

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

11 N° de publication :

2 952 841

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

21 N° d'enregistrement national :

09 58395

51 Int Cl⁸ : B 23 B 35/00 (2006.01)

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 26.11.09.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 27.05.11 Bulletin 11/21.

56 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

71 Demandeur(s) : AIRBUS OPERATIONS (SOCIETE
PAR ACTIONS SIMPLIFIEE) Société par actions simpli-
fiée — FR.

72 Inventeur(s) : BORIA SEBASTIEN.

73 Titulaire(s) : AIRBUS OPERATIONS (SOCIETE PAR
ACTIONS SIMPLIFIEE) Société par actions simplifiée.

74 Mandataire(s) : CABINET SCHMIT CHRETIEN.

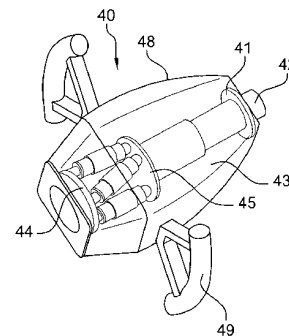
54 DISPOSITIF POUR LE PERCAGE D'UN PANNEAU COMPLEXE.

57 L'invention concerne un dispositif pour réaliser des
perçages et/ou des alésages sur des panneaux complexes
de grandes dimensions. Ledit dispositif comprend:

Un gabarit positionné et fixe par rapport audit panneau

Un effecteur apte à communiquer à un outil un mouve-
ment de coupe rotatif et un mouvement d'avance descripti-
ble selon au moins 3 axes linéaires et 2 axes rotatifs par
rapport à un repère attaché à l'effecteur dit origine effecteur

Des moyens aptes à positionner l'origine effecteur par
rapport au panneau comprenant un verrouillage relatif du
gabarit et de l'effecteur



FR 2 952 841 - A1



L'invention concerne un dispositif pour réaliser des perçages et/ou des alésages sur des panneaux complexes de grandes dimensions. Elle trouve son application plus particulièrement chaque fois que ce type d'usinage doit être réalisé avec une précision de positionnement inférieure à environ 1/5000 ème
5 de la plus petite dimension du panneau et notamment dans la construction aéronautique.

On entend par panneau complexe un panneau à double courbure dont la surface décrit sensiblement une portion d'ellipsoïde voir une forme plus complexe mais dont la concavité reste orientée dans le même sens sur toute la
10 surface du panneau. En aéronautique ce type de panneau couvre une surface pouvant aller jusqu'à plusieurs dizaines de m² pour un volume enveloppe pouvant atteindre plusieurs m³. Les rayons de courbures sont de quelques mètres à quelques dizaines de mètres. La précision requise pour le positionnement d'un perçage sur un tel panneau est généralement comprise en
15 0,2 et 0,5 mm.

Un tel panneau est dit non développable c'est-à-dire qu'il n'est pas possible de projeter sa surface sur un plan en conservant les distances entre les points de la surface.

Pour réaliser un perçage en un point précis d'une telle surface, il existe
20 essentiellement deux méthodes.

La première consiste à utiliser une machine d'usinage dont le volume de travail est sensiblement égal à celui du volume enveloppe du panneau. Une telle machine est constituée d'une broche apte à recevoir un outil et à lui communiquer un mouvement de coupe, laquelle broche est mue à l'intérieur du
25 volume de travail par un ensemble d'axes linéaires et rotatifs selon des cinématiques séries, parallèles ou combinées. A l'intérieur du volume de travail, la localisation de la broche est repérée en position et en orientation en tout point par rapport à une origine machine au moyen de capteurs de position placés généralement sur les axes de déplacement.

30 Le panneau est placé dans l'espace de travail de la machine et sa position est mesurée dans celui-ci. Connaissant la position du panneau et sa

forme, généralement par sa définition numérique, on en déduit la position de chaque perçage dans l'espace de la machine qui se déplace d'un perçage à l'autre en assurant le positionnement et l'orientation de l'outil. Un tel procédé est décrit par exemple dans les brevets EP1644135/US7507056 et
5 EP1569058/US7168898 au nom de la demanderesse. Cette méthode est cependant complexe de mise en œuvre et ne permet généralement pas d'obtenir la précision de positionnement requise. En effet la précision de positionnement de l'outil sur le panneau résulte de la combinaison de la
10 précision de positionnement et de déplacement de chaque axe sur l'ensemble de sa course, de la précision de mesure de la position et de l'orientation du panneau dans le repère machine et de l'écart de réalisation du panneau par rapport à sa définition théorique. Or, pour les machines outils utilisées généralement en mécanique, chacune de ces contributions est, sur l'espace de travail de la machine, du même ordre de grandeur que la précision de
15 positionnement requise. Par ailleurs, cette méthode nécessite une machine et des outillages de grandes dimensions. Il faut donc faire appel à des moyens et machines de haute précision et de grande dimension donc particulièrement onéreux.

Une autre méthode, plus particulièrement utilisée en assemblage,
20 consiste à utiliser un gabarit. Le gabarit est placé à la surface du panneau et définit ainsi la position relative des motifs (trous) qu'il reproduit. La distance entre deux motifs est donnée par le gabarit et la précision de ce positionnement relatif est donnée par la précision intrinsèque du gabarit. Une machine, de préférence portable est utilisée pour réaliser les usinages,
25 laquelle est positionnée sur le panneau par l'intermédiaire du gabarit. Par exemple, le gabarit se présente sous forme de bandes métalliques flexibles, étroites en regard des rayons de courbure des panneaux, percées de trous localisant les perçages. En plaquant ladite bande sur le panneau on respecte strictement les entraxes entre les trous, l'orientation du perçage, normale à la
30 surface, est réalisée visuellement par l'opérateur utilisant l'outil portatif pour les petits diamètres de perçage. Compte tenu des rayons de courbure très importants en regard du diamètre des perçages à réaliser, ce mode

d'orientation est en général suffisant si l'opérateur est expérimenté. Cette méthode offre donc une bonne précision de positionnement relative entre les perçages réalisés à partir des motifs du gabarit. Des moyens de mesure spécifiques doivent être utilisés pour le positionnement du gabarit sur le
5 panneau.

