linguet ou languette de rattrapage 24' est fixée géométriquement à 62mm.

Les résultats des deux analyses par calcul aux éléments finis sont présentés ci-dessous :

Pour la liaison entre un panneau composite plan comme en figure 10 et une structure ou panneau métallique, les exigences de validité de la liaison sont assurées pour les tolérances suivantes sur le panneau composite et le panneau métallique :

- une sinusoïde d'amplitude 4,5mm crête à crête et une longueur d'onde de 2,5m, ce défaut correspondant à une tolérance de forme globale de 4,5mm associé à une tolérance de forme locale de 0,2mm sur 300mm;

- une sinusoïde d'amplitude 7,5mm crête à crête et une longueur d'onde de 5m, ce défaut correspondant à une tolérance de forme globale de 7,5mm associé à une tolérance de forme locale de 0,1mm sur 300mm.

Pour le panneau composite courbe de la figure 11, les exigences de validité
5 de la liaison sont assurées pour des tolérances plus contraignantes sur les panneaux à assembler, puisque la raideur du panneau composite limite sa capacité à se déformer. Le défaut maximal justifié correspond à une sinusoïde d'amplitude 4,5mm crête à crête et une longueur d'onde de 5m. Ce défaut correspond à une tolérance de forme globale de 4,5mm associé à une tolérance
10 de forme locale de 0,1mm sur 300mm.

On voit ainsi que comme attendu, l'assemblage dans le cas du panneau composite courbe demande que sa tolérance de forme soit quasiment deux fois plus faible que celle nécessaire dans le cas de l'assemblage du panneau plan ; et donc que son coût soit supérieur

15 En outre, pour obtenir le respect des critères d'accostage dans ces conditions, la longueur du linguet a dû être allongée à sa valeur maximale, soit 69mm afin de maximiser la souplesse de ce dernier.

Les figures 8A à 8 C représentent un rivet aveugle pouvant être utilisé pour réaliser l'assemblage de l'invention.

20 En figure 8A le rivet 30 est représenté avant son écrasement pour serrer une pièce externe A sur une pièce interne B, par exemple la paroi d'appui et le linguet ou languette de rattrapage et la première peau du panneau.

Le rivet selon l'exemple comporte une tige 31 terminée par un renflement 36, une tête 32, ici une tête fraisée, un corps 33 creux recevant la tige et comportant
25 une partie conique 33a, une rondelle hélicoïdale 34 et un manchon déformable 35.

La rondelle hélicoïdale est disposée entre le manchon 35 et la partie conique 33a du corps creux 33 et le manchon déformable 35 est retenu par le renflement 36 de la tige 31 contre la rondelle.

En figure 8B, une traction sur la tige 31 tire sur le renflement 36 qui pousse la
30 rondelle 34 et le manchon 35 sur le corps 33. La rondelle est expansée et le manchon s'écrase longitudinalement tout en s'élargissant en montant sur la partie conique du corps.

En figure 8C, la rondelle 34 est en butée contre la pièce interne B et est maintenue au moyen de l'écrasement du manchon 35. Une fois que l'effort de serrage calibré correspondant à la rupture de la tige 31 est atteint, cette dernière casse pour laisser une surface externe sans aspérité.

5 Pour la voiture ferroviaire de la figure 9 comportant des panneaux composites fixés avec une structure inférieure métallique, les faces latérales 300 de la voiture sont rivetées conformément à l'invention sur la caisse 200, structure située en partie inférieure de la voiture.

10 L'invention n'est pas limitée aux exemples représentés et notamment un élément renfort tubulaire ou selon un autre profil tel qu'un oméga peut être prévu dans le panneau sous la première peau 10 au droit des zones de perçage P1 recevant les rivets 30 pour renforcer le panneau. De même la structure métallique peut être de hauteur H variée, être droite ou en posséder un rayon de courbure différent de celui représenté.

RE V E N D I C A T I O N S

1 - Liaison en bout entre deux panneaux (1, 2, 200, 300, 300') comportant chacun deux plaques ou peaux (10, 11, 23, 26), définissant des faces
5 externes desdits panneaux, reliées par une âme pleine ou alvéolée ou par un caissonnage (12, 27), et comportant un bord de terminaison, pour lequel une des plaques ou peaux de chaque panneau se prolonge par une languette (17, 24), la languette d'un premier desdits panneaux venant, lors de la liaison entre les panneaux, s'appliquer sur la face extérieure de la peau ou plaque (10, 26)
10 dépourvue de languette d'un second desdits panneaux et pour lequel le bord d'un premier desdits panneaux, dit bord en biseau (13), est réalisé en biseau par rapport auxdites faces du panneau le comportant (10, 11) tandis que le bord du second desdits panneaux, dit bord droit (22), est un bord substantiellement perpendiculaire auxdites face du panneau le comportant, de sorte que la languette
15 du panneau à bord droit, dite languette de rattrapage (24), comporte dans sa largeur une partie terminale en appui (b, c) et une partie intermédiaire libre (a) susceptible de fléchir pour rattraper des différences d'épaisseur entre les panneaux tandis que la languette du panneau comportant ledit bord en biseau, dite languette d'appui (17), est en appui sur substantiellement toute sa largeur sur
20 la partie d'appui (21) de la face du panneau le recevant.

2 - Liaison en bout selon la revendication 1, pour laquelle ladite languette d'appui (17) définit une surface de référence substantiellement rigide pour la liaison.

