

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication : **2 575 224**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national : **85 16230**

⑤1 Int Cl⁴ : F 02 C 7/28.

⑫ **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

A1

②2 Date de dépôt : 31 octobre 1985.

③0 Priorité : US, 21 décembre 1984, n° 684,657.

④3 Date de la mise à disposition du public de la demande : BOPI « Brevets » n° 26 du 27 juin 1986.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : *UNITED TECHNOLOGIES CORPORATION*. — US.

⑦2 Inventeur(s) : Robert H. Weidner.

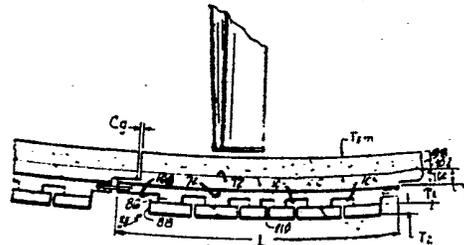
⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : Cabinet Michel Bruder.

⑤4 Segment d'étanchéité refroidissable pour une machine rotative, notamment pour un moteur à turbine à gaz à flux axial.

⑤7 La présente invention concerne un segment de paroi arqué du type utilisé dans une machine rotative à flux axial pour limiter un circuit d'écoulement des gaz de travail actifs.

Ce segment est caractérisé en ce qu'il comprend une paire de brides 30 fixées au substrat 66, lesquelles s'étendent circonférentiellement autour du substrat pour adapter le segment à son engagement dans la structure formant support, chacune des brides 30 étant interrompue longitudinalement par des ouvertures 108, 110 qui s'étendent vers l'intérieur à partir de la portion de chaque bride qui est la plus éloignée de la seconde surface, afin de réduire l'effet des brides 30 sur l'épaisseur effective globale du substrat et sur l'épaisseur effective locale de ce substrat.



FR 2 575 224 - A1

D

La présente invention concerne des machines rotatives à flux axial du type comportant un circuit d'écoulement pour des gaz de travail actifs et plus particulièrement une série de segments de paroi, tels que les segments d'étanchéité arqués d'un joint d'étanchéité pneumatique externe, qui s'étendent circonférentiellement autour d'un axe de la machine pour confiner les gaz de travail actifs au circuit d'écoulement. Bien que l'invention ait été conçue, pendant sa mise au point, dans le domaine des moteurs à turbine à gaz à flux axial, elle peut s'appliquer également à d'autres domaines qui emploient des machines rotatives.

Un moteur à turbine à gaz à flux axial comprend une section de compression, une section de combustion et une section de turbine. Un circuit d'écoulement annulaire pour les gaz de travail actifs s'étend axialement à travers ces sections du moteur. Un stator s'étend autour du circuit d'écoulement annulaire afin de confiner les gaz de travail actifs au circuit d'écoulement et de diriger les gaz le long de ce circuit d'écoulement.

Tandis que les gaz s'écoulent le long du circuit d'écoulement, ces gaz sont mis sous pression dans la section de compression et brûlés avec un combustible dans la section de combustion, afin d'ajouter de l'énergie aux gaz. Les gaz chauds sous pression se détendent à travers la section de turbine afin de produire un travail utile. La plus grande partie de ce travail est employée en tant que travail moteur, par exemple pour l'entraînement d'une turbine libre ou la production d'une poussée pour un aéronef.

Une partie restante du travail fourni par la section de turbine n'est pas utilisée pour le travail moteur et au contraire elle est employée pour comprimer les gaz de travail actifs, dans la section de compression du moteur. Le moteur comprend un rotor afin de transférer ce travail à partir de la section de turbine à la section de compression. Le rotor porte, dans la section de turbine, des séries d'ailettes rotoriques pour recevoir de l'énergie à partir des gaz de travail actifs. Les ailettes rotoriques ont des profils aérodynamiques qui s'étendent vers l'extérieur en

travers du circuit d'écoulement des gaz de travail actifs et qui sont disposés suivant un angle par rapport au flux de gaz arrivant afin de recevoir de l'énergie à partir des gaz et d'entraîner le rotor autour de l'axe de rotation. Le stator comprend des séries d'aubes statoriques qui s'étendent vers l'intérieur en travers du circuit d'écoulement des gaz de travail actifs entre les séries d'ailettes rotoriques. Les aubes statoriques dirigent le flux de gaz arrivant vers les ailettes rotoriques suivant un angle désiré.

10 Le stator comporte en outre un carter externe et des séries de segments de paroi supportés à partir du carter externe et s'étendant circonférentiellement autour du circuit d'écoulement des gaz de travail actifs. Les segments de paroi sont disposés de manière à être adjacents au circuit d'écoulement des gaz de travail actifs afin de confiner les gaz de travail actifs à leurs circuit d'écoulement. Ces segments de paroi ont des faces radiales qui sont espacées circonférentiellement en laissant entre elles un jeu C_g . Ce jeu est prévu pour tenir compte des variations de diamètre de la série de segments de paroi en réponse aux conditions de fonctionnement du moteur lorsque le carter externe est chauffé et se dilate ou bien lorsqu'il est refroidi et se contracte.

25 Un exemple d'une série de segments de paroi est constitué par un joint d'étanchéité pneumatique externe. Ce joint d'étanchéité pneumatique externe fait partie du stator du moteur et il est formé typiquement d'une pluralité de segments d'étanchéité arqués. Le joint d'étanchéité pneumatique externe circonscrit les ailettes rotoriques de manière à confiner les gaz de travail actifs au circuit d'écoulement de ces gaz de travail actifs. Le stator comporte en outre un carter de moteur tel qu'un carter externe, et une structure unique, telle qu'un support amont et un support aval pour supporter les segments d'étanchéité du joint d'étanchéité pneumatique externe à partir du carter externe. Les segments d'étanchéité sont adaptés de manière à s'engager dans ces supports, par l'intermédiaire d'une paire de brides. Le carter externe et la structure support assurent

la mise en position des segments d'étanchéité à proximité
immédiate des ailettes rotoriques, afin d'empêcher la fuite
des gaz en regard des bouts des ailettes. Les surfaces tour-
nées vers l'intérieur des segments d'étanchéité sont for-
mées habituellement en un matériau arrachable de manière à
5 permettre aux segments d'étanchéité d'accepter un contact à
frottement avec les bouts des ailettes rotoriques pendant le
fonctionnement du moteur. Du fait de leur disposition voisi-
ne du circuit d'écoulement des gaz de travail actifs, les
10 surfaces des segments et les segments eux-mêmes sont en
contact intime avec les gaz de travail actifs chauds et ils
reçoivent de la chaleur à partir de ces gaz. Les segments
sont refroidis afin de maintenir la température de ceux-ci
dans des limites acceptables.

15 Un exemple d'un joint d'étanchéité pneumatique ex-
terne formé de segments est décrit dans le brevet US 3 583
824. Ce brevet décrit l'emploi d'un joint d'étanchéité pneu-
matique externe qui est adapté, par l'intermédiaire d'une
bride amont 44 et d'une bride aval 46, de manière à être
20 engagé dans un support. De l'air de refroidissement s'écoule
dans une cavité qui s'étend circonférentiellement autour du
joint d'étanchéité pneumatique externe, entre ce joint
d'étanchéité pneumatique externe et un carter du moteur. Un
organe d'étanchéité, telle qu'une plaque d'impact ou un
25 écran, s'étend circonférentiellement autour du joint d'éta-
nchéité pneumatique externe afin de définir entre eux une
cavité 58 d'air projeté. Une pluralité de trous s'étendent à
travers la plaque d'impact afin de calibrer et de diriger
d'une manière précise l'écoulement de l'air de refroidisse-
30 ment à travers la plaque d'impact, en travers de la cavité
58, contre la surface externe 59 du segment d'étanchéité. Ce
refroidissement crée un gradient de température important
entre la surface externe 59 et la surface du matériau arra-
chable qui est adjacente au circuit d'écoulement des gaz de
35 travail actifs. L'air est ensuite recueilli dans la cavité
d'air projeté. L'air de refroidissement est évacué à partir
de cette cavité à travers une pluralité de passages axiaux
66 prévus dans le crochet ou la bride aval 46, afin d'éta-

blir un écoulement continu de fluide à travers la plaque et à travers la cavité d'air projeté. Cet air de refroidissement assure un refroidissement par convection de la zone du bord du joint d'étanchéité pneumatique externe tandis qu'il
5 passe à travers le compartiment 64.

Un autre exemple de joint d'étanchéité pneumatique externe refroidissable est décrit dans la demande de brevet US déposée le 30 Novembre 1984 au nom de WEIDNER.

Le matériau arrachable sur le joint d'étanchéité
10 pneumatique externe doit admettre le contact à frottement des ailettes rotoriques sans entraîner des dommages pour ces ailettes et sans résultats destructeurs pour le joint d'étanchéité pneumatique externe. En outre le matériau arrachable doit pouvoir être conservé dans l'environnement hostile de la section de turbine du moteur. Des revêtements
15 arrachables de joints donnés à titre d'exemples sont décrits dans les brevets US 3 817 719, 3 879 831, 3 918 925 et 3 936 656.