Lorsque le diamètre du perçage/alésage est important ou si la méthode de perçage/ alésage fait appel à la technique du perçage orbital, ou encore si le poids ou la puissance de la machine deviennent importants on utilise préférentiellement un gabarit sous la forme d'une grille de perçage
10 épaisse et rigide, dont la forme reproduit la courbure du panneau dans la zone de perçage et qui est percée de trous de centrage aptes à recevoir un centreur généralement situé sur le nez de la machine portable. Ainsi, le gabarit participe à la reprise des efforts d'usinage et du poids de la machine. La demande de brevet internationale WO2008101873 au nom de la demanderesse décrit
15 l'utilisation de telles grilles de perçage en assemblage.

Selon ce dernier mode de réalisation de l'art antérieur, la distance curviligne séparant deux perçages est toujours donnée par le gabarit, cependant, la courbure dudit gabarit peut différer de la courbure du panneau du fait des tolérances de fabrication dudit panneau et du gabarit. Cette
20 différence de courbure crée deux erreurs :

- Une erreur de localisation des perçages
- Une erreur de la direction de perçage par rapport à la normale à la surface du panneau

Compte tenu des rayons de courbure en présence, la première erreur
25 est négligeable. En revanche, l'erreur de normale peut avoir des conséquences importantes sur la qualité du perçage réalisé, particulièrement si ledit perçage est réalisé en perçage orbital tel que décrit par exemple dans le brevet EP1397224.

Il existe donc un besoin pour un procédé et un dispositif permettant
30 notamment la correction des normales de perçage lors de l'utilisation d'un gabarit rigide.

Afin de résoudre les insuffisances de l'art antérieur, l'invention porte sur un dispositif pour le perçage ou l'alésage d'un panneau de forme complexe comprenant :

- Un gabarit positionné et fixe par rapport audit panneau
- 5 - Un effecteur apte à communiquer à un outil un mouvement de coupe rotatif et un mouvement d'avance descriptible selon 3 axes linéaires et 2 axes rotatifs par rapport à un repère attaché à l'effecteur dit origine effecteur
- 10 - Des moyens aptes à positionner l'origine effecteur par rapport au panneau comprenant un verrouillage relatif du gabarit et de l'effecteur

Ainsi le dispositif de l'invention utilise les avantages du gabarit de perçage mais permet, grâce aux 5 axes de déplacement de l'effecteur, de corriger les défauts de normale.

- 15 Avantageusement, le mouvement d'avance est communiqué à l'outil par une chaîne cinématique fermée. Cette configuration permet de communiquer à l'outil des mouvements précis notamment selon des petits déplacements alternatifs suivant plusieurs axes, nécessaires pour la réalisation des alésages incluant une correction de normale selon la technique du perçage orbital.
- 20

- Afin d'automatiser la correction de normale, l'effecteur comprend un capteur apte à mesurer la distance et l'orientation de la surface du panneau par rapport à l'origine effecteur. Ainsi l'opérateur se contente de verrouiller l'effecteur dans le gabarit et la correction de normale est calculée à partir des
- 25 informations issues du capteur.

Avantageusement l'effecteur comprend un centreur et le gabarit comprend un alésage qui coopère avec le centreur pour positionner l'origine effecteur par rapport au panneau. Ce mode de réalisation est compatible avec l'utilisation des grilles de perçage de l'art antérieur et permet donc un

perfectionnement de celui-ci par le simple changement d'effecteur.

Avantageusement, l'effecteur communique à l'outil le mouvement d'avance par une cinématique de type plateforme Gough-Stewart. Ce type de chaîne cinématique fermée permet de loger l'ensemble de la cinématique à 6 degrés de liberté dans un volume réduit et ainsi de réaliser un effecteur portatif de poids suffisamment réduit pour être utilisé dans un gabarit. A cette fin le poids de l'effecteur est avantageusement inférieur à 10 Kg.

En autorisant la correction de normale, le dispositif objet de l'invention permet l'utilisation de gabarits dont la courbure diffère significativement de la courbure du panneau à l'endroit où le perçage doit être réalisé, voire même d'utiliser systématiquement un gabarit rectiligne. Ainsi le coût et le nombre de gabarits nécessaire est fortement réduit.

Selon un mode de réalisation particulier, le gabarit comprend un rail fixe par rapport au panneau et des moyens aptes à guider et mesurer le déplacement de l'effecteur le long de ce rail. Selon ce mode de réalisation, un même gabarit peut être utilisé pour différents panneaux ou différents ensembles de perçages sur le même panneau quelque soient les entraxes. La versatilité du dispositif peut encore être améliorée lorsque le gabarit comprend un second rail perpendiculaire au premier et des moyens aptes à guider et mesurer le déplacement de l'effecteur le long de ce rail. Ainsi le gabarit couvre une plage de travail plus importante et nécessite moins de repositionnement à la surface de panneau pour réaliser l'ensemble des perçages.

L'invention sera maintenant plus précisément décrite dans le cadre de modes de réalisation préférés, nullement limitatifs, représentés sur les figures 1 à 12, dans lesquelles :

- la figure 1 représente une vue en perspective d'un panneau en double courbure
- la figure 2 montre une vue en coupe d'un tel panneau et les perçages réalisés par le dispositif objet de l'invention.
- la figure 3 relative à l'art antérieur, illustre la configuration d'un dispositif de perçage orbital utilisant un gabarit

- La figure 4 est une épure géométrique du panneau et du gabarit
- La figure 5 illustre un diagramme présentant l'évolution de différents paramètres caractérisant la précision de réalisation d'un alésage sur un panneau double courbure
- 5 - La figure 6 est une vue en perspective et en, transparence du effecteur du dispositif selon l'invention
- La figure 7 représente en vue de face un module cinématique à chaîne fermée utilisé pour communiquer le mouvement d'avance à l'outil dans un exemple d'effecteur selon l'invention
- 10 - La figure 8 est une vue de détail et de face du gabarit, du nez de l'effecteur et du panneau
- La figure 9 illustre de manière schématique les mesures effectuées pour déterminer l'axe de perçage
- La figure 10 est une vue en perspective d'un gabarit dit numérique
- 15 - La figure 11 représente un détail de connexion de l'effecteur au gabarit numérique
- La figure 12 est une vue en perspective en situation d'un exemple de dispositif selon l'invention

