



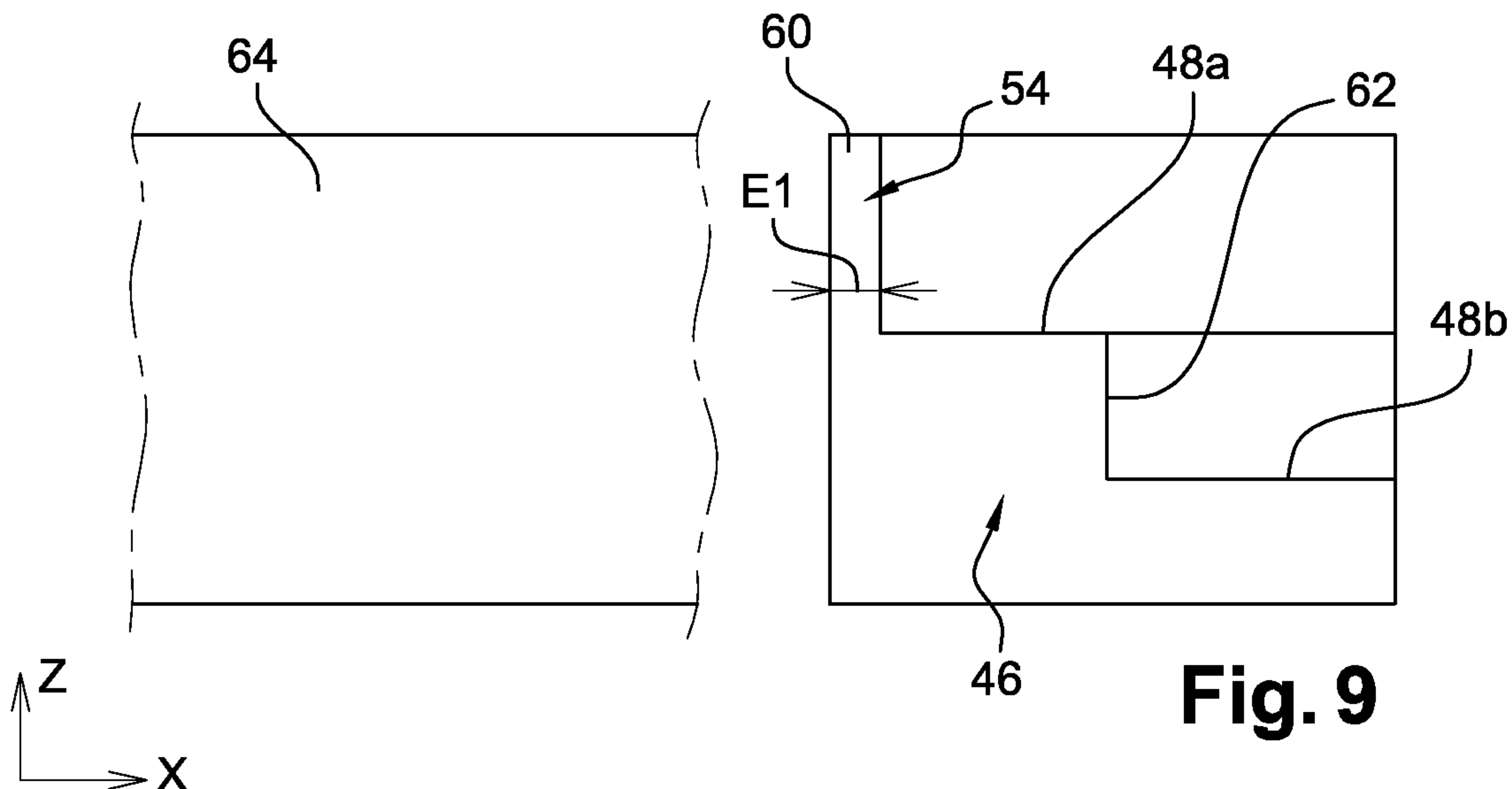
(12) **DEMANDE DE BREVET CANADIEN  
CANADIAN PATENT APPLICATION**

(13) **A1**

(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2018/04/24  
(87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2018/11/01  
(85) Entrée phase nationale/National Entry: 2019/10/16  
(86) N° demande PCT/PCT Application No.: FR 2018/051022  
(87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2018/197800  
(30) Priorité/Priority: 2017/04/24 (FR1753535)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *F01D 11/08* (2006.01),  
*F01D 5/22* (2006.01)  
(71) Demandeur/Applicant:  
SAFRAN AIRCRAFT ENGINES, FR  
(72) Inventeurs/Inventors:  
JOUY, BAPTISTE MARIE AUBIN PIERRE, FR;  
SICARD, JOSSELIN LUC FLORENT, FR;  
VERDIERE, MATHIEU CHARLES JEAN, FR;  
VILLARD, LOIC FABIEN FRANCOIS, FR  
(74) Agent: LAVERY, DE BILLY, LLP

(54) Titre : DISPOSITIF D'ETANCHEITE ENTRE ROTOR ET STATOR DE TURBOMACHINE  
(54) Title: DEVICE FOR SEALING BETWEEN A ROTOR AND A STATOR OF A TURBINE ENGINE



(57) **Abrégé/Abstract:**

Est concerné un dispositif d'étanchéité entre une partie de rotor et une partie de stator, comprenant au moins un revêtement (46) abrasable coopérant avec au moins deux lèchettes amont et aval. Axialement en amont des lèchettes, le dispositif d'étanchéité comprend une paroi (54) circonférentielle qui s'étend radialement, jusqu'au-delà de la surface axiale libre d'étanchéité amont (48a) du revêtement (46), pour créer, en extrémité libre de la lèchette amont, un décollement du gaz en circulation.

**(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)**

**(19) Organisation Mondiale de la  
Propriété Intellectuelle**  
Bureau international



**(43) Date de la publication internationale**  
**01 novembre 2018 (01.11.2018)**

**WIPO | PCT**

**(10) Numéro de publication internationale**  
**WO 2018/197800 A1**

**(51) Classification internationale des brevets :**  
*F01D 11/08* (2006.01)      *F01D 5/22* (2006.01)

SAFRAN AIRCRAFT ENGINES PI (AJI), Rond-point René Ravaud - Réau, 77550 MOISSY-CRAMAYEL (FR).

**(21) Numéro de la demande internationale :**  
PCT/FR2018/051022

**(74) Mandataire : ERNEST GUTMANN - YVES PLASSE-RAUD SAS ;** 3, rue Auber, 75009 PARIS (FR).

**(22) Date de dépôt international :**  
24 avril 2018 (24.04.2018)

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

**(25) Langue de dépôt :** français

**(26) Langue de publication :** français

**(30) Données relatives à la priorité :**  
1753535      24 avril 2017 (24.04.2017)      FR

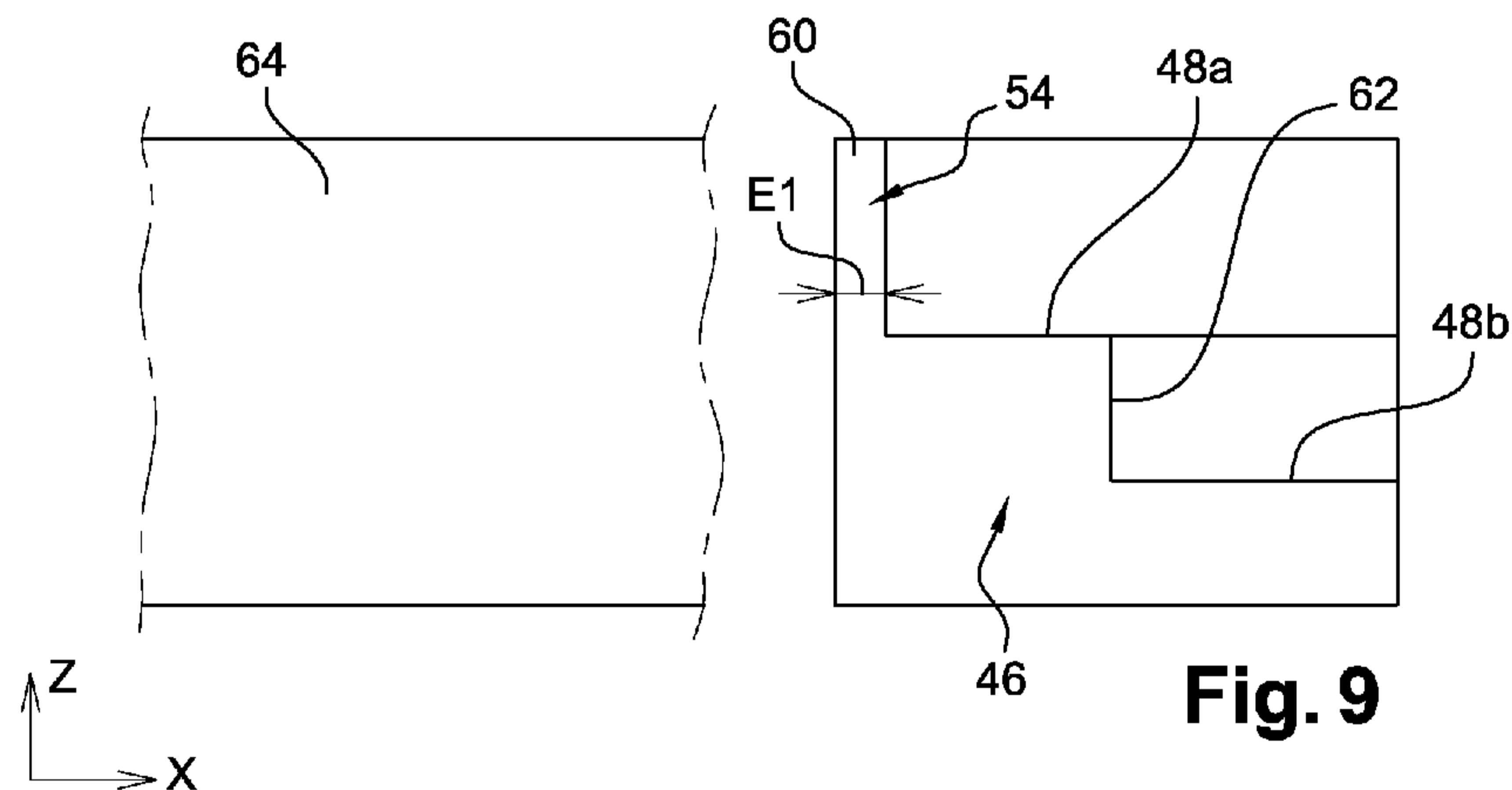
**(71) Déposant : SAFRAN AIRCRAFT ENGINES [FR/FR] ;**  
2, boulevard du Général Martial Valin, 75015 PARIS (FR).

**(72) Inventeurs : JOUY, Baptiste, Marie, Aubin, Pierre ;** SAFRAN AIRCRAFT ENGINES PI (AJI), Rond-point René Ravaud - Réau, 77550 MOISSY-CRAMAYEL (FR). **SI-CARD, Josselin, Luc, Florent ;** SAFRAN AIRCRAFT ENGINES PI (AJI), Rond-point René Ravaud - Réau, 77550 MOISSY-CRAMAYEL (FR). **VERDIERE, Mathieu, Charles, Jean ;** SAFRAN AIRCRAFT ENGINES PI (AJI), Rond-point René Ravaud - Réau, 77550 MOISSY-CRAMAYEL (FR). **VILLARD, Loïc, Fabien, François ;**

**(84) États désignés** (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI

**(54) Title: DEVICE FOR SEALING BETWEEN A ROTOR AND A STATOR OF A TURBINE ENGINE**

**(54) Titre : DISPOSITIF D'ÉTANCHÉITÉ ENTRE ROTOR ET STATOR DE TURBOMACHINE**



**Fig. 9**

**(57) Abstract:** The invention relates to a sealing device for use between a rotor part and a stator part, comprising at least one abradable coating (46) interacting with at least two upstream and downstream rubbing strips. Axially upstream of the rubbing strips, the sealing device comprises a circumferential wall (54) which extends radially beyond the free axial sealing surface upstream (48a) of the coating (46), in order to release the circulating gas at the free end of the upstream rubbing strip.

**(57) Abrégé :** Est concerné un dispositif d'étanchéité entre une partie de rotor et une partie de stator, comprenant au moins un revêtement (46) abradable coopérant avec au moins deux léchettes amont et aval. Axialement en amont des léchettes, le dispositif d'étanchéité comprend une paroi (54) circonférentielle qui s'étend radialement, jusqu'au-delà de la surface axiale libre d'étanchéité amont (48a) du revêtement (46), pour créer, en extrémité libre de la léchette amont, un décollement du gaz en circulation.



**WO 2018/197800 A1** 

---

(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML,  
MR, NE, SN, TD, TG).

