

19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

11) N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

2 908 174

21) N° d'enregistrement national : 07 58581

51) Int Cl<sup>8</sup> : F 16 J 15/32 (2006.01)

12)

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22) Date de dépôt : 25.10.07.

30) Priorité : 02.11.06 US 11591567.

43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 09.05.08 Bulletin 08/19.

56) Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été établi à la date de publication de la demande.*

60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71) Demandeur(s) : GENERAL ELECTRIC COMPANY — US.

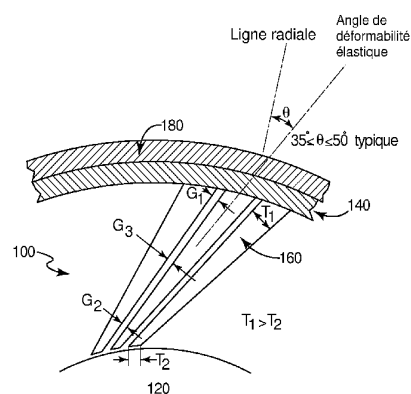
72) Inventeur(s) : ADIS WILLIAM EDWARD, TURN-QUIST NORMAN ARNOLD, FEENY SEAN DOUGLAS, AWTAR SHORYA et MORTZHEIM JASON P.

73) Titulaire(s) :

74) Mandataire(s) : CASALONGA ET JOSSE.

54) JOINT D'ARBRE CONSTITUE D'ELEMENTS D'UNE EPAISSEUR DECROISSANTE ET PLAQUES A DEFORMABILITE ELASTIQUE.

57) Joint d'étanchéité d'arbre réduisant les fuites entre un arbre rotatif et un stator. Le joint d'étanchéité d'arbre comprend une pluralité d'éléments formant plaques (160, 260, 360, 460, 560, 660, 760, 860) fixées au stator (140, 180, 240, 280, 340, 380, 440, 540, 580, 640, 680, 727) en regard les uns des autres. Les éléments formant plaques définissent un anneau d'étanchéité entre l'enveloppe du stator et l'arbre rotatif (120). L'épaisseur des éléments formant plaques décroît d'une valeur forte à une valeur faible depuis une extrémité côté stator jusqu'à une extrémité côté arbre rotatif. De la sorte, les bouts des éléments formant plaques étant plus densément regroupés, les fuites axiales sont réduites du fait de l'épaisseur décroissante des éléments formant plaques, si bien que les bases des plaques sont plus épaisses que les bouts des plaques.



FR 2 908 174 - A1



B07-3895FR

Société dite : **GENERAL ELECTRIC COMPANY**

**Joint d'arbre constitué d'éléments d'une épaisseur décroissante en plaques à déformabilité élastique**

Invention de : **ADIS William Edward**  
**TURNQUIST Norman Arnold**  
**FEENY Sean Douglas**  
**AWTAR Shorya**  
**MORTZHEIM Jason P.**

Priorité d'une demande de brevet déposée aux Etats-Unis d'Amérique  
le **2 Novembre 2006** sous le n° **11/591.567**

### **Joint d'arbre constitué d'éléments d'une épaisseur décroissante en plaques à déformabilité élastique**

L'invention est relative à une structure d'étanchéité entre un organe rotatif et un organe statique et, plus particulièrement, à un système d'étanchéité en plaques à déformabilité élastique, utilisant des éléments en plaques présentant une épaisseur décroissante, qui sont efficaces pour réduire des fuites axiales.

L'étanchéité dynamique entre un arbre rotatif (par exemple, un rotor) et une enveloppe statique (par exemple, un stator) constitue une importante préoccupation dans les turbomachines. Plusieurs procédés d'étanchéité ont été proposés dans le passé. En particulier, on a eu recours à une étanchéité assurée par des éléments flexibles, dont des joints appelés joints à feuilles, joints à brosses, joints à doigts, joints à cales, etc.

Un joint à brosses est constitué de poils globalement cylindriques en groupes denses qui sont efficaces pour empêcher les fuites en raison de leur disposition en quinconce. Les poils ont une faible rigidité radiale qui leur permet de s'écarter du passage en cas d'excursion du rotor tout en conservant un jeu étroit pendant un fonctionnement en régime stable. Cependant, les joints à brosses ne sont efficaces que jusqu'à une certaine différence de pression d'un côté à l'autre du joint. De fait de la configuration globalement cylindrique des poils, les joints à brosses ont tendance à avoir une faible rigidité dans la direction axiale, ce qui limite la différence de pression maximale admissible à généralement moins de 7000 kPa (1000 psi). Dans ce contexte, les directions radiale et axiale sont définies par rapport à l'axe de la turbomachine.

Pour supprimer ce problème, il a été proposé des joints à feuilles qui ont une configuration en forme de plaques à rigidité axiale plus grande et de ce fait aptes à convenir pour de très grandes différences de pression. Cependant, les fuites axiales restent un problème du fait de la configuration des joints à feuilles. Ainsi, en référence à la Fig. 1, si les feuilles d'épaisseur uniforme sont regroupées de manière dense à proximité du rotor R, il y aura des espaces G à la base des feuilles, ce qui provoque éventuellement des fuites et annule à son tour certains des avantages du joint.

Dans un exemple de forme de réalisation de l'invention, un joint d'étanchéité d'arbre réduit les fuites entre un arbre rotatif et un stator. Le joint d'arbre comprend une pluralité d'éléments en plaques à déformabilité élastique fixés au stator en regard

les uns des autres. Les éléments sous la forme de plaques à déformabilité élastique définissent un anneau d'étanchéité entre le stator et l'arbre rotatif, l'épaisseur des éléments en forme de plaques à déformabilité élastique décroît d'une valeur forte à une valeur faible depuis une extrémité du stator jusqu'à une extrémité de l'arbre rotatif.

L'épaisseur peut être définie de façon qu'un espace entre les éléments formant plaques à déformabilité élastique soit uniforme.

Le stator est un carter pouvant se fixer à une enveloppe statique.

L'épaisseur des éléments formant plaques à déformabilité élastique peut décroître de manière étagée depuis l'extrémité côté stator jusqu'à l'extrémité côté arbre rotatif.

L'épaisseur peut décroître d'une façon non linéaire.