Figure 1, l'invention est adaptée à la réalisation d'usinages notamment

20 de perçages/alésages (11) dans un panneau complexe à double courbure évolutive (1). La position de chaque alésage est définie sur la maquette numérique dudit panneau par un vecteur curviligne (3) reliant une origine panneau (2) au centre théorique de l'alésage. Ce vecteur curviligne est défini de manière unique sur la surface de la maquette numérique par la ligne

25 géodésique reliant l'origine et le centre de l'alésage. Si les alésages doivent être réalisés à l'aide d'une machine outil dont l'espace de travail est apte à englober le volume enveloppe du panneau, alors, pour positionner ledit alésage il est nécessaire de déterminer la position de l'origine panneau (2) dans l'espace de la machine par l'intersection de deux lignes géodésiques (4,5)

30 passant par ladite origine. De déterminer le vecteur (7) liant l'origine machine (6) et l'origine pièce (2). Puis d'identifier sur la maquette numérique, lesdites lignes géodésiques (4,5) correspondantes, de déterminer pour le centre de

chaque alésage le vecteur curviligne (3) le liant à l'origine pièce de la maquette numérique, de traduire ce vecteur en coordonnées cartésiennes et de traduire ces coordonnées en déplacement des axes de la machine après avoir effectué le changement de repère entre le repère pièce centré sur l'origine pièce (2) et repère machine centré sur l'origine machine (6). Au cours de ces opérations, les incertitudes de mesure et de déplacement se combinent. Par ailleurs, la forme pratique du panneau ne correspond pas exactement à sa forme théorique telle qu'elle est décrite dans sa maquette numérique. Cet écart, non constant sur la surface et qui atteint couramment plusieurs millimètres est consécutif à l'incertitude de fabrication des procédés de réalisation desdits panneaux. S'agissant de surfaces non développables, les corrections de trajectoire nécessaires à la prise en compte de ces écarts font appel à des algorithmes complexes et nécessitent des approximations supplémentaires. Lorsque les usinages à réaliser sur un tel panneau se limitent au perçage et à l'alésage de trous, il est plus avantageux et plus précis de recourir à des gabarits de perçage (20). De tels gabarits sont le plus souvent fixés par rivetage ou par l'intermédiaire de ventouses au panneau. Leur positionnement est effectué par mesure directe sur le panneau. Par exemple, un gabarit suivant une ligne de perçage (8) est positionné parallèlement au bord (9) du panneau, celui-ci constituant, à titre d'exemple, une interface d'assemblage avec un autre panneau. Alternativement le gabarit peut être placé parallèlement à une ligne de perçage ou de rivetage déjà réalisée. Le parallélisme s'entend d'une distance curviligne égale des deux points d'extrémité du gabarit par rapport à l'élément matériel de référence comme le bord (9) du panneau, la distance étant mesurée sur des géodésiques localement perpendiculaires à l'élément de référence et reliant les extrémités du gabarit. Ces distances peuvent être facilement estimées par un opérateur expérimenté à l'aide d'une règle souple plaquée à la surface du panneau, avec une précision quasi équivalente à celle obtenue par les reconstructions et transferts d'origine de la méthode précédente. Alternativement si une précision plus importante est requise ce positionnement empirique peut être complété par un positionnement par la mesure au moyen d'un dispositif de mesure de type laser tracker, de tels équipements sont connus de l'homme du métier et

distribués, par exemple, sous les marques FARO® ou LEICA® :

- le gabarit est pré-positionné de manière empirique comme décrit ci-dessus,
- 5 - une cible est placée contre l'élément de référence en deux points extrêmes et les positions dans l'espace de ces points sont mesurées par le tracker
- la cible est ensuite placée aux deux extrémités du gabarit et les positions correspondantes des points dans l'espace sont mesurées,
- 10 - la distance et l'orientation des deux lignes dans l'espace sont calculées et comparées avec le théorique et au besoin le gabarit est légèrement déplacé pour corriger les écarts.

Bien entendu il est possible d'utiliser des méthodes plus complexes. L'entraxe entre les différents alésages est ensuite donné directement par le gabarit.

Figure 3, selon un exemple de l'art antérieur, le gabarit (20) se présente sous la forme d'une grille de perçage rigide, placée à une faible distance (e) de la surface du panneau et percée d'alésages calibrés (21) dans lesquels vient se loger le nez (31) d'une machine de perçage/alésage portative (30). Dans cet exemple la machine portative (30) est d'un type apte à réaliser l'opération de perçage/alésage par un procédé dit de perçage orbital. Ce procédé consiste à utiliser un outil de fraisage (32) de diamètre inférieur à celui de l'alésage à réaliser et à déplacer celui-ci selon une trajectoire hélicoïdale d'axe normal à la surface à percer. Ainsi, avec le même outil il est possible de réaliser des alésages de diamètres très différents simplement en changeant le rayon de la trajectoire hélicoïdale.

La condition de normalité de l'axe est donnée directement par l'orientation de l'alésage (21) de la grille de perçage (20). Lorsque le panneau est courbe et que la grille utilisée est épaisse et rigide, celle-ci doit donc avoir la même courbure que le panneau à la position où elle est placée. Or, comme déjà indiqué précédemment, la forme pratique du panneau est différente de sa

forme théorique, la réalisation de la grille est également soumise à la précision des moyens de fabrication et finalement le positionnement de la grille sur le panneau est aussi sujet à des imprécisions. La courbure étant évolutive ces imprécisions influent directement sur la correspondance entre la courbure de la grille et celle du panneau et par suite sur l'orientation de l'alésage de centrage (21) par rapport à la normale à la surface du panneau.