**Publiée:**

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

## Dispositif d'étanchéité entre rotor et stator de turbomachine

La présente invention concerne un dispositif d'étanchéité entre une partie de rotor et une partie de stator d'une turbomachine à gaz pour aéronef dans laquelle du gaz doit circuler.

Dans la présente demande :

- radial a pour sens (sensiblement) perpendiculaire à l'axe X mentionné ci-après,
- circonférentiel a pour sens s'étendant autour de l'axe X ; direction Y sur la figure 8,
- extérieur et intérieur (ou externe et interne) ont respectivement pour sens radialement extérieur et radialement intérieur,
- léchette se traduit souvent en anglais : « rubbing strip (seal) » ou « knife » ou encore « labyrinth seal lip »,
- axial a pour sens parallèle à l'axe de rotation notamment des aubes de la turbomachine ; il s'agit ainsi de l'axe X déjà cité, et
- amont et aval sont des positions axiales, en référence au sens de déplacement global des gaz dans la turbomachine.

De façon traditionnelle, la partie de stator comprend un carter externe à l'intérieur duquel sont fixés circonférentiellement, en tant qu'éléments du dispositif d'étanchéité, des blocs de matière abrasable définissant des revêtements radialement internes adaptés à coopérer avec des léchettes d'aubes de rotor pouvant tourner autour d'un axe (X), à l'intérieur du carter externe. De telles parois extérieures de turbomachine munies de revêtements intérieurs abrasables peuvent en particulier être définies par un carter, ou anneau, de compresseur ou de turbine.

Par ailleurs, une partie de stator comprend typiquement aussi des blocs de matière abrasable qui peuvent définir des revêtements radialement internes de viroles d'aubes fixes de stator (ou distributeurs) adaptés à coopérer avec des léchettes.

Or, des mouvements relatifs entre les aubes et les carters se produisent, conséquences de contraintes thermiques et aérodynamiques.

Afin d'assurer à la turbomachine le meilleur rendement possible, il est alors impératif de limiter les fuites de gaz qui surviennent entre les aubes mobiles d'une partie de rotor, ou des aubes fixes d'une partie de stator, typiquement à l'endroit des léchettes précitées, et le revêtement en matière abradable en regard. Les joints ou dispositifs d'étanchéité, typiquement à labyrinthe, formés par les léchettes et les blocs ou revêtements de matière abradable, ont pour but d'empêcher ou de limiter ces fuites, en s'opposant au passage de gaz axialement d'amont en aval, dès lors notamment que les gaz qui bypassent les aubes mobiles ne participent pas au travail de la turbine.

De fait, la maîtrise de l'étanchéité rotor/stator est un élément primordial du rendement d'une turbine, basse ou haute pression (BP/HP), d'une turbomachine telle que précitée et est typiquement assurée d'une part par le système LPTACC ou HPTACC (Low Pressure, ou high pressure, Turbine Active Clearance Control Valve / Vanne de régulation active de clairance de turbine basse pression ou haute pression), qui réduit les jeux radiaux rotor/stator, et d'autre part par les labyrinthes prévus donc en sommet d'aubes et sur des anneaux intermédiaire, en vis-à-vis des distributeurs qui créent l'étanchéité pour un jeu radial donné.

Cependant, l'efficacité de ces léchettes n'est pas optimale et dépend de plusieurs paramètres tels que leur nombre, leur épaisseur, leur étagement. Par ailleurs, un jeu radial potentiellement excessif perdure du fait entre autres des tolérances de fabrication des pièces.

En conséquence, le débit de gaz qui passe par les zones d'étanchéité rotor/stator reste important, même si différentes propositions technologiques imparfaites ont été jusqu'à présent élaborées, notamment sur la base d'une configuration appelée « inclinées étagées ».

Un but de l'invention est d'améliorer cette situation.

Aussi est-il proposé un dispositif d'étanchéité, entre une partie de rotor et une partie de stator d'une turbomachine à gaz pour aéronef dans laquelle

du gaz doit circuler d'amont vers l'aval, la partie de rotor étant adaptée à tourner par rapport à la partie de stator autour d'un axe (X), le dispositif d'étanchéité comprenant au moins un revêtement en matière abradable :

- fixé avec la partie de stator,
- 5 - et adapté à coopérer avec au moins deux léschettes, respectivement axialement amont et aval, faisant radialement saillie sur une portion extrême de la partie de rotor,

le revêtement et lesdites au moins deux léschettes présentant radialement, respectivement, au moins deux surfaces axiales libres d'étanchéité, respectivement axialement amont et aval, et des extrémités libres respectives, 10 l'extrémité libre de la léschette aval et la surface axiale libre d'étanchéité aval étant situées à des positions radiales (se faisant radialement face) qui sont chacune plus éloignée de l'axe (X) que l'extrémité libre de la léschette amont et que la surface axiale libre d'étanchéité amont (qui se font radialement face), 15 le dispositif étant caractérisé en ce qu'axialement en amont desdites au moins deux léschettes par rapport au sens de circulation du gaz dans cette zone de la turbomachine, le dispositif d'étanchéité comprend un muret, ou paroi, circonférentiel qui s'étend radialement, jusqu'au-delà de la surface axiale libre d'étanchéité amont dudit revêtement, en pénétrant radialement dans le flux gazeux, formant ainsi un obstacle sensiblement transversal à la circulation du gaz venant de l'amont, pour créer, en extrémité libre de la léschette amont, un décollement du gaz en circulation.

Par rapport à une configuration sans cette combinaison de caractéristiques, donc notamment par rapport à une solution avec des surfaces axiales libres d'étanchéité du revêtement situées toutes sur un même rayon (dites « droites »), un gain substantiel d'étanchéité est obtenu par les 25 étagements précités et ladite paroi circonférentielle qui, en formant un muret, pénètre radialement dans le flux gazeux. Ceci permet en effet de créer un décollement favorable de l'écoulement, y compris donc vers l'extrémité de la léschette amont. Il en résulte une section de fuite plus faible qu'avec une autre 30

forme de couples léchettes/surfaces d'étanchéité du revêtement, et un gain sur le débit de gaz bypassé.

Il s'est toutefois avéré qu'il pouvait y avoir des problèmes pratiques de mise en œuvre de la solution ci-dessus, liés aux conditions thermiques et aérodynamiques rencontrées, eu égard aux multiples situations pouvant exister au sol et en vol.

Aussi est-il proposé, notamment pour favoriser un positionnement optimisé :

- que, radialement, ladite paroi, ou muret, s'étende encore jusqu'en regard, axialement, d'une partie de la léchette amont située radialement à distance de l'extrémité libre de ladite léchette amont, et/ou
- que ladite paroi circonférentielle soit, axialement, située à ou vers une extrémité axialement amont de la surface axiale libre d'étanchéité amont du revêtement, et/ou,
- que, depuis la surface axiale libre d'étanchéité amont du revêtement, cette paroi circonférentielle s'étende sur une distance radiale supérieure ou égale à 1.5mm, et/ou
- que, depuis cette même surface axiale libre d'étanchéité amont dudit revêtement, ladite paroi circonférentielle s'étende radialement sur une distance radiale comprise entre 1.25mm et 5mm, de préférence,
- et/ou que certains rapports soient respectés ; voir ci-après :  $1 \leq D1/D2 \leq 1,5$ ,  $1 \leq L2/L1 \leq 4$ ,  $1 \leq L3/L1 \leq 3$ .

Des essais ont montré une augmentation des pertes de charge (et donc de l'étanchéité) d'environ 10% par rapport à une solution comme précitée, avec des surfaces axiales libres d'étanchéité du revêtement situées toutes sur un même rayon (dites « droites »), et sans paroi circonférentielle formant muret.

Pour des considérations également comparables à ce qui précède, et même si l'essentiel de la dissipation d'énergie que l'on cherche à voir naître par le décollement en extrémité de léchette amont se produit sous la (les)

léchette(s), il est aussi proposé, pour une application en sommet d'aubes rotatives, donc de rotor:

- que la portion extrême de la partie de rotor sur laquelle font radialement saillie lesdites au moins deux léchettes comprennent une plateforme d'aube pourvue  
5 en extrémité amont d'un becquet orienté vers l'amont, et
- que, radialement, ladite paroi circonférentielle s'étende en face, mais à distance, du becquet.

Ainsi, ladite paroi circonférentielle sera tant suffisamment en amont de la léchette amont, prévenant ainsi les risques de contact lors des mouvements  
10 dus aux conditions thermiques et aérodynamiques précitées, qu'intercalée radialement entre deux surfaces de guidage du flux gazeux formées :

- par le becquet (qui s'avancera typiquement, vers l'amont, au-delà ladite paroi circonférentielle),
- et par la surface axiale libre d'étanchéité amont du revêtement qui s'étend en  
15 aval de cette paroi circonférentielle.

Une autre considération prise en compte concerne la facilité de fabrication en série, de montage et de maintenance (remplacement) de cette paroi circonférentielle.

Aussi est-il par ailleurs proposé :

- 20 - que ladite paroi circonférentielle soit définie par une dénivellation formée sur ledit revêtement, en saillie radiale par rapport à la surface axiale libre d'étanchéité amont de ce revêtement, et/ou
- que cette paroi soit monobloc avec ledit revêtement.

Pour des raisons comparables, il est par ailleurs proposé que:

- 25 - le revêtement présente une structure alvéolaire comprenant des alvéoles radiales présentant individuellement une dimension axiale, et
- que la paroi circonférentielle présente axialement une épaisseur supérieure à ladite dimension axiale des alvéoles situées sur une même circonférence, transversalement audit axe (X).

30 Ainsi, on alliera tenue mécanique et fiabilité à une facilité de montage et de maintenance.

Encore une autre considération prise en compte concerne l'optimisation de création des décollements de l'écoulement en extrémité des léschettes amont.

Aussi est-il par ailleurs proposé :

- 5 - qu'au moins la léschette amont soit, en direction de la surface axiale libre d'étanchéité amont, inclinée vers l'amont par rapport à l'axe (X) et à une radiale à l'axe, ceci sur une partie au moins de sa longueur, voire
- que l'extrémité libre de la léschette amont soit située radialement en face d'une partie axialement amont de la surface axiale libre d'étanchéité amont.

10 La seconde considération permet de bénéficier, sur une longueur axiale importante en extrémité du revêtement, de l'effet radial du décollement sur le flux gazeux.

Il est par ailleurs proposé que lesdites au moins deux surfaces axiales libres d'étanchéité, respectivement axialement amont et aval, présentent entre  
15 elles une paroi de liaison radiale (donc perpendiculaire à l'axe X).

Il s'est en effet avéré qu'en termes de facilité de fabrication et de tenue mécanique, une telle paroi de liaison radiale est ici préférable à une configuration de biais, comme dans US2009067997 (parois 112).

Est aussi concernée par l'invention une turbomachine à gaz pour  
20 aéronef, en tant que telle, caractérisée en ce qu'elle est équipée du dispositif d'étanchéité avec tout ou partie de ses caractéristiques précitées.

L'invention sera si nécessaire encore mieux comprise et d'autres détails, caractéristiques et avantages de l'invention pourront apparaître à la lecture de la description suivante faite à titre d'exemple non limitatif en  
25 référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 schématise, en coupe partielle axiale, une partie de turbomachine aéronautique à monter sur un aéronef,
- la figure 2 schématise, suivant une même coupe verticale selon un plan médian contenant l'axe X, une partie de turbine basse pression pouvant  
30 équiper la turbomachine de la figure 1,

- la figure 3 schématise, en perspective, une aube rotative (de rotor) qui peut équiper la turbine de la figure 2,
- la figure 4 est une coupe verticale selon la ligne IV-IV de la figure 5, au niveau d'aubes mobiles d'un étage de turbine à disposer dans le carter extérieur qui  
5 les reçoit,
- la figure 5 schématise en coupe partielle axiale une coopération entre un revêtement abrasable et une extrémité de dite aube mobile ;
- la figure 6 schématise un champ de pression totale sous une léchette amont, dans un test ainsi monté (le décollement généré est clairement visible), la  
10 figure 7 montrant un montage plus réaliste, avec aussi de tels champs d'énergie,
- les figures 8,9 schématisent, en vue perspective et vue de côté, un bloc d'abrasable pouvant être utilisé,
- la figure 10 illustre le gain en performance lié à l'implémentation de la paroi  
15 circonférentielle proposée par l'invention, soit 10% de réduction des débits de fuite au maximum, et
- les figures 11 et 12 illustrent deux variantes, conformes à l'invention, du dispositif d'étanchéité.

Tel que schématisé sur la figure 1, une turbomachine double flux 1 pour  
20 aéronef comporte au moins un carter annulaire, ou enveloppe circonférentielle, 2, externe de soufflante à l'intérieur duquel sont disposés différents composants de la turbomachine.

