

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 24.11.16.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 25.05.18 Bulletin 18/21.

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

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : SAFRAN AIRCRAFT ENGINES
Société par actions simplifiée — FR.

72 Inventeur(s) : PUECH GUILLAUME JULIEN,
DUBOIS ULRICH VINCENT MAX, HEINRY PIERRE
YVES et VILLER THIBAUT MICHEL LUCIEN.

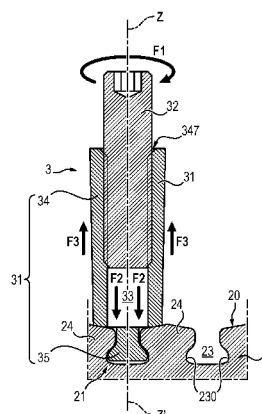
73 Titulaire(s) : SAFRAN AIRCRAFT ENGINES Société
par actions simplifiée.

74 Mandataire(s) : REGIMBEAU.

54 DISPOSITIF DE SIMULATION DE L'ACCELERATION CENTRIFUGE APPLIQUEE A AU MOINS UNE AUBE DE
ROTOR D'UNE TURBOMACHINE AERONAUTIQUE.

57 L'invention concerne un dispositif de simulation de
l'accélération centrifuge appliquée à au moins une aube de
rotor d'une turbomachine aéronautique.

Ce dispositif est remarquable en ce qu'il comprend au
moins un disque de rotor (2) comprenant une jante dans la-
quelle sont formées une pluralité d'alvéoles (23) délimitées
par deux dents latérales (24) et au moins une éprouvette (3)
de simulation qui comprend une vis (32), une entretoise (33)
et une fausse aube (31), en ce que ladite fausse aube com-
prend un alésage (347), taraudé sur au moins une partie de
sa longueur et en ce que ladite fausse aube, la vis et l'entre-
toise sont configurées et disposées de façon que lorsque
l'on visse la vis à l'intérieur de l'alésage taraudé, alors que
le pied (35) de ladite fausse aube est engagé dans l'alvéole
du disque, la vis vienne en butée contre ladite entretoise et
presse celle-ci contre les deux dents latérales situées de
part et d'autre de ladite alvéole du disque de rotor et que
ceci provoque le déplacement de la fausse aube vers l'exté-
rieur du disque.



DOMAINE TECHNIQUE GENERAL

L'invention se situe dans le domaine de la mesure de la perméabilité du circuit de ventilation d'une turbomachine aéronautique, notamment d'une turbine, par exemple une turbine basse pression.

L'invention concerne également un dispositif de simulation de l'accélération centrifuge appliquée à une aube de rotor d'une turbomachine aéronautique.

ETAT DE L'ART

La connaissance de la perméabilité des différents circuits de ventilation d'une turbomachine est essentielle pour assurer son bon fonctionnement et pour optimiser son rendement. Ces circuits de ventilation assurent notamment le refroidissement de la turbomachine, la pressurisation des enceintes huile et l'équilibre axial de la turbomachine.

De plus, les prélèvements d'air qui alimentent ces circuits de ventilation ont une influence directe sur la performance de la turbomachine. Ainsi, un prélèvement trop important pénalise la performance de la turbomachine tandis qu'un prélèvement sous dimensionné entraîne des problèmes de refroidissement, de pressurisation, etc...

Afin d'optimiser les débits de ces prélèvements d'air, il est nécessaire de mesurer la perméabilité des circuits de ventilation en effectuant des essais.

Ces essais de perméabilité sont réalisés sur un banc d'essai qui permet d'alimenter le circuit de ventilation à tester, avec un flux d'air. La perméabilité du système à tester (par exemple une turbomachine) est ainsi caractérisée pour différentes valeurs du rapport des pressions entre l'alimentation d'air et la sortie d'air du système, et ce en augmentant le débit d'entrée d'air.

Pour mémoire, une turbomachine comprend un disque de rotor, entraîné en rotation par un arbre rotatif, ce disque comprenant une jante périphérique dans laquelle sont formées des alvéoles de fixation des pieds des aubes. Pour permettre leur fixation, l'alvéole et le pied d'aube ont des formes complémentaires, le pied d'aube étant traditionnellement mis en place par déplacement axial dans l'alvéole, de manière à être retenu radialement.

Sur la figure 1 jointe, on peut voir à titre d'exemple le schéma d'un circuit de ventilation d'une turbine basse pression. Les aubes du rotor portent la référence R et celles du stator, la référence S.

5 L'air du circuit de ventilation circule par les différents orifices structurels qui existent dans la turbine, par exemple les lunules L (flèches i) ou les passages PA sous les pieds P des aubes R du rotor (flèches j).

On constate également que l'air s'échappe via des petits jeux existants entre les différentes pièces, de sorte qu'il existe des fuites.

10 Dans le cas particulier d'une turbine, on a pu constater l'existence de fuites d'air à proximité du pied de chaque aube du rotor.