Figure 4, sans prétendre à une quelconque démonstration ou théorie mathématique, la différence de courbure entre le gabarit (20) et le panneau (1) a des conséquences sur la localisation des perçages, notamment le respect des entraxes entre les trous et sur la direction du perçage qui doit être normale à la surface du panneau. Dans cet exemple, le gabarit de perçage (20) est plan et le panneau objet de l'opération de perçage présente une courbure constante de rayon $R1$. Les perçages sont à réaliser sur le panneau aux points A et B. Le trajet de A à B à la surface du panneau correspond à un secteur angulaire α selon la courbure du panneau (1) et à une longueur curviligne $R1.\alpha$

Le gabarit de perçage est placé à une distance minimale du panneau (1). Les alésages de centrage correspondant aux perçages A et B sont situés sur le gabarit respectivement aux points A' et B' et sont distants d'une longueur d'entraxe L telle que $L=R1\alpha$. Le gabarit est placé de telle sorte que l'axe de l'alésage correspondant au point A' se projette au point A sur le panneau (1) normalement au plan du gabarit (20). Si le perçage est effectué en A en utilisant ce gabarit et avec les moyens (30) de l'art antérieur, l'axe du trou ainsi réalisé ne serait pas normal à la surface du panneau et présenterait un écart angulaire θ par rapport à cette normale. Du fait de la différence de courbure entre le gabarit (20) et le panneau (1), le perçage réalisé avec les moyens de l'art antérieur (30) en se centrant dans l'alésage B' sera distant du point théorique de réalisation du trou centré sur B d'une distance curviligne δ . Ce perçage présentera également un défaut angulaire θ_2 entre la normale au panneau au point de perçage et la direction du trou réalisé.

La figure 5 donne l'évolution (100) de l'erreur de normale (θ_2) en fonction du rapport entre l'entraxe (L) des trous et du rayon de courbure ($R1$).

Elle indique qualitativement que même lorsque le rayon de courbure local du panneau est très grand l'erreur de normal devient très rapidement importante et rédhibitoire. Pour cette raison, les gabarits ou grilles de perçage selon l'art antérieur sont réalisés avec le plus grand soin et adaptés à la courbure effective du panneau en chaque zone nécessitant des usinages.

La figure 5 donne également l'évolution qualitative (110) de l'erreur de localisation (δ) du trou correspondant au point B sur le panneau et réalisée en centrant les moyens de perçage de l'art antérieur (30) dans l'alésage correspondant au point B' du gabarit. Cette erreur reste très faible même pour des entraxes atteignant des valeurs comparables à la moitié du rayon de courbure, c'est-à-dire couvrant un secteur angulaire de 30° à la surface du panneau.

Finalement la figure 5 donne l'évolution qualitative (120) de l'erreur de normale ϕ d'un perçage qui serait réalisé au point B'' selon l'orientation théorique de ce perçage au point B.

Les trous percés dans les panneaux ont généralement pour objet l'installation de fixations de type rivet. La réalisation d'un alésage destiné à recevoir un rivet dont l'axe n'est pas normal à la surface a des conséquences sur la qualité et la tenue mécanique de cet assemblage. La face d'appui de la tête de rivet n'étant plus parallèle à la surface il est difficile d'installer une tension uniforme dans la fixation. Bien que ce défaut puisse être au moins partiellement compensé par la réalisation d'un lamage, le défaut d'alignement se traduira alors par un mauvais affleurement de la tête du rivet, qui, au delà de l'aspect inesthétique, se traduira sur un aéronef par une trainée aérodynamique accrue. Par ailleurs, des erreurs d'orientation dans les perçages interdisent toute tentative d'assemblage dit mécano des panneaux ainsi percés.

Figure 6, le dispositif selon l'invention comprend un effecteur (40) apte à communiquer à l'outil un mouvement d'avance descriptible selon au moins 3 axes linéaires et 2 axes rotatifs. Les 3 axes linéaires permettent de communiquer une trajectoire hélicoïdale à l'outil de sorte à réaliser un perçage

orbital. Les deux axes rotatifs permettent de compenser le défaut angulaire entre l'orientation donnée à la machine par le gabarit de perçage et la normale à la surface du panneau objet de l'opération de perçage. L'effecteur (40) comprend un carter (48) liant à une extrémité un centreur (41) et à l'autre
5 extrémité une embase (44). Le carter comprend des poignées (49) pour faciliter la préhension de l'effecteur par l'opérateur. Le nez de centrage (41) est apte à être introduit dans un alésage du gabarit positionnant l'effecteur par rapport à la pièce.

L'embase (44), fixe par rapport au carter (48) et donc par rapport au
10 nez de centrage (41) de l'effecteur, est connectée à une plateforme (45) par un mécanisme cinématique dit de Gough Stewart qui comprend 6 vérins (445), figure 7, connectés par des articulations (440) en leur première extrémité à l'embase (44) et à l'autre extrémité (450) à la plateforme. Ces 6 vérins sont pilotables individuellement et extensibles axialement. L'extension des vérins
15 permet de déplacer la plateforme (45) par rapport à l'embase (44) selon 6 degrés de liberté. Ce dispositif cinématique constitue une chaîne cinématique fermée, c'est-à-dire que quelque soit le déplacement de la plateforme au moins 2 vérins doivent être étendus. Cette disposition permet de contrôler les mouvements de manière précise y compris selon des petits déplacements en
20 s'affranchissant des phénomènes de frottement et d'hystérésis dans la chaîne cinématique. Cette cinématique permet de disposer ainsi de 6 axes de déplacement dans un volume extrêmement réduit et d'une grande rigidité mécanique selon tous les axes de déplacement.

Les vérins peuvent être de différentes natures, préférentiellement il
25 s'agit de vérins électriques utilisant des vis à billes.

Une broche (43) est fixée à la plateforme (45). Elle peut être pneumatique ou électrique et transmet le mouvement de coupe à l'outil monté dans le porte outil (42) prolongeant ladite broche.

Grâce à l'action des vérins (445) il est possible de déplacer la broche,
30 donc l'outil, dans toutes les directions de l'espace, rendant ainsi possible la réalisation d'une trajectoire hélicoïdale dont l'axe n'est pas nécessairement

confondu avec l'axe du centreur (41). Le module électronique de commande peut être intégré à l'effecteur ou placé à l'extérieur de celui-ci. Dans ce cas, le module de commande est relié à l'effecteur par bus de commande.