A l'entrée du carter annulaire 2 externe, en considérant le sens de déplacement de l'air (inverse au sens d'avancement de l'aéronef ; voir flèche  
25 figures 1,2), se trouvent des aubes d'une soufflante 3 couplées à un arbre rotatif 4. Ensuite, reliés à l'arbre 4 qui s'étend autour de l'axe X de rotation de la turbomachine, se trouvent différents étages axiaux de compression, typiquement un compresseur basse pression 5a suivi d'un compresseur haute pression 5b. Puis sont disposés différents autres éléments du moteur dont des  
30 étages de turbine(s) axiale(s), typiquement une turbine haute pression 6 suivie d'une turbine basse pression 16.

L'air entre dans le carter annulaire 2 externe de soufflante où il est entraîné par les aubes de la soufflante 3. Pour assurer la propulsion, la majeure partie s'écoule dans la veine secondaire 11 délimitée radialement entre une partie du carter annulaire 2 externe et un carter de moteur 7 plus  
5 intérieur. Une autre partie de l'air est aspirée dans une veine primaire 13 (flux 71 d'amont vers l'aval, figures 5 et 11) par le compresseur basse pression 5a et dirigée vers les étages de la turbine 6 par l'intermédiaire d'autres éléments constitutifs du moteur. Des bras raidisseurs 10 relient par ailleurs le carter annulaire 2 externe et le carter de moteur 7.

10 Chaque compresseur, tel le compresseur basse pression 5a sur la figure 1, comprend une partie tournante, ou rotative, et une partie fixe solidarisée à un carter du moteur 7. Plus particulièrement, le compresseur comprend une alternance d'aubes 8 appartenant à des roues de rotor, couplées à l'arbre 4, et donc rotatives, et de redresseurs 9 (ou stators) couplés  
15 à la partie fixe du compresseur afin de redresser l'air.

La « paroi circonférentielle » précitée pouvant en particulier être prévue sur une turbine basse-pression, la figure 2 schématise un exemple d'une telle turbine qui comprend axialement plusieurs rangs d'aubes mobiles 18, 20, 22 (aubes 8) et d'aubes fixes 24, 26 (redresseurs 9), alternativement.

20 Les aubes fixes 24, 26 sont, à leurs extrémités radialement externes, montées par des moyens non représentés sur un carter du moteur 7 et les aubes tournantes 18, 20, 22 sont montées, par exemple par des moyens à queue d'aronde ou analogue, à leurs extrémités radialement internes sur des disques 28, 30, 32 du rotor. Chaque disque comprend une bride annulaire  
25 amont 36a et une bride annulaire aval 36b servant à la fixation des disques entre eux et sur un cône d'entraînement 34 relié à l'arbre 4 de la turbomachine, pour tourner avec lui, ainsi qu'à la fixation de flasques annulaires de retenue des pieds d'aubes sur les disques. Les pieds des aubes sont conformés pour coopérer avec des rainures axiales prévues dans les disques du rotor. Chaque  
30 aube tournante s'étend le long d'un axe perpendiculaire à l'axe X du rotor sur lequel est montée l'aube.

Deux disques, tels 28,30, axialement successifs de rotor sont solidarisés entre eux, via les brides annulaires amont et aval précitées, par des boulons 33 qui maintiennent également un anneau intermédiaire d'étanchéité 35 portant un joint inter-étage 37 et situé en périphérie extérieure  
5 de la bride amont 36a correspondante. Ce joint en soi connu peut comprendre des prolongements annulaires radiaux ou léchettes 41 coopérant avec un revêtement 46 abradable, de façon à définir un joint d'étanchéité rotor/stator.

Les aubes de rotor sont disposées et peuvent tourner, autour de l'axe X, entre une limite annulaire extérieure 44 et une limite annulaire intérieure 45  
10 qui peut être essentiellement définie par des plateformes intérieures 47 dont sont pourvues les aubes rotatives et les redresseurs fixes. Figure 2, chaque revêtement 46 est fixé à la virole 43 radialement interne de la plateforme intérieure 47 correspondante.

La figure 3 montre un exemple d'aube de rotor, telle que celle 18, qui  
15 peut appartenir à la première roue de turbine basse pression.

Chaque aube mobile comporte un pied d'aube 38a à son extrémité interne et la plateforme extérieure 38b vers son extrémité périphérique externe. L'aube s'étend le long d'un axe d'aube Z perpendiculaire à l'axe X du rotor sur lequel est montée ladite aube.

20 A l'image des léchettes 41 de la figure 2, des léchettes, respectivement axialement amont et aval, 40a,40b, sont ici prévues.

Toutes les léchettes 40a,40b,41 sont disposées dans des plans sensiblement perpendiculaires à l'axe de rotation X du rotor, et s'étendent de façon sensiblement annulaire.

25 Comme pour les léchettes 41, on trouve donc ici, en rapprochant les figures 2 et 3, au moins deux léchettes 40a,40b portées par une portion extrême, ici 38b, d'une partie de rotor, et de laquelle les léchettes font ici radialement saillie extérieurement. Ces léchettes sont adaptées à coopérer avec un revêtement en matière abradable 46 fixé, a priori indirectement, avec  
30 la paroi interne d'un carter externe fixe 441 appartenant à la limite annulaire extérieure 44 précitée, pour former un joint labyrinthe, et ainsi définir un

dispositif d'étanchéité 50. Typiquement, cette fixation se fait via des secteurs d'anneau 442 accrochés circonférentiellement sur le carter externe 441.

Les blocs 46 de matière abradable s'étendent typiquement par secteurs angulaires, circonférentiellement, autour de l'axe X.

5 Bien que ce qui suit se réfère notamment à la figure 5, toutes les zones d'étanchéité rotor/stator mettant en jeu des abaradables, notamment entre les léchettes 41 et les revêtements 46 des viroles 43, sont concernés, dès lors:

- que le revêtement 46 présentera radialement, au moins deux surfaces axiales libres d'étanchéité, 48a,48b, respectivement axialement amont et aval,
- 10 - que lesdites au moins deux léchettes, telles que 40a,40b ici, présenteront radialement des extrémités libres respectives, 50a,50b, et
- que l'extrémité libre 50b de la léchette aval 40b et la surface axiale libre 48b d'étanchéité aval :

- seront situées à des positions radiales se faisant radialement face et
- 15 -- seront chacune (rayons respectifs  $R_{av2}, R_{av1}$ ; voir figure 5) plus éloignées de l'axe X que l'extrémité libre 50a de la léchette amont 40a et que la surface axiale libre d'étanchéité amont 48a, qui se feront radialement face (rayons respectifs et  $R_{am2}, R_{am1}$ ).

En effet, ceci participe à une réduction notable (5 à 15% a priori) du flux gazeux by-passé qui ne franchira alors pas la zone d'étanchéité concernée, ceci d'autant plus si, comme schématisé figures 5 et 7, on y associe au moins une léchette amont 40a qui, en direction de ladite surface axiale libre d'étanchéité amont, est inclinée vers l'amont (AM) par rapport à l'axe (X) et à une radiale à l'axe, sur une partie au moins de sa longueur en saillie. Sur la

25 figure 7, les deux léchettes 40a,40b sont inclinées vers l'amont. Et on y constate que l'extrémité libre 50a de la léchette amont 40a est située radialement en face d'une partie axialement amont 52a de la surface axiale libre d'étanchéité amont 48a du revêtement abradable 46. Ceci doit permettre de bénéficier, sur une longueur axiale importante en extrémité du revêtement,

30 de l'effet radial du décollement du flux gazeux créé par la paroi circonférentielle 54 prévue axialement en amont des léchettes et qui s'étend radialement

jusqu'au-delà de la surface axiale libre d'étanchéité amont 48a du revêtement 46 considéré. Puisque circonférentiel, le muret 54 peut s'étendre par secteurs angulaires autour de l'axe X.

5 Globalement, un tel double obstacle, avec un abaradable étagé et des léchettes radialement décalées et inclinées au moins pour la léchette amont, prend de toute façon tout son sens.

Les figures 6 et 7 montrent le décollement, référencé 420, de ce flux gazeux créé par la paroi circonférentielle 54 en extrémité 50a de la léchette amont.

10 Par cet ajout en amont de la zone d'étanchéité d'une paroi solide a priori pleine 54 qui crée un obstacle sensiblement transversal à la circulation du gaz en amont de cette zone, on va pouvoir obtenir un important phénomène de dissipation énergétique, référencé 430,440, juste en aval des extrémités des différentes rangées de léchettes.

15 Et c'est la circulation provoquée entre les deux léchettes 40a,40b par la paroi 54 qui va créer les conditions favorables au décollement 410 en extrémité de la léchette aval. L'exemple de la figure 7 permet de le noter.

Figures 2 et 5, on remarquera la saillie définie par ce muret ou paroi 54 par rapport aux surfaces libres (sensiblement) axiales, ici 47a et 48a, qui limitent radialement l'inter-espace 70 de circulation du flux gazeux. Le muret ou paroi 54 est ainsi formé dans l'inter-espace 70 gazeux adjacent à la veine primaire 13 et situé radialement entre l'abradable 46 et le sommet de l'aube 18 concernée, Comme on l'aura noté, les surfaces libres 47a et 48a appartiennent à la limite annulaire extérieure 44, les surfaces libres 47a, 48a sont situées axialement respectivement de part et d'autre dudit muret 54.

On pourra aussi constater qu'outre la surface libre (sensiblement) axiale amont 47a, celui des secteurs d'anneau 442 qui est situé axialement (axe X) juste en amont du muret 54 considéré présente une surface libre (sensiblement) axiale aval 47b. Les surfaces libres 47a et 47b s'étendent respectivement, de façon adjacente, en amont et en aval du muret 54 ; et ce muret 54 (au moins sa surface (sensiblement) axiale libre 541) est radialement

(axe Z) en saillie vis-à-vis de la surface libre (sensiblement) axiale amont 47a et de la surface libre (sensiblement) axiale aval 47b du secteur d'anneau 442 considéré.

Comme le schématise par ailleurs la figure 4, chaque paroi 54 peut, à l'image de la partie de stator qui la comprend, s'étendre dans un plan perpendiculaire à l'axe de rotation X et ce annulairement, par tronçons angulaires.

Y compris pour préserver l'intégrité de la/chaque paroi 54 compte tenu des mouvements de pièces dues aux conditions thermiques et aérodynamiques précitées, il est conseillé que cette paroi 54 soit, axialement, située à ou vers une extrémité axialement amont 520a de la surface axiale libre d'étanchéité amont du revêtement 46, en amont de la zone 52a précitée.

Comme on le voit sur les figures, vis-à-vis des deux surfaces libres d'étanchéité amont 48a et aval 48b, le muret ou paroi 54 sera a priori unique, dans le sens où il est situé juste en amont, ou en extrémité amont, de la surface libre d'étanchéité amont 48a, aucun autre tel muret radialement saillant n'existant plus en aval sur le dispositif d'étanchéité 50, notamment sur l'abradable 46, et en particulier sur la surface libre d'étanchéité aval 48b.

Le décollement 420 et les représentations schématiques d'énergie cinétique turbulente en 430 et 440 (voir figure 6 ou 7) permettent de bien noter que le muret 54 définit, ou forme, un perturbateur du flux dans l'inter-espace 70 et que la face amont 540a de ce muret est agencée pour être en regard de ce flux, sensiblement suivant l'axe Z donc. Dans l'exemple privilégié illustré, la face amont 540a et l'extrémité axialement amont 520a sont le prolongement radial l'une de l'autre.

Pour favoriser le phénomène de dissipation énergétique que l'on cherche à voir naître par le décollement en extrémité de lécettes amont, il est par ailleurs proposé que, radialement, la paroi 54 s'étende encore jusqu'en regard, axialement, d'une partie 400 de la (chaque) lécette amont 40a située radialement à distance de l'extrémité libre 500a de cette lécette ; voir notamment figure 5.

Sans paroi 54 circonférentielle, la direction du jet demeurerait (davantage) axiale et passerait l'extrémité de la léchette amont 40a sans phénomène de décollement prononcé. En quelque sorte à la manière d'un muret, la paroi 54 modifie la topologie de l'écoulement. Le jet gazeux a une direction plus radiale ce qui induit un décollement bien plus important au passage de cette léchette amont. La section de fuite étant fermée par le décollement, la dissipation énergétique est donc augmentée, ce qui est favorable à l'étanchéité recherchée. On pourrait ainsi constater (comme figure 7) que l'énergie cinétique turbulente est maximale au voisinage d'une léchette aval, donc plus importante qu'à l'endroit d'une léchette amont.