Un matériau particulièrement satisfaisant pour
20 constituer la surface arrachable du joint d'étanchéité pneumatique externe est un matériau de revêtement en céramique. Les matériaux de revêtements en céramiques sont particulièrement appropriés par suite de leur compatibilité avec l'environnement hostile à haute température des moteurs à
25 turbine à gaz. En outre des quantités réduites d'air de refroidissement sont exigées pour protéger la structure du joint d'étanchéité, ce qui a un effet bénéfique sur les performances du moteur. Cependant la durabilité de telles structures est affectée d'une manière néfaste par le cycle
30 thermique du segment d'étanchéité dans le moteur à turbine à gaz, lequel peut entraîner des craquelures de la céramique et même une séparation de la céramique à partir du métal. Des exemples de joints d'étanchéité pneumatiques externes améliorés ayant une surface de revêtement en céramique
35 présentant une bonne résistance à l'égard des chocs thermiques sont décrits dans les brevets US 4 289 446 et 4 109 003. Néanmoins des recherches sont actuellement poursuivies

pour accroître la durabilité de tels segments d'étanchéité afin de fournir des segments d'étanchéité ayant une durée de service améliorée.

Par conséquent les scientifiques et les ingénieurs
5 cherchent à développer des segments d'étanchéité qui emploient un matériau céramique pour former une surface arrachable, qui comportent un substrat pour supporter le matériau céramique et qui sont supportés par des moyens conventionnels dans un moteur à turbine à gaz.

10 La présente invention est basée en partie sur la reconnaissance du fait que l'aptitude d'un matériau de revêtement céramique à supporter des chocs thermiques (cycles thermiques sévères) avec des gradients de températures importants est fortement fonction de l'épaisseur du substrat
15 par suite de la contrainte induite par ceux-ci dans la structure en céramique. Cette contrainte résulte du défaut d'adaptation entre les coefficients de dilatation thermique et les modules d'élasticité du matériau céramique d'une part et du matériau du substrat d'autre part, lorsque ces matériaux sont soumis à des températures différentes de leur
20 environnement en fonctionnement. L'épaisseur du substrat est accrue effectivement par la présence de brides qui font saillie à partir du côté refroidissable du segment d'étanchéité telles que les brides utilisées pour adapter le segment d'étanchéité de manière qu'il soit engagé dans la
25 structure support. Ces brides ont un effet local et un effet global sur l'épaisseur. Ainsi les brides augmentent les contraintes et diminuent l'aptitude du joint d'étanchéité à encaisser des gradients de température maximaux.

30 Une caractéristique pour mesurer l'effet global des brides sur l'épaisseur est appelée l'épaisseur effective globale. Une caractéristique pour mesurer l'effet local des brides sur l'épaisseur est appelée l'épaisseur effective locale. Par conséquent il est important de tenir compte de
35 l'effet que les brides ont sur l'épaisseur effective globale du substrat et sur l'épaisseur effective locale de ce substrat.

Suivant l'invention un segment de paroi comprend un substrat pour un matériau de revêtement en céramique et des brides fixées au substrat lesquelles sont interrompues longitudinalement afin de réduire l'effet des brides sur les épaisseurs effectives locale et globale du substrat.

Suivant une première forme d'exécution de l'invention chaque bride a une première section fixée au substrat, laquelle présente une ouverture à travers cette section, et une seconde section s'étendant parallèlement au substrat, laquelle est interrompue totalement, dans la direction longitudinale, par une fente s'étendant vers l'ouverture prévue dans la première section.

Une caractéristique principale de la présente invention est un segment d'étanchéité arqué pour une machine rotative, lequel comporte une couche de revêtement en céramique et un substrat. La couche de revêtement en céramique est fixée au substrat. Une autre caractéristique est constituée par une paire de brides qui permettent au segment d'étanchéité d'être engagé simplement dans la structure support adjacente d'une machine rotative. Chaque bride présente une ou plusieurs ouvertures qui s'étendent de manière à interrompre la longueur de la bride dans le sens longitudinal. Dans une forme d'exécution la bride a une première section qui est fixée au substrat, et une seconde section qui s'étend à partir de la première section et qui est espacée radialement du substrat, de manière à délimiter entre eux une gorge s'étendant circonférentiellement. Les ouvertures sont prévues dans la première section. L'espace compris entre le substrat et l'ouverture dans la première section n'est pas supérieur au double de l'épaisseur du substrat. Une fente dans la seconde section, à l'endroit de chaque ouverture, interrompt totalement la continuité longitudinale de la seconde section et elle s'étend vers l'ouverture prévue dans la première section.

Un premier avantage de la présente invention est l'aptitude accrue que présente le segment d'étanchéité à l'égard de l'encaissement d'un gradient thermique à fonction échelon, comparativement au même segment d'étanchéité arqué

présentant des brides continues, cette aptitude accrue résultant des caractéristiques d'épaisseur effective globale et d'épaisseur effective locale de la bride. Un autre avantage de la présente invention est l'accroissement de la durée de vie du segment d'étanchéité qui résulte des contraintes réduites dues aux brides interrompues longitudinalement, comparativement au même segment d'étanchéité ayant des brides continues longitudinalement.

On décrira ci-après, à titre d'exemples non limitatifs, diverses formes d'exécution de la présente invention, en référence au dessin annexé sur lequel :

La figure 1 est une vue en coupe axiale d'une partie d'une machine rotative à flux axial laquelle montre une portion d'une section de turbine 12 et un axe de rotation A_r du moteur.

La figure 2 est une vue en perspective partielle, partiellement en section droite, d'une construction connue antérieurement.

La figure 3 est une vue en coupe faite suivant la ligne 3-3 de la figure 1, des portions d'un support externe ayant été enlevées afin de montrer les parties frontales d'une paire de segments d'étanchéité arqués adjacents.

La figure 4 est une vue en perspective partielle du segment d'étanchéité représenté sur la figure 3.

La figure 5 est une vue en perspective d'une variante d'exécution du segment d'étanchéité représenté sur la figure 4, des portions d'une paroi continue 38 étant enlevées.

La figure 6 est une vue en perspective d'une variante d'exécution du segment d'étanchéité représenté sur la figure 4.

La figure 7 est un diagramme représentant la variation du gradient thermique maximal acceptable en fonction de l'épaisseur effective du substrat du segment d'étanchéité.

La figure 8 est un diagramme représentant la variation du niveau de contrainte normalisé pour un segment d'étanchéité du type représenté sur la figure 4, le long d'un profil axial, afin de montrer l'effet de l'épaisseur effective locale sur la contrainte.

La figure 9 est un diagramme représentant la variation de niveaux normalisés de contrainte dans un segment d'étanchéité arqué du type représenté sur la figure 4, le long d'un profil circonférentiel, afin de montrer l'effet de l'épaisseur effective globale sur la contrainte.

La figure 1 est une vue en élévation latérale d'un moteur à turbine à gaz 10 à flux axial et elle montre une portion d'une section de turbine 12 et un axe de rotation A_r du moteur. La section de turbine comporte un circuit d'écoulement annulaire 14 pour les gaz de travail actifs, lequel est disposé autour de l'axe A_r . Un stator 16 limite le circuit d'écoulement des gaz de travail actifs, ce stator comportant un carter externe 18. Le carter externe de ce stator s'étend circonférentiellement autour du circuit d'écoulement des gaz de travail actifs. Une pluralité d'ailettes rotoriques, représentées par la seule ailette rotorique 22, s'étendent radialement vers l'extérieur en travers du circuit d'écoulement des gaz de travail actifs, jusqu'à proximité immédiate du carter externe.

La structure du stator est formée d'une pluralité de segments de paroi arqués qui sont représentés par le seul segment d'étanchéité arqué 24, et elle s'étend autour d'un axe A_e pour délimiter le circuit d'écoulement annulaire 14. Dans la forme d'exécution représentée, les segments d'étanchéité arqués forment un joint d'étanchéité pneumatique externe 26 qui entoure les bouts des ailettes rotoriques 22. Le joint d'étanchéité pneumatique externe est espacé radialement des ailettes rotoriques 22 d'un jeu variable C_r pour tenir compte du déplacement radial relatif entre les ailettes rotoriques et le joint d'étanchéité pneumatique externe. Ce joint d'étanchéité pneumatique externe est espacé

radialement vers l'intérieur par rapport au carter externe, en laissant entre eux une cavité 28 s'étendant circonférentiellement.

Chaque segment d'étanchéité arqué 24 comprend une
5 bride amont 30 et une bride aval 32. Ces brides sont espacées l'une de l'autre axialement et elles s'étendent circonférentiellement autour du segment d'étanchéité. Le segment d'étanchéité est adapté de manière à s'engager, par l'intermédiaire de ces brides, dans des supports tel qu'un support
10 amont 34 et un support aval 36, lesquels s'étendent vers l'intérieur à partir du carter externe. Ces supports sont fixés au carter externe afin de supporter et de positionner le joint d'étanchéité pneumatique externe 26 dans la direction radiale autour des ailettes rotoriques. Chaque
15 support peut être subdivisé en segments afin de réduire la résistance du cercle du support. Des joints d'étanchéité flexibles tel que les joints 37, sont disposés entre chaque segment de support et la série de segments d'étanchéité arqués. Chaque segment d'étanchéité arqué est adapté, par
20 l'intermédiaire d'une paroi continue 38, sur la bride amont et, par l'intermédiaire d'une paroi continue 39, sur la bride aval, de manière à être en contact avec son joint d'étanchéité associé.