Le joint d'étanchéité d'arbre peut comprendre en outre des cales disposées entre les éléments formant plaques à déformabilité élastique au voisinage immédiat de l'extrémité côté stator des éléments formant plaques à déformabilité élastique.

L'épaisseur des éléments formant plaques à déformabilité élastique est définie par un revêtement d'une certaine épaisseur ou par une combinaison d'un flux de soudure et d'un revêtement d'une certaine épaisseur sur au moins une face d'une plaque à déformabilité élastique au voisinage immédiat de l'extrémité côté stator.

Le joint d'étanchéité peut comprendre en outre un porte-joint comportant une plaque avant et une plaque arrière fixées au stator, le porte-joint ayant une forme correspondant à celle des éléments formant plaques à déformabilité élastique pour faciliter le positionnement radial des éléments formant plaques à déformabilité élastique.

Le joint peut comprendre en outre un porte-joint de forme arquée en C qui immobilise les plaques à déformabilité élastique.

Dans un autre exemple de forme de réalisation de l'invention, le joint d'étanchéité d'arbre comprend une pluralité d'éléments en forme de plaques à déformabilité élastique, chacune ayant une base et un bout, les éléments en forme de plaques à déformabilité élastique étant fixés au stator par leur base, en regard les uns des autres par l'intermédiaire d'un porte-joint. Les bouts des éléments en forme de plaques à déformabilité élastique définissent un anneau d'étanchéité entre le stator et le rotor, et les éléments en forme de plaques à déformabilité élastique sont plus épaisses à la base et plus minces au bout.

Dans encore une autre forme de réalisation de l'invention, un procédé d'assemblage d'un joint d'étanchéité d'arbre pour réduire les fuites entre un arbre rotatif et un stator comprend les étapes de disposition d'une pluralité d'éléments en forme de plaques à déformabilité élastique ayant une épaisseur qui décroît d'une valeur forte à une valeur faible depuis une extrémité basale jusqu'à un bout ; et la fixation des éléments en forme de plaques à déformabilité élastique au stator en regard les uns des autres, les éléments en forme de plaques à déformabilité élastique définissant un anneau d'étanchéité entre le stator et l'arbre rotatif.

L'invention sera mieux comprise à l'étude de la description détaillée d'un mode de réalisation pris à titre d'exemple non limitatif et illustré par les dessins annexés sur lesquels :

la Fig. 1 est une vue axiale d'un joint à plaques selon la technique antérieure;

la Fig. 2 est une vue axiale du joint à plaques à déformabilité élastique d'une épaisseur décroissante ;

la Fig. 3 est une vue latérale axiale représentant une configuration de joint à plaques à déformabilité élastique à étagement radial ;

la Fig. 4 est une vue latérale axiale représentant certains exemples de joints à plaques à déformabilité élastique d'une épaisseur qui décroît radialement de manière non linéaire ;

la Fig. 5 est une vue latérale axiale représentant des configurations avec des plaques d'une épaisseur qui décroît radialement, une séparation entre les plaques étant obtenue à l'aide de cales coniques ou rectilignes au niveau du diamètre extérieur du joint ;

la Fig. 6 représente une vue latérale axiale d'un joint à plaques à déformabilité élastique d'une épaisseur décroissante avec une épaisseur au niveau du diamètre extérieur d'une forme exclusive permettant de réaliser l'espacement requis entre les plaques plus bas sur les plaques à déformabilité élastique d'une épaisseur décroissante, vers les bouts ;

la Fig. 7 représente des plaques sur lesquelles est appliqué un revêtement d'une épaisseur donnée pour réaliser l'espacement voulu entre les plaques à déformabilité élastique d'une épaisseur décroissante ; et

les figures 8 à 11 sont des vues périphériques de plusieurs exemples de forme de réalisation de corps de joints et de procédés d'assemblage présentés ici, dont un corps en T, un corps en C, et de procédés de soudage et de brasage pour ces corps.

En référence à la Fig. 1, un joint 10 à plaques selon la technique antérieure sert à réduire les fuites axiales entre un arbre rotatif 12 tel qu'un rotor et une enveloppe statique 14 telle qu'un stator. Le joint d'étanchéité 10 d'arbre est pourvu d'une pluralité d'éléments en forme de plaques 16 fixés à l'enveloppe statique 14 au niveau de leur base, en regard les uns des autres. Les bouts regroupés d'une manière dense des éléments en forme de plaques 16 définissent un anneau d'étanchéité entre l'enveloppe statique 14 et l'arbre rotatif 12.

Dans un joint à plaques selon la technique antérieure, puisque les feuilles sont regroupées de manière dense au bout et de manière lâche à la base, des fuites depuis le côté à haute pression vers le côté à basse pression, pénétrant dans le groupe de plaques, ont tendance à s'écouler/se répandre radialement vers l'extérieur, puis s'écoulent axialement et convergent finalement en sortant du groupe de plaques. Pour un joint à plaques selon la technique antérieure avec des feuilles d'une épaisseur uniforme, il convient de grouper les feuilles de façon qu'il y ait un espacement minime entre chacun des éléments adjacents en forme de plaques au niveau des bouts près du rotor. De ce fait, des espacements plus grands et on souhaitables apparaissent au niveau du diamètre extérieur de la base du joint, ce qui provoque des fuites indésirables.

Il est décrit ici un joint à plaques à déformabilité élastique, d'une épaisseur qui décroît radialement. Afin de réduire ou de limiter le plus possible les fuites axiales, il est souhaitable de calculer le jeu minimal nécessaire entre les plaques à déformabilité élastique pour assurer une flexibilité suffisante du groupe de plaques pour le diamètre donné du joint d'étanchéité, et donc d'utiliser une configuration des plaques d'épaisseur décroissante qui crée entre les plaques un jeu équivalent à cette valeur en réduisant progressivement l'épaisseur des plaques d'une valeur forte à une valeur faible depuis une extrémité côté enveloppe statique jusqu'à une extrémité côté arbre rotatif. Il en résulte un joint à plaques à déformabilité élastique d'une épaisseur décroissante avec un jeu minime pour les fuites au niveau du diamètre extérieur de la base et entre les plaques adjacentes à déformabilité élastique, d'une valeur inférieure à celle du joint à plaques selon la technique antérieure, ce qui apporte donc un avantage en ce qui concerne les performances.