Eventuellement en combinaison avec la caractéristique qui précède, il est par ailleurs conseillé, notamment pour favoriser un positionnement optimisé :

- que, depuis la surface axiale libre d'étanchéité amont 48a du revêtement 46, la paroi circonférentielle 54 s'étende sur une distance radiale D1 supérieure ou égale à 1.5mm, ou
- que, depuis cette même surface axiale libre d'étanchéité amont 48a dudit revêtement, ladite paroi circonférentielle 54 s'étende radialement sur une distance radiale D1 comprise entre 1.25mm et 5mm, de préférence.

Figure 10, on constate d'ailleurs que sur une réalisation comme celle de la figure 5 testée avec une paroi radiale 62 de liaison entre deux surfaces axiales libres d'étanchéité, respectivement axialement amont 48a et aval 48b, haute de 5mm (étagement 1), la courbe d'évolution du rapport en % du delta de débit d'air circulant dans l'inter-espace, en zone 70, entre l'abradable 46 et le sommet de l'aube 18 concernée, en fonction de la hauteur D1 marque un palier à 1.5mm. L'efficacité est plus marquée au-delà de cette valeur. Au-delà de 5mm, aucun gain supplémentaire n'est démontré, et des problèmes d'intégration du rotor dans la turbine se posent. A noter qu'à un peu moins de 4% d'écart, une valeur D1=1.25mm est acceptable, l'efficacité étant déjà sensible.

A noter aussi que les rapports suivants concourent à de telles performances, de préférence en combinaison (voir figures 5 et 12 pour identification des distances concernées) :

$$1 \leq D1/D2 \leq 1,5, \text{ et/ou}$$

5  $1 \leq L2/L1 \leq 4, \text{ et/ou}$

$$1 \leq L3/L1 \leq 3.$$

Ces rapports favorisent la perturbation du flux, comme on le voit avec la présence des deux zones principales de haute énergie 430,440.

Pour confirmation :

- 10 - D1 qui est la saillie du muret 54, ou la distance radiale entre la surface axiale libre d'étanchéité amont 48a du revêtement abrasable 46 et l'extrémité libre du muret 54,
- D2 qui est la distance radiale entre l'extrémité libre du muret 54 et une face radialement externe 560a du becquet 56 situé dans sa continuité radiale,
- 15 - L1 qui est l'épaisseur axiale de la (chaque) léchette amont 40a, en extrémité radiale libre de celle-ci,
- L2 qui est la distance axiale entre une face aval 540b du muret 54 et, située dans sa continuité axiale, une face amont 401a de la léchette amont 40a, en extrémité radiale libre de celle-ci, et
- 20 - L3 qui est la distance axiale entre la paroi de liaison radiale 62 et, située dans sa continuité axiale, une face aval 403a de la léchette amont 40a, en extrémité radiale libre de celle-ci.

Ces rapports ont été confirmés comme participant à la dissipation énergétique supplémentaire précitée, un peu supérieure à 10%.

- 25 Pour des considérations comparables à ce qui précède, il est aussi proposé, pour une application en sommet d'aubes rotatives, donc de rotor:
- que la plateforme 38b soit pourvue en extrémité amont d'un becquet 56 orienté vers l'amont, et
- que, radialement, ladite paroi circonférentielle 54 s'étende en face, mais à
- 30 distance, du becquet.

Une telle distance D2 de plus de 20mm est conseillée.

Pour par ailleurs faciliter une fabrication en série, le montage et la maintenance de la paroi circonférentielle 54, il est par ailleurs conseillé :

- que cette paroi 54 soit définie par une dénivellation 58 formée sur le revêtement 46 considéré, en saillie radiale par rapport à la surface axiale libre d'étanchéité amont 48a, et
- que cette paroi 54 soit monobloc avec ledit revêtement 46, comme illustré.

Chaque revêtement d'étanchéité abrasable pourra en particulier être formé en nid d'abeilles, avec des alvéoles 60 individuellement à contour fermé ; voir figure 8 où sont repérés l'axe X et l'axe Y, transversal aux axes X et Z.

10 Les alvéoles, typiquement polygonales, seront reliées entre elles pour former un bloc dont une partie est illustrée figure 8, dans un mode de réalisation. Les alvéoles 60, ouvertes radialement, présentent individuellement une dimension axiale L4 (longueur), et la paroi circonférentielle 54 présente axialement une épaisseur E1 supérieure à ladite dimension axiale L4 des alvéoles (de chaque

15 maille) situées sur une même circonférence C1, transversalement audit axe X ; voir figures 8,9.

Si tel est le cas, on pourra allier tenue mécanique et fiabilité à une facilité de montage et de maintenance.

Les parois de liaison inclinées, de biais (comme dans US2009067997 / parois 112), imposant notamment des contraintes d'usinage, il est par ailleurs

20 proposé que lesdites au moins deux surfaces axiales libres d'étanchéité, respectivement axialement amont 48a et aval 48b, présentent entre elles une paroi de liaison radiale 62 (sensiblement perpendiculaire à l'axe X dans l'exemple). L'exemple de la figure 7 permet d'ailleurs de noter que le champ

25 d'énergie cinétique turbulente (ou de pression) au passage d'une zone d'étanchéité rotor/stator conçue avec les caractéristiques précitées présente deux zones principales de haute énergie 430,440, immédiatement en aval des léchettes 40a,40b, et sont quasi au contact des surfaces respectives 48a,48b. Par contre ce champ d'énergie/de pression est plus faible dans

30 l'environnement immédiat de la marche droite 62 (zone 450). Le niveau d'énergie cinétique turbulente est représentatif des pertes de charges, et

caractérise donc l'efficacité de l'étanchéité. L'énergie cinétique turbulente, déjà élevée en 430, est ici maximale en 440, au voisinage de la seconde léchette.

Tout ceci est favorable à une limitation du débit de gaz by-passé.

5 En liaison avec la paroi circonférentielle 54, la dissipation énergétique supplémentaire a été estimée – par calcul – un peu supérieure à 10% vis-à-vis d'une solution sans paroi circonférentielle et sans étagement ni des surfaces libres du revêtement ni des léchettes amont et aval, sachant que ce gain peut être obtenu sur chaque étage de coopération rotor/stator considérée,  
10 comme ici de turbine.

Technologiquement, plusieurs solutions peuvent-être envisagées pour constituer le muret 54 en amont de la zone d'étanchéité considérée.

Une solution pertinente, simple à mettre en œuvre et efficace est de provisionner des plaquettes brut d'abradable 46 assez hautes ; direction Z  
15 figure 9 où les échelles X/Z ne sont pas respectées. On a alors recours à plusieurs usinages afin de créer le muret/paroi 54 et les deux surfaces étagées 48a,48b, ici avec la marche 62, intermédiaire entre elles, radiale. Axialement au moins aussi épaisse (E1) qu'une alvéole 60 (L4) afin notamment de s'assurer de la continuité dudit muret (et l'étanchéité de cette paroi 54), la paroi  
20 circonférentielle 54 est elle-même perpendiculaire aux surfaces 48a,48b.

Sur la figure 11 est représenté un montage, qui peut être plus opérationnel, de revêtement abradable. Dans cette solution, chacun des blocs circonférentiels de revêtement abradable 46 est fixé (par exemple soudé ou brasé) de façon radialement extérieure sur un des secteurs d'anneau 442.  
25 Chacun de ces secteurs d'anneau est accroché circonférentiellement sur le carter externe 441. Chaque secteur d'anneau 442 peut être pour cela pourvu fixement (par exemple soudés à lui) et de façon radialement extérieure:

- vers l'extrémité aval, d'au moins un organe 66 de maintien aval en crochet (ou en C), ouvert(s) vers l'amont et (chacun) engagé circonférentiellement  
30 avec un rail 68 circonférentiel aval, saillant vers l'aval, du carter externe 441 (ou fixé à lui), et,

- vers l'extrémité amont, d'au moins un organe 72 de maintien amont en crochet (ou en C), ouvert(s) vers l'amont et (chacun) engagé circonférentiellement avec un rail 74 circonférentiel amont, saillant vers l'aval, du carter externe 441 (ou fixé à lui).

5 Dans ce cas, c'est la surface (sensiblement) axiale libre 72a de l'(de chaque) organe 72 amont de maintien qui va définir ladite surface axiale libre amont du secteur d'anneau (référéncée 47a dans le mode de réalisation des figures 2 et 5).

10 Comme précédemment, cette surface axiale libre amont 72a du secteur d'anneau 442 est axialement (axe X) immédiatement adjacente au muret 54 qui est en saillie radiale par rapport à elle. Ainsi, le flux gazeux vers l'aval circulant dans l'inter-espace 70 lèche la surface (sensiblement) axiale libre 72a puis bute contre le muret 54 transversal qui est donc (sensiblement) suivant l'axe X contigu à la surface 72a.

15 Dans une autre alternative, comme illustré sur la figure 12, les surfaces axiales libres de part et d'autre du muret. Dans ce cas, les surfaces (sensiblement) axiales libres amont et aval contiguës au muret 54 sont chacune formées par l'élément abrasable du secteur d'anneau 442 de roue mobile concerné. Ainsi, l'(chaque)élément abrasable 46 intègre-t-il, outre le  
20 muret 54 et la surface axiale libre amont 48a, une autre surface (sensiblement) axiale libre 48c situées en amont du muret 54. Pour assurer son effet, le muret 54 est radialement saillant vers l'intérieur par rapport aux dites surfaces (sensiblement) axiales libres 48c et 48a qui lui sont contiguës, respectivement en amont et en aval.

25 A partir de ce qui précède et l'appui des illustrations, on aura compris que, pour créer, en extrémité libre de la léchette amont 40a, un décollement du gaz en circulation, le muret 54, défini par une dénivellation sur ledit revêtement 46, formera donc:

- une saillie radiale par rapport à une surface axiale libre amont  
30 (47a,48a,48c,72a ci-avant) du dispositif d'étanchéité 50 qui lui est contiguë ou adjacente, axialement,

- en particulier une saillie radiale par rapport à une surface axiale libre amont (47a,48c,72a ci-avant) du dispositif d'étanchéité 50 qui lui est contiguë ou adjacente, axialement, en amont de lui ; voir distance D3 figures 5,11,12.

## REVENDICATIONS

1. Dispositif d'étanchéité entre une partie de rotor (8,18,38b;35,36) et une partie de stator (9,43;440) d'une turbomachine à gaz pour aéronef dans laquelle du gaz doit circuler d'amont vers l'aval, la partie de rotor étant adaptée à tourner par rapport à la partie de stator autour d'un axe (X), le dispositif d'étanchéité comprenant au moins un revêtement (46) en matière abrasable :
- fixé avec la partie de stator (9,43;440), et
  - adapté à coopérer avec au moins deux léchettes (40a,40b), respectivement axialement amont et aval, faisant radialement saillie sur une portion extrême de la partie de rotor (8,18,38b;35,36),
- le revêtement (46) et lesdites au moins deux léchettes (40a,40b) présentant radialement, respectivement, au moins deux surfaces axiales libres d'étanchéité (48a,48b), respectivement axialement amont et aval, et des extrémités libres respectives (50a,50b), l'extrémité libre (50b) de la léchette aval (40b) et la surface axiale libre d'étanchéité aval (48b) étant situées à des positions radiales qui sont chacune plus éloignées de l'axe (X) que l'extrémité libre (50a) de la léchette amont (40a) et que la surface axiale libre d'étanchéité amont (48a),
- caractérisé en ce qu'**axialement en amont desdites au moins deux léchettes (40a,40b) par rapport au sens de circulation du gaz, le dispositif d'étanchéité (50) comprend un muret (54) circonférentiel qui s'étend radialement, jusqu'au-delà de la surface axiale libre d'étanchéité amont (48a) dudit revêtement (46), en pénétrant radialement dans le flux gazeux (70), formant ainsi un obstacle sensiblement transversal à la circulation du gaz venant de l'amont, pour créer, en extrémité libre de la léchette amont (40a), un décollement du gaz en circulation.
2. Dispositif selon la revendication 1 dans lequel, radialement, le muret (54) s'étend encore jusqu'en regard, axialement, d'une partie (400) de la léchette amont (40a) située radialement à distance de l'extrémité libre (50a) de ladite léchette amont.

3. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le muret (54) est, axialement, située à ou vers une extrémité axialement amont de la surface axiale libre d'étanchéité amont (48a) du revêtement (46).

5 4. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le muret (54) est monobloc avec ledit revêtement (46).

10 5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le muret (54) est défini par une dénivellation formée sur ledit revêtement (46), en saillie radiale par rapport à une surface axiale libre amont (47a,48a,48c,72a) du dispositif d'étanchéité.

15 6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel au moins la léchette amont (40a) est, en direction de ladite surface axiale libre d'étanchéité amont, inclinée vers l'amont par rapport à l'axe (X) et à une radiale à l'axe, sur une partie au moins de sa longueur.

7. Dispositif selon la revendication 6, dans lequel l'extrémité libre de la léchette amont (40a) est située radialement en face d'une partie axialement amont (52a) de la surface axiale libre d'étanchéité amont.