Un rail amont 40 s'étend circonférentiellement au-
25 tour du carter externe, en étant voisin du support amont 34. Un rail aval 42 s'étend circonférentiellement autour du carter externe en étant voisin du support aval 36. Des moyens pour projeter de l'air de refroidissement, tels qu'un tube d'air de refroidissement 46 et un tube d'air de refroidissement 48, s'étendent circonférentiellement autour des
30 rails. Ces tubes communiquent avec une source d'air de refroidissement (non représentée) et ils sont percés de trous 52 pour projeter de l'air de refroidissement venant frapper les rails.

35 Un premier circuit d'écoulement 54 pour l'air de refroidissement s'étend à l'intérieur du carter externe 18. Ce premier circuit d'écoulement est délimité par le carter externe 18 et il s'étend à travers le moteur, à l'extérieur

par rapport au circuit d'écoulement 14 des gaz de travail actifs. Le premier circuit d'écoulement s'étend vers et dans la cavité 28 entre le joint d'étanchéité pneumatique externe 26 et le carter externe. Une plaque d'impact 56 s'étendant
5 circconférentiellement est maintenue prisonnière entre le joint d'étanchéité pneumatique externe et les supports amont 34 et aval 36. Cette plaque d'impact 56 délimite la cavité 28 et elle est espacée radialement du joint d'étanchéité pneumatique externe pour former une seconde cavité
10 58. Un circuit d'écoulement secondaire, tel que le second circuit d'écoulement 60, pour l'air de refroidissement s'étend axialement et circconférentiellement en dessous du joint d'étanchéité pneumatique externe dans la cavité 58. Une pluralité de trous de projection d'air 62 prévus dans la
15 plaque d'impact 56 assurent la mise en communication du premier circuit d'écoulement 54 avec le second circuit d'écoulement 60 et permet à l'air de refroidissement de venir frapper la surface externe 64 du joint d'étanchéité pneumatique externe.

20 La figure 2 est une vue en perspective partielle montrant un joint d'étanchéité pneumatique externe 26a formé d'une pluralité de segments d'étanchéité 24a, dans le cas d'une structure suivant la technique antérieure. Par suite des similitudes de base entre la structure ayant la cons-
25 truction représentée sur la figure 2 et la structure suivant l'invention, on utilisera les mêmes numéros de référence pour ces deux structures, avec l'addition d'un suffixe "a" aux numéros de référence utilisés sur la figure 2.

30 Le segment d'étanchéité arqué 24a comporte un substrat métallique 66a ayant un bord d'attaque 68a et un bord de fuite 70a, lesquels s'étendent circconférentiellement autour du segment. Une surface de revêtement arquée 72a, tournée vers l'intérieur, et une surface de revêtement arquée 74a tournée vers l'extérieur s'étendent axialement
35 entre le bord d'attaque et le bord de fuite. La surface arquée interne 72a s'étend circconférentiellement autour d'un axe A_{sm} tandis que la surface arquée externe 74a s'étend circconférentiellement autour d'un axe A'_{sm} lesquels coïnci-

dent dans la forme d'exécution représentée. Un matériau de revêtement en céramique 76a, ayant une surface de revêtement en céramique 78a, forme une surface d'étanchement arquée qui s'étend circonférentiellement autour de l'axe A_{se} . Le matériau de revêtement en céramique est fixé au substrat ainsi qu'il est décrit dans le brevet US 4 289 446. Comme il est décrit dans ce brevet, le matériau de revêtement en céramique comporte une garniture métallique poreuse 82 et un revêtement sous-jacent 84 qui imprègne la garniture pour la fixation du matériau de revêtement en céramique au substrat.

La bride amont 30a et la bride aval 32a forment une paire de brides qui sont fixées au substrat. Ces brides s'étendent circonférentiellement autour du substrat et elles sont espacées axialement l'une de l'autre. Chaque bride a une longueur longitudinale L qui est mesurée le long d'une surface de référence sensiblement parallèle à la surface de revêtement externe 74a du substrat. La bride amont a une première section 86a qui s'étend vers l'extérieur à partir du substrat et une seconde section 88a qui s'étend à partir de la première section en direction du bord d'attaque 68a. La seconde section est espacée radialement, par l'intermédiaire de la première section, du substrat, en laissant, entre eux une gorge 90a s'étendant circonférentiellement. La bride aval 32a a une première section 92a qui s'étend vers l'extérieur à partir du substrat et une seconde section 94a qui s'étend axialement en direction du bord de fuite 70a. La seconde section 94a est espacée radialement du substrat, par la première section 92a, ce qui délimite entre eux une gorge 96a s'étendant circonférentiellement. Les brides délimitant les gorges adaptent le segment d'étanchéité à son engagement sur les supports amont et aval.

La figure 3 est une vue de face du segment d'étanchéité arqué 24 représenté sur la figure 1, cette vue étant prise suivant la ligne 3-3 de la figure 1. Des portions de la structure statique adjacente ont été enlevées afin de faire apparaître la bride amont 30 du segment d'étanchéité.

Le matériau de revêtement en céramique 76 a une épaisseur qui va de 3mm à 5,8mm et il est composé principalement d'un oxyde réfractaire et de combinaisons d'oxydes réfractaires tels que ZrO_2 (oxyde de zirconium), Al_2O_3 (alumine), $MgAl_2O_4$ (spinel) et $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ (mullite). Le matériau de revêtement en céramique comporte une couche superficielle en céramique 98 et une couche intermédiaire céramique-métal 102 avec une couche de liaison associée 104. Le métal utilisé dans la couche intermédiaire métallique-céramique peut être un alliage formé d'un métal avec du chrome, de l'aluminium et de l'yttrium (MCrAlY), le cobalt étant le métal préféré (CoCrAlY). Le matériau de revêtement en céramique a un module d'élasticité qui varie en fonction de la température et de la composition des couches céramiques d'environ 20682MPa à la température ambiante à moins de 13788MPa à des températures supérieures à 1316°C, et pour les couches intermédiaires 102 d'environ 62046MPa à la température ambiante à moins de 27567MPa à des températures d'environ 816°C.

De même que le segment d'étanchéité arqué 24a représenté sur la figure 2, le segment d'étanchéité arqué 24 comporte un substrat métallique 66, une bride amont 30 et une bride aval 32 (non représentée). Le substrat a une épaisseur moyenne T_s qui s'étend entre la surface arquée 72 tournée vers l'intérieur et la surface arquée 74 tournée vers l'extérieur. La bride amont et la bride aval peuvent différer légèrement en ayant des longueurs radiales, longitudinales et axiales légèrement différentes ainsi que des espacements entre leurs portions légèrement différentes. Néanmoins les deux brides sont formées de préférence d'une manière identique. Bien que l'on considèrera uniquement la bride amont, les formes d'exécutions illustrées sur les figures 3 à 7 sont des exemples à la fois de brides amont et de brides aval.

La bride amont représentée sur la figure 3 a une longueur longitudinale L le long d'une surface de référence qui s'étend sensiblement parallèlement à la surface externe 74 du substrat. Cette surface de référence pourrait s'éten-

dre exactement parallèlement à la surface 74 mais étant donné qu'il peut y avoir de petites discontinuités dans la surface, cette surface de référence est sensiblement parallèle à la surface 74 et elle constitue une surface lisse. La première section 86 de la bride s'étend vers l'extérieur à partir du substrat et elle a une largeur W_1 telle qu'illustrée sur la figure 1, et une épaisseur T_1 . Une ou plusieurs ouvertures 108 s'étendent à travers la totalité de la largeur de la première section 86. La somme de ces ouvertures 108, prises conjointement, s'étend sur une longueur, le long de la surface de référence L, qui est supérieure ou égale à quarante pour-cent de la longueur L afin d'interrompre la continuité longitudinale de la première section. La seconde section 88 qui s'étend axialement à partir de la première section, en direction du bord d'attaque, est espacée radialement du substrat par la première section, en délimitant entre eux la gorge 90 s'étendant circonférentiellement. La seconde section a une largeur W_2 ainsi qu'il est indiqué sur la figure 1, et une épaisseur T_2 . Une fente 110, se trouvant à l'endroit de chaque ouverture, s'étend à travers la totalité de la largeur W_2 de la seconde section et de l'épaisseur T_2 de cette seconde section, et ce jusqu'à l'ouverture prévue dans la première section.