Les éléments en forme de plaques à déformabilité élastique 160 du joint d'étanchéité 100 d'arbre décrits ici présentent une épaisseur qui décroît progressivement d'une valeur forte à une valeur faible depuis une extrémité côté stator (enveloppe statique ou carter) jusqu'à une extrémité côté arbre rotatif. En

référence à la Fig. 2, l'épaisseur décroissante sert à réduire les intervalles G1, G2, G3 au niveau de la base des éléments en forme de plaques à déformabilité élastique regroupés de la manière la plus lâche, fixés directement à l'enveloppe statique 180 ou à un carter intermédiaire 140 qui assure l'étanchéité de l'enveloppe statique. Pour un joint à plaques selon la technique antérieure où on utilise des feuilles rectilignes, 5 puisqu'un jeu minime est nécessaire entre les feuilles au niveau du diamètre intérieur du joint, ce jeu établit automatiquement un jeu plus grand et moins souhaitable entre les feuilles sur le pourtour extérieur du joint, ce qui équivaut à davantage de fuites. Les plaques à déformabilité élastique d'épaisseur décroissante 160 permettent un jeu 10 plus uniforme entre les plaques à déformabilité élastique 160, très limité et établi d'après la flexibilité requise du groupe de feuilles, et par conséquent les fuites sont réduites par rapport aux joints à plaques conçus de façon classique.

Dans une autre forme de réalisation possible, en référence à la Fig. 3, les plaques à déformabilité élastique 260 doivent avoir une épaisseur qui décroît 15 radialement de façon étagée depuis le diamètre extérieur jusqu'aux bouts, ce qui constitue une section plus épaisse des plaques au niveau du diamètre extérieur (au voisinage immédiat du carter 240 et de l'enveloppe statique 280), réduisant l'espacement entre les plaques adjacentes dans ce secteur et par conséquent réduisant le passage de fuites dans ce secteur en comparaison d'un joint à plaques selon la 20 technique antérieure. L'étagement radial peut être formé par de nombreux procédés dont, mais de manière nullement limitative, des procédés de matricage, de réduction d'épaisseur de matière par emboutissage progressif et de formage à chaud. Le nombre de gradins et la nature du secteur de transition entre les gradins incluront une transition courbe, une transition conique ou autre transition non linéaire résultant du 25 processus ou procédé de réduction choisi. La présente forme de réalisation peut être appelée joint d'étanchéité à plaques à déformabilité élastique d'une épaisseur décroissant radialement.

Dans encore une autre forme de réalisation possible représentée sur la Fig. 4, les plaques à déformabilité élastique 360 peuvent avoir une épaisseur qui décroît 30 de façon non linéaire d'une manière incluant, mais sans se limiter à cela, des surfaces courbes des faces des plaques. Comme on peut le voir dans l'exemple illustré, un premier profil non linéaire possible de la face des plaques, tel qu'il est représenté, supprime surtout l'espacement le plus grand constaté sur un joint à plaques selon la technique antérieure au niveau du diamètre extérieur de la base des plaques. On 35 notera que, dans ce secteur, la valeur du jeu constaté sur un joint d'étanchéité à

plaques selon la technique antérieure avec des faces de plaques rectilignes n'est pas nécessaire pour le mouvement. Cependant, sur la Fig. 4, pour la face non linéaire de la plaque 360, la plaque est profilée vers l'intérieur plus loin radialement vers le bas de la face de la plaque pour permettre le jeu requis pour le mouvement. La courbure des plaques peut être étudiée pour déterminer la rigidité des plaques, ce qui donne au concepteur un moyen pour régler davantage la force, dirigée vers le bas, des plaques.

Factorisée dans la conception avec la portance hydrodynamique et la répartition de la pression entre les plaques, cette force dirigée vers le bas donne une plus grande possibilité pour ajuster avec précision les performances des plaques. En outre, une épaisseur des plaques 360 à déformabilité élastique qui décroît de façon non linéaire permet de mieux ajuster le compromis entre la déformabilité élastique du groupe de plaques et la réduction des fuites au niveau du diamètre extérieur du joint (au voisinage immédiat du carter 340, de l'enveloppe statique 380). De la sorte, il est possible de réduire davantage les fuites par rapport à un diamètre à réduction radiale linéaire pure.

Il faut souligner que toutes les formes de réalisation à plaques à déformabilité élastique décrites ici doivent avoir, entre les plaques adjacentes, des espacements pour assurer la flexibilité du groupe de plaques et pour permettre le mouvement requis des plaques pendant le fonctionnement. Dans une forme de réalisation préférée, ces espacements peuvent ne pas être uniformes en allant, radialement, du diamètre extérieur au bout. En appliquant ces procédés de réduction d'épaisseur, dans la plupart des cas, l'espacement entre les plaques adjacentes au niveau du diamètre extérieur peut être réduit par rapport à un joint à plaques selon la technique antérieure.

Pour nombre de ces formes de réalisation de joints à plaques à déformabilité élastique d'une épaisseur décroissante, l'emploi de la réduction d'épaisseur des pièces des joints offre des avantages pour l'assemblage et le regroupement. Comme les plaques d'épaisseur décroissante s'empilent plus naturellement en cercle, ce qui assure un meilleur ajustement au diamètre intérieur pour un porte-joint, certaines géométries de réduction d'épaisseur se prêtent à un assemblage direct à l'intérieur d'un corps de porte-joint. Par exemple, en référence à la Fig. 4, les plaques 360 qui conviennent sont formées de manière à être suffisamment larges afin de se toucher les unes les autres au niveau du diamètre extérieur de la base et, au niveau des bouts, elles peuvent encore être assemblées directement dans un corps 340 sans nécessiter des procédés d'espacements supplémentaires au niveau des diamètres extérieurs.

Pour celles qui ne sont pas assemblées directement, des cales rectilignes ou coniques peuvent être ajoutées au niveau du diamètre extérieur entre les plaques à déformabilité élastique d'épaisseur décroissante dans le but de réaliser les intervalles de jeux coniques ou rectilignes voulus entre les plaques à déformabilité élastique d'épaisseur décroissante adjacentes dans le joint.