20 8. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel, depuis la surface axiale libre d'étanchéité amont dudit revêtement (46), le muret (54) s'étend sur une distance (D1) radiale supérieure ou égale à 1.5mm.

25 9. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel, depuis la surface axiale libre d'étanchéité amont dudit revêtement (46), le muret i (54) circonférentiel s'étend radialement sur une distance radiale (D1) comprise entre 1.25mm et 5mm.

30 10. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel lesdites au moins deux surfaces axiales libres d'étanchéité, respectivement axialement amont et aval, présentent entre elles une paroi (62) de liaison radiale.

11. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel :

- le revêtement (46) présente une structure alvéolaire comprenant des alvéoles (60) radiales présentant individuellement une dimension axiale (L4),
- 5 et
- le muret (54) présente axialement une épaisseur (E1) supérieure à ladite dimension axiale (L4) des alvéoles situées sur une même circonférence (C1), transversalement audit axe (X).

12. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel :

- la portion extrême de la partie (8,18,38b;35,36) de rotor sur laquelle font radialement saillie lesdites au moins deux léchettes (40a,40b) comprend une plateforme (38b) d'aube pourvue en extrémité amont d'un becquet (56) orienté vers l'amont, et
- 15 - radialement, le muret (54) s'étend en face, mais à distance, du becquet (56).

13. Dispositif selon la revendication 12, dans lequel, de préférence en combinaison :

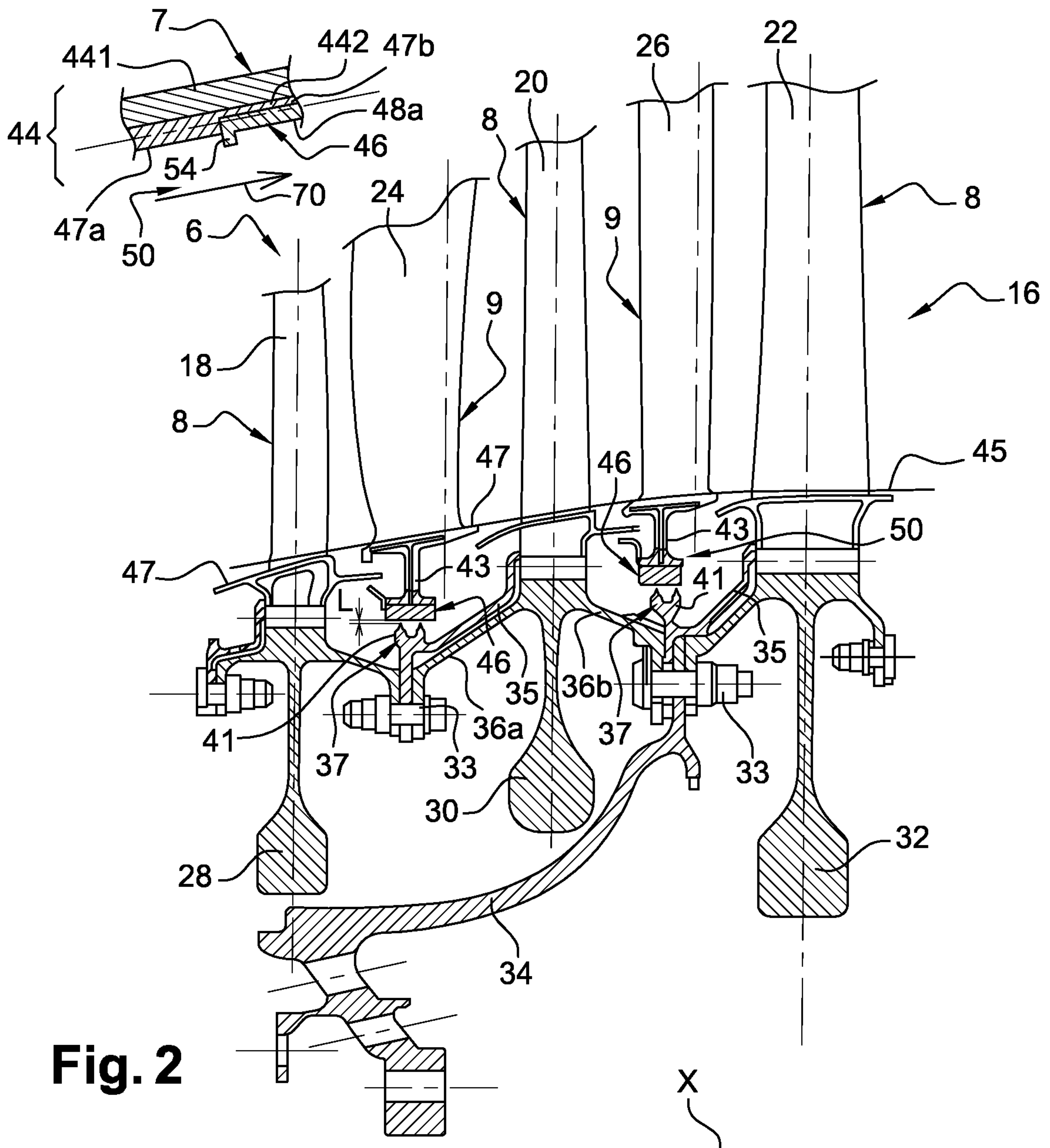
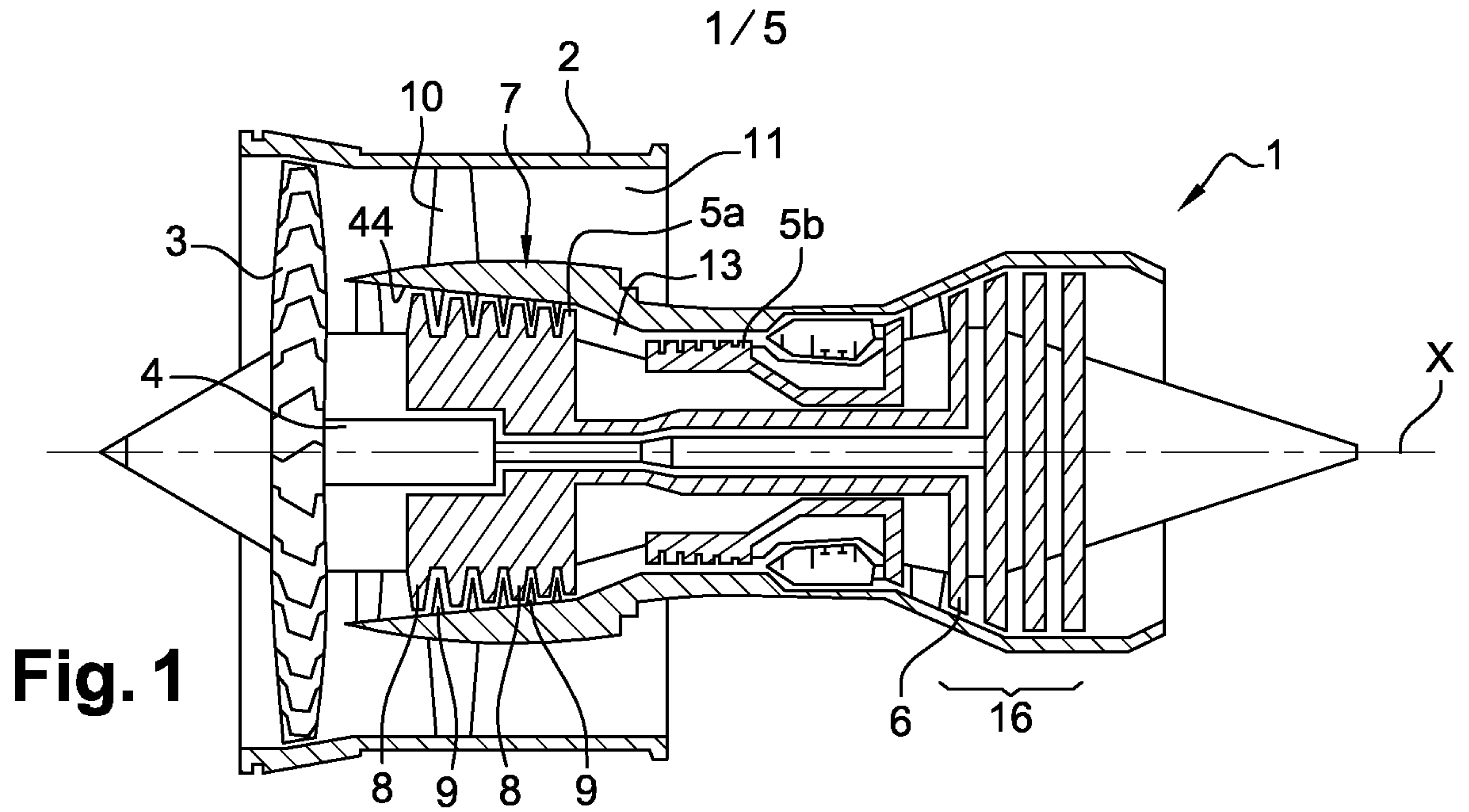
$$1 \leq D1/D2 \leq 1,5,$$

$$1 \leq L2/L1 \leq 4,$$

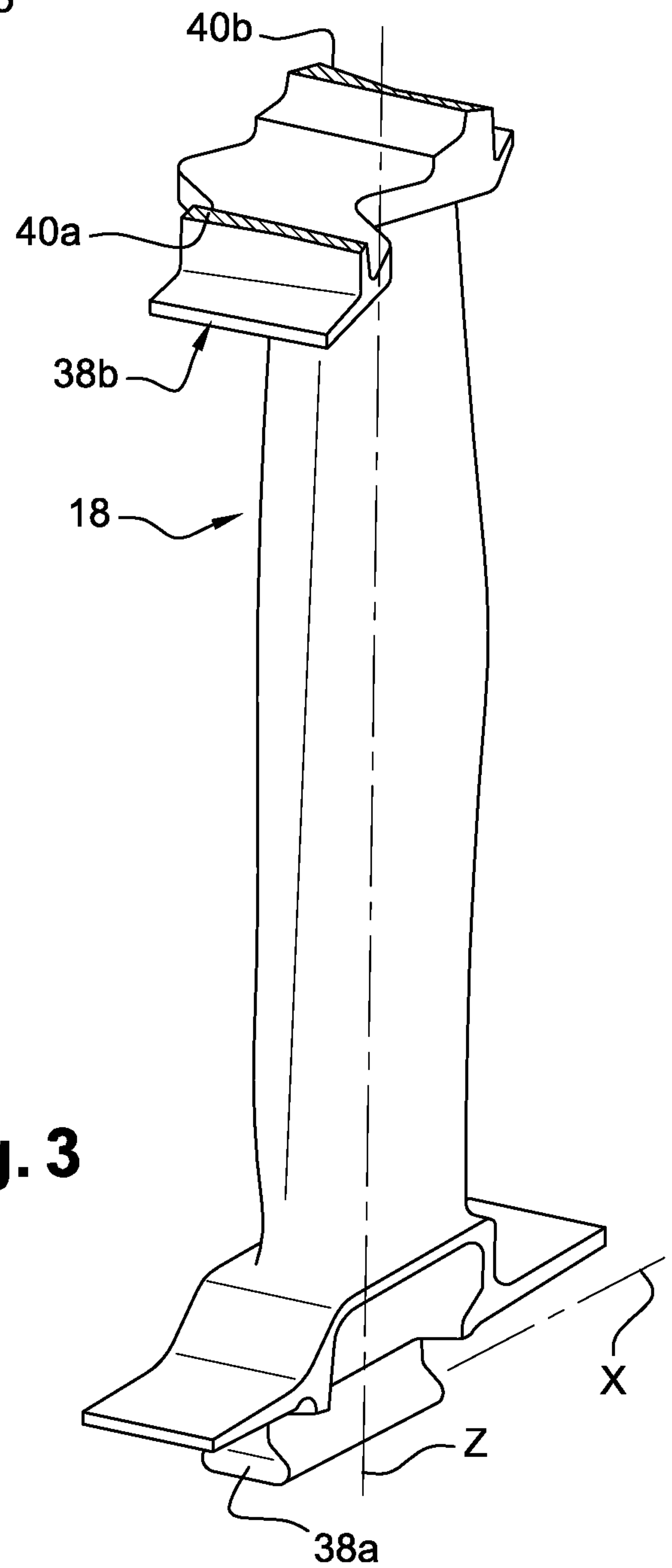
$$20 \quad 1 \leq L3/L1 \leq 3, \text{ avec :}$$

- D1 qui est la distance radiale entre la surface axiale libre d'étanchéité amont (48a) dudit revêtement (46) et l'extrémité libre du muret (54),
- D2 qui est la distance radiale entre l'extrémité libre du muret (54) et une face radialement externe (560a) du becquet (56),
- 25 - L1 qui est l'épaisseur axiale de la (chaque) léchette amont 40a, en extrémité radiale libre,
- L2 qui est la distance axiale entre une face aval (540b) du muret (54) et une face amont (401a), en extrémité radiale libre, de la léchette amont (40a), et
- L3 qui est la distance axiale entre une face aval (403a), en extrémité radiale
- 30 libre, de la léchette amont (40a) et la paroi de liaison radiale (62).