La figure 4 est une vue en perspective développée partielle de la forme d'exécution illustrée sur la figure 3. La première section 86 de la bride amont 30 qui s'étend vers l'extérieur à partir de la surface 74 tournée vers l'extérieur, comporte une première zone 114 et une seconde zone 116. La première zone 114 s'étend vers l'extérieur à partir de la surface 74, tournée vers l'extérieur, du substrat sur une distance T_{11} qui est le double de l'épaisseur moyenne T_s du substrat. La seconde zone 116 s'étend à partir de la première zone et elle a une largeur W_1 et une épaisseur T_{12} . Les ouvertures 108 s'étendent à travers la totalité de la largeur de la première section dans la seconde zone et elles s'étendent sur une longueur, le long de la surface de référence, qui est supérieure ou égale à quarante pour-cent de la longueur L de la surface de référence, afin d'in-

interrompre la continuité longitudinale de la première section. Les ouvertures 108 délimitent un intervalle G entre les portions adjacentes de la première section.

La première zone de la première section comprend la
5 paroi 38 qui est formée d'un matériau continu dans le sens longitudinal. Cette paroi 38 s'étend à partir du substrat sur une distance qui est inférieure ou égale à l'épaisseur T_{11} de la première zone. Cette paroi 38 a une largeur W_1 dans les portions de la première zone qui s'étendent entre
10 le substrat et les portions interrompues de la seconde zone. La paroi 38 comprend une portion de paroi de largeur réduite W_{11} , qui est inférieure à la largeur W_1 , dans les portions de la première zone qui s'étendent entre le substrat et chaque ouverture dans la première section.

15 La seconde section comprend une première zone 118 adjacente à la première section et une seconde zone 122 s'étendant axialement à partir de la première zone. La seconde section a une largeur totale W_2 qui est la somme des largeurs de ces zones. La fente 110 délimite un intervalle
20 G_L entre les portions adjacentes de la seconde section dans la seconde zone et elle délimite également un intervalle G_L' entre les portions adjacentes de la seconde section dans la première zone, intervalle qui est supérieur ou égal à l'intervalle G_L ($G_L' \geq G_L$). Dans les formes d'exécution illust-
25 trées l'intervalle G dans la première section est égal à l'intervalle G_L' .

La figure 5 est une vue en perspective d'une variante d'exécution de celle illustrée sur la figure 4, dans laquelle la paroi 38 est supprimée. Ce type de construction
30 est préférable à la construction illustrée sur la figure 4 parce que la paroi 38 augmente l'épaisseur effective du substrat comparativement aux constructions qui ne comportent pas une telle paroi. Cependant cette paroi constitue une surface d'étanchement pour venir en contact d'une manière plus positive avec le joint d'étanchéité 37. Suivant une
35 variante, ainsi qu'il est illustré en tirets sur la figure 4, l'ouverture 108 pourrait comporter une petite fente s'étendant vers l'intérieur du substrat.

La figure 6 est une vue en perspective d'une variante de la forme d'exécution illustrée sur la figure 4 et elle représente une forme d'exécution dans laquelle la fente 110 délimite un intervalle G_L " et chaque ouverture de la première section délimite un intervalle entre des portions adjacentes de la première section qui est égal, au point de vue dimension, à l'intervalle G_L " .

Pendant le fonctionnement du moteur à turbine à gaz 10 représenté sur la figure 1, de l'air de refroidissement et des gaz de travail actifs chauds s'écoulent dans la section de turbine 12 du moteur. Les gaz de travail actifs chauds s'écoulent le long du circuit d'écoulement annulaire 14. L'air de refroidissement s'écoule le long du premier circuit d'écoulement 54 et il pénètre dans la section de turbine à l'extérieur du circuit d'écoulement des gaz de travail actifs chauds. Les composants de la section de turbine, comportant le carter externe 18, le joint d'étanchéité pneumatique externe 26 et les supports amont et aval 34,36 pour le joint d'étanchéité pneumatique externe, sont chauffés par les gaz de travail actifs et refroidis par l'air de refroidissement.

Ces composants du moteur répondent thermiquement, avec des vitesses différentes, au chauffage par les gaz de travail actifs et au refroidissement par l'air de refroidissement. Les facteurs affectant leurs réponses thermiques comprennent la capacité calorifique des composants et l'exposition de ceux-ci aux gaz chauds et à l'air de refroidissement. Par exemple des composants tel que le joint d'étanchéité pneumatique externe 26 et les supports amont et aval 34,36 sont plus proches du circuit d'écoulement des gaz de travail actifs que le carter externe 18. En outre le joint d'étanchéité pneumatique externe et les supports amont et aval ont une capacité calorifique plus faible que celle du carter externe. Il en résulte que le joint d'étanchéité pneumatique externe et les supports amont et aval répondent plus rapidement à des variations de la température dans le trajet des gaz que le carter externe. Un accroissement de la température des gaz de travail actifs chauds, tel que cela

se produit pendant les phases d'accélération et de démarrage, amène le joint d'étanchéité pneumatique externe et les supports à se dilater, ce qui entraîne une diminution des intervalles circonférentiels C_g entre les segments d'étanchéité arqués adjacents 24 qui sont prévus pour éviter toute interférence destructrice entre les segments.

Ces accroissements de la température, tel que ceux apparaissant dans les phases d'accélération et de démarrage, peuvent entraîner l'apparition de forts gradients thermiques dans le joint d'étanchéité pneumatique externe entre la surface interne 78 du joint d'étanchéité pneumatique externe et la surface externe 74 du substrat 66. Cette application brutale d'un tel gradient de température est considérée comme constituant un choc thermique. Un tel choc thermique est particulièrement important à cause des incompatibilités existant entre le substrat et la couche de céramique, lesquelles sont dues principalement aux différences entre les coefficients de dilatation thermique du substrat et des matériaux de revêtement et aux différences entre les modules d'élasticité de ces deux matériaux dans l'environnement thermique que subit le segment d'étanchéité durant sa vie. Par exemple le segment d'étanchéité est soumis non seulement à l'environnement opérationnel d'un moteur à turbine à gaz mais encore à un environnement totalement différent, pendant de longues périodes de temps, à la pression et à la température ambiantes, avant l'installation dans le moteur et pendant les périodes durant lesquelles le moteur ne fonctionne pas. Par conséquent le substrat et le matériau de revêtement doivent exister ensemble à la fois la température ambiante et dans des conditions de fonctionnement dans lesquelles le substrat fonctionne à une température comprise dans la gamme allant de 538°C à 816°C, tandis que des portions de la couche superficielle peuvent atteindre une température dépassant 1649°C.

L'épaisseur du substrat et les brides ont un effet notable sur l'aptitude du segment d'étanchéité arqué à encaisser un choc thermique. Cet effet est illustré par un essai du moteur et de ses accessoires au banc en vue de

déterminer l'effet de l'épaisseur effective globale sur l'aptitude d'un segment d'étanchéité arqué à revêtement en céramique à encaisser un choc thermique. Ces essais ont été réalisés en utilisant un équipement de test dirigeant un jet
5 de gaz chaud contre la surface 78, tournée vers l'intérieur, du segment d'étanchéité. La température de cette surface 78 du segment d'étanchéité a été surveillée. En même temps de l'air de refroidissement a été projeté contre la surface 74, tournée vers l'extérieur, du substrat. Les
10 résultats de certains de ces tests sont résumés sur la figure 7. La figure 7 est un diagramme représentant le gradient thermique maximal GT, ayant provoqué une défaillance du segment d'étanchéité arqué, en fonction de l'épaisseur effective E du substrat. Comme on peut le voir sur la figure
15 7, lorsque l'épaisseur effective du substrat diminue, l'aptitude du joint d'étanchéité pneumatique externe à revêtement en céramique à pouvoir encaisser un gradient thermique maximal sans destruction, augmente.

Lorsque l'épaisseur du substrat augmente par rapport
20 à l'épaisseur du matériau de revêtement en céramique, cet accroissement d'épaisseur entraîne une augmentation de l'aptitude du substrat à imposer des forces résultant de différences de coefficient de dilatation thermique entre le matériau céramique et le substrat. L'épaisseur effective est
25 accrue (et par conséquent l'aptitude du substrat à imposer des forces est augmentée) par la présence des brides qui s'étendent vers l'extérieur à partir du substrat.

Ces brides ont un effet local et un effet global sur un substrat ayant une épaisseur réelle donnée et elles amènent le substrat à intervenir comme s'il s'agissait d'un
30 substrat à épaisseur accrue, c'est-à-dire que le substrat a une épaisseur effective qui est supérieure à son épaisseur réelle et ce à cause de la présence des brides. Cette épaisseur effective globale peut être mesurée soit par analytiquement, soit expérimentale. Une approche expérimentale
35 apparaissant possible consiste à supporter le substrat sous la forme d'une poutre en porte-à-faux, en fixant une extrémité circonférentielle à un support rigide, et à appliquer

une charge uniforme en travers de l'autre extrémité circon-
férentielle de la poutre. La mesure de la déflexion (c'est-
à-dire du mouvement angulaire de la poutre) provoquée par la
charge permet le calcul d'une épaisseur effective pour la
5 poutre si cette poutre est considérée comme ayant une épais-
seur théorique uniforme. Cette épaisseur uniforme calculée
est appelée l'épaisseur effective globale du segment d'é-
tanchéité arqué. Une autre approche consiste à utiliser des
techniques d'analyse d'éléments finis pour calculer l'épais-
10 seur effective globale en modélisant analytiquement l'expé-
rimentation de la poutre en porte-à-faux.