Alternativement l'effecteur peut comprendre un interpréteur de
5 commande, une mémoire, et un dispositif de communication radio, alors qu'un module de calcul et de génération de commandes est installé à l'extérieur de l'effecteur. Pour chaque perçage, l'effecteur envoie au module de génération de commandes des informations relatives à la géométrie à réaliser et à sa position, le module de génération calcule en fonction de ces informations un
10 programme de déplacement comprenant les instructions de déplacement correspondantes pour chaque vérin (445), lesquelles instructions sont stockées dans la mémoire de l'effecteur qui les interprète afin de réaliser l'usinage.

La géométrie de l'usinage à réaliser consiste essentiellement à définir la position et l'orientation de l'axe de perçage ou de la trajectoire hélicoïdale en
15 cas de perçage orbital. Un premier mode de réalisation, suppose que la courbure du gabarit (20) soit connue et avantageusement que celui-ci soit rectiligne et consiste à localiser l'axe d'usinage au point B'' correspondant à l'intersection de l'axe du centreur avec la surface du panneau. La position de ce point peut être estimée par la distance théorique (e) séparant le gabarit (20)
20 du panneau. L'orientation de l'axe d'usinage est prise égale à l'orientation théorique ($\alpha/2$ figure 4) d'inclinaison de cet axe par rapport à l'axe du centreur. Cette méthode induit une erreur de normale (φ), qui reste cependant acceptable tant que les perçages réalisés selon cette méthode couvrent un secteur angulaire de courbure d'environ 10° , ce qui compte tenu des rayons
25 de courbure en présence peut être suffisant dans de nombreux cas.

Figure 8, afin de déterminer de manière plus précise la géométrie de l'usinage à réaliser, l'effecteur (40) comprend un ou plusieurs capteurs (410,411), préférentiellement logés dans le nez de centrage (41) et dont les mesures permettent de déterminer la distance à la surface du panneau (1), la
30 position du point (B'') d'intersection de l'axe du centreur (41) avec la surface du panneau (1) et l'orientation relative de la normale au panneau en ce point par rapport à l'axe du centreur.

Figure 9, à titre d'exemple, il est possible d'utiliser 3 capteurs de distance (410, 411, 412) répartis sur un même diamètre de la circonférence du centreur (41). Ces capteurs peuvent être mécaniques, optiques ou électriques. Connaissant la distance entre chacun des points de mesure desdits capteurs et l'extrémité du centreur (41), on obtient une bonne approximation de la position du point B'' en calculant la position du centre du cercle passant par les trois points. Une bonne approximation de la normale à la surface du panneau en ce point est ensuite obtenue en calculant les produits vectoriels deux à deux entre les vecteurs (4100, 4110, 4112) reliant les points de mesure au centre (B'') de ce cercle et en moyennant les 3 résultats.

A partir de ces indications on calcule la trajectoire de l'outil autour de l'axe de perçage optimisé (400)

Ainsi, grâce à ce dispositif, il est possible de corriger le problème de la normale à la surface et de supprimer l'erreur entre la normale à la surface et l'axe du centreur, soit θ_2 , et de supprimer l'erreur, φ , entre la direction de la normale théorique au point de perçage et la normale pratique au point de réalisation effectif de ce perçage, ceci en utilisant un gabarit dont la courbure diffère significativement de la courbure du panneau. Cette configuration permet de réduire considérablement le coût et le nombre de gabarits nécessaires à la réalisation des perçages sur un panneau complexe.

Avantageusement cette possibilité de corriger la normale à la surface du panneau par rapport à l'orientation donnée à l'effecteur (40) par le gabarit (20) permet d'utiliser des gabarits rectilignes faciles à fabriquer. Le dispositif de l'invention permet d'utiliser des gabarits rectilignes y compris pour des rayons de courbures relativement serrés (de quelques centaines de millimètres) dès lors que la longueur curviligne de la ligne sur laquelle les perçages sont réalisés ne n'excède pas la longueur correspondant à un secteur angulaire de 30° d'une courbure à ce rayon. Un tel gabarit peut être fixé par tout moyen au panneau y compris par des moyens non matériels qui assurent une position et une orientation relatives fixes du gabarit par rapport au panneau à usiner.

Figure 10, cet avantage peut être mis à profit pour réaliser des

gabarits de perçage dit numériques (200). Un tel gabarit comporte un rail de référence (210) pourvu d'une piste de mesure (211) sur lequel coulisse un chariot (220). La piste de mesure (210) permet de localiser de manière précise la position du chariot (220) en tout point du rail de référence (210). Le chariot (220) apte à coulisser sur le rail de référence (210) comprend un dispositif de blocage en position sur ledit rail et supporte avantageusement un second rail (230) disposant également d'une piste de mesure (231) perpendiculaire au rail de référence. Sur ce second rail coulisse un chariot (240) dont la position est connu en tout point grâce à la piste de mesure (231) associée au second rail, lequel chariot dispose également d'une dispositif de blocage en position et porte un support (241) sur lequel peut s'adapter une pièce de liaison (242), comprenant un alésage (243) apte à recevoir le nez d'une machine de perçage portative (440), figure 11. Cette machine de perçage peut être constituée de l'effecteur (40) selon l'invention. Alternativement le gabarit peut ne comporter qu'un seul rail (210). L'effecteur est alors fixé au premier chariot (220). Lorsque ledit gabarit (200) comprend un dispositif de chariots croisés suivants deux rails orthogonaux (210,230) il comprend avantageusement un troisième rail (250) qui n'a ni vocation de mesure ni de positionnement et dont la fonction est simplement de supporter l'extrémité du second rail (230).