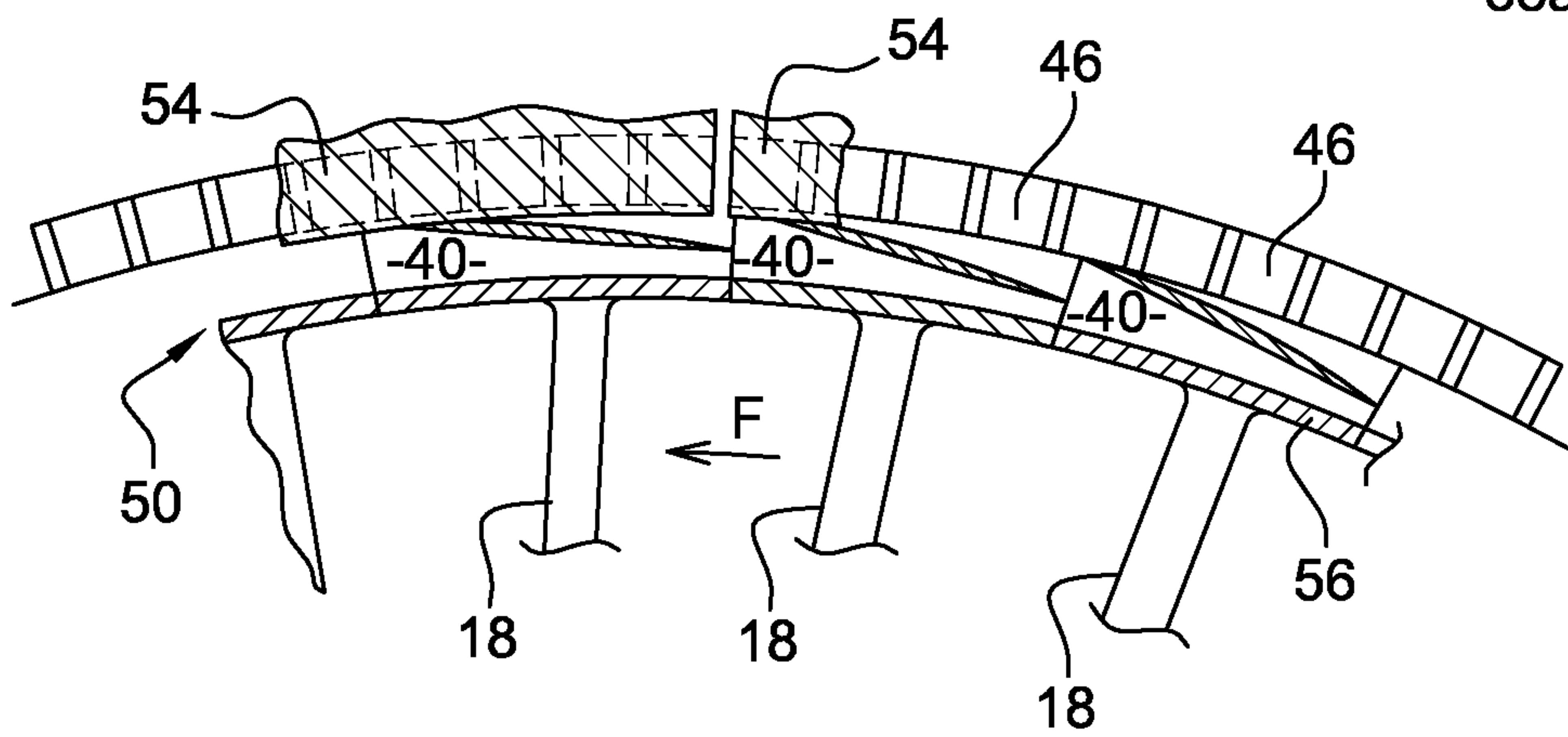
14. Turbomachine (1) à gaz pour aéronef, caractérisée en ce qu'elle est équipée du dispositif d'étanchéité (50) selon l'une quelconque des revendications précédentes.