En outre les brides ont un effet local qui se tra-
duit par un accroissement local de la raideur (ou de l'é-
paisseur locale) du substrat. Cet accroissement local de la
15 raideur du substrat entraîne des différences dans la défle-
xion du substrat entre deux emplacements adjacents du sub-
strat, pour un gradient thermique donné. Etant donné que la
céramique est fixée au substrat par une couche de liaison,
la céramique subit des déflexions différentes parce qu'elle
20 doit suivre les déflexions de la zone à laquelle elle adhère,
et il en résulte que chaque emplacement dans une couche
de céramique subit des contraintes différentes. En utilisant
les mêmes techniques d'analyse structurale d'éléments finis,
on peut également évaluer l'épaisseur effective locale à
25 l'endroit de la section des brides. Ceci est réalisé en
modélisant la totalité de la bride, y compris le substrat, à
la même largeur que la largeur maximale de la bride.

La figure 8 est un diagramme illustrant la variation
du niveau de la contrainte NC dans le matériau de revêtement
30 en céramique, le long d'une section axiale faite à travers
deux brides espacées axialement et s'étendant vers l'exté-
rieur à partir du substrat, lorsque les segments d'étanchéi-
té arqués sont à la température ambiante. Les contraintes
de compression C sont négatives tandis que les contraintes
35 de traction T sont positives. En abscisse est indiqué l'em-
placement axial EA, en pourcentage de la longueur axiale.
Les courbes sont normalisées en divisant la contrainte de
traction maximale en toute les contraintes. La courbe 1 en

trait plein illustre la concentration des contraintes provoquée par les brides 30,32 ne comportant pas de fentes. Comparativement la courbe 2 montre l'effet réduit des brides par suite des fentes et des ouvertures dans la forme d'exécution illustrée sur la figure 4, toutes les deux avec une large diminution de la variation locale des contraintes et une diminution des contraintes globales. Cette diminution du niveau des contraintes et de la variation des contraintes entraîne une augmentation de la durée de service du segment d'étanchéité arqué, comparativement à des composants qui ne comportent pas les fentes et ouvertures de la figure 4.

La figure 9 est un diagramme illustrant la variation du niveau des contraintes NC, pour les mêmes modèles, analysée dans la direction circonférentielle à travers la section de la bride. Ce diagramme est établi pour le régime maximal de fonctionnement du moteur dans des conditions dans lesquelles le revêtement est le plus faible (avec la résistance la plus basse) et est soumis à un fort gradient thermique. Un segment d'étanchéité arqué pourvu de brides ayant des fentes ainsi qu'il est représenté sur la figure 4 présente un niveau de contrainte, dans la direction circonférentielle notablement réduit ainsi qu'il est illustré par la courbe 2, comparativement au profil des contraintes pour un segment d'étanchéité arqué ayant des brides continues dans le sens circonférentiel, ainsi qu'il est illustré par la courbe 1.

Sur la base d'expériences utilisant un matériau céramique formé d'oxydes réfractaires, on pense qu'un segment d'un joint d'étanchéité pneumatique externe ayant un matériau de revêtement céramique, tel que décrit précédemment, peut être formé avec des brides pour permettre l'utilisation des techniques conventionnelles pour supporter le segment dans un moteur à turbine à gaz. L'expérience suggère qu'un tel segment d'étanchéité peut encaisser un choc thermique de 816°C sans rupture du fait de l'accroissement, dû aux brides, de l'épaisseur effective globale et de l'épaisseur effective locale du substrat, à condition que certaines règles soient suivies. En particulier le segment

d'étanchéité doit avoir une couche de revêtement en céramique ayant une épaisseur comprise dans la gamme allant de 3 à 5,1mm, un substrat ayant une épaisseur moyenne réelle T_s comprise dans la gamme allant de 1,8 à 2,5mm, et une épaisseur effective globale qui n'est pas supérieure de plus de 25% à l'épaisseur réelle du substrat. Autrement dit le segment a une caractéristique d'épaisseur effective globale C_{oe} qui est inférieure ou égale à 1,25 ($C_{oe} \leq 1,25$), l'épaisseur sera effective globale étant inférieure ou égale à 1,25 fois l'épaisseur réelle du substrat. Une autre règle à observer concerne l'effet local de l'épaisseur réelle des brides sur l'épaisseur effective du substrat. L'expérience a montré que l'épaisseur effective locale du substrat doit être inférieure à 2 fois et demi l'épaisseur réelle du substrat, c'est-à-dire que la caractéristique d'épaisseur effective locale (C_{le}) doit être inférieure ou égale à 2,5 ($C_{le} \leq 2,5$). Enfin la première section de la bride ne doit pas avoir une épaisseur locale continue maximale qui soit supérieure à deux fois l'épaisseur du substrat, c'est-à-dire que la bride doit présenter une ou plusieurs ouvertures dont la surface la plus interne est inférieure à deux fois l'épaisseur du substrat. La somme des longueurs, dans la direction longitudinale, des ouvertures dans la première section de la bride est au moins égale à 40 pour-cent de la longueur de la bride mesurée le long d'une surface de référence. Enfin chacune des ouvertures dans la première section est reliée à une seconde ouverture dans la seconde section de la bride laquelle s'étend totalement à travers cette seconde section de la bride.

REVENDEICATIONS

1.- Segment de paroi arqué du type utilisé dans une machine rotative à flux axial pour limiter un circuit d'écoulement des gaz de travail actifs, ce segment comportant un substrat qui comprend une première surface tournée dans une première direction et une seconde surface tournée dans la direction opposée, un matériau de revêtement en céramique qui est fixé à la première surface, afin de border le circuit d'écoulement des gaz, et une paire de brides qui s'étendent à partir de la seconde surface de manière à adapter le segment en vue de son engagement dans une structure formant support, caractérisé en ce qu'il comprend une paire de brides (30,32) fixées au substrat (66), lesquelles s'étendent circonférentiellement autour du substrat pour adapter le segment à son engagement dans la structure formant support, chacune des brides (30,32) étant interrompue longitudinalement par des ouvertures (108,110) qui s'étendent vers l'intérieur à partir de la portion de chaque bride qui est la plus éloignée de la seconde surface, afin de réduire l'effet des brides (30,32) sur l'épaisseur effective globale du substrat et sur l'épaisseur effective locale de ce substrat.

2.- Segment de paroi arqué suivant la revendication 1 caractérisé en ce que le segment de paroi est un segment d'étanchéité arqué (24) dont la première surface (78) est une surface tournée vers l'intérieur et la seconde surface (74) est une surface tournée vers l'extérieur.

3.- Segment de paroi arqué suivant la revendication 2 caractérisé en ce que chaque bride (30,32) comprend une première section (86) qui est fixée au substrat (66), qui est orientée radialement et qui s'étend vers l'extérieur à partir du substrat (66), ainsi qu'une seconde section (88) qui s'étend axialement à partir de la première section (86) et qui est espacée du substrat (66) par la première section (86), pour former une gorge (90) s'étendant circonférentiellement, chaque bride (30,32) comprend une pluralité d'ouvertures (108,110) qui s'étendent à travers la bride pour interrompre totalement la continuité longitudina-

le de la seconde section (88) et qui s'étendent dans la première section (86) pour interrompre la continuité longitudinale de cette première section (86) afin de réduire l'effet des brides (30,32) sur l'épaisseur effective globale du substrat et sur l'épaisseur effective locale de ce substrat.

4.- Segment de paroi arqué suivant la revendication 3 caractérisé en ce que le substrat (66) a une épaisseur réelle T_s , la première section (86) comprend une première zone (114) adjacente au substrat (66) et une seconde zone (116) qui s'étend à partir de la première zone (114) jusqu'à la seconde section (88), la première zone (114) a une épaisseur maximale, mesurée à partir du substrat (66) jusqu'à la seconde zone (116), qui est inférieure ou égale à deux fois l'épaisseur du substrat (66), la seconde zone (116) est interrompue par une pluralité d'ouvertures (108) telles que la somme des longueurs de ces ouvertures, mesurées le long d'une surface de référence L qui est parallèle à la surface du substrat (66), soit égale ou supérieure à quarante pourcent (40%) de la longueur L de la bride mesurée le long de cette surface de référence, et le substrat (66) et les brides (30,32) ont une caractéristique d'épaisseur effective globale qui est inférieure à 1,25 fois l'épaisseur réelle du substrat (66) et une épaisseur effective locale qui est inférieure à 2,5 fois l'épaisseur réelle du substrat (66).

5.- Segment de paroi arqué suivant la revendication 4 caractérisé en ce que le matériau de revêtement en céramique contient un oxyde réfractaire et il a une épaisseur qui est compris de la gamme allant de 3 à 5mm, le substrat a une épaisseur réelle qui est comprise dans la gamme allant de 1,8 à 2,5mm, et le joint d'étanchéité pneumatique externe à revêtement en céramique a une surface de revêtement en céramique adjacente au circuit d'écoulement des gaz de travail actifs et il est capable de résister à un gradient de température à fonction échelon d'au moins 816°C entre la couche de revêtement en céramique et la surface (74) du substrat (66) à laquelle sont fixées les brides (30,32).