Sur la figure 2 jointe, on peut ainsi voir une partie d'un disque D de rotor muni d'une alvéole A de réception du pied d'une aube R de rotor. L'air circule sous le pied d'aube puis s'échappe (sous forme de fuites d'air) entre les portées de l'alvéole A et le pied P de l'aube R (voir flèches k).

15 Pour être précise, la caractérisation de la perméabilité nécessite d'être représentative des sections de passage des différents orifices structurels mais également des passages de fuites.

Par ailleurs, cette caractérisation doit également tenir compte des conditions réelles de fonctionnement. Ainsi, lorsque la turbomachine fonctionne, 20 le disque de rotor est entraîné en rotation et les aubes R sont soumises à l'accélération centrifuge qui tend à les entraîner radialement vers l'extérieur, c'est-à-dire vers le haut de la figure 2, ce qui peut avoir une incidence sur la circulation d'air.

Or, l'accélération centrifuge est complexe à mettre en œuvre tout 25 en permettant la réalisation des mesures demandées. Il est donc nécessaire de simuler l'accélération centrifuge. Pour cela, chaque disque de turbine testé doit être équipé de ses aubes, sous un chargement représentatif de l'accélération centrifuge subie pour s'assurer de la représentativité des sections du passage sous le pied P de l'aube et des passages de fuite latéraux entre le col du pied et le 30 disque.

Une solution technique pourrait consister à placer un disque de rotor muni de l'ensemble de ses aubes sur un dispositif qui permettrait de tirer axialement sur l'extrémité libre de chaque aube, afin de simuler l'accélération centrifuge subie par celle-ci.

35 Toutefois, cette solution technique n'est pas envisageable pour un certain nombre de raisons :

- elle supposerait d'utiliser de vraies aubes qui risqueraient d'être endommagées, notamment au niveau de leurs pieds qui sont fragiles,
- 5 - elle supposerait également d'utiliser une structure de traction disposée tout autour des aubes positionnées sur le disque du rotor, or cette structure de traction, qui ressemblerait un peu à la jante d'une roue de vélo, risquerait de se déformer de façon non-uniforme ; en conséquence, l'accélération centrifuge à appliquer à chaque aube serait complexe à régler,
- 10 - et que dès que l'on tirerait sur une aube, il existerait un risque d'en détendre une autre, (effet rayons de roue de vélo),
- il serait difficile de réaliser la traction de différents étages d'aubes simultanément,
- 15 - enfin, le dispositif permettant de réaliser ces tractions à la périphérie des aubes devrait être de très grandes dimensions.

On connaît également d'après le document FR 2 963 425, un dispositif de simulation comprenant un bâti, une éprouvette simulant un pied d'aube d'une turbomachine aéronautique, une contre-éprouvette simulant une alvéole d'un disque de rotor de turbomachine et enfin des moyens de traction

20 permettant de tirer sur au moins l'une des extrémités de l'éprouvette ou de la contre-éprouvette, afin de simuler les forces subies par l'aube lors de l'utilisation de la turbomachine.

Toutefois, un tel dispositif n'est pas utilisable dans l'application envisagée.

25 En effet, il est nécessaire de réaliser l'essai sur une turbomachine assemblée (utilisation des pièces moteur pour les disques, anneau laby,...etc). Le dispositif décrit dans FR 2 963 425 ne permet d'appliquer un effort que sur une seule fausse aube. Si on devait le réaliser pour chaque aube d'un étage de turbomachine, on se retrouverait dans la situation décrite précédemment du

30 montage en roue de vélo. De plus, si on devait appliquer l'effort via un vérin pour chaque aube, il faudrait alors plusieurs centaines de vérins et l'installation serait monumentale.

PRESENTATION DE L'INVENTION

35 L'invention a pour but de proposer un dispositif de simulation qui soit représentatif d'un disque de rotor d'une turbomachine, équipé d'au moins

l'une de ses aubes et de préférence de l'ensemble de celles-ci, dans ses conditions de fonctionnement, c'est-à-dire soumis à l'accélération centrifuge (ou à une partie de l'accélération centrifuge), et qui permette de réaliser les mesures de perméabilité précédemment décrites, tout en s'affranchissant des
5 inconvénients précités de l'état de la technique.

A cet effet, l'invention concerne un dispositif de simulation de l'accélération centrifuge appliquée à au moins une aube de rotor d'une turbomachine aéronautique.

Conformément à l'invention, ce dispositif comprend au moins un
10 disque de rotor et au moins une éprouvette de simulation d'une aube de rotor d'une turbomachine, ladite éprouvette comprend une pièce de simulation d'aube, dite "fausse aube", une vis et une entretoise, ladite fausse aube comprend un corps et une extrémité de fixation ayant la forme d'un pied d'aube, le disque de rotor comprenant une jante périphérique dans laquelle sont formées une
15 pluralité d'alvéoles qui débouchent à la surface extérieure de ladite jante, chaque alvéole étant délimitée par deux dents latérales et conformée pour recevoir l'extrémité de fixation de ladite fausse aube, ladite fausse aube comprend un alésage taraudé sur au moins une partie de sa longueur, ce taraