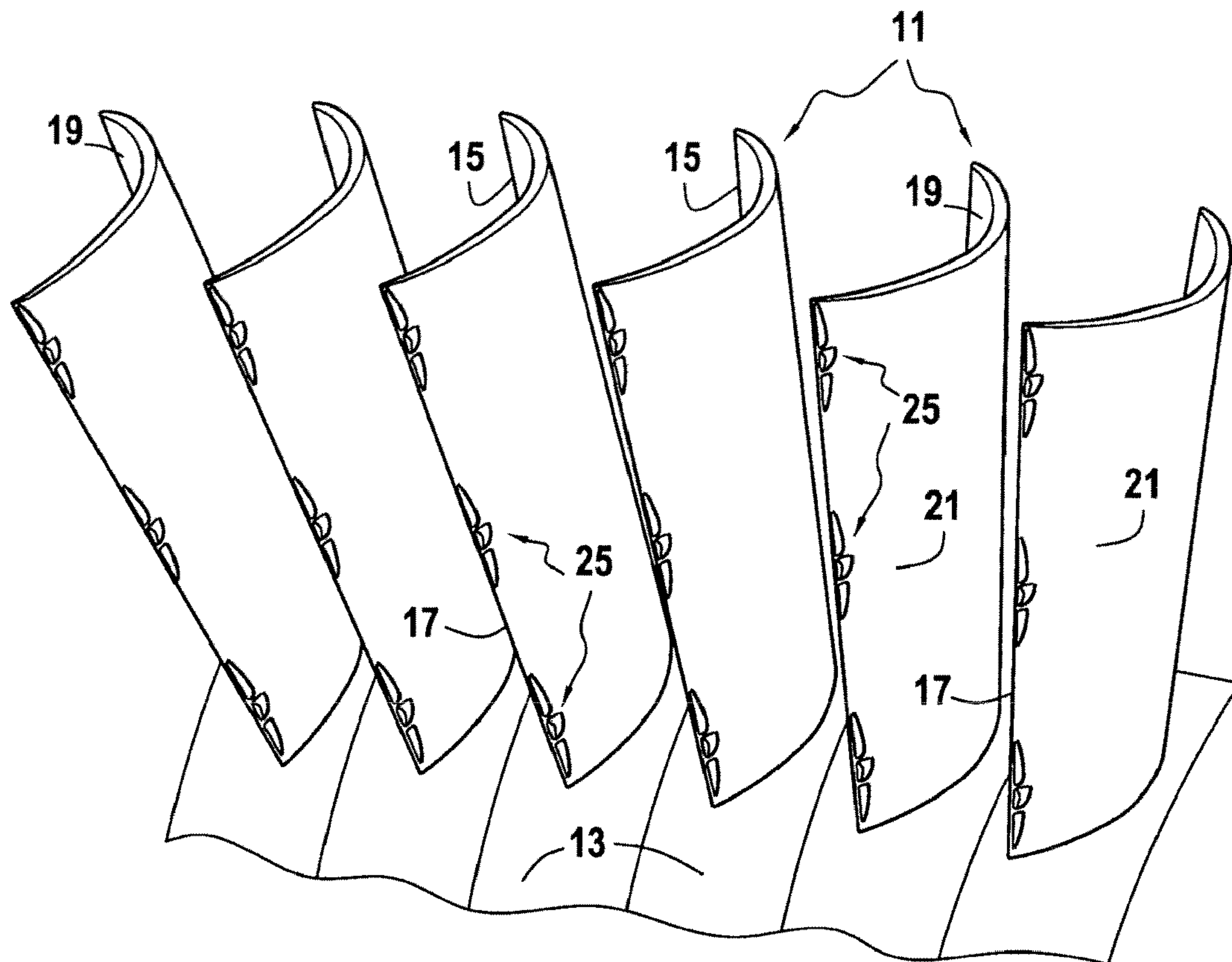




(86) **Date de dépôt PCT/PCT Filing Date:** 2009/10/06  
 (87) **Date publication PCT/PCT Publication Date:** 2010/04/22  
 (45) **Date de délivrance/Issue Date:** 2017/01/17  
 (85) **Entrée phase nationale/National Entry:** 2011/04/07  
 (86) **N° demande PCT/PCT Application No.:** FR 2009/051897  
 (87) **N° publication PCT/PCT Publication No.:** 2010/043798  
 (30) **Priorité/Priority:** 2008/10/13 (FR0856903)

(51) **Cl.Int./Int.Cl. F01D 5/14** (2006.01)  
 (72) **Inventeur/Inventor:**  
 ROUTIER, PASCAL, FR  
 (73) **Propriétaire/Owner:**  
 SNECMA, FR  
 (74) **Agent:** GOUDREAU GAGE DUBUC

(54) **Titre : AUBE DE TURBINE A PERFORMANCES AERODYNAMIQUES AMELIOREES**  
 (54) **Title: TURBINE BLADE WITH IMPROVED AERODYNAMIC PERFORMANCE**



(57) **Abrégé/Abstract:**

Selon l'invention, une ou plusieurs protubérances (25) sont prévues sur l'aube de turbine, côté extrados (21) au voisinage de son bord de fuite (17). De telles protubérances permettent de réduire la zone de décollement au voisinage de la surface de l'aube, responsable de perturbations affectant le rendement de la turbine.

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

(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale  
**WO 2010/043798 A1**

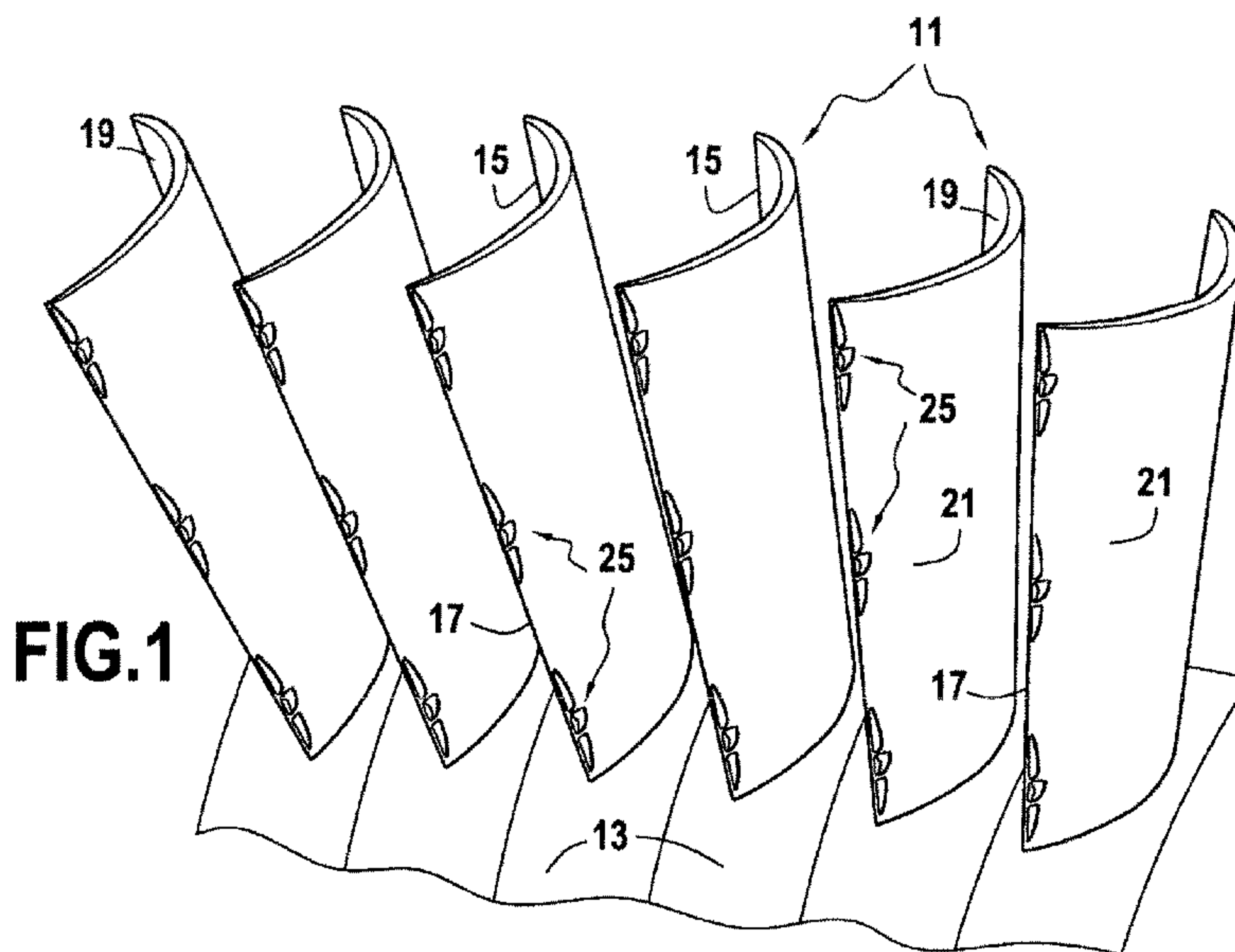
(43) Date de la publication internationale  
22 avril 2010 (22.04.2010)

- (51) Classification internationale des brevets :  
*F01D 5/14* (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/FR2009/051897
- (22) Date de dépôt international :  
6 octobre 2009 (06.10.2009)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :  
0856903 13 octobre 2008 (13.10.2008) FR
- (71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :  
SNECMA [FR/FR]; 2, boulevard du Général Martial  
Valin, F-75015 Paris (FR).
- (72) Inventeur; et
- (75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : **ROUTIER,  
Pascal** [FR/FR]; 123, impasse de la Motte, F-77350 Le  
Mee sur Seine (FR).
- (74) Mandataires : **BARBIN LE BOURHIS, Joël** et al.;  
Cabinet Beau de Lomenie, 158, rue de l'Université,  
F-75340 Paris Cedex 07 (FR).
- (81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre  
de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM,  
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ,  
CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO,  
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,  
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP,  
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,  
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,  
NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD,  
SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT,  
TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre  
de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,  
GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM,  
ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ,  
TM), européen (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, SE, SI, SK, SM,  
TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW,  
ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- Publiée :  
— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : TURBINE BLADE WITH IMPROVED AERODYNAMIC PERFORMANCE

(54) Titre : AUBE DE TURBINE A PERFORMANCES AERODYNAMIQUES AMELIOREES



(57) Abstract : According to the invention, one or more projections (25) are formed on the turbine blade on the suction side (21) thereof in the vicinity of the trailing edge (17) thereof. Such protrusions reduce the separation area in the vicinity of the blade surface, which is responsible for the interference affecting the turbine yield.

(57) Abrégé : Selon l'invention, une ou plusieurs protubérances (25) sont prévues sur l'aube de turbine, côté extrados (21) au voisinage de son bord de fuite (17). De telles protubérances permettent de réduire la zone de décollement au voisinage de la surface de l'aube, responsable de perturbations affectant le rendement de la turbine.

**WO 2010/043798 A1** 

---

- *avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues (règle 48.2.h)*

## **Aube de turbine à performances aérodynamiques améliorées**

L'invention se rapporte à une aube de turbine, notamment une aube de roue mobile de turbine basse pression d'un turboréacteur d'avion, dont la tenue aérodynamique est améliorée pour éviter des "décollements" de la couche limite du flux d'air par rapport à la surface de l'aube, principalement à l'arrière de la région d'extrados.

Dans la conception de nouvelles formes d'aubes de turbine, notamment les aubes mobiles équipant la roue d'un même étage de la turbine, on recherche à augmenter les performances en modifiant certains paramètres structurels. Notamment, pour réduire le poids de la turbine, l'une des solutions consiste à diminuer le nombre d'aubes, ce qui implique de redessiner les profils d'aube pour respecter les angles de sortie et pour compenser autant que faire se peut, la perte de rendement.

Dans cette démarche, il est possible de mettre en évidence des risques de "décollement" nuisible de l'air entraîné, en extrados. Ces perturbations tourbillonnaires qui prennent naissance au voisinage de certaines zones de l'aube, en extrados, sont très coûteuses en performance. L'invention permet d'atténuer ces phénomènes de décollement.

Plus particulièrement, l'invention concerne une aube de turbine, caractérisée en ce qu'elle comporte au moins une protubérance au voisinage de son bord de fuite, côté extrados.

Pour la détermination de l'emplacement d'une telle protubérance le long du bord de fuite, on procède à partir d'une représentation de la zone de décollement côté extrados (cette représentation peut s'obtenir par le calcul) et on choisit de placer une telle protubérance au voisinage de la zone de perturbation maximum telle que déterminée sans cette protubérance.

En procédant de la sorte, il est généralement de règle de placer au moins une protubérance précitée sensiblement à mi-hauteur du bord de fuite.

D'autres protubérances peuvent être avantageusement placées au voisinage de l'extrémité radiale interne dudit bord de fuite et/ou au voisinage de l'extrémité radiale externe dudit bord de fuite.

Généralement, les calculs aboutissent à placer plusieurs protubérances précitées réparties le long du tiers radial externe dudit bord de fuite.

5 La forme d'une telle protubérance est de préférence globalement celle d'un plot arrondi faisant saillie à la surface de l'extrados avec raccordement lisse à celle-ci.

Préférentiellement, une section médiane de la protubérance, perpendiculaire au bord de fuite, aura la forme d'une demi-onde avec raccordement lisse à la surface d'extrados.

10 Selon un mode de réalisation, une autre section de ladite protubérance perpendiculaire à ladite section médiane aura la forme d'une ondulation présentant un extrémité central et des ondes latérales amorties. Autrement dit, vu selon cette section, ladite protubérance est semblable à la forme d'onde provoquée à la surface plane d'un liquide par  
15 la chute d'une goutte de liquide, cette forme d'onde n'étant pas cependant isomorphe circonférentiellement autour du point central.

L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages de celle-ci apparaîtront plus clairement à la lumière de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en référence aux dessins  
20 annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une vue partielle en perspective d'une roue de rotor de turbine munie d'aubes conformes à l'invention ;

- la figure 2 est une coupe partielle de l'aube, illustrant le profil d'une protubérance conforme à l'invention ;

25 - la figure 3 est une coupe partielle dans un autre plan illustrant le profil de ladite protubérance ;

- la figure 3A est une vue analogue à la figure 3 illustrant une variante ; et

30 - la figure 4 est une vue schématique illustrant une étape de la méthode de détermination du nombre et des emplacements des protubérances le long du bord de fuite.

La figure 1 représente plusieurs aubes 11 de rotor, en l'occurrence des aubes mobiles orientées globalement radialement à la périphérie d'un disque rotatif 13. Classiquement, chaque aube, d'une  
35 certaine épaisseur évolutive d'avant en arrière est incurvée entre un bord d'attaque 15 et un bord de fuite 17. La partie concave ou intrados 19 est

lisse. La partie convexe ou extradados 21 est lisse sur la plus grande partie de sa surface à l'exception, selon l'invention, de quelques protubérances 25 distribuées au voisinage et le long du bord de fuite 17. De façon générale, une telle protubérance 25 a de préférence globalement la forme d'un plot arrondi faisant saillie à la surface de l'extrados 21 avec  
5 raccordement lisse à celle-ci.

Préférentiellement, le profil de la section de la protubérance, perpendiculairement à la surface de l'extrados au point où elle se trouve, évolue entre les formes illustrées aux figures 2 et 3.

10 Ainsi, comme le montre la figure 2, une section médiane de ladite protubérance 25 faite perpendiculairement au bord de fuite 17 a la forme d'une simple demi-onde avec raccordement lisse à la surface d'extrados 21. On remarque que la pente de cette demi-onde est plus faible vers l'avant que vers l'arrière. Selon cette section, la protubérance  
15 vient se raccorder avec continuité au bord de fuite.

En revanche, si on considère une autre section de la même protubérance perpendiculaire à la précédente, c'est-à-dire parallèlement au bord de fuite comme représenté figure 3, on note que celle-ci a une forme plus complexe, à savoir une ou plusieurs ondulations présentant un  
20 extrémité central 27 et des ondes latérales amorties 28. Sur la variante de la figure 3A, on voit que la section de la protubérance 25 comporte plusieurs ondulations amorties de part et d'autre de l'extrémité. Comme mentionné précédemment, cette section est comparable à l'onde provoquée à la surface calme d'un liquide par la chute d'une goutte de  
25 liquide. Si on "tourne" autour de la protubérance, on passe d'une section à l'autre, avec continuité, en un quart de tour.

La forme préférentielle de la protubérance étant ainsi définie, on va maintenant décrire les emplacements de telles protubérances et la façon de déterminer ces emplacements.

30 La figure 4 représente schématiquement et de gauche à droite les différentes phases du positionnement des protubérances sur une aube 11 vue selon la surface d'extrados 21. La partie grisée représente la zone dite "de décollement" 30 du côté de l'extrados et au voisinage du bord de fuite.

35 On voit que sans protubérance, cette zone de décollement 30 s'étend sur pratiquement toute la hauteur de l'aube à partir du bord de

fuite, avec un maximum de largeur sensiblement à mi-hauteur. L'analyse de cette forme conduit à placer une première protubérance 25a au voisinage de la zone de perturbations maximum, c'est-à-dire à mi-hauteur de l'aube, près du bord de fuite. Le résultat de cette première simulation, non représentée, fait apparaître une diminution de la surface de perturbation à mi-hauteur mais des perturbations persistantes aux extrémités radiales, interne et externe. Ceci conduit à placer une autre protubérance 25b au voisinage de l'extrémité radiale interne du bord de fuite et/ou au voisinage de l'extrémité radiale externe 25c du bord de fuite. Ainsi, par exemple, la disposition de trois protubérances, comme indiqué, qui correspond aussi au mode de réalisation visible sur la figure 1, aboutit à réduire la largeur de la zone de perturbations ou zone de décollement sur pratiquement toute la hauteur radiale de l'aube avec cependant une zone de perturbation prononcée persistance entre la protubérance centrale et la protubérance extérieure.

On constate que, conformément à la méthode mise au point dans le cadre de l'invention, le fait de placer une quatrième protubérance 25d le long du tiers radial externe du bord de fuite entre la protubérance centrale 25a et la protubérance extérieure 25c aboutit à réduire cette dernière zone de décollement.

## REVENDEICATIONS

5 1. Aube de rotor de turbine, présentant un intrados lisse, un extradados, et un bord de fuite, dans laquelle l'extrados est lisse sur la plus grande partie de sa surface à l'exception de protubérances distribuées le long du bord de fuite et au bord de fuite.

10 2. Aube de rotor de turbine selon la revendication 1, dans laquelle l'emplacement desdites protubérances le long dudit bord de fuite est choisi au voisinage d'une zone de décollement maximum, calculée sans lesdites protubérances.

15 3. Aube de rotor de turbine selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, comportant une protubérance située sensiblement à mi-hauteur dudit bord de fuite.

20 4. Aube de rotor de turbine selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, comportant une protubérance au voisinage de l'extrémité radiale interne dudit bord de fuite.

5. Aube de rotor de turbine selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, comportant une protubérance au voisinage de l'extrémité radiale externe dudit bord de fuite.

25 6. Aube de rotor de turbine selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, comportant plusieurs protubérances réparties le long du tiers radial externe dudit bord de fuite.

30 7. Aube de rotor de turbine selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans laquelle une section médiane d'une protubérance perpendiculaire au bord de fuite a la forme d'une demi-onde avec raccordement lisse à la surface d'extrados.

35 8. Aube de rotor de turbine selon la revendication 7, dans laquelle la pente de la demi-onde est plus faible vers l'avant que vers l'arrière.

9. Aube de rotor de turbine selon l'une quelconque des revendications 7 et 8, dans laquelle une section de ladite protubérance perpendiculaire à ladite section médiane a la forme d'une ondulation présentant un extrémité central et des ondes latérales amorties.