Figure 12, le gabarit (200) est fixé et positionné au panneau à usiner (1) par des moyens adaptés (251,252). L'opérateur (500) installe dans l'alésage (243) l'effecteur selon l'invention (40), puis il se déplace d'un trou à réaliser à l'autre en faisant coulisser les chariots (220,240) et en visualisant les déplacements sur un afficheur (non représenté), grâce aux informations délivrées par les pistes de mesure (211,231). En chaque point de perçage, les chariots sont bloqués sur les rails. Les capteurs (410, 411, 412) de l'effecteur mesurent la normale à la surface et la position du centre de l'alésage, les commandes de déplacement pour la réalisation du perçage en sont déduites et le perçage est réalisé. On dispose ainsi d'un gabarit de perçage unique pour couvrir une très large plage de configurations, qui permet de bénéficier de l'avantage de cette méthode sur la précision de positionnement des alésages sans la contrainte de réaliser de nombreux gabarits pour maîtriser les erreurs

de normales.

La description ci-avant illustre clairement que par ses différentes caractéristiques et leurs avantages, la présente invention atteint les objectifs qu'elle s'était fixés. En particulier, elle permet la correction des normales de perçage lors de l'utilisation d'un gabarit rigide en associant avec une unité de perçage portative

REVENDEICATIONS

1. Dispositif pour le perçage ou l'alésage d'un panneau de forme complexe (1) caractérisé en ce qu'il comprend :

- Un gabarit (20,200) positionné et fixe par rapport audit panneau (1)
- 5 - Un effecteur (40) apte à communiquer à un outil un mouvement de coupe rotatif et un mouvement d'avance descriptible selon au moins 3 axes linéaires et 2 axes rotatifs par rapport à un repère attaché à l'effecteur dit origine effecteur
- Des moyens (21, 211, 231) aptes à positionner l'origine effecteur
10 par rapport au panneau comprenant un verrouillage relatif du gabarit et de l'effecteur

2. Dispositif selon la revendication 1 caractérisé en ce que le mouvement d'avance est communiqué à l'outil par une chaîne cinématique fermée.

15 3. Dispositif selon la revendication 1 caractérisé en ce que l'effecteur comprend un capteur (410, 411, 412) apte à mesurer la distance et l'orientation de la surface du panneau (1) par rapport à l'origine effecteur

20 4. Dispositif selon la revendication 1 caractérisé en ce que l'effecteur comprend un centreur (41) et que le gabarit comprend un alésage (21) qui coopère avec le centreur (41) pour positionner l'origine effecteur par rapport au panneau (1).

5. Dispositif selon la revendication 1 caractérisé en ce que la courbure du gabarit est significativement différente de la courbure du panneau (1) à l'emplacement du gabarit sur celui-ci

25 6. Dispositif selon la revendication 5 caractérisé en ce que le gabarit

(20) est rectiligne.

7. Dispositif selon la revendication 2 caractérisé en ce que l'effecteur communique à l'outil le mouvement d'avance par une cinématique de type plateforme Gough-Stewart .

5 **8.** Dispositif selon la revendication 7 caractérisé en ce que l'effecteur (40) est d'un poids inférieur à 10 Kg

9. Dispositif selon la revendication 4 caractérisé en ce que le gabarit comprend un rail (210) fixe par rapport au panneau et des moyens (211, 220) aptes à guider et mesurer le déplacement de l'effecteur le long de ce rail.

10 **10.** Dispositif selon la revendication 9 caractérisée en ce que le gabarit comprend un second rail (230) perpendiculaire au premier et des moyens (231, 240) aptes à guider et mesurer le déplacement de l'effecteur le long de ce rail.

1/3

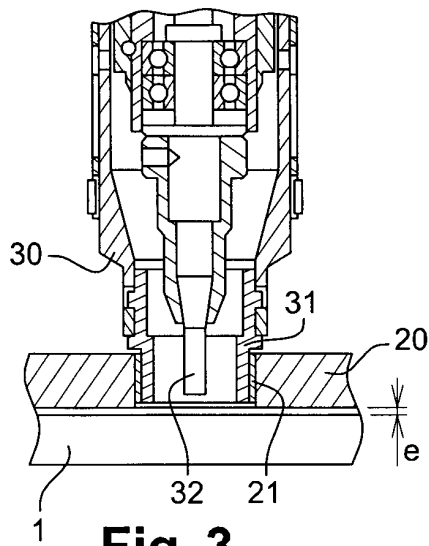


Fig. 3
(art antérieur)