3 - Liaison en bout selon la revendication 1 ou 2, pour laquelle ledit bord
25 droit (22) fait un angle de $90^\circ \pm 15^\circ$ par rapport a uxdites faces des peaux ou plaques (23, 26) du panneau le comportant.

4 - Liaison en bout selon la revendication 1, 2 ou 3, pour laquelle ledit bord en biseau (13) fait un angle de $45^\circ \pm 15^\circ$ par rapport à la normale auxdites faces (10, 11) du panneau la comportant.

30 5 - Liaison en bout selon l'une quelconque des revendications précédentes, pour laquelle ledit bord en biseau (13) est réalisé par un pliage d'une

première peau (10) selon une première inclinaison en début de biseau puis selon une seconde inclinaison en fin de biseau où la première peau (10) rejoint la seconde peau (11) du panneau pour former la première languette dite languette d'appui (17) à l'extrémité dudit bord en biseau.

5 6 - Liaison en bout selon l'une quelconque des revendications précédentes, pour laquelle ledit bord droit (22) est une paroi reliant les deux plaques (23, 26) du panneau à bord droit et disposée en bout d'une première de ces plaques (26), ladite languette de rattrapage (24) du panneau comportant ledit
10 bord droit (22) étant constituée par un prolongement d'une seconde de ses plaques (23) en porte à faux par rapport audit bord droit (22).

 7 - Liaison en bout selon l'une quelconque des revendications précédentes, pour laquelle le panneau (2, 200) comportant ledit bord droit est un panneau ou une structure métallique.

 8 - Liaison en bout selon l'une quelconque des revendications
15 précédentes, pour laquelle ladite languette de rattrapage (24) est réalisée en sorte d'avoir une flexibilité adaptée à rattraper les différences d'épaisseur des panneaux par flexion de sa partie intermédiaire libre (a).

 9 - Liaison en bout selon l'une quelconque des revendications
20 précédentes, pour laquelle, en réalisant une languette de rattrapage (24) et un biseau (13) suffisamment longs, la partie intermédiaire libre (a) est suffisamment déformable pour venir en contact avec la face du panneau la recevant et permettre un rivetage tout en minimisant les contraintes induites par l'assemblage.

 10 - Liaison en bout selon l'une quelconque des revendications
25 précédentes, pour laquelle la liaison comporte un jour de section substantiellement triangulaire rectangle, ledit bord en biseau (13) constituant l'hypoténuse de ladite section, le bord droit (22) et ladite partie intermédiaire libre (a) constituant les deux autres côtés de ladite section.

 11 - Assemblage de deux panneaux au moyen d'une liaison selon l'une
30 quelconque des revendications précédentes qui comprend entre les deux panneaux une liaison rivetée comprenant au moins une première ligne de rivets (P2, 120) de fixation de la languette d'appui (17) du panneau comportant ledit bord en biseau (13) sur une face d'appui (26, 21) du panneau comportant ledit bord droit et au moins une seconde ligne de rivets (P1, 110) de fixation de ladite partie

terminale de ladite languette de rattrapage (24) sur une face d'appui (10) du panneau comportant ledit bord en biseau.

12 - Assemblage selon la revendication 11 pour lequel la paroi d'appui (21) du panneau comportant ledit bord droit est avantageusement une bordure en retrait de la face (26) dépourvue de languette dudit panneau en sorte de compenser l'épaisseur de la languette d'appui pour avoir les faces planes extérieures (26, 11) aux deux panneaux en continuité.

13 - Assemblage selon la revendication 11 ou 12 pour lequel la paroi d'appui du panneau comportant ledit bord droit est avantageusement une bordure en retrait (21) de la face dépourvue de languette dudit panneau et relié à ladite face par un talon (25) formant une butée pour la languette d'appui (17).

14 - Assemblage selon la revendication 11, 12 ou 13 pour lequel la languette de rattrapage (24) est préférablement adaptée à se courber sous l'action de l'assemblage du premier panneau et du second panneau soit en direction du premier panneau (-y) soit dans le sens opposé (+y).

15 - Assemblage selon la revendication 14, pour lequel la souplesse de ladite languette de rattrapage est calculée pour lui permettre de fléchir d'une distance au moins égale à la somme des tolérances des couches qui constituent chaque panneau.

16 - Assemblage selon la revendications 14, pour lequel la souplesse de ladite languette de rattrapage est calculée pour lui permettre de fléchir d'une distance au moins égale à la somme quadratique des tolérances des couches qui constituent chaque panneau.

17 - Assemblage selon la revendication 16, pour lequel pour la somme quadratique on prend la racine carrée de la somme des carrés des incertitudes de chaque couche.

18 - Assemblage selon la revendication 15, 16 ou 17 pour lequel Le fléchissement de ladite languette de rattrapage se mesure au point d'accostage entre ladite languette (24) et la face (10) du panneau sur lequel elle s'applique.

19 - Assemblage selon l'une quelconque des revendications 11 à 18, pour lequel un premier desdits panneaux est un panneau composite et un second desdits panneaux est une structure métallique.

20 - Assemblage selon la revendication 19, pour lequel le panneau composite est le panneau comportant ledit bord en biseau et la structure métallique est le panneau comportant ledit bord droit.

5 21 - Assemblage selon la revendication 19 ou 20, pour lequel le panneau composite comprenant une âme (12) entre une première peau (10) et une seconde peau (11), l'âme comporte un bord en biseau partant de la première peau pour s'étendre vers la seconde peau, la première peau épousant la pente du bord en biseau pour rejoindre la seconde peau et réaliser la languette d'appui.

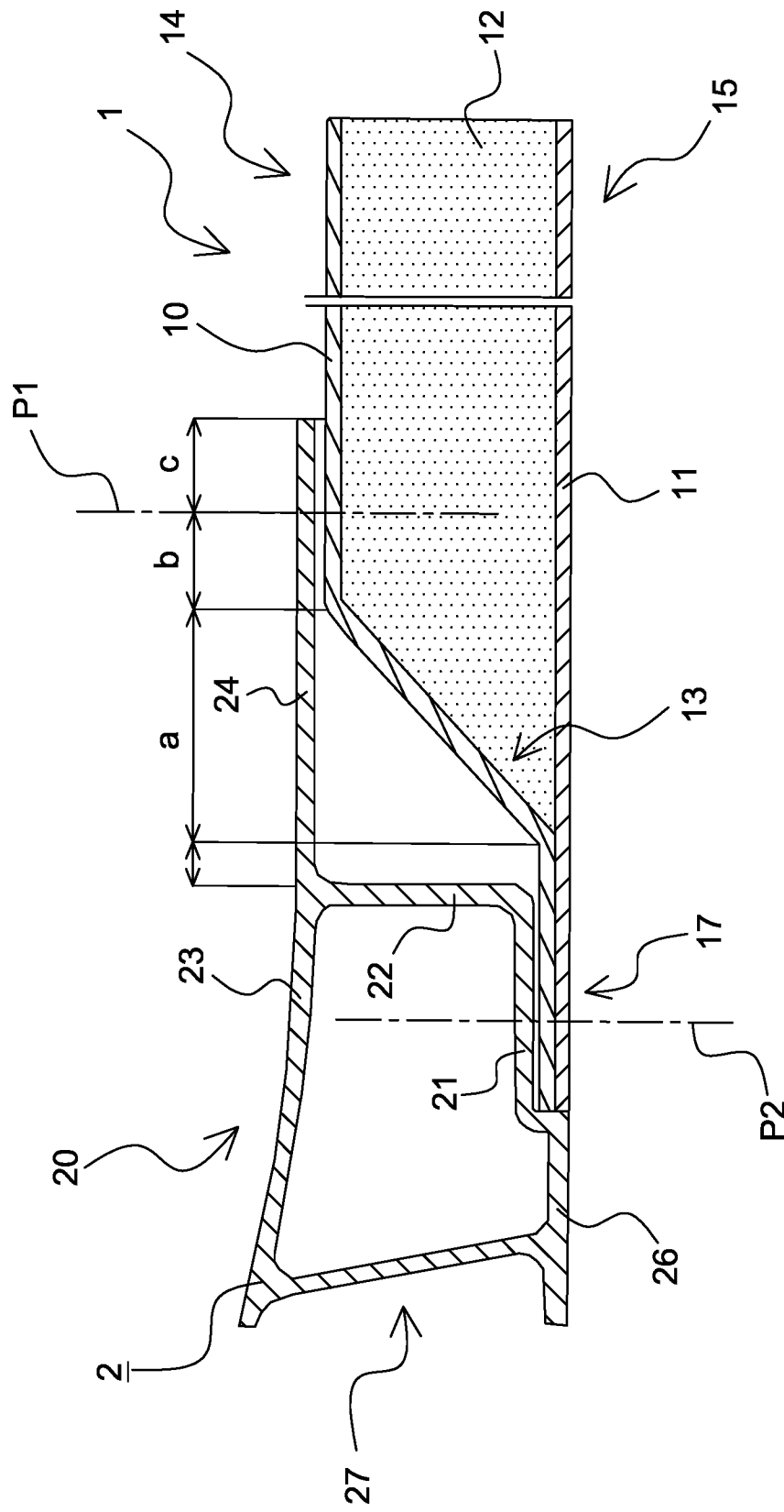


Fig.1

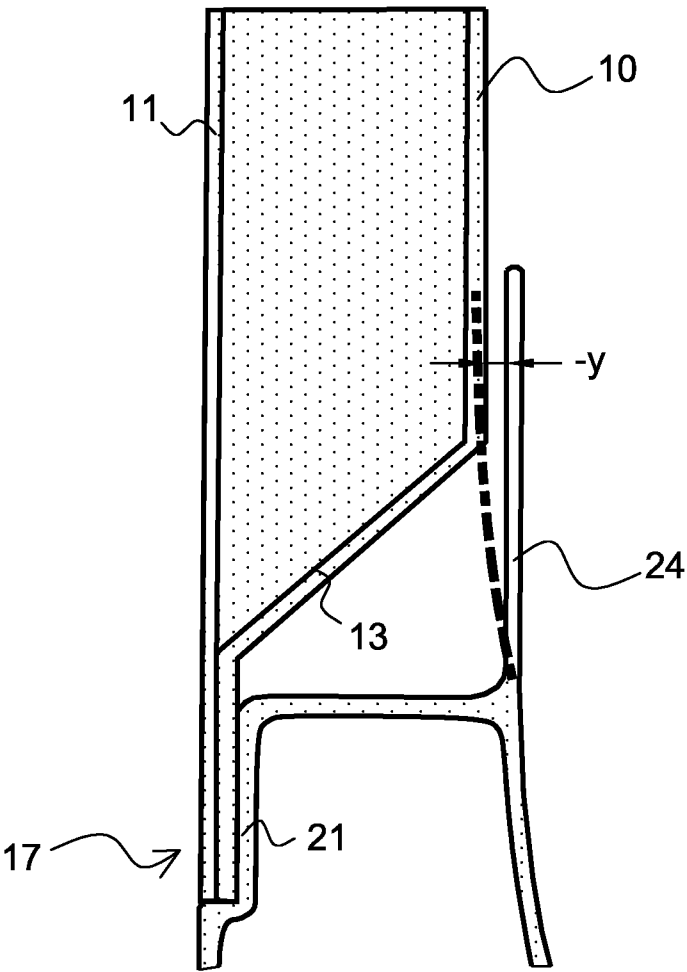


Fig.2A

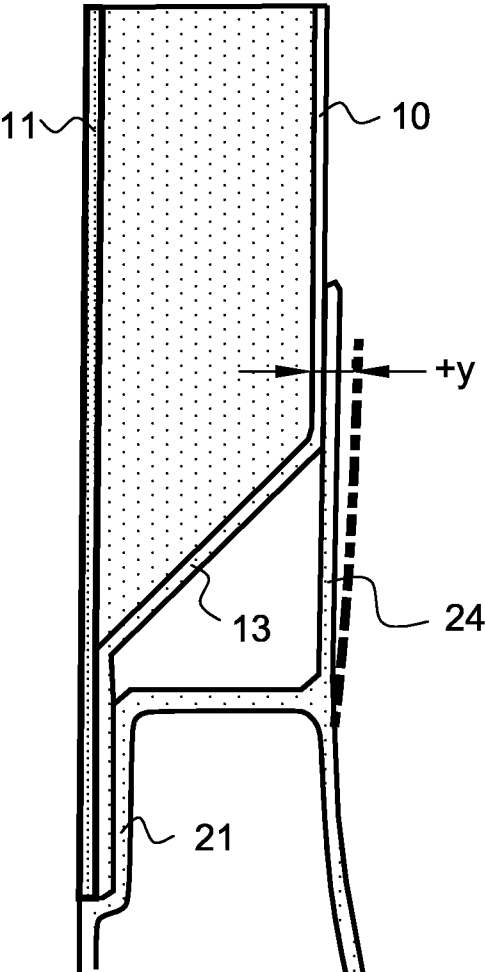
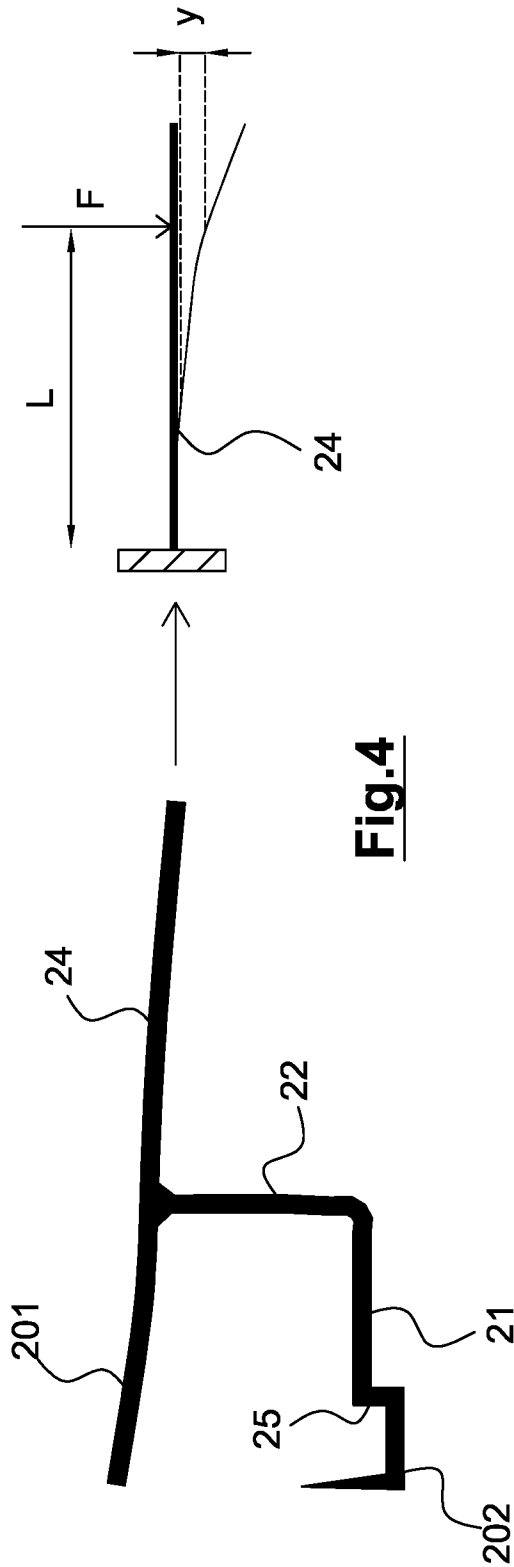
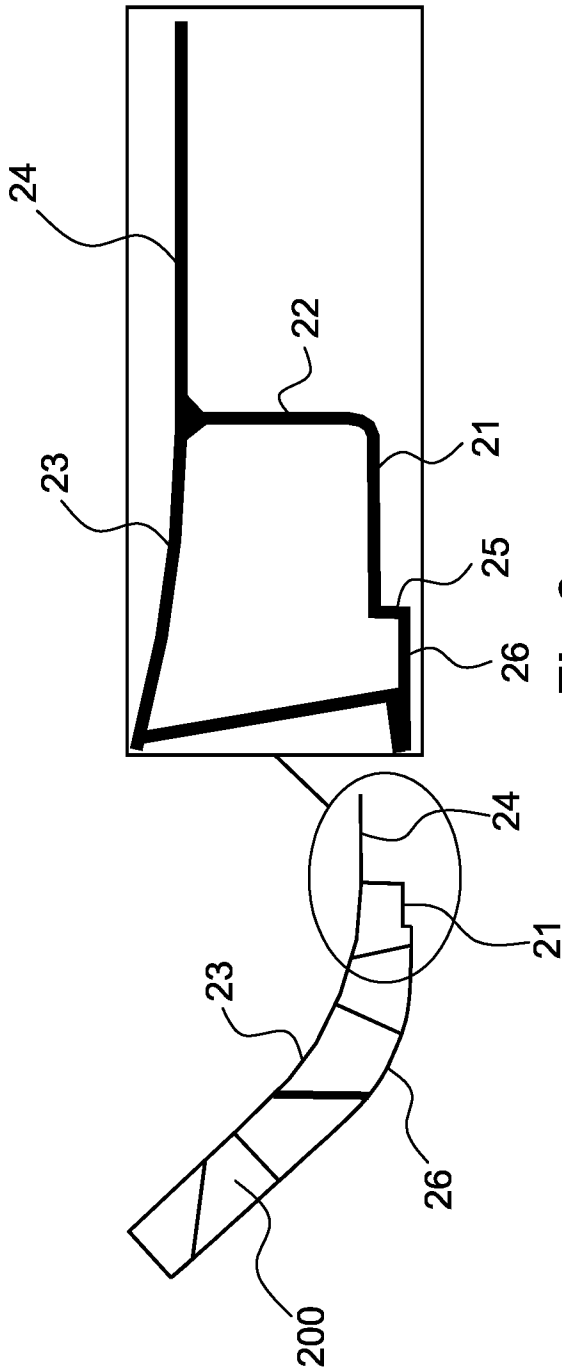