Comme représenté sur la Fig. 5, une cale conique 430 de dimensions appropriées peut être placée entre chacune des plaques d'épaisseur décroissante adjacentes 460 à l'intérieur du corps 440 au niveau du diamètre extérieur de la base du joint. Cette cale peut être présente à demeure et peut éventuellement être partiellement consommée dans l'ensemble pendant l'assemblage par soudage, brasage ou vissage.

De plus, les plaques d'épaisseur décroissante apportent une solution aux problèmes de fabrication liés au joint à plaques selon la technique antérieure s'il est nécessaire de créer un espace radial inégal entre les plaques adjacentes en regard, depuis le diamètre extérieur vers le diamètre intérieur, pendant l'assemblage ainsi que de conserver les dimensions de cet espacement non uniforme pendant le montage.

Dans une autre forme de réalisation, les cales au niveau du diamètre extérieur pourraient être réalisées en tôle emboutie revêtue d'une très mince couche d'alliage de brasage. Après la constitution d'un joint par assemblage des cales et des plaques à déformabilité élastique, le joint pourrait être placé dans un four à vide pour constituer l'ensemble par brasage.

Dans encore une autre forme de réalisation, des cales de différentes épaisseurs pourraient être placées au niveau du diamètre extérieur et du diamètre intérieur pour construire le joint si des corrections fines étaient nécessaires en ce qui concerne l'inclinaison réelle des plaques pour que le groupe résultant de l'empilement finisse par avoir des dimensions correctes. Les cales d'espacement au niveau du diamètre extérieur peuvent être soudées dans le groupe ou retirées avant le soudage.

Selon une autre possibilité, en référence à la Fig. 6, au lieu d'utiliser une cale au niveau du diamètre extérieur pour séparer des éléments adjacents 560 en forme de plaques à déformabilité élastique, il est possible de doter la partie diamètre extérieur de l'élément à déformabilité élastique 560 d'une épaisseur et d'une conicité uniques d'un bout à l'autre, assurant la même fonction combinée que l'élément à déformabilité élastique d'épaisseur décroissante et une cale séparée. Comme représenté sur la Fig. 6, la partie diamètre extérieur 565 de la plaque à déformabilité 560 est plus épaisse et présente une conicité différente du reste de la plaque (se reporter à la partie étagée

566 et à la partie d'épaisseur à décroissance progressive 567 sur la Fig. 6). La conicité au niveau du diamètre extérieur doit être réalisée pour s'adapter au diamètre correspondant et s'ajuster dans le corps 540 de joint ou l'enveloppe statique 580 afin de rapprocher les uns des autres les bords adjacents des plaques à déformabilité élastique 560. Cela devrait permettre un assemblage rapide du joint, grâce à quoi les plaques adjacentes 560 à déformabilité élastique sont assemblées dans la direction circonférentielle dans un corps à queue d'aronde qui donne aux plaques un emplacement dans le stator. La configuration de la conicité au niveau du diamètre extérieur doit assurer l'espacement conique ou rectiligne approprié entre les plaques à déformabilité élastique 560 sous le diamètre extérieur de la base une fois que le joint est assemblé. La conicité au niveau du diamètre extérieur doit être telle qu'elle oriente les plaques à déformabilité élastique 560 suivant l'orientation et l'inclinaison appropriées à l'intérieur du corps 540.

Comme le diamètre extérieur est densément tassé dans la direction circonférentielle, les problèmes liés au déplacement ou au gauchissement de plaque par suite du retrait de soudure ou de brasure sont très réduits. Cela permet également d'utiliser moins de pièces dans le joint et de réduire les manipulations pendant l'assemblage.

Ce procédé devrait être plus rentable si les diamètres des joints sont normalisés et s'il y a un volume raisonnablement supérieur pour justifier la formation exclusive. L'épaisseur et la conicité exclusives au niveau du diamètre extérieur pourraient être obtenues de la même manière que le reste des plaques à déformabilité élastique, c'est-à-dire par matriçage, emboutissage progressif, formage à chaud et autres procédés courants connus dans l'industrie du formage du métal.

En référence à la Fig. 7, un autre procédé possible pour créer un espace prédéfini entre chacune des plaques à déformabilité élastique d'une épaisseur décroissante 660 de l'empilement consiste à appliquer un revêtement 675 d'une certaine épaisseur ou, en combinaison, un flux de soudage et un revêtement 675 d'une certaine épaisseur sur une seule face ou sur les deux faces des plaques à déformabilité élastique au niveau du diamètre extérieur du groupe. Le revêtement peut être appliqué sur une feuille ou un rouleau acheté, avant l'ébauchage servant à donner leur forme aux plaques à déformabilité élastique. Lorsque les plaques sont empilées les unes sur les autres, l'inclinaison des éléments en forme de plaques 560, combinée avec l'épaisseur du revêtement de soudure 675, crée la géométrie et l'espacement voulus entre les plaques avant assemblage, soudage ou montage. Une

partie du revêtement d'une certaine épaisseur peut être consommée ou fondue pendant le soudage des plaques 660 les unes aux autres ainsi qu'au corps 640 ou à l'enveloppe statique 680.

Le revêtement d'une certaine épaisseur 675 peut être appliqué sur les  
5 plaques d'épaisseur décroissante 660 par un procédé de laminage à une épaisseur déterminée ou à l'aide d'un masque et d'un processus de revêtement par pulvérisation. Le revêtement d'une certaine épaisseur pourrait également être imprimé au tampon. Le revêtement pourrait être durci par la lumière ultraviolette, la chaleur, ou séché à l'air. Dans une autre forme de réalisation possible, un revêtement d'une épaisseur  
10 différente est appliqué aux bouts et à la base de la plaque, sur une seule face ou sur les deux faces. Cette solution pourrait servir si de fines corrections étaient nécessaires en ce qui concerne l'inclinaison réelle des plaques pour que le groupe résultant de l'empilement présente finalement des dimensions appropriées.

Le revêtement peut être un revêtement 675 d'une certaine épaisseur appliqué  
15 par électrodéposition sur les faces des plaques à déformabilité élastique d'épaisseur croissante 660 au niveau du diamètre extérieur afin d'assurer les intervalles de jeu requis entre les plaques, nécessaires pour la flexibilité et le mouvement. Un excellent exemple de ce revêtement est le nickel, qui peut être appliqué de façon répétée sur de très fines épaisseurs et qui est compatible avec les matières réfractaires couramment  
20 employées dans les turbomachines ainsi qu'avec les alliages courants compatibles pour les procédés d'assemblage par brasage et soudage.