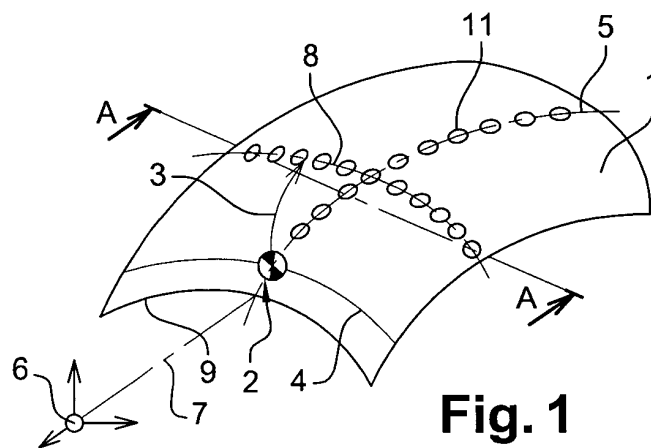


Fig. 1

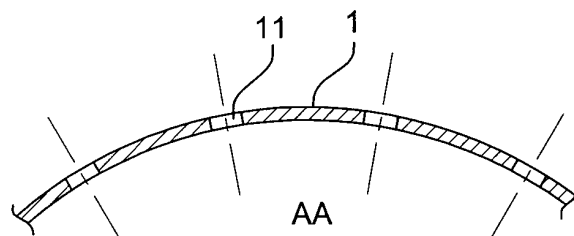


Fig. 2

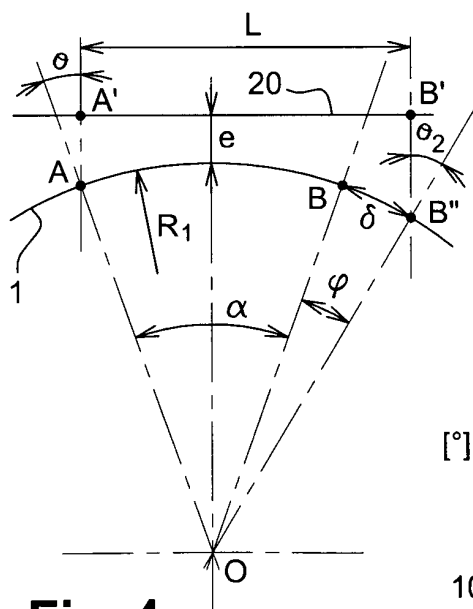


Fig. 4

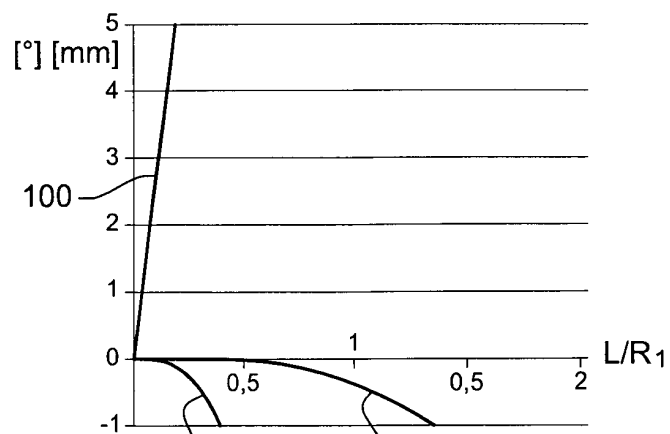


Fig. 5

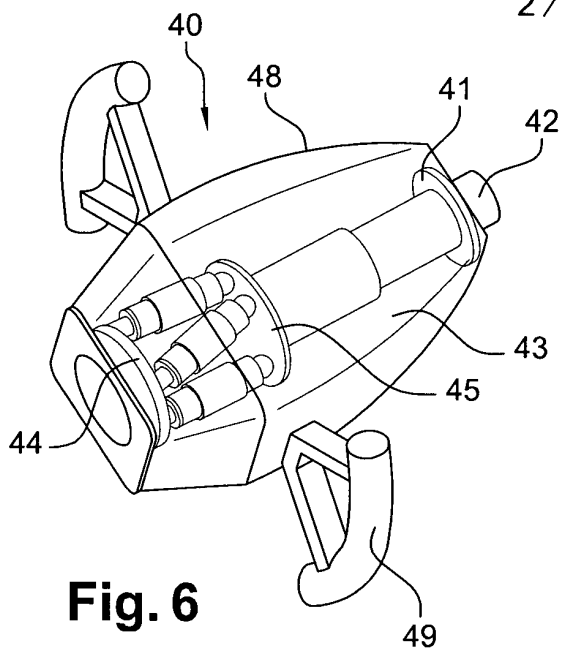


Fig. 6

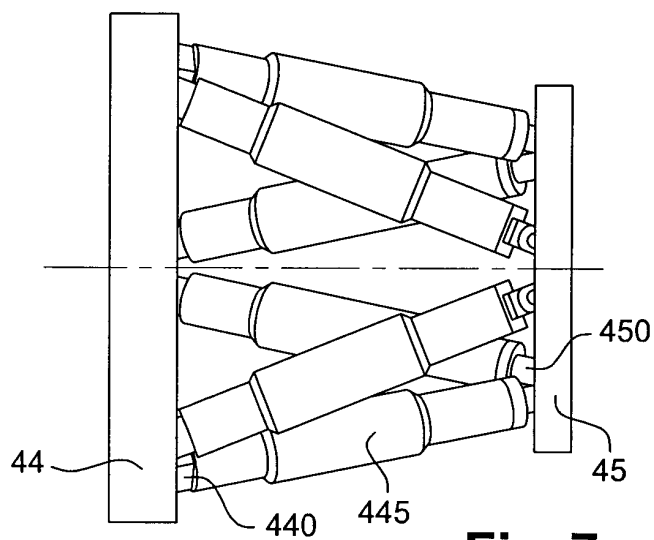


Fig. 7

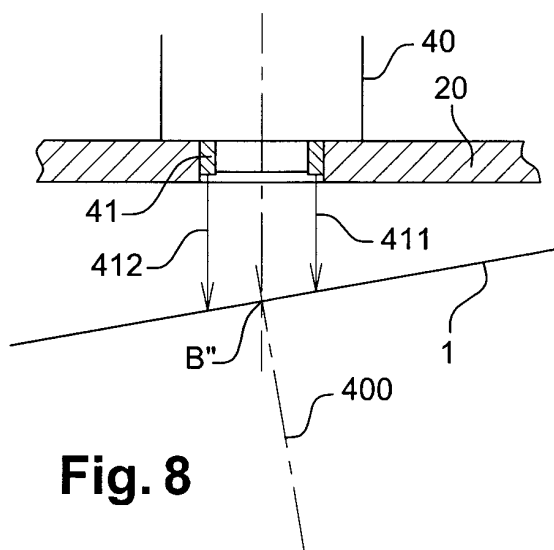


Fig. 8

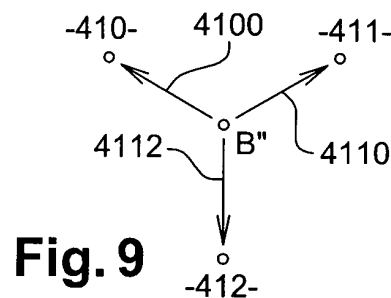


Fig. 9

3 / 3

Fig. 10

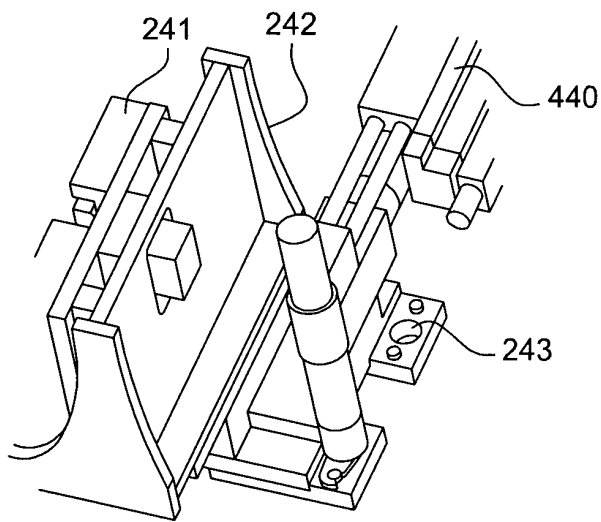
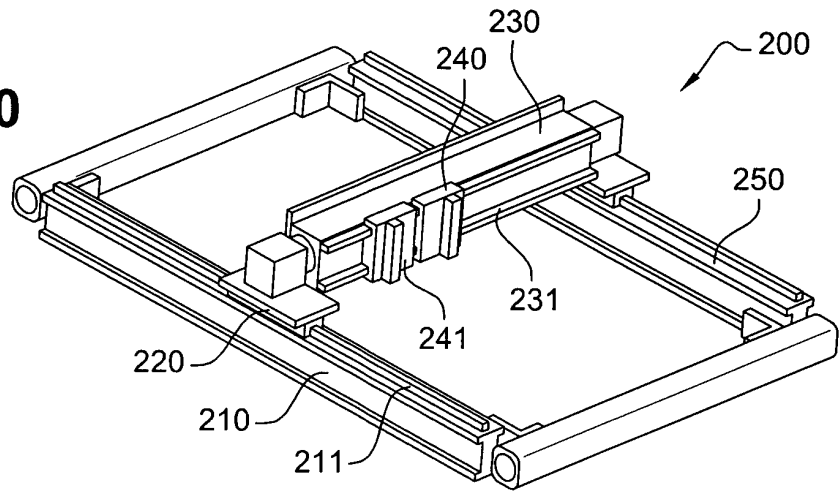


Fig. 11

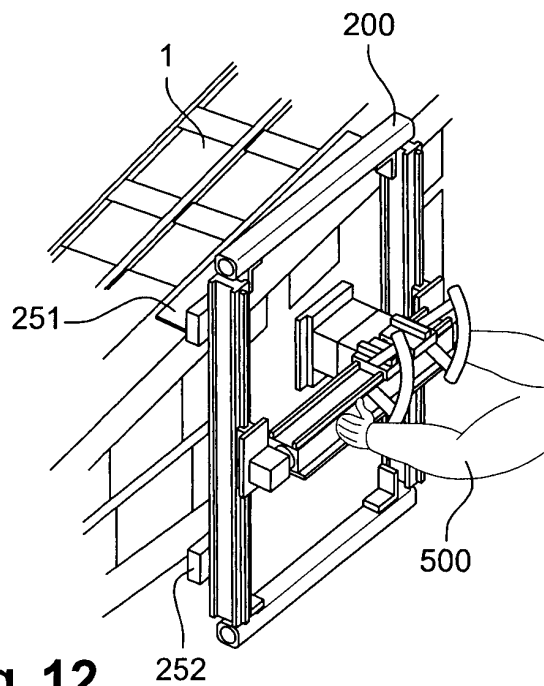


Fig. 12



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement national

établi sur la base des dernières revendications déposées avant le commencement de la recherche

FA 729167
FR 0958395

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	WO 01/15870 A2 (NOVATOR AB [SE]) 8 mars 2001 (2001-03-08) * page 5, ligne 22 - page 9, ligne 5 * * figures *	1-10	B23B35/00
A	WO 2009/004228 A2 (CMW CONSTRUCTION MECANIKES DE [FR]; WILDENBERG FRANCOIS [FR]) 8 janvier 2009 (2009-01-08) * le document en entier *	1-10	
A	JP 2008 110438 A (TORAY ENG CO LTD) 15 mai 2008 (2008-05-15) * abrégé * * figures *	1-10	
A	US 4 242 017 A (DE FAZIO THOMAS L [US]) 30 décembre 1980 (1980-12-30) * le document en entier *	1	
A	WO 02/102535 A1 (NOVATOR AB [SE]; PETTERSSON BJOERN [SE]; WIKLUND MARCUS [SE]) 27 décembre 2002 (2002-12-27) * page 1, ligne 19 - ligne 21 * * page 3, ligne 4 - ligne 16 * * page 4, ligne 5 - page 7, ligne 6 * * figures *	1	
A	US 4 332 066 A (HAILEY SAMUEL I ET AL) 1 juin 1982 (1982-06-01) * le document en entier *	1	
A	EP 2 025 439 A1 (BOEING CO [US]) 18 février 2009 (2009-02-18) * colonne 6, ligne 42 - colonne 10, ligne 12 * * figures 1-9 *	1	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
19 juillet 2010		Breare, David	
<p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>			

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0958395 FA 729167**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **19-07-2010**
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 0115870	A2	08-03-2001	AT 411127 T	15-10-2008
			AU 6886900 A	26-03-2001
			CN 1376098 A	23-10-2002
			EP 1265729 A2	18-12-2002
			EP 1806194 A1	11-07-2007
			ES 2316124 T3	01-04-2009
			JP 2003508239 T	04-03-2003
			US 2002094249 A1	18-07-2002
			US 6382890 B1	07-05-2002
WO 2009004228	A2	08-01-2009	EP 2155432 A2	24-02-2010
			FR 2917316 A1	19-12-2008
JP 2008110438	A	15-05-2008	AUCUN	
US 4242017	A	30-12-1980	CA 1130086 A1	24-08-1982
			DE 3029783 A1	26-03-1981
			FR 2462966 A1	20-02-1981
			GB 2055637 A	11-03-1981
			IT 1132306 B	02-07-1986
WO 02102535	A1	27-12-2002	AT 391571 T	15-04-2008
			DE 60226025 T2	28-05-2009
			EP 1397224 A1	17-03-2004
			ES 2304440 T3	16-10-2008
			JP 4172392 B2	29-10-2008
			JP 2004522607 T	29-07-2004
US 4332066	A	01-06-1982	AUCUN	
EP 2025439	A1	18-02-2009	CA 2637961 A1	01-02-2009
			CN 101357442 A	04-02-2009
			US 2009035080 A1	05-02-2009
			US 2009035084 A1	05-02-2009
			US 2010047029 A1	25-02-2010
			US 2009035085 A1	05-02-2009