Fig.2B



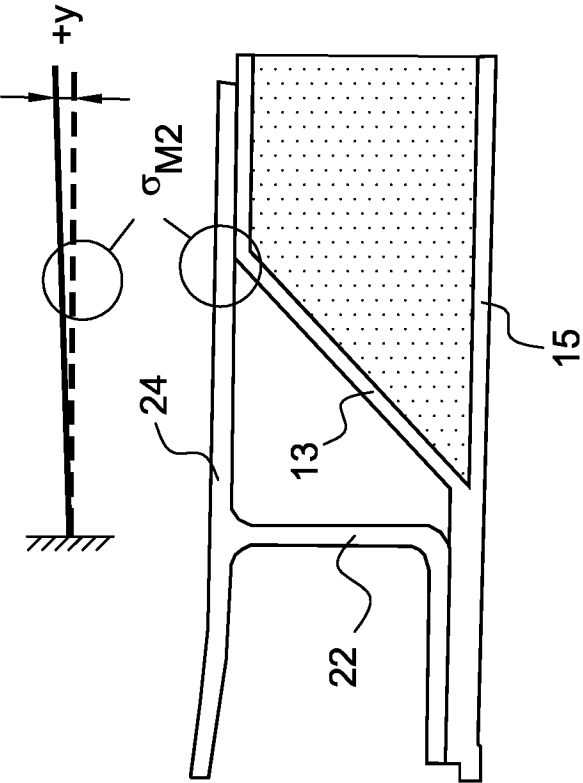


Fig. 5B

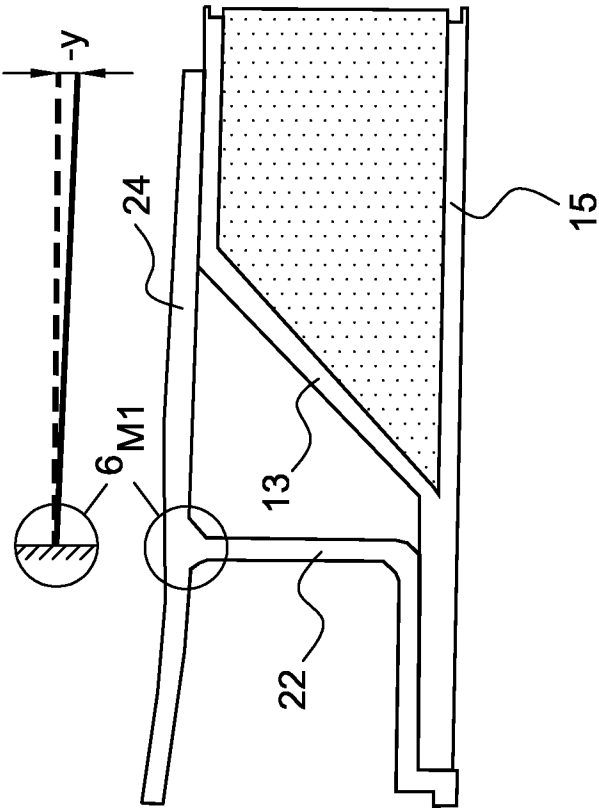
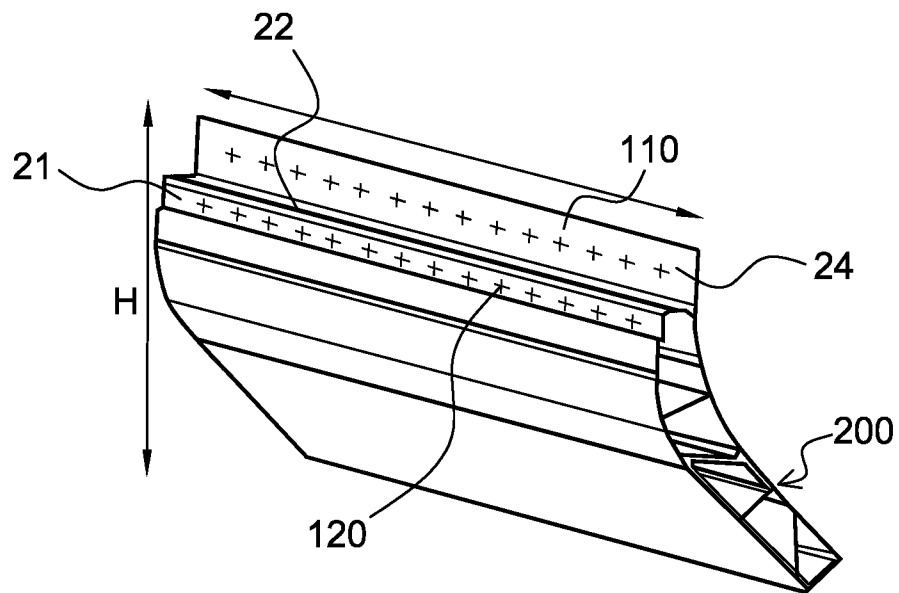
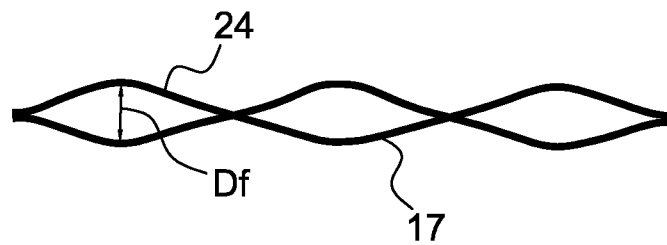
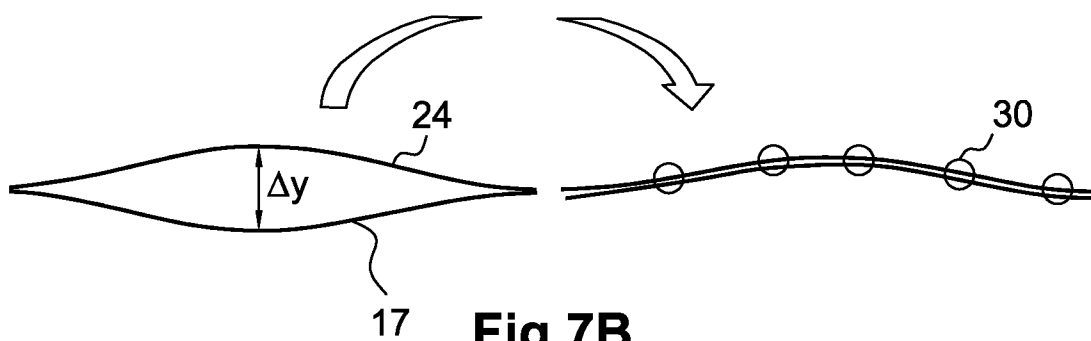