Considérant la Fig. 2, pour tous les joints à plaques à déformabilité élastique représentés sur les figures 2 à 5 et sur la Fig. 7, il est préférable que les plaques d'épaisseur décroissante 160 soient empilées et disposées avec leur grand axe suivant  
25 un angle défini  $\theta$  par rapport à la direction radiale, les plaques 160 étant fixées par soudage, brasage, vissage ou par leur géométrie à un support ou corps circulaire de joint. Le support peut être segmenté pour permettre le montage autour d'un arbre ou d'un rotor 120. Le corps de joint doit pouvoir être inséré dans des anneaux de garniture, des barrettes anti-déversement, des carters usinés ou moulés dans des  
30 turbomachines telles que des turbines à vapeur et autres. Comme représenté sur la Fig. 2, les plaques 160 sont de préférence empilées suivant un angle prédéfini  $\theta$  de 35 à 50° par rapport à l'orientation radiale du support.

Considérant les figures 8 à 11, le joint d'étanchéité 10 d'arbre comprend de préférence en outre un porte-joint comportant une plaque avant 722 et une plaque  
35 arrière 724 fixées à l'enveloppe statique 727. Chacun des éléments formant des

plaques à déformabilité élastique peut être pourvu d'un élément transversal 726, le corps avant 722 et le corps arrière 724 du porte-joint étant dotés d'une forme permettant de recevoir l'élément transversal 726. De la sorte, le porte-joint facilite la mise en place radiale des éléments formant plaques 760. Le porte-joint peut avoir sa propre queue d'aronde 728 afin de mettre celui-ci en place à l'intérieur du stator et un système axial 729 destiné à servir de face exposée à la vapeur entre le corps et le stator.

De plus, toujours en référence aux figures 8 et 9, une surface extérieure du porte-joint et des éléments formant plaques 760, désignée par le repère 732, est une zone appropriée et accessible pour un soudage mutuel 730 afin de fixer les éléments formant plaques 760 dans le support. Dans un agencement préféré, cette zone reçoit une soudure à pénétration 730 qui immobilise les plaques avant et arrière 722, 724 et les éléments formant plaques 760. Un procédé de soudage préféré est constitué par le soudage TIG à l'arc avec électrode de tungstène en atmosphère gazeuse. Une fois fixées, les plaques 760 d'épaisseur décroissante sont soudées au niveau de leur diamètre extérieur

Ce procédé fonctionne bien avec les procédés évoqués plus haut pour séparer les plaques à déformabilité élastique comportant un diamètre extérieur plus large, une cale entre les plaques au niveau du diamètre extérieur, un placage sur une pièce d'espacement et un revêtement par flux de soudage. Si le procédé de revêtement par soudure précité a été utilisé pour réaliser la séparation des plaques, non seulement il facilite la création d'un espace entre les plaques 760, mais encore il est utile pour évacuer l'air entre les plaques au voisinage immédiat de la soudure du diamètre extérieur, ce qui améliore donc la qualité de la soudure. Le revêtement contribue également à maintenir en place les bouts des plaques pendant l'usinage final par électroérosion du diamètre intérieur 734 du joint par rapport au diamètre de l'arbre. Le revêtement peut ensuite être supprimé du joint, par ultrasons ou à l'aide d'un solvant, avant expédition. Un nettoyage par ultrasons devrait être nécessaire pour rétablir l'espacement prévu entre les plaques, nécessaire pour la flexibilité et le mouvement.

Comme représenté également sur les figures 8 et 9, les longueurs des corps avant et arrière 722, 724 peuvent être modifiées pour agir sur la répartition de la pression à l'intérieur du groupe de plaques. Un carter de plaque peut être utilisé pour tenir les plaques 760 pendant l'assemblage. Les corps avant et arrière 722, 724 de support peuvent également être conçus pour envelopper seulement le haut du

diamètre extérieur, dans la direction transversale, du joint en vue du soudage ou de l'assemblage et, par conséquent, peuvent ne pas avoir de branche radialement vers l'intérieur. Cette variante est particulièrement appropriée si le joint est mis en place dans un anneau de garniture, une barrette anti-déversement ou un carter usiné ou  
5 moulé.

Selon une autre possibilité, comme représenté sur les figures 10 et 11, un support 822 de carter segmenté et de forme arquée en C peut être utilisé pour tenir les plaques à déformabilité élastique 860 et les pièces d'espacement. L'ensemble peut être ensuite soudé 829 dans un four à vide, ou soudé par soudage par faisceau  
10 d'électrons 944, radialement ou axialement à travers le corps de support et dans les plaques à déformabilité élastique et les cales assemblées du fait de la densité du regroupement de plaques adjacentes au niveau du diamètre extérieur du corps où a lieu le soudage, les plaques à déformabilité élastique d'épaisseur décroissante résistent au déplacement et au gauchissement bien mieux que celles du joint à  
15 plaques selon la technique antérieure.

La conception du joint implique l'orientation des plaques dans le support suivant un angle calculé de manière à influencer une force spécifique de la plaque, dirigée vers le bas, sur le rotor. L'épaisseur, la longueur et la largeur des plaques sont calculées pour parvenir à une rigidité voulue. L'espacement entre les plaques est  
20 calculé d'après la répartition de la pression pour produire une force supplémentaire, dirigée vers le bas, nécessaire en plus de la rigidité de la plaque pour parvenir à un jeu radial voulu du bout compte tenu de la portance dynamique du rotor au bout du joint.