6.- Segment d'étanchéité arqué du type comportant un matériau de revêtement en céramique s'étendant axialement et circonférentiellement autour du segment d'étanchéité arqué, pour border le circuit d'écoulement des gaz de travail actifs d'une machine rotative à flux axial, caractérisé en ce qu'il comprend un substrat (66) qui s'étend axialement et circonférentiellement et qui a un bord d'attaque (68) s'étendant circonférentiellement autour du segment et un bord de fuite (70) s'étendant circonférentiellement autour du segment, une surface interne (72) qui est tournée vers l'intérieur, qui s'étend axialement entre les deux bords et qui adapte le segment à la réception d'un matériau de revêtement en céramique, une surface externe (74) qui est espacée de la surface interne (72) en laissant une épaisseur moyenne T_s entre elles, et une paire de brides (30,32) fixées au substrat (66), qui s'étendent circonférentiellement autour du segment, qui sont espacées axialement l'une de l'autre et qui ont une longueur longitudinale L le long d'une surface de référence sensiblement parallèle à la surface externe (74) du substrat (66), l'une au moins de ces brides (30,32) comportant une première section (86) s'étendant vers l'extérieur à partir du substrat (66), ayant une largeur W_1 et une épaisseur T_1 , et une ou plusieurs ouvertures (108) qui s'étendent à travers la totalité de la largeur de la première section (86) et qui s'étendent conjointement, le long d'une surface de référence, sur une longueur qui est supérieure ou égale à 40 pour-cent de la longueur L , afin d'interrompre la continuité longitudinale de la première section (86), puis une seconde section (88) qui s'étend axialement à partir de la première section (86), dans la direction de l'un des bord (68,70), et qui est espacée radialement du substrat (66) par la première section (86), en laissant entre eux une gorge (90) s'étendant circonférentiellement, la seconde section (88) ayant une largeur W_2 , une épaisseur T_2 et une fente (110) à l'endroit de chaque ouverture (108), cette fente s'étendant à travers la totalité de la largeur W_2 et de l'épaisseur T_2 jusqu'à l'ouverture (108) prévue dans la première section (86), chaque ouverture

(108) et fente (110) diminuant l'épaisseur effective globale et l'épaisseur effective locale du substrat (66) comparativement aux constructions similaires comportant des brides continues dans le sens longitudinal.

5 7.- Segment d'étanchéité arqué suivant la revendication 6 caractérisé en ce que la bride (30,32) comporte une seconde section (88) comprenant une première zone (118) adjacente à la première section (86) et une seconde zone (122) s'étendant axialement à partir de la première zone
10 (118) et au moins une fente (110) a une configuration telle que cette fente délimite un intervalle G_L entre des portions adjacentes de la seconde section (88) dans la seconde zone (122) et délimite un intervalle G_L' entre des portions adjacentes de la seconde section (88) dans la première zone
15 (118), cet intervalle G_L' étant supérieur ou égal à l'intervalle G_L ($G_L' \geq G_L$).

8.- Segment de paroi arqué suivant la revendication 7 caractérisé en ce que l'ouverture (108) vers laquelle la fente (110) s'étend, a une configuration telle que cette
20 ouverture délimite un intervalle G_L' entre des portions adjacentes de la première section.

9.- Segment d'étanchéité arqué du type comportant un matériau de revêtement en céramique s'étendant axialement et circonférentiellement autour du segment d'étanchéité arqué,
25 pour border le circuit d'écoulement des gaz de travail actifs d'une machine rotative à flux axial, caractérisé en ce qu'il comprend un substrat (66) qui s'étend axialement et circonférentiellement et qui a un bord d'attaque (68) s'étendant circonférentiellement autour du segment et un
30 bord de fuite (70) s'étendant circonférentiellement autour du segment, une surface interne (72) qui est tournée vers l'intérieur, qui s'étend axialement entre les deux bords et qui adapte le segment à la réception d'un matériau de revêtement en céramique, une surface externe (74) qui est espacée de la surface interne (72) en laissant une épaisseur
35 moyenne T_s entre elles, et une paire de brides (30,32) fixées au substrat (66), qui s'étendent circonférentiellement autour du segment, qui sont espacées axialement l'une de

l'autre et qui ont une longueur longitudinale L le long d'une surface de référence sensiblement parallèle à la surface externe (74) du substrat (66), l'une au moins de ces brides (30,32) comportant une première section (86) s'étendant vers l'extérieur à partir du substrat (66), ayant une première zone (114) qui s'étend vers l'extérieur à partir du substrat sur une distance T_{11} qui est le double de l'épaisseur moyenne T_s du substrat (66) ($T_{11} = 2T_s$) une seconde zone (116) qui s'étend à partir de la première zone (114), qui a une largeur W_1 et une épaisseur T_{12} et qui présente une pluralité d'ouvertures (108) s'étendant à travers la totalité de la largeur de la première section (86), ces ouvertures (108) s'étendant sur une longueur, pour interrompre la continuité longitudinale de la première section (86), telle que la somme des longueurs des ouvertures (108), le long d'une surface de référence parallèle à la surface du substrat (66), soit égale ou supérieure à quarante pour-cent de la longueur L le long de la surface de référence, une seconde section (88) qui s'étend axialement à partir de la première section (86), dans la direction de l'un des bord (68,70), et qui est espacée radialement du substrat (66) par la première section (86), en laissant entre eux une gorge (90) s'étendant circonférentiellement, la seconde section (88) ayant une largeur W_2 , une épaisseur T_2 et une fente (110) à l'endroit de chaque ouverture (108), cette fente s'étendant à travers la totalité de la largeur W_2 et de l'épaisseur T_2 de la seconde section (88), afin d'interrompre complètement la continuité longitudinale de la seconde section (88), et s'étendant de la seconde section (88) jusqu'à l'ouverture (108) prévue dans la première section (86), chaque ouverture (108) et fente (110) diminuant l'épaisseur effective globale et l'épaisseur effective locale du substrat (66) comparativement aux constructions similaires comportant des brides continues dans le sens longitudinal.

10.- Segment d'étanchéité arqué suivant la revendication 9 caractérisé en ce que la première zone (114) de la première section (86) a une paroi (38) en un matériau con-

tinu longitudinalement, laquelle s'étend sur une distance, partir du substrat (66), qui est inférieure ou égale à l'épaisseur T_{11} de la première zone (114), cette paroi (38) ayant une largeur W_1 dans les portions de la première zone (114) qui s'étendent entre le substrat (66) et les portions ininterrompues de la seconde zone (114), et une largeur W_{11} dans les portions de la première zone (114) qui s'étendent entre le substrat (66) et chaque ouverture (108) dans la première section (86), cette largeur W_{11} étant inférieure à la largeur W_1 .

11.- Segment d'étanchéité arqué suivant la revendication 10 caractérisé en ce que la bride (30,32) comporte une seconde section (88) comprenant une première zone (118) adjacente à la première section (86) et une seconde zone (122) s'étendant axialement à partir de la première zone (118) et au moins une fente (110) a une configuration telle que cette fente délimite un intervalle G_L entre des portions adjacentes de la seconde section (88) dans la seconde zone (122) et délimite un intervalle G_L' entre des portions adjacentes de la seconde section (88) dans la première zone (118), cet intervalle G_L' étant supérieur ou égal à l'intervalle G_L ($G_L' \geq G_L$).

12.- Segment d'étanchéité arqué suivant la revendication 11 caractérisé en ce que l'ouverture (108) vers laquelle la fente (110) s'étend, a une configuration telle que cette ouverture délimite un intervalle G_L' entre des portions adjacentes de la première section.

13.- Segment d'étanchéité arqué suivant la revendication 9 caractérisé en ce que chaque ouverture (108) dans la première section (86) est une fente délimitant un intervalle G_L entre des portions adjacentes de la première section (86), intervalle qui est égal à l'intervalle de la fente (110) prévue dans la seconde section (88).

planche I/VII

FIG. 1

Ar.Ae

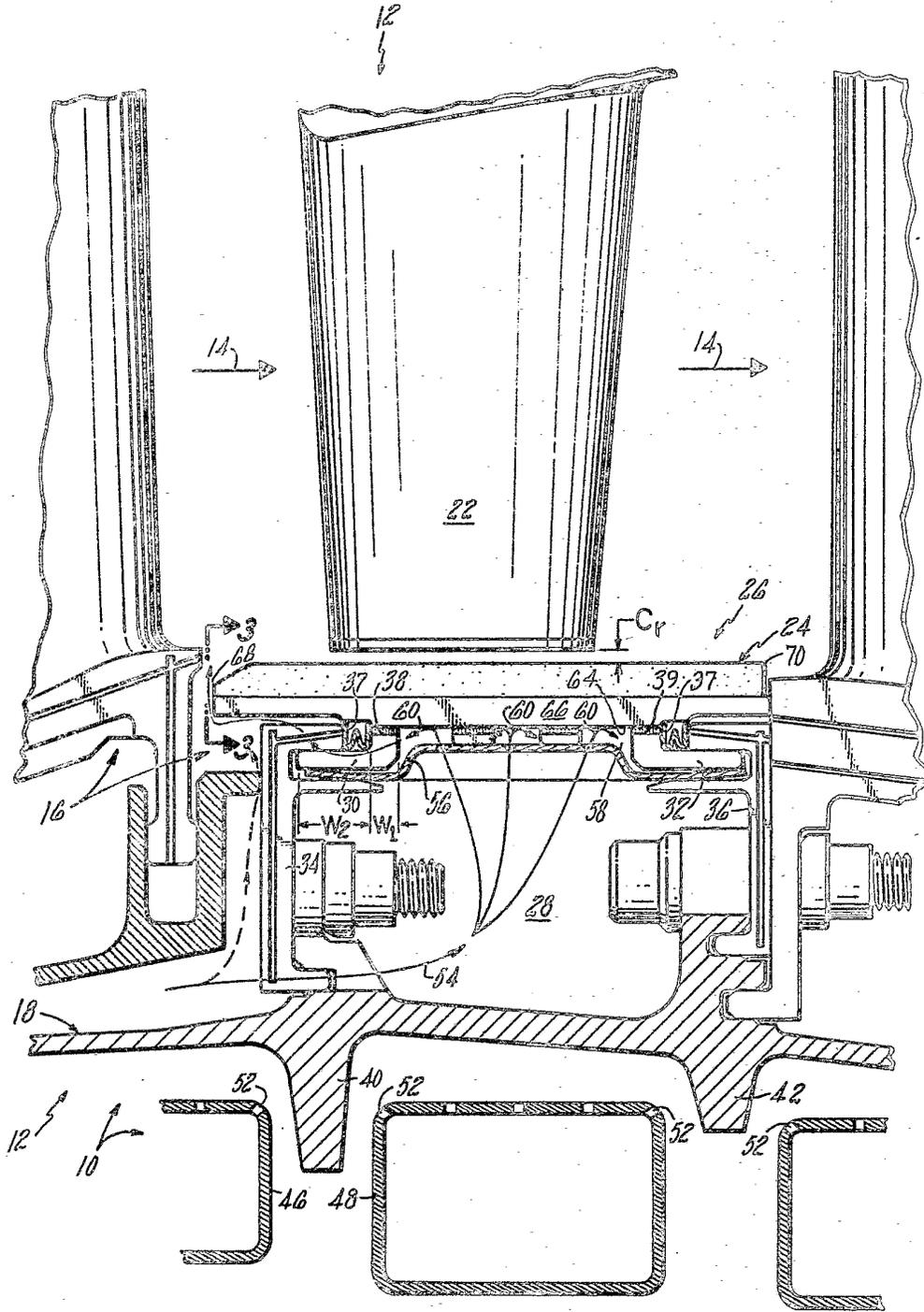


planche II/VII

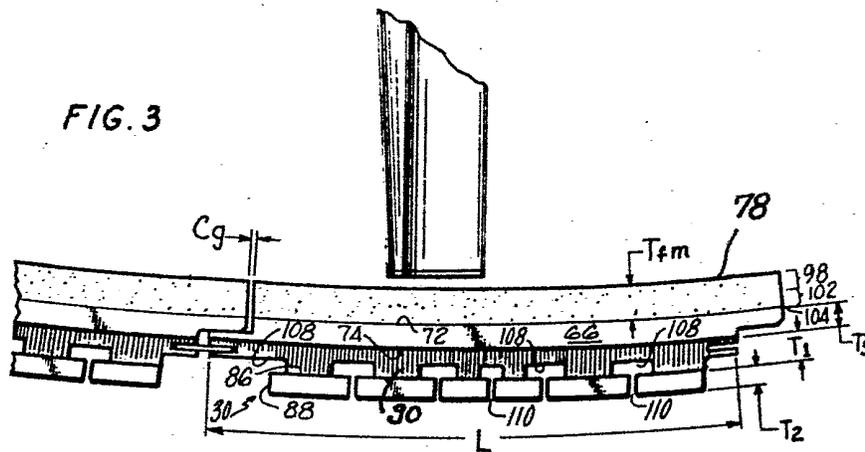
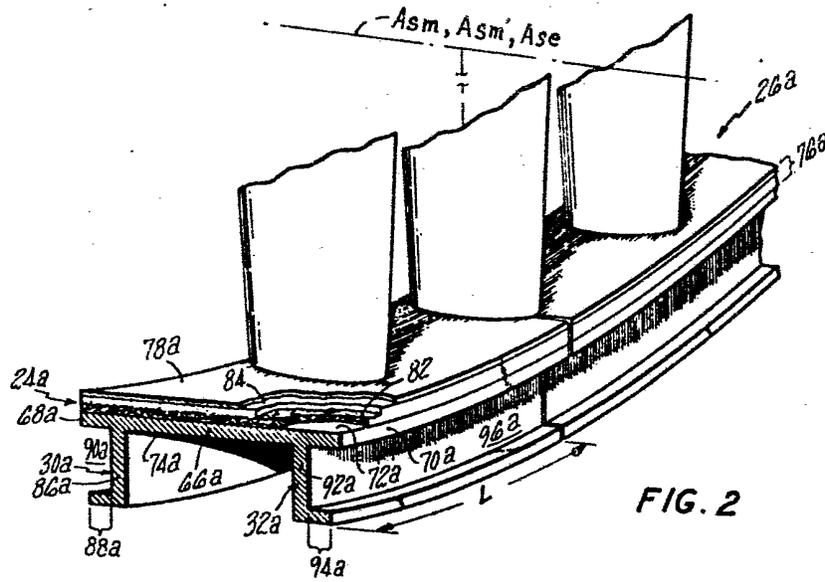