2 / 5

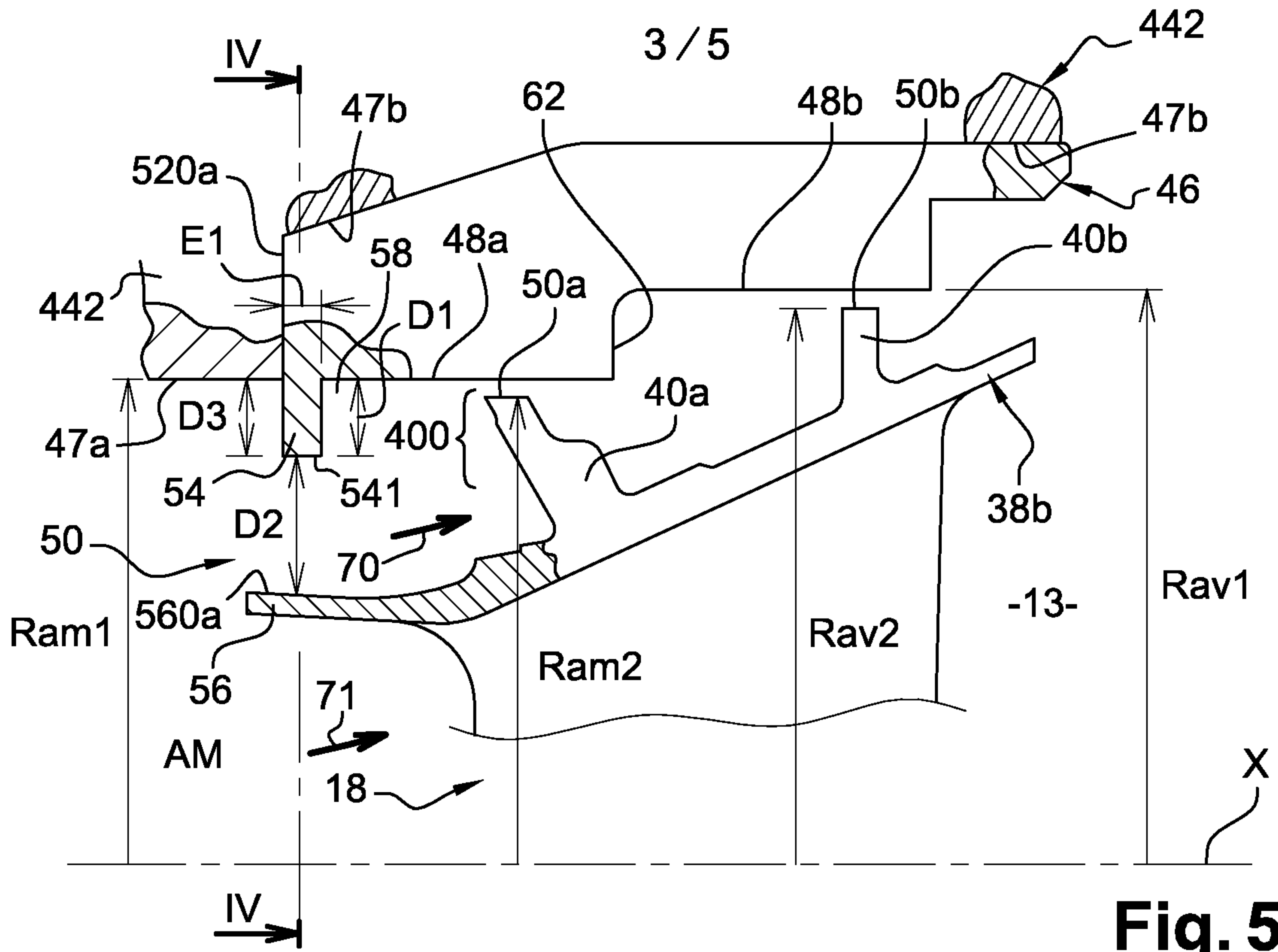


**Fig. 3**

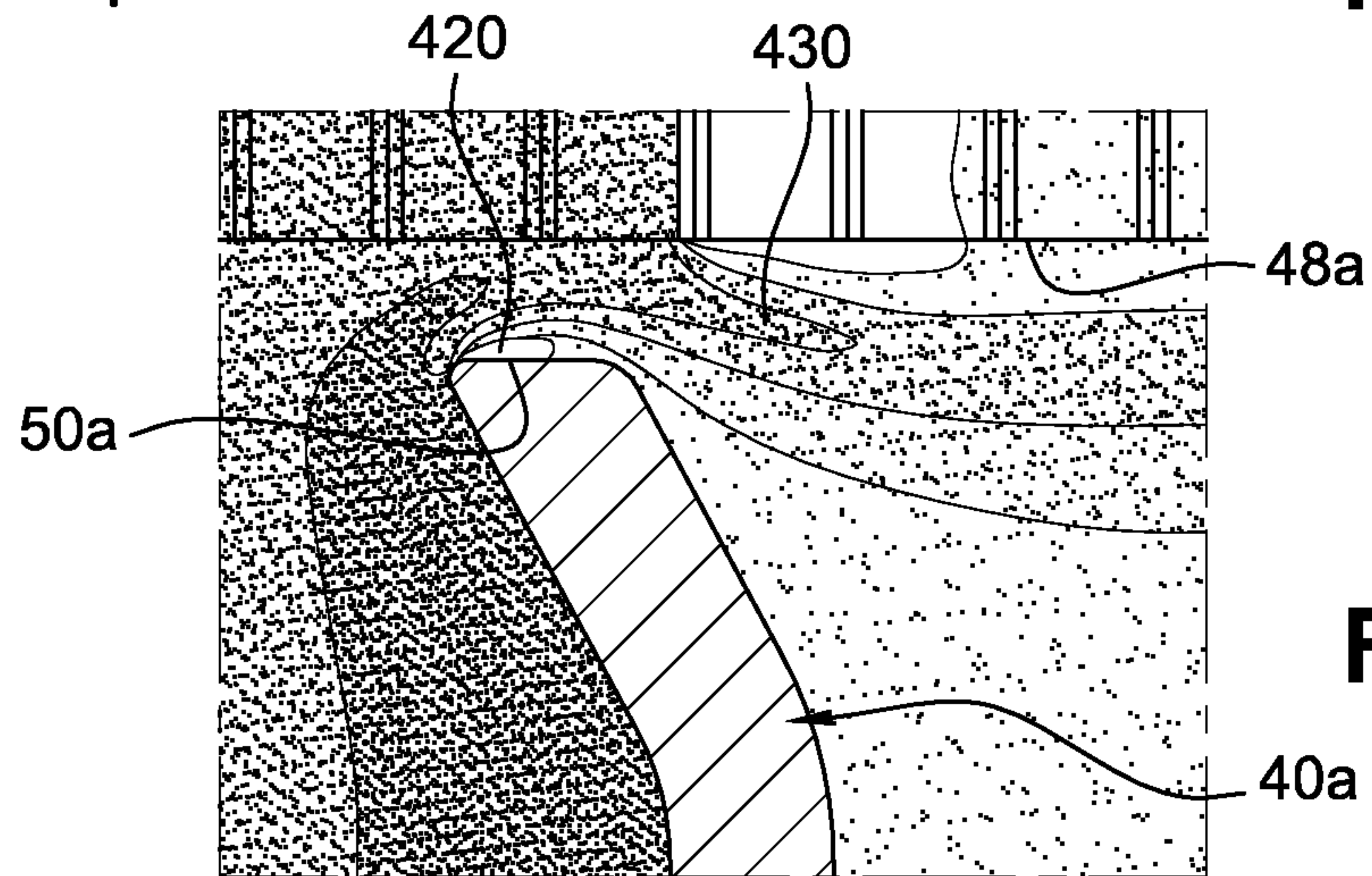


**Fig. 4**

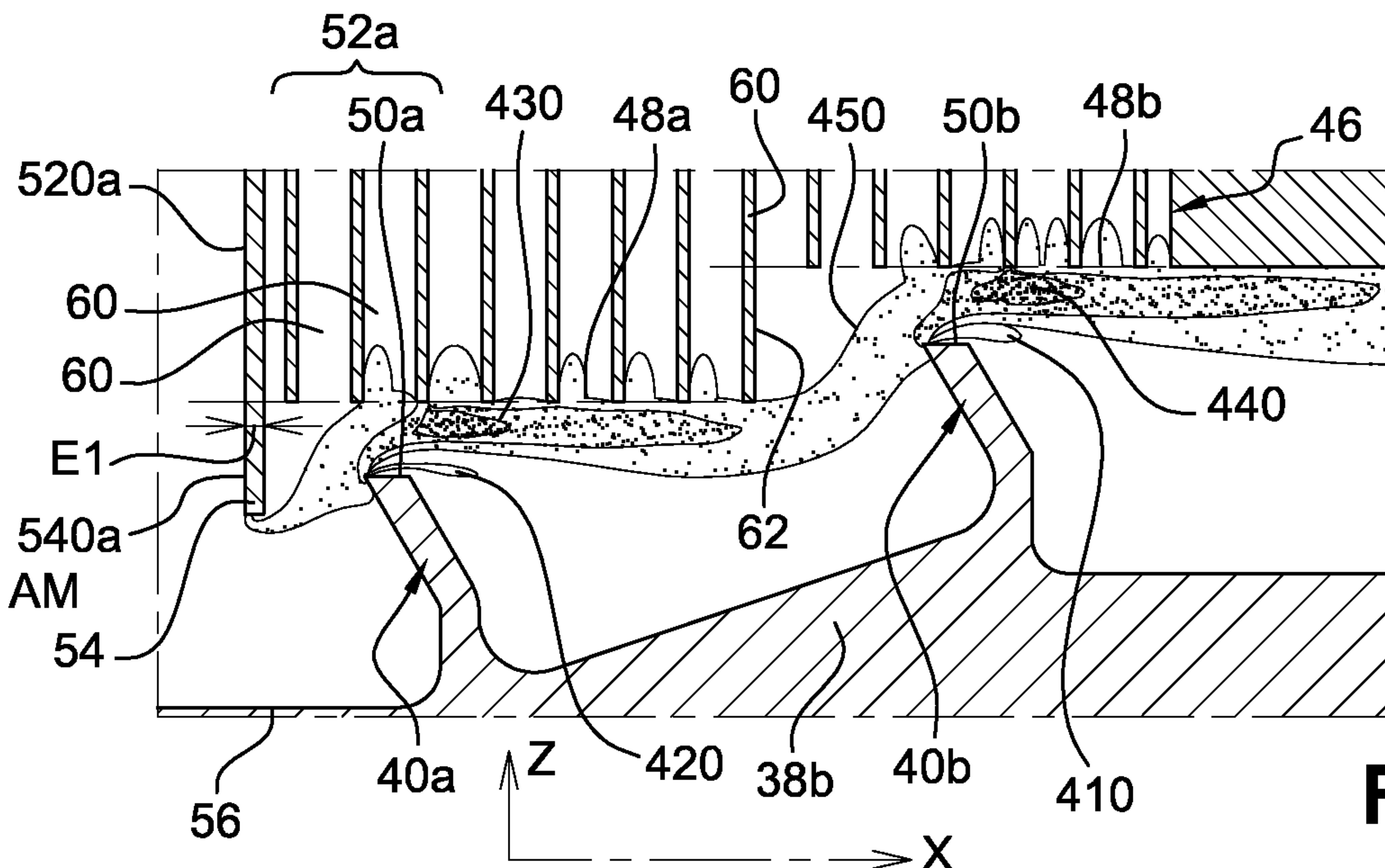
X → +



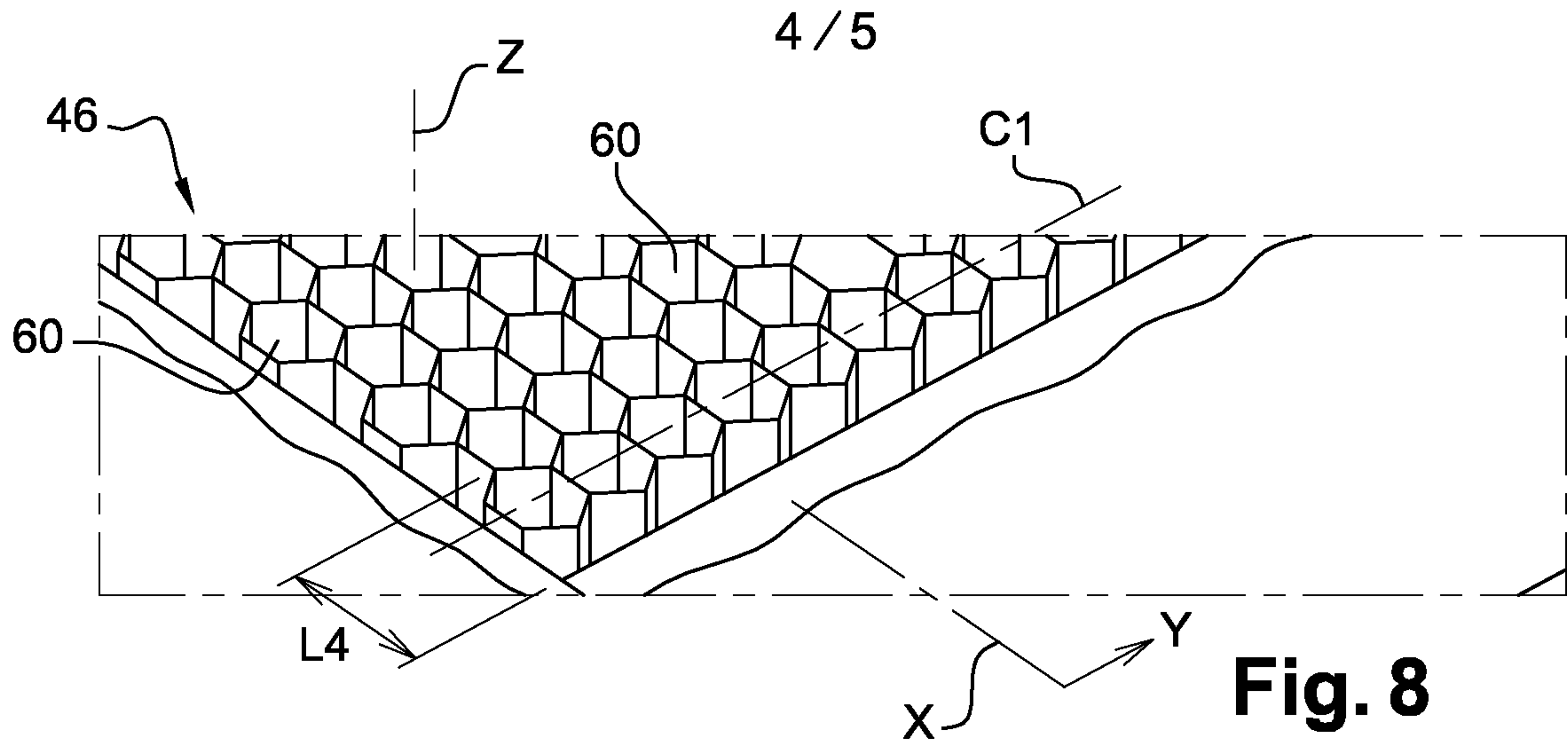
**Fig. 5**



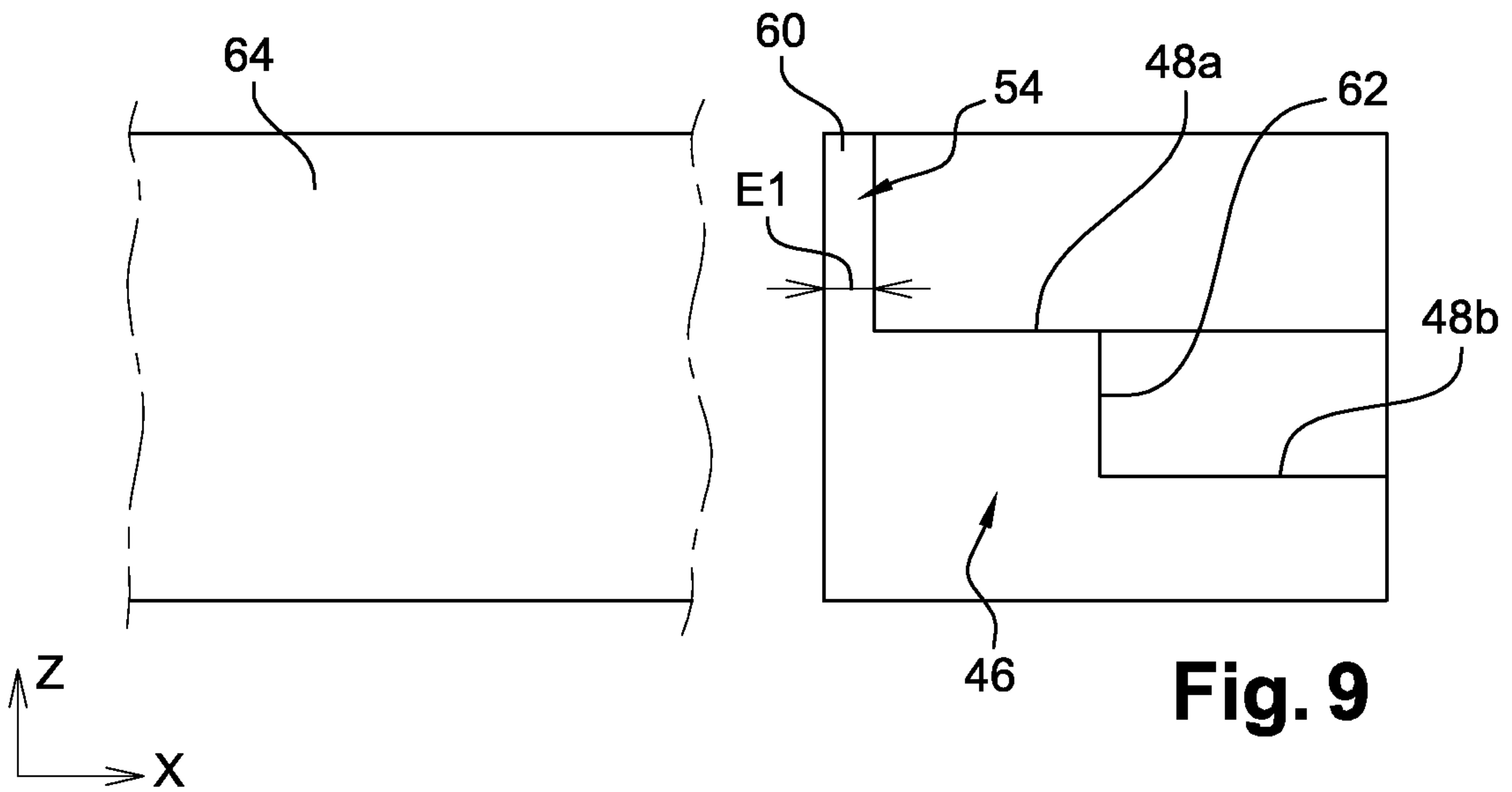