**LISTE DES REPERES**

Joint à plaque	10
Arbre rotatif	12
Enveloppe statique	14
Eléments formant plaques	16
Eléments formant plaques à déformabilité élastique	160
Joint d'étanchéité d'arbre	100
Enveloppe statique	180
Carter intermédiaire	140
Eléments formant plaques à déformabilité élastique	260
Carter	240
Enveloppe statique	280
Eléments formant plaques à déformabilité élastique	360
Carter	340
Enveloppe statique	380
Cale conique	430
Plaques d'épaisseur décroissante	460
Carter	440
Eléments formant plaques à déformabilité élastique	560
Partie formant diamètre extérieur	565
Partie étagée	566
Partie d'épaisseur progressivement décroissante	567
Carter	540
Enveloppe statique	580
Plaques à déformabilité élastique d'épaisseur décroissante	660
Revêtement d'une certaine épaisseur	675
Carter	640
Enveloppe statique	680
Arbre	120
Plaque avant	722
Plaque arrière	724
Enveloppe statique	727
Élément transversal	726

Eléments formant plaques	760
Queue d'aronde	728
Système axial	729
Surface extérieure	732
Soudure	730
Diamètre intérieur du joint	734
Support de carter	822
Plaque à déformabilité élastique	860
Brasure	829
Soudure par faisceau d'électrons	944

## **REVENDICATIONS**

1. Joint d'étanchéité d'arbre pour réduire des fuites entre un arbre rotatif  
5 et un stator, le joint d'arbre comprenant une pluralité d'éléments formant plaques à  
déformabilité élastique (160, 260, 360, 460, 560, 660, 760, 860) fixés au stator (140,  
180, 240, 280, 340, 380, 440, 540, 580, 640, 680, 727) en regard les uns des autres,  
les éléments formant plaques à déformabilité élastique définissant un anneau  
d'étanchéité entre le stator et l'arbre rotatif (120), l'épaisseur des éléments formant  
10 plaques à déformabilité élastique décroissant d'une valeur forte à une valeur faible  
depuis une extrémité côté stator jusqu'à une extrémité côté arbre rotatif.

2. Joint d'étanchéité d'arbre selon la revendication 1, dans lequel  
l'épaisseur est définie de façon qu'un espace entre les éléments formant plaques à  
déformabilité élastique (160, 260, 360, 460, 560, 660, 760, 860) soit uniforme.

15 3. Joint d'étanchéité d'arbre selon la revendication 1, dans lequel le stator  
est un carter (140, 240, 340, 440, 540, 640) pouvant se fixer à une enveloppe statique  
(180, 280, 380, 580, 680, 727).

4. Joint d'étanchéité d'arbre selon la revendication 1, dans lequel  
l'épaisseur des éléments formant plaques à déformabilité élastique (260) décroît de  
20 manière étagée depuis l'extrémité côté stator jusqu'à l'extrémité côté arbre rotatif.

5. Joint d'étanchéité d'arbre selon la revendication 1, dans lequel  
l'épaisseur décroît d'une façon non linéaire.

6. Joint d'étanchéité d'arbre selon la revendication 1, comprenant en  
outre des cales (430) disposées entre les éléments formant plaques à déformabilité  
25 élastique (460) au voisinage immédiat de l'extrémité côté stator des éléments formant  
plaques à déformabilité élastique.

7. Joint d'étanchéité d'arbre selon la revendication 1, dans lequel  
l'épaisseur des éléments formant plaques à déformabilité élastique (660) est définie  
par un revêtement (675) d'une certaine épaisseur ou par une combinaison d'un flux de  
30 soudure et d'un revêtement d'une certaine épaisseur sur au moins une face d'une  
plaque à déformabilité élastique au voisinage immédiat de l'extrémité côté stator.

8. Joint d'étanchéité d'arbre selon la revendication 1, comprenant en  
outre un porte-joint comportant une plaque avant (722) et une plaque arrière (724)  
fixées au stator (727), le porte-joint ayant une forme correspondant à celle des

éléments formant plaques à déformabilité élastique (760) pour faciliter le positionnement radial des éléments formant plaques à déformabilité élastique.

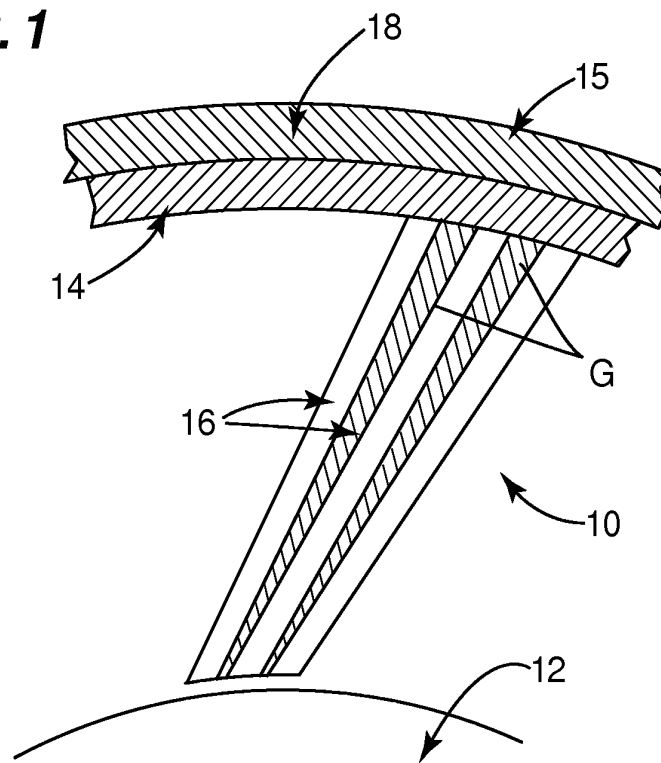
5 9. Joint d'étanchéité d'arbre selon la revendication 1, comprenant en outre un porte-joint (822) de forme arquée en C qui immobilise les plaques à déformabilité élastique (860).

10 10. Procédé d'assemblage d'un joint d'étanchéité d'arbre pour réduire les fuites entre un arbre rotatif et un stator, le procédé comprenant :

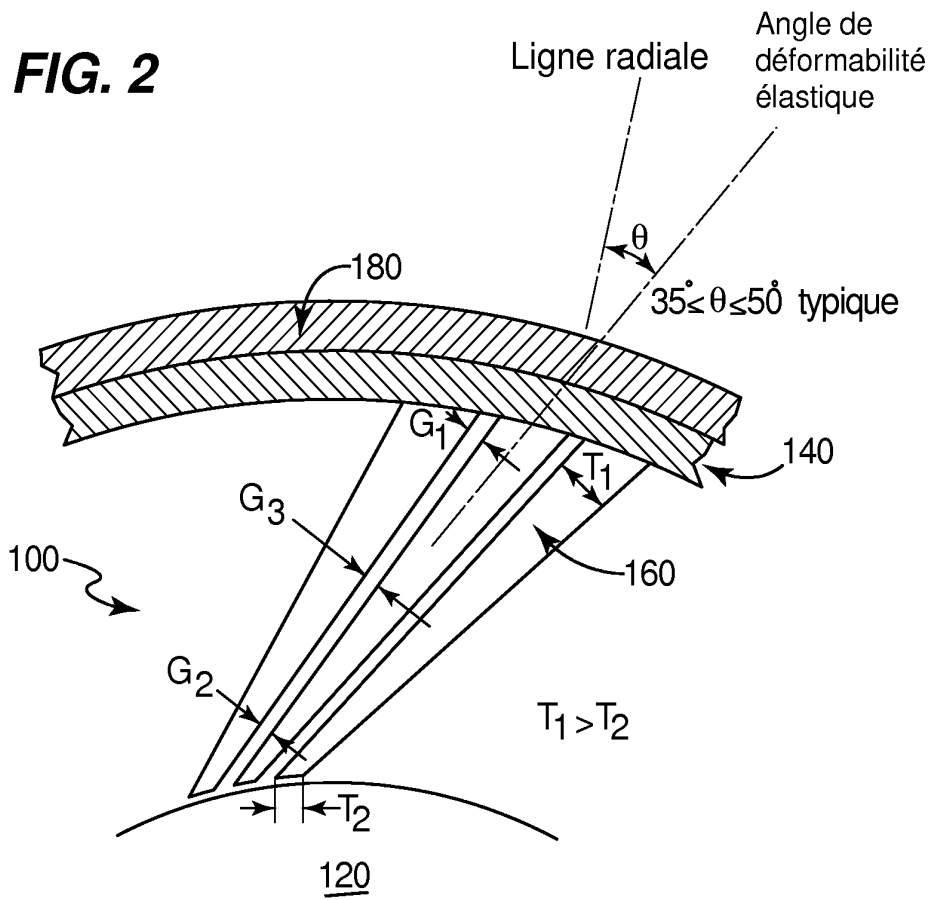
la disposition d'une pluralité d'éléments formant plaques à déformabilité élastique (160, 260, 360, 460, 560, 660, 760, 860) ayant une épaisseur qui décroît d'une valeur forte à une valeur faible depuis une extrémité formant base jusqu'à une extrémité formant bout ; et

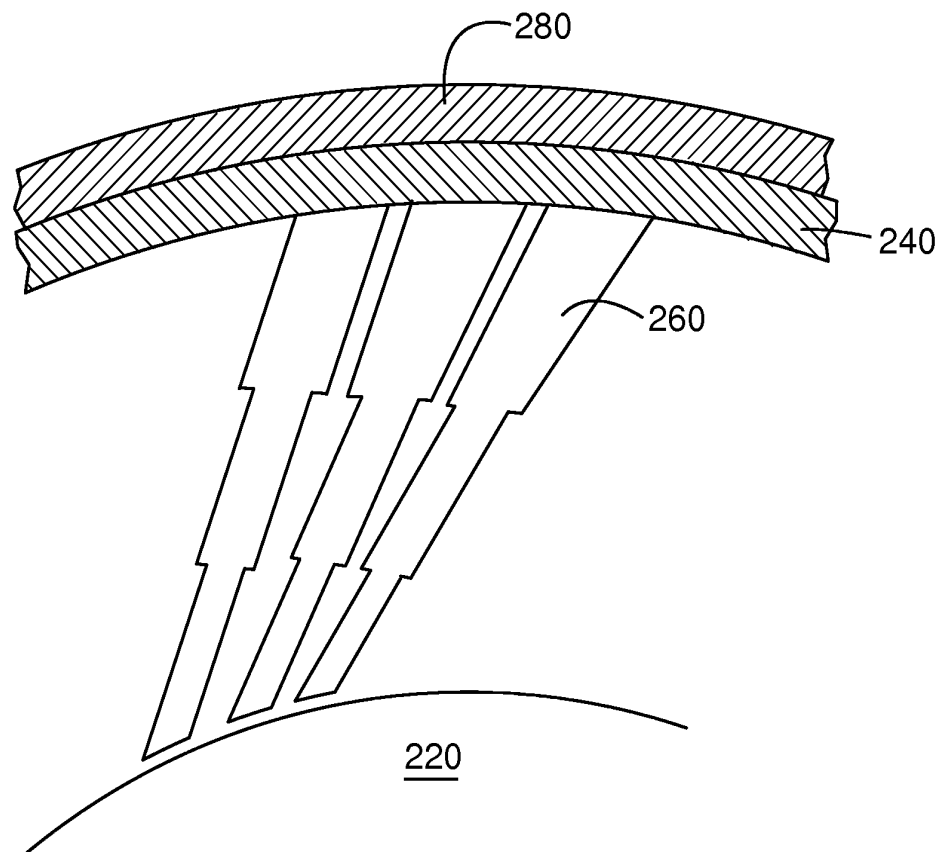
15 la fixation des éléments formant plaques à déformabilité élastique au stator (140, 180, 240, 280, 340, 380, 440, 540, 580, 640, 680, 727) en regard les uns des autres, les éléments formant plaques à déformabilité élastique définissant un anneau d'étanchéité entre le stator et l'arbre rotatif (120).

1/8

**FIG. 1**

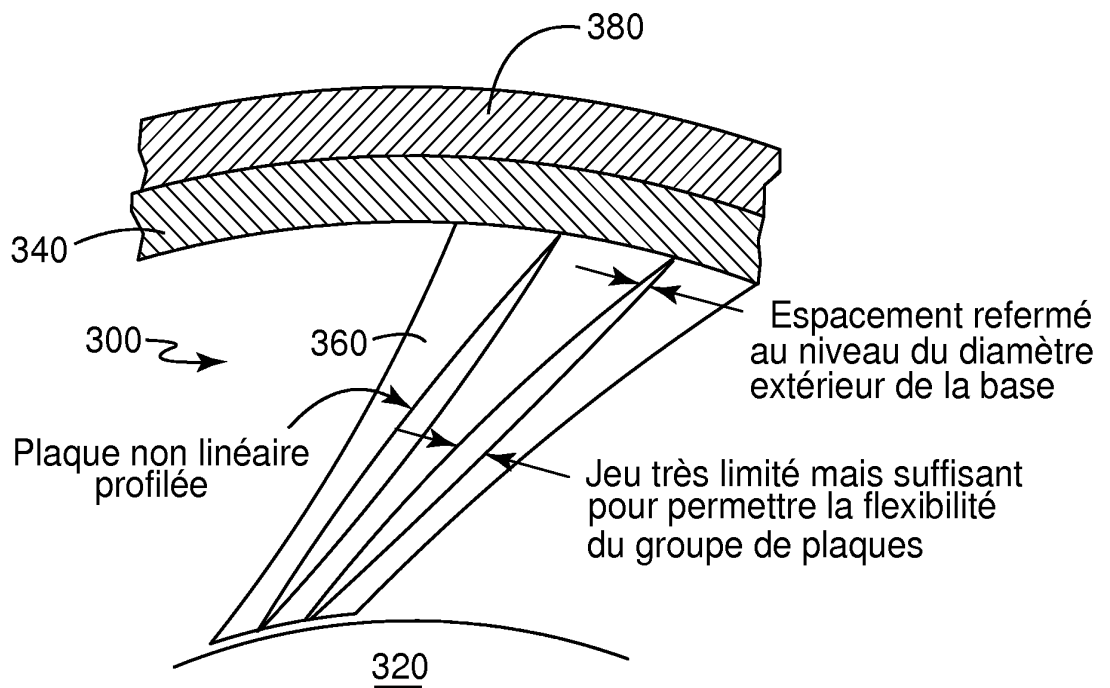
2/8



**3/8****FIG. 3**

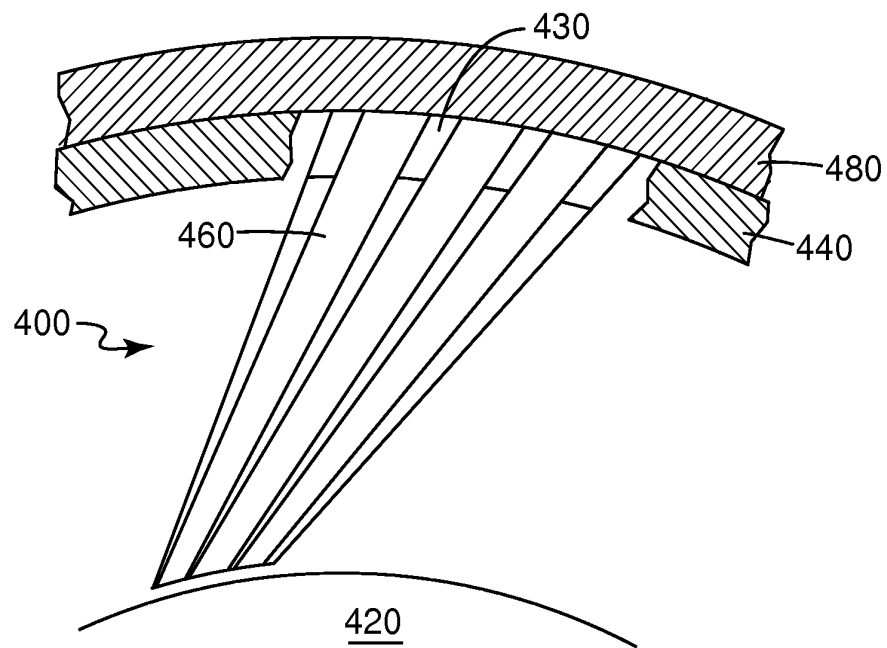
4/8

FIG. 4



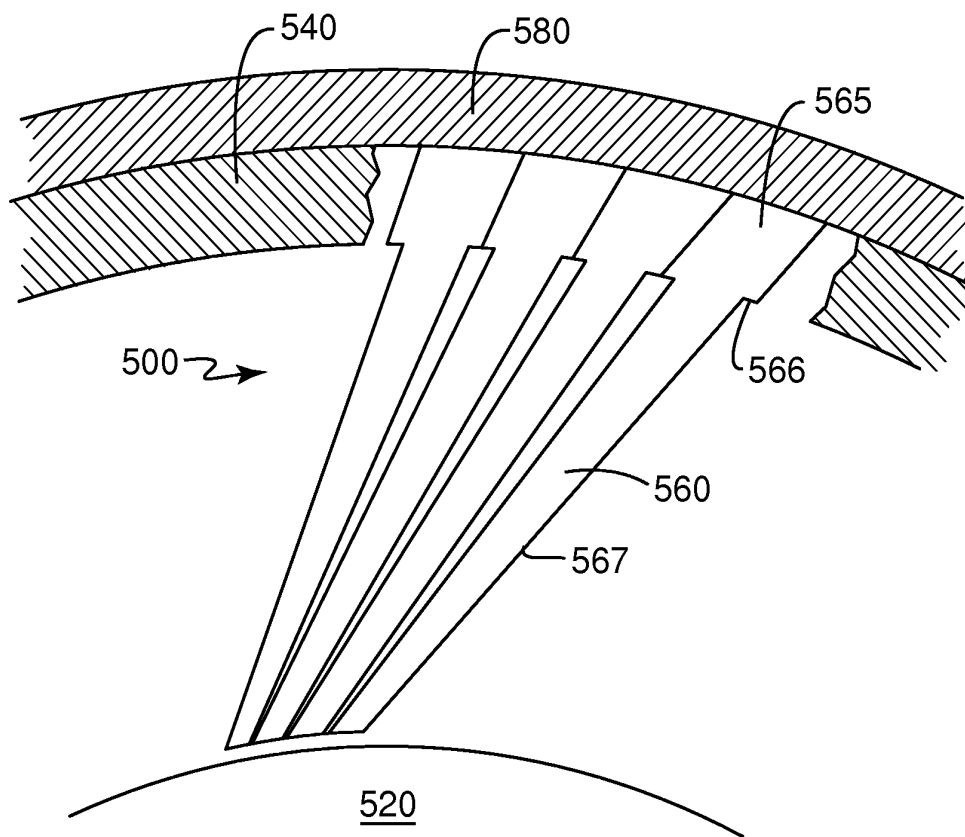
5/8

FIG. 5



6/8

FIG. 6



7/8

FIG. 7