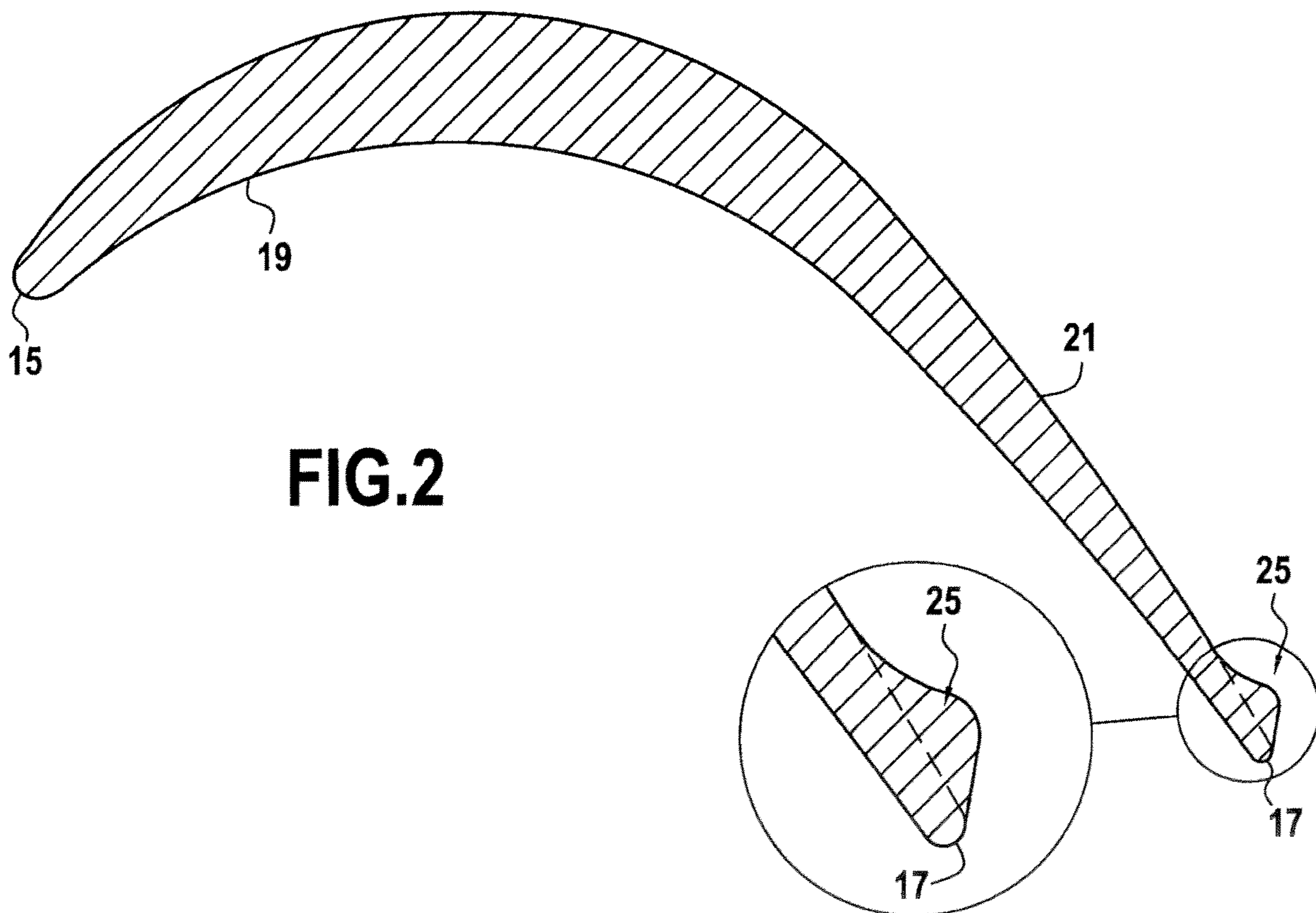
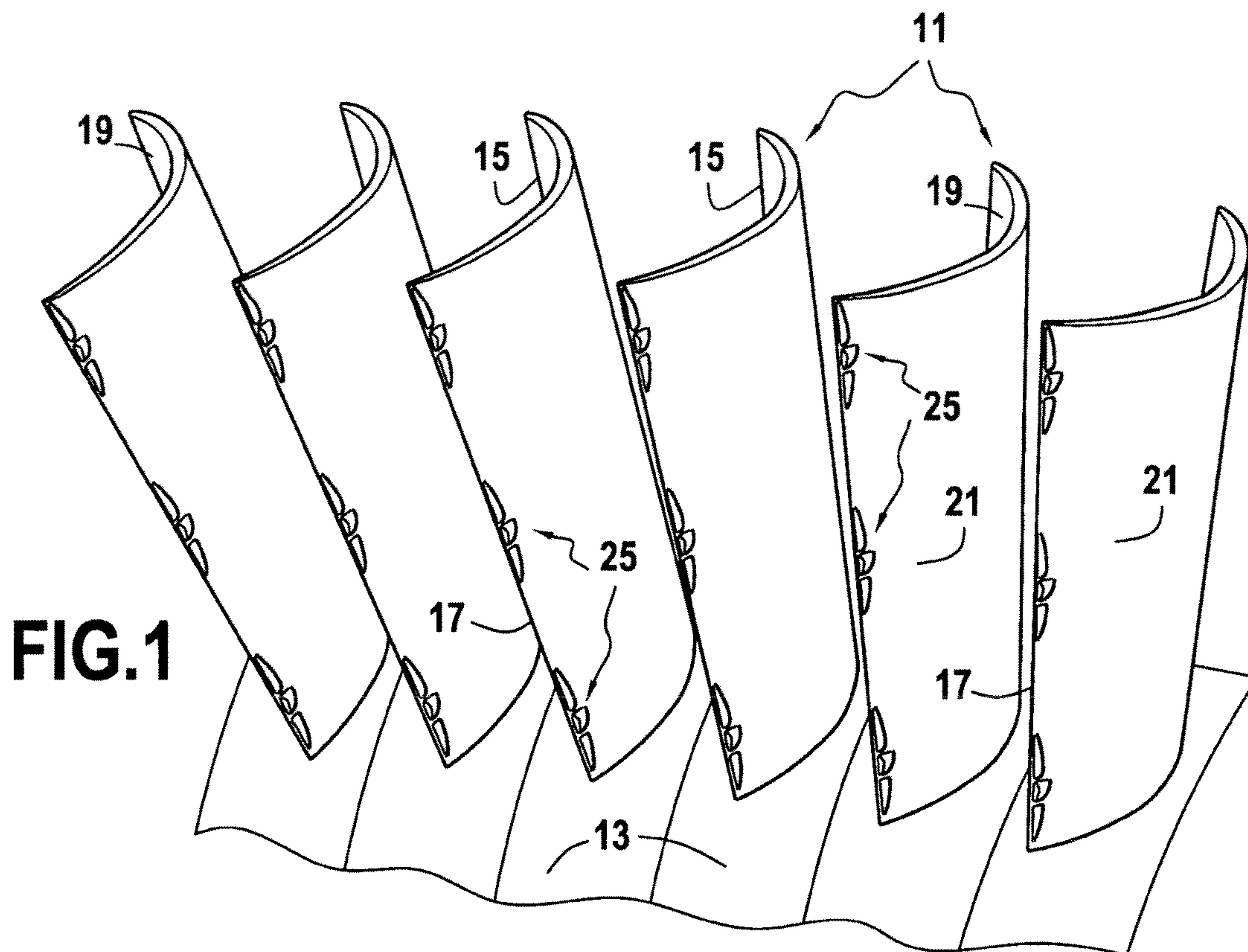
5