Fig. 5A

**Fig. 6****Fig. 7A****Fig. 7B**

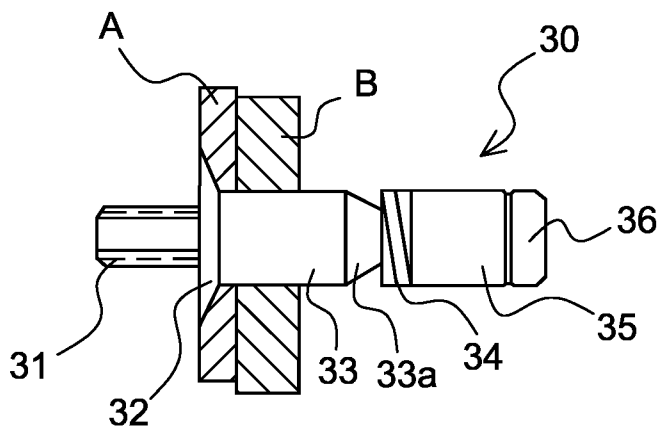


Fig.8A

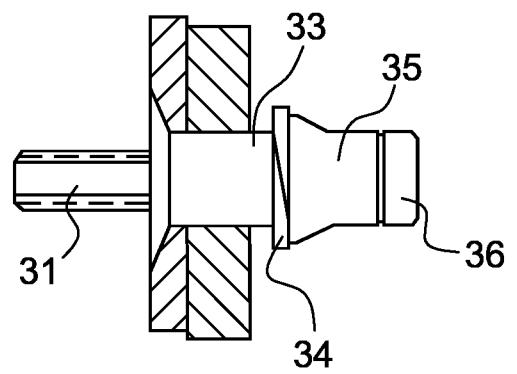


Fig.8B

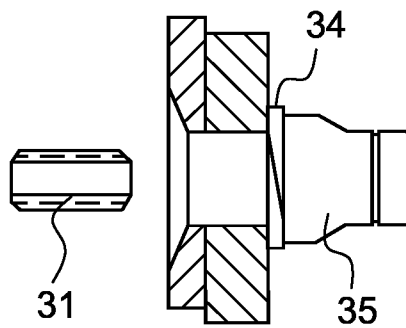
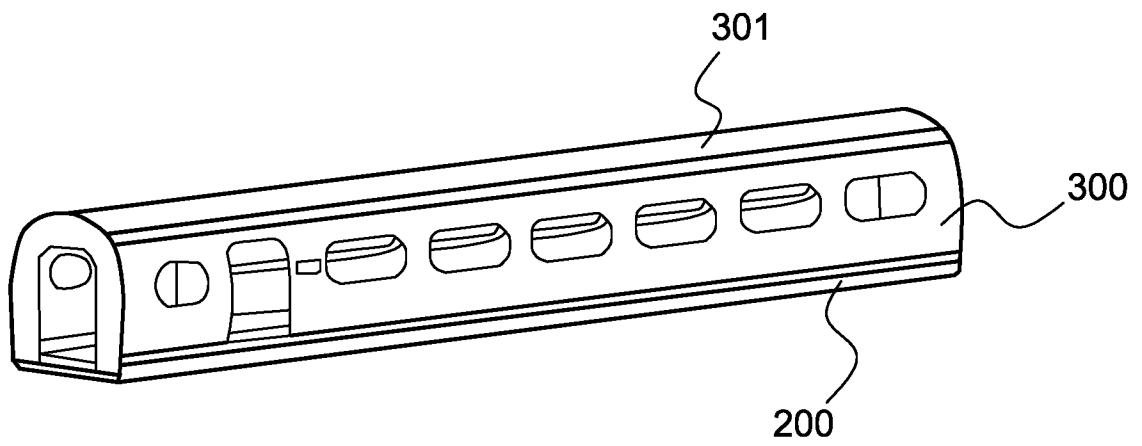
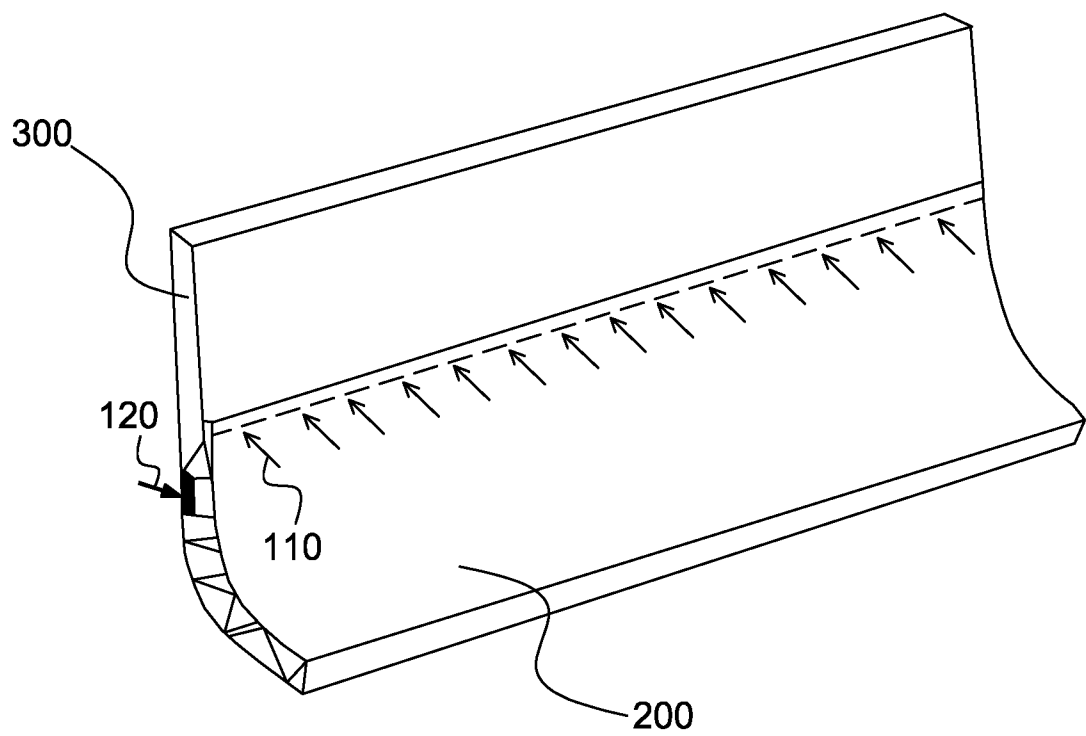