**Fig. 6**



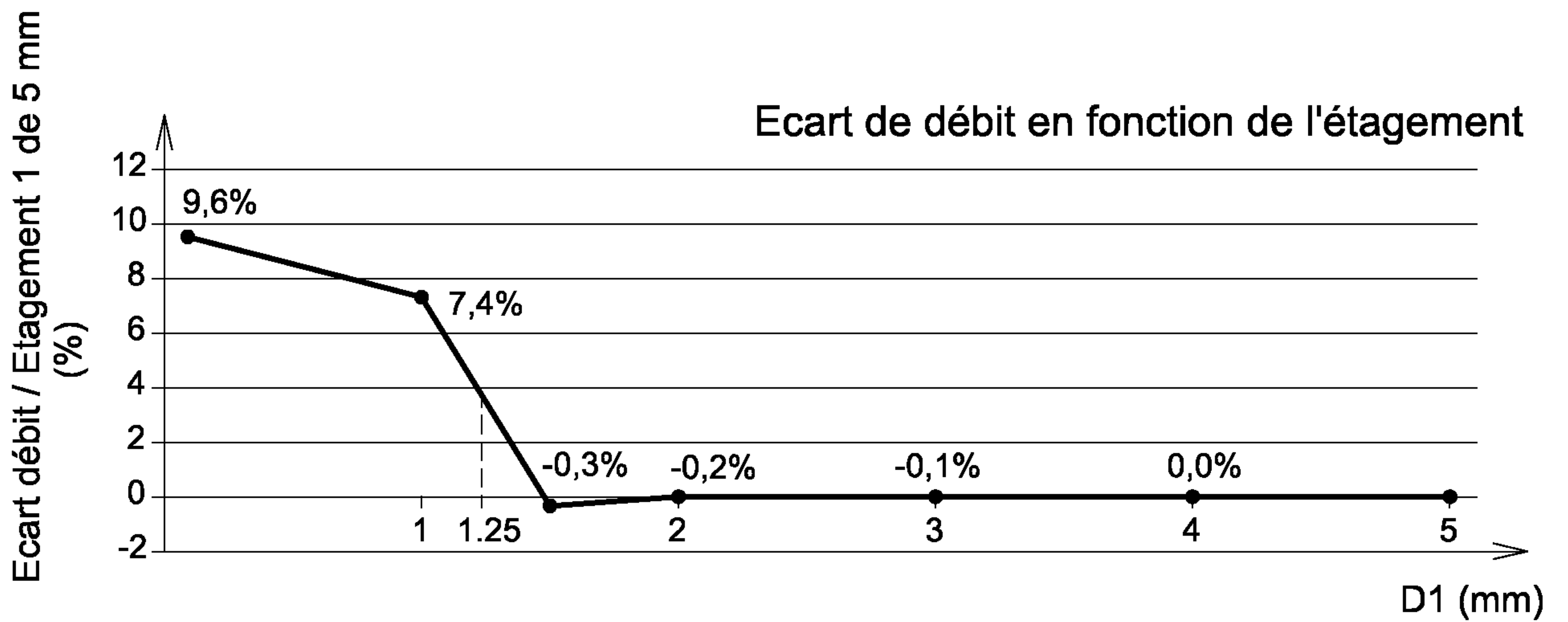
**Fig. 7**



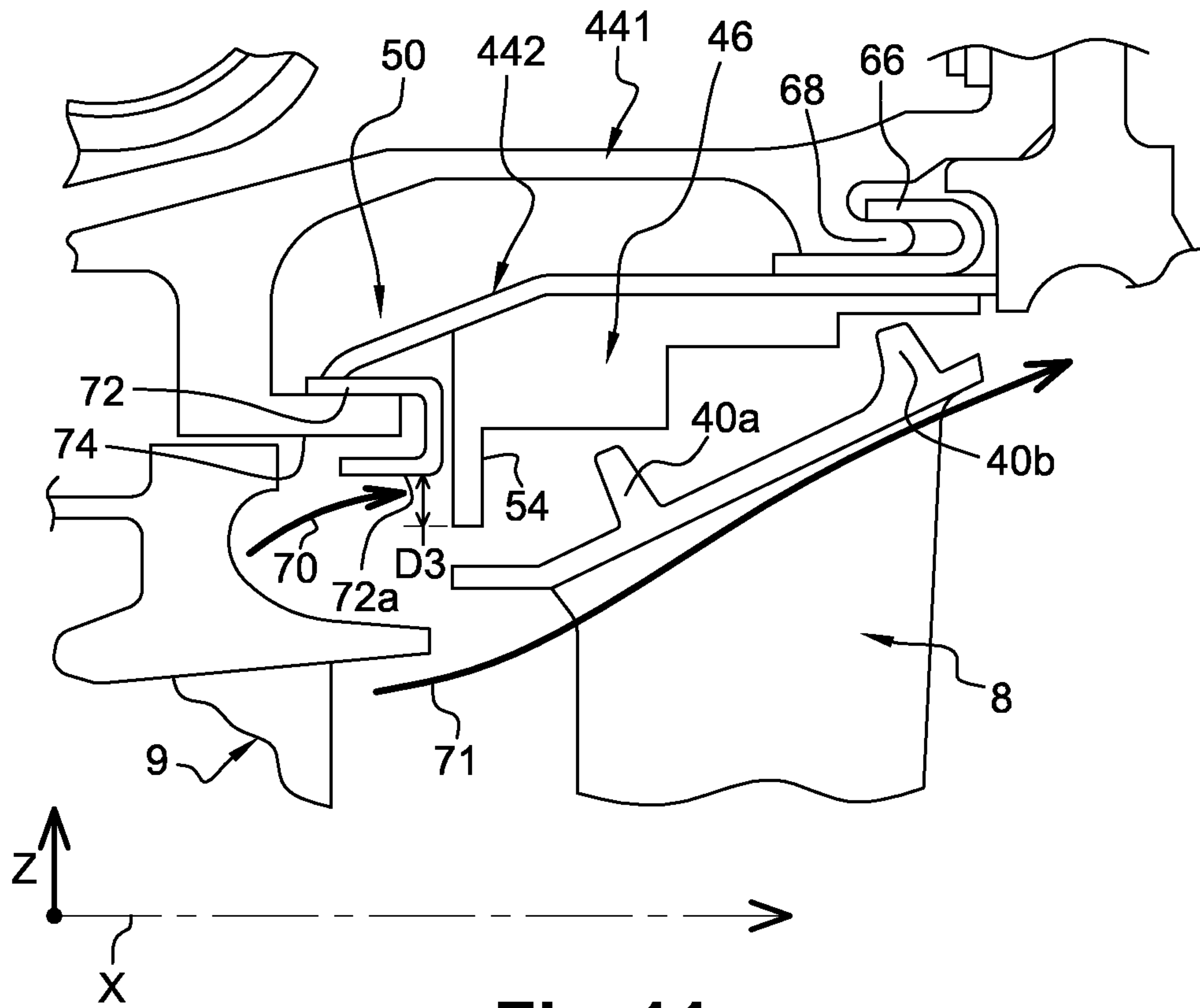
**Fig. 8**



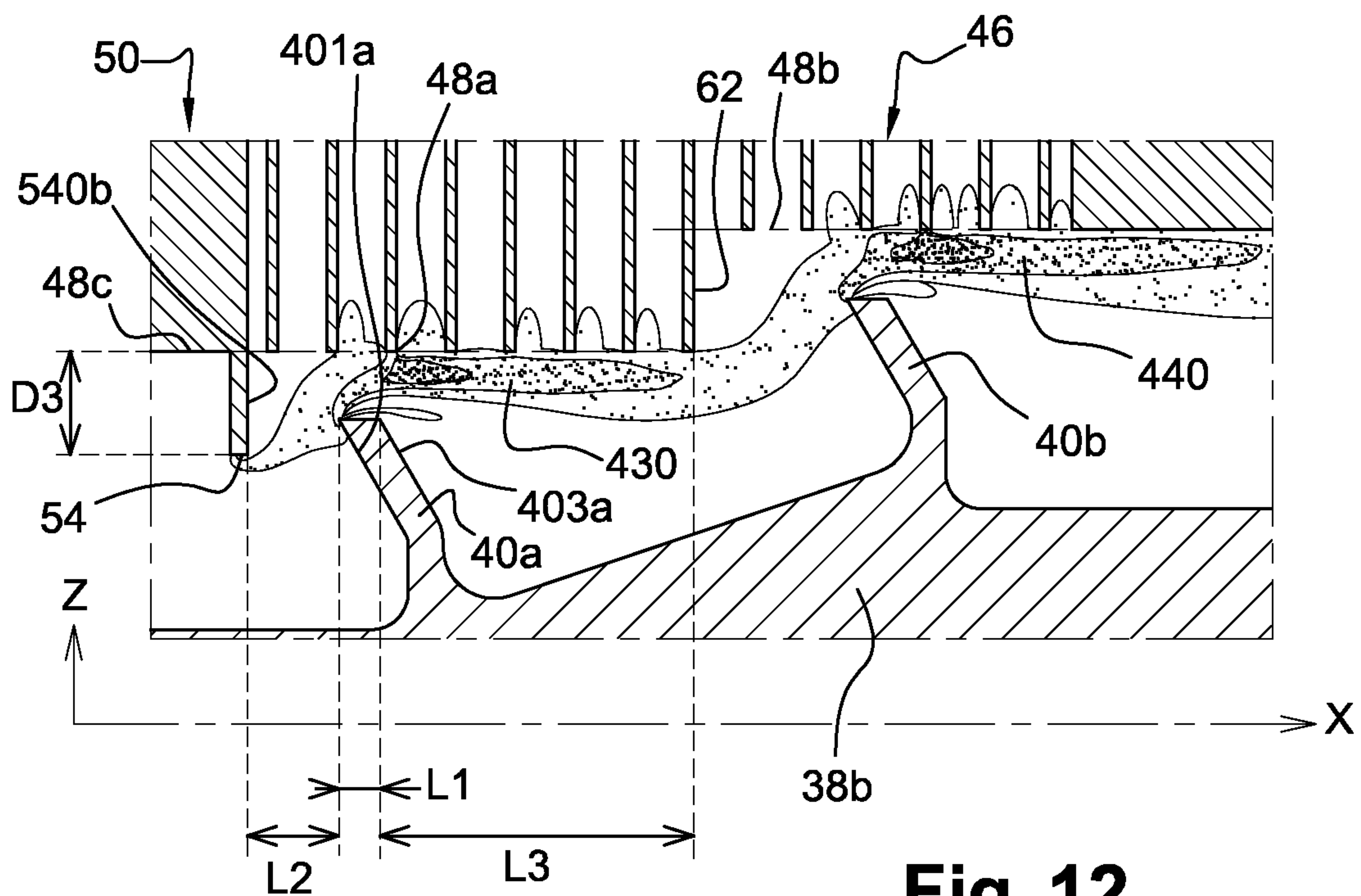
**Fig. 9**



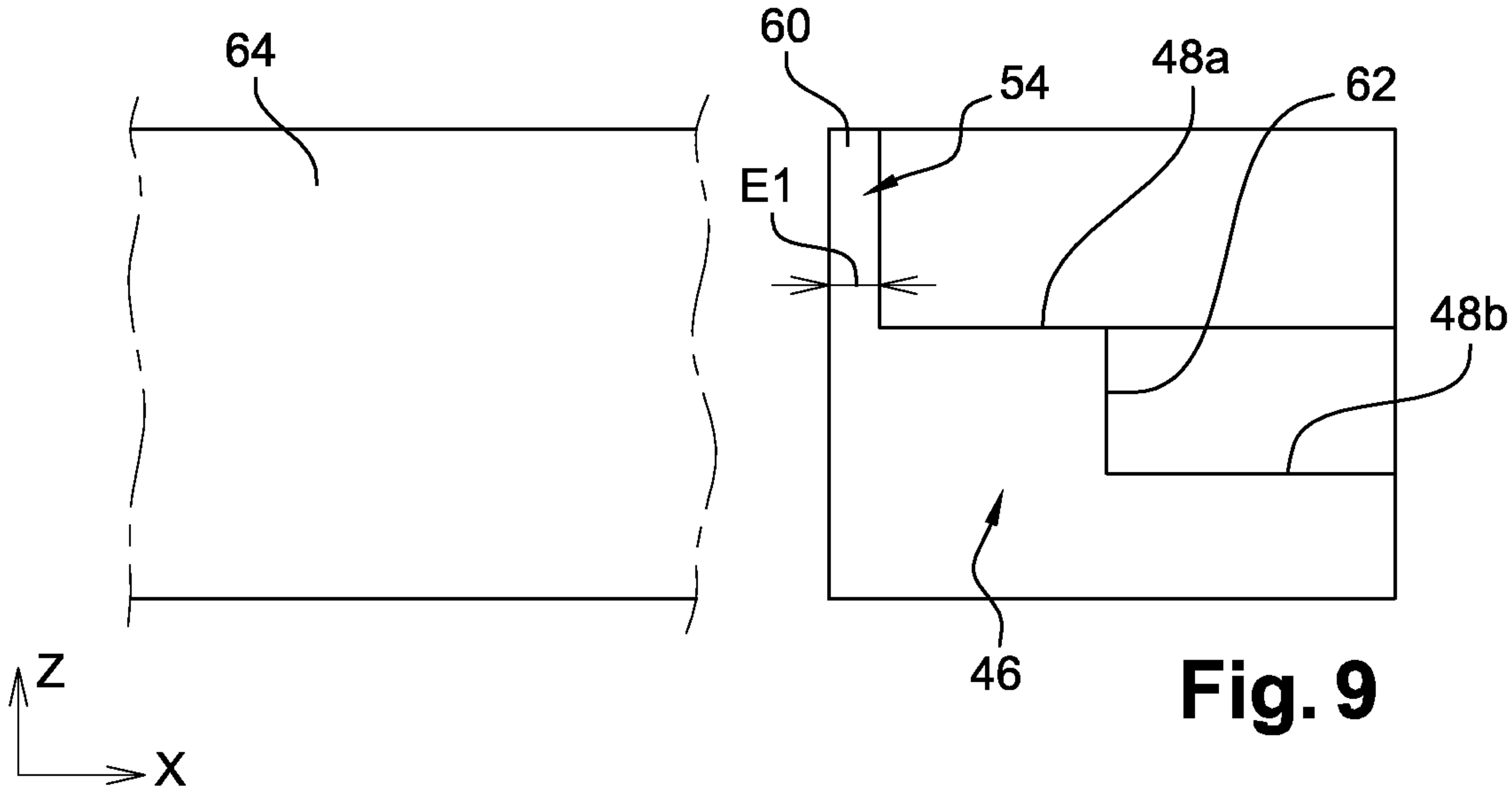
**Fig. 10**



**Fig. 11**



**Fig. 12**



**Fig. 9**