10. Aube de rotor de turbine selon l'une quelconque des 1 à 9, constituant une aube mobile.

10 11. Aube de rotor de turbine selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, dans laquelle lesdites protubérances ont globalement la forme d'un plot arrondi faisant saillie à la surface de l'extrados avec raccordement lisse à ladite surface de l'extrados.

15 12. Roue de turbine, équipée d'aubes selon l'une quelconque des revendications 1 à 11.

1/2



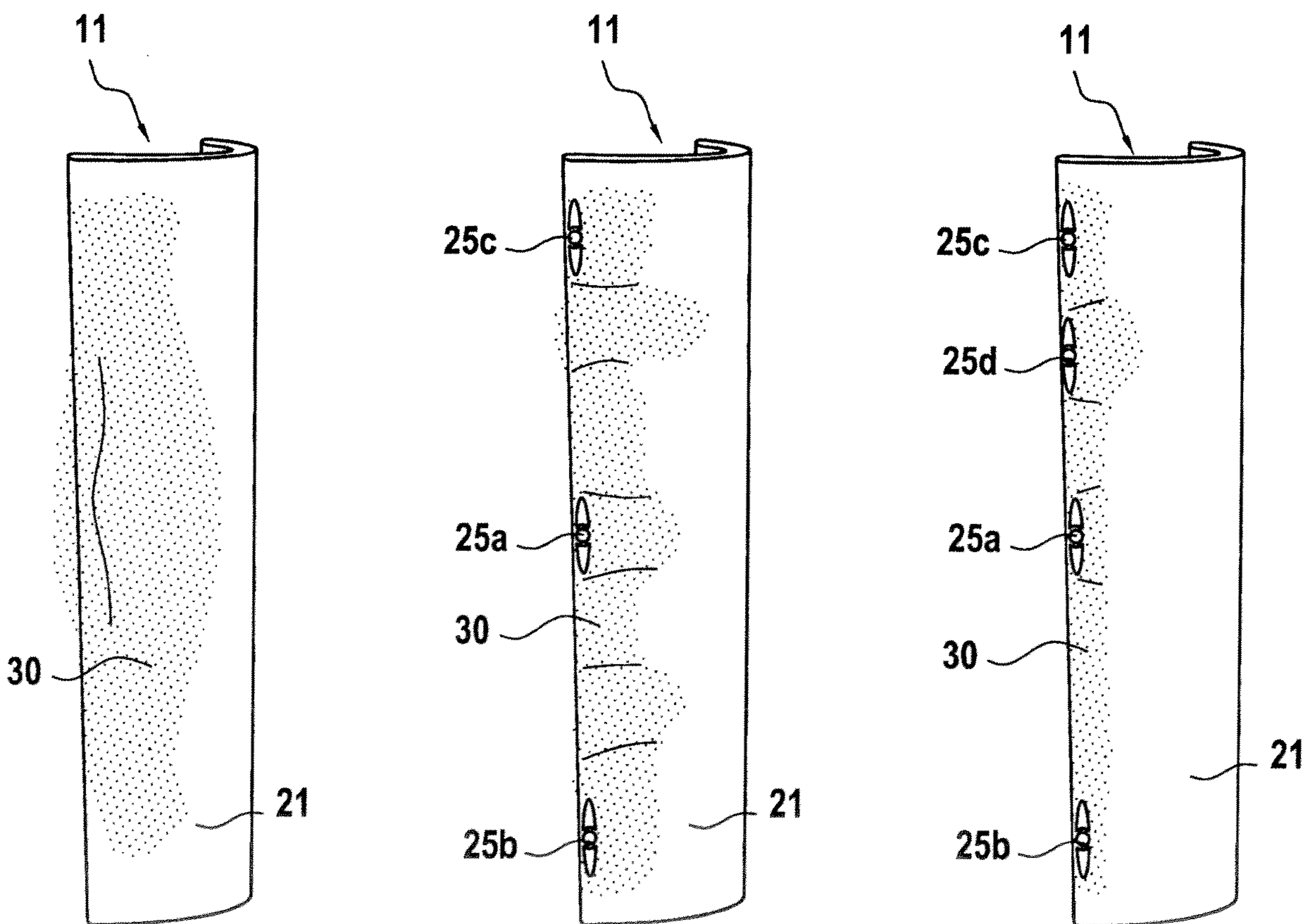
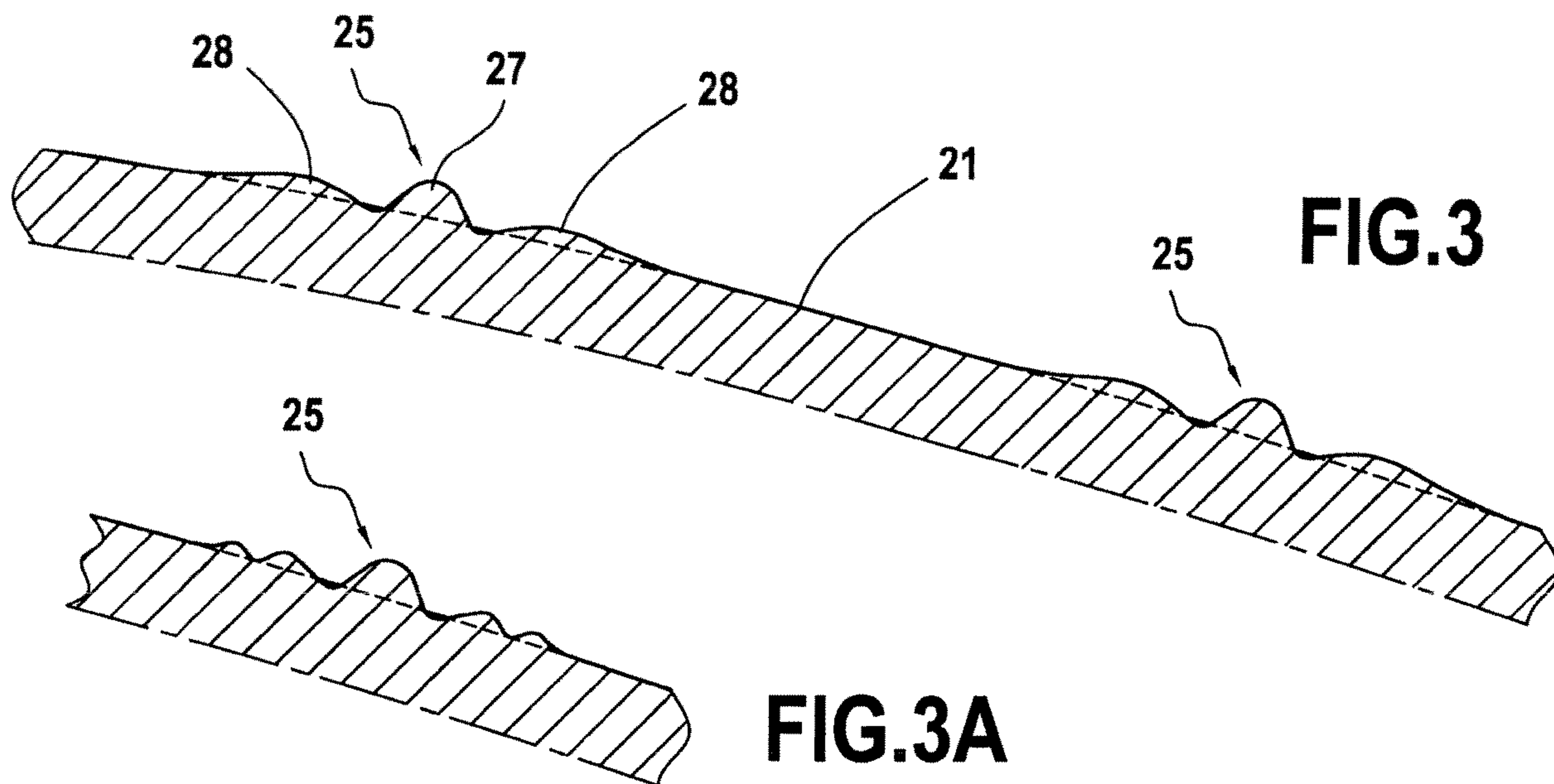


FIG. 4