Fig.8C

**Fig.9****Fig.10**

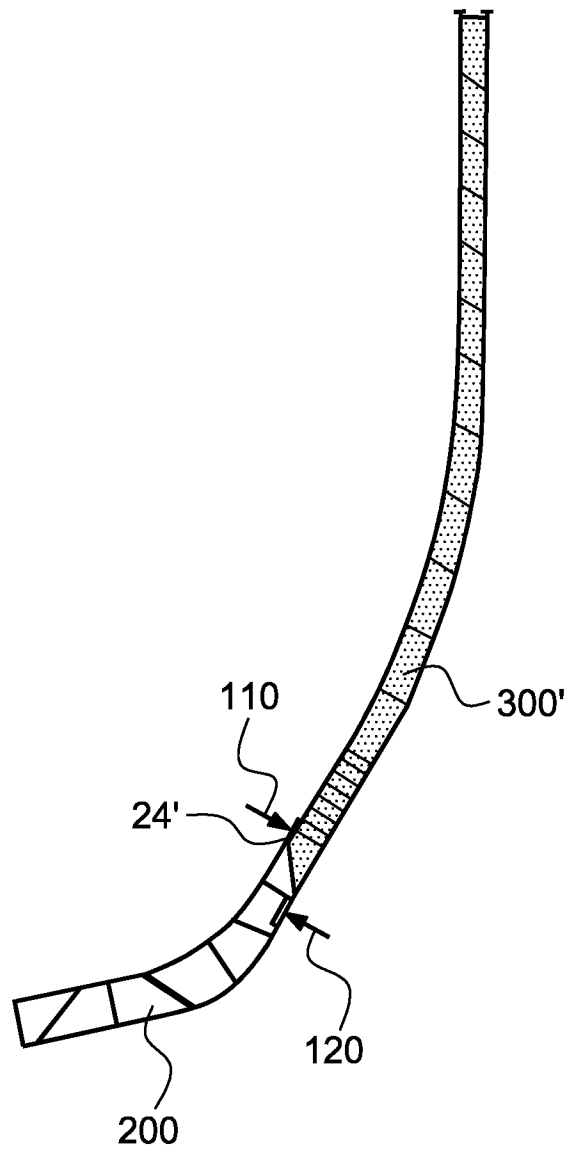


Fig.11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/055904

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B61D17/04 B61D17/08
ADD.

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)
B61D

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1 055 478 A1 (HITACHI LTD [JP]) 29 November 2000 (2000-11-29) abstract paragraph [0043]; figure 5 -----	1-21
A	EP 0 891 910 A1 (ALUSUISSE LONZA SERVICES AG [CH]) 20 January 1999 (1999-01-20) abstract column 2, line 3 - line 18; figures 1-5 -----	1
A	EP 0 019 598 A1 (SELENIA IND ELETTRONICHE [IT]) 26 November 1980 (1980-11-26) page 2, line 23 -----	11



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

3 June 2016

Date of mailing of the international search report

13/06/2016

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

Fritzen, Claas

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/055904

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1055478	A1	29-11-2000	
		AU 750585 B2	25-07-2002
		AU 3534800 A	30-11-2000
		CN 1275452 A	06-12-2000
		DE 60013027 D1	23-09-2004
		DE 60013027 T2	18-08-2005
		DE 60031009 T2	04-01-2007
		EP 1055478 A1	29-11-2000
		EP 1375051 A2	02-01-2004
		JP 3481501 B2	22-12-2003
		JP 2000334581 A	05-12-2000
		KR 20010014974 A	26-02-2001
		TW 446597 B	21-07-2001
		US 6413610 B1	02-07-2002
EP 0891910	A1	20-01-1999	
		AU 7316298 A	28-01-1999
		BR 9802488 A	15-06-1999
		DE 59707160 D1	06-06-2002
		EP 0891910 A1	20-01-1999
		ES 2174209 T3	01-11-2002
		JP 3443329 B2	02-09-2003
		JP H1170877 A	16-03-1999
		US 6065261 A	23-05-2000
EP 0019598	A1	26-11-1980	NONE

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2016/055904

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. B61D17/04 B61D17/08 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) B61D		
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) EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	EP 1 055 478 A1 (HITACHI LTD [JP]) 29 novembre 2000 (2000-11-29) abrégé alinéa [0043]; figure 5 -----	1-21
A	EP 0 891 910 A1 (ALUSUISSE LONZA SERVICES AG [CH]) 20 janvier 1999 (1999-01-20) abrégé colonne 2, ligne 3 - ligne 18; figures 1-5 -----	1
A	EP 0 019 598 A1 (SELENIA IND ELETTRONICHE [IT]) 26 novembre 1980 (1980-11-26) page 2, ligne 23 -----	11
☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents ☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités: "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 3 juin 2016		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 13/06/2016
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Fritzen, Claas

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2016/055904

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 1055478	A1	29-11-2000	AU 750585 B2 25-07-2002
			AU 3534800 A 30-11-2000
			CN 1275452 A 06-12-2000
			DE 60013027 D1 23-09-2004
			DE 60013027 T2 18-08-2005
			DE 60031009 T2 04-01-2007
			EP 1055478 A1 29-11-2000
			EP 1375051 A2 02-01-2004
			JP 3481501 B2 22-12-2003
			JP 2000334581 A 05-12-2000
			KR 20010014974 A 26-02-2001
			TW 446597 B 21-07-2001
			US 6413610 B1 02-07-2002
EP 0891910	A1	20-01-1999	AU 7316298 A 28-01-1999
			BR 9802488 A 15-06-1999
			DE 59707160 D1 06-06-2002
			EP 0891910 A1 20-01-1999
			ES 2174209 T3 01-11-2002
			JP 3443329 B2 02-09-2003
			JP H1170877 A 16-03-1999
			US 6065261 A 23-05-2000
EP 0019598	A1	26-11-1980	AUCUN