planche III/VII

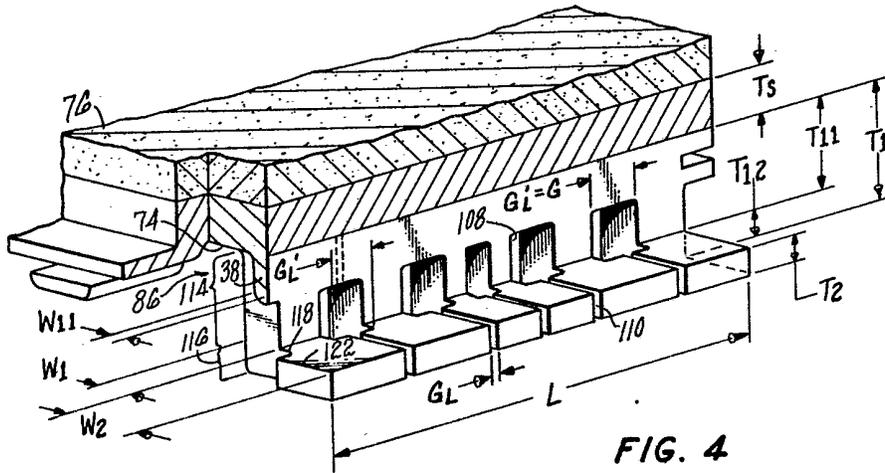


FIG. 4

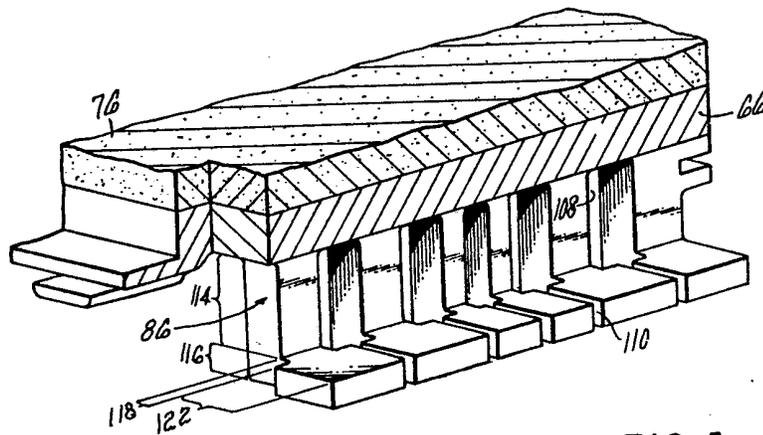


FIG. 5

planche IV/VII

FIG. 6

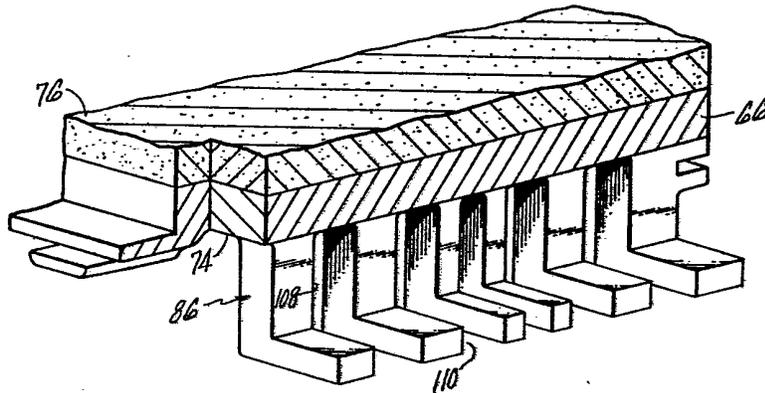


planche V/VII

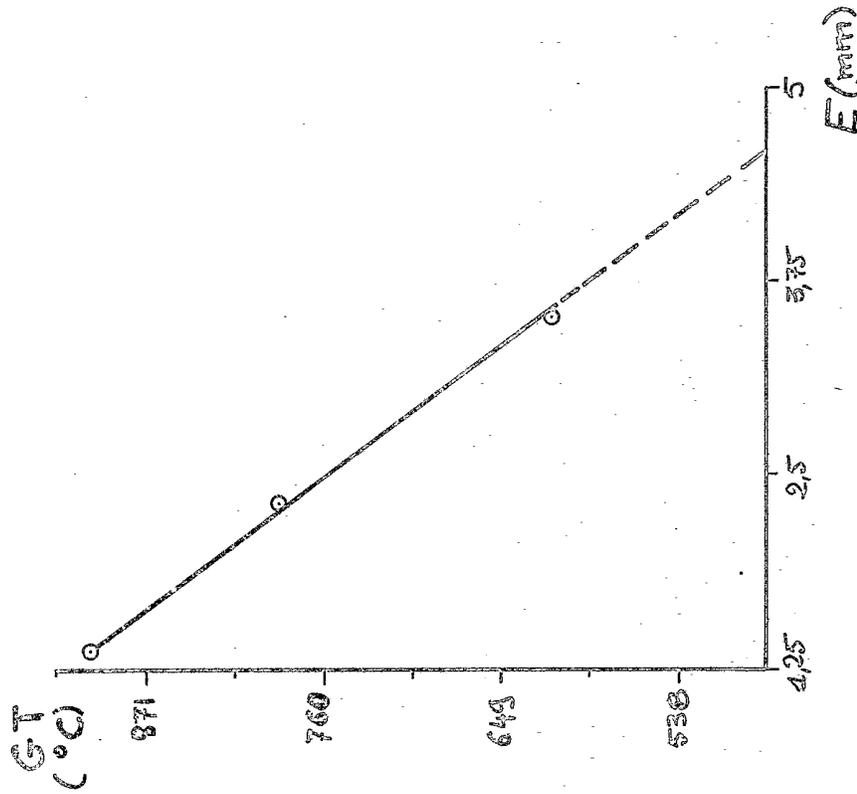


FIG. 7

planche VI/VII

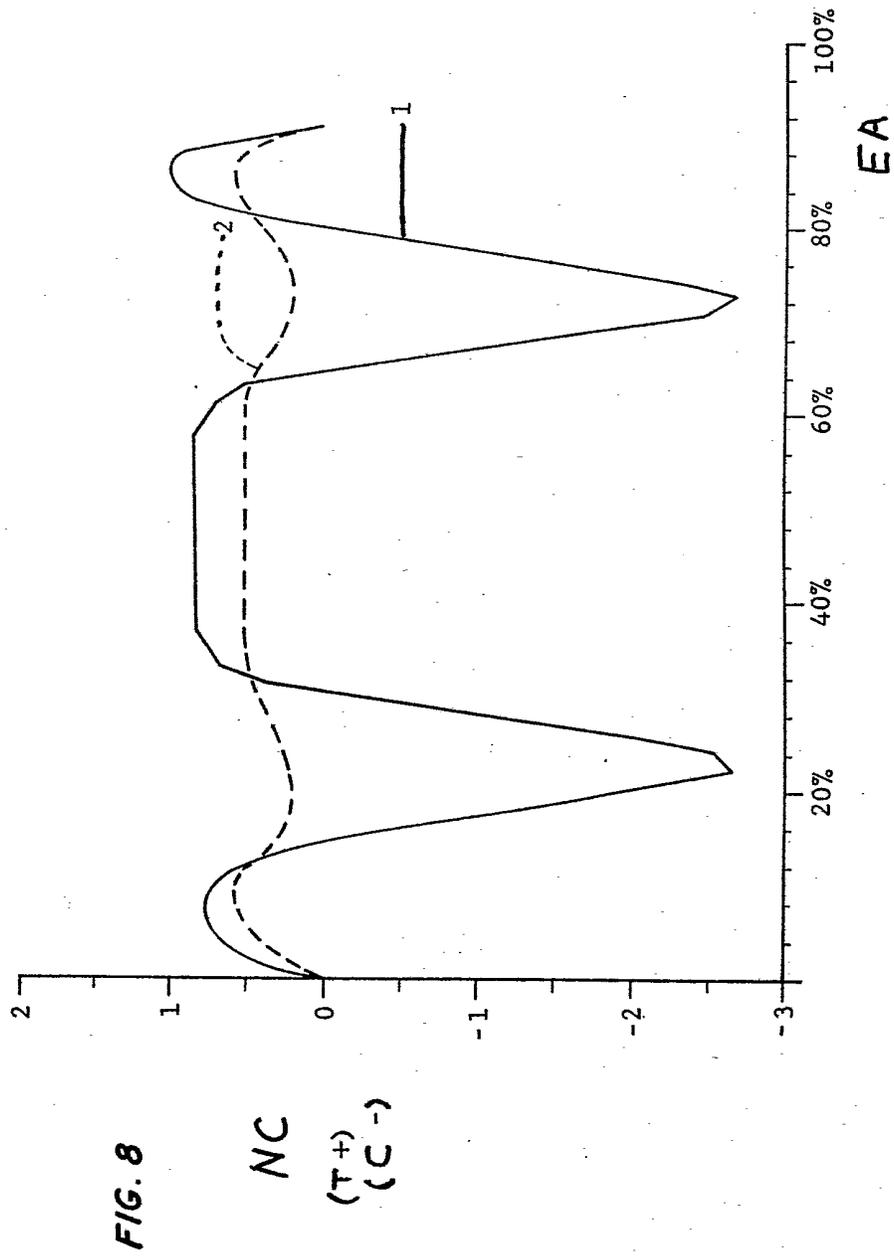


planche VII/VII

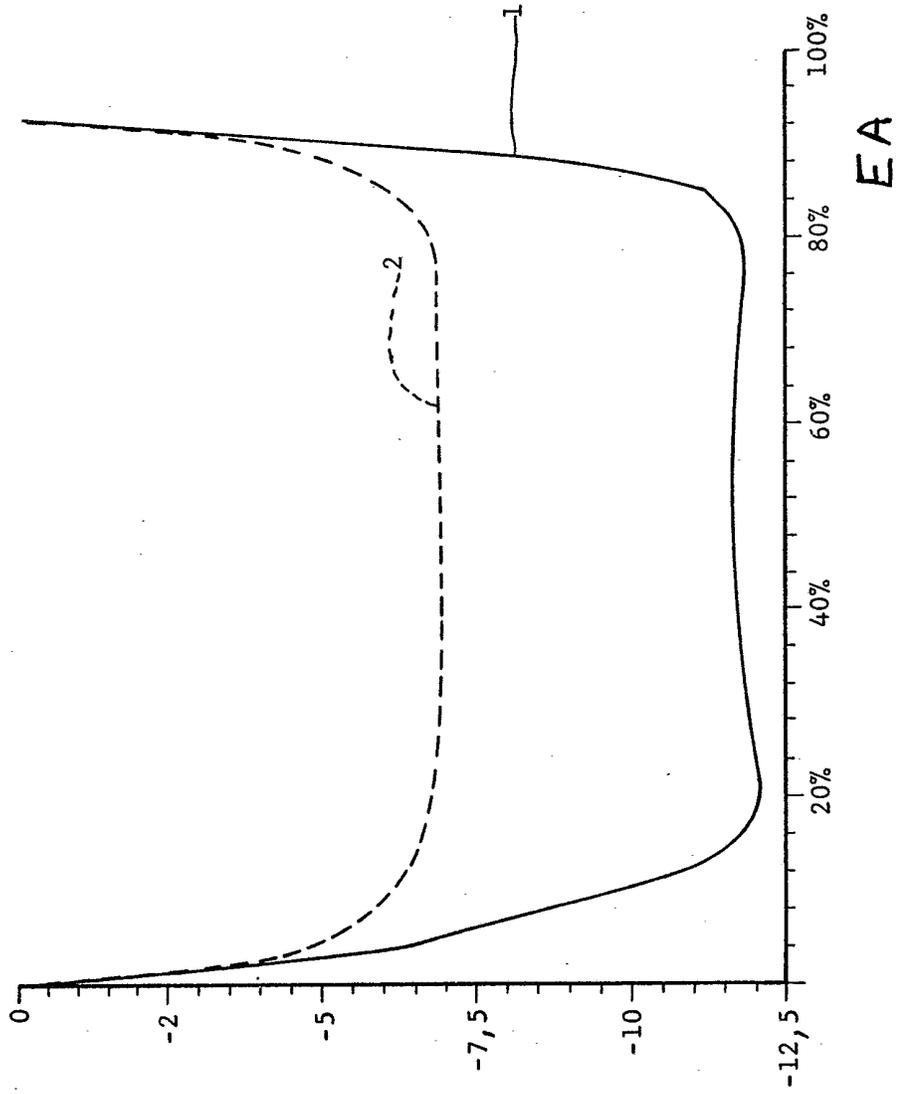


FIG. 9

NC

(T +)
(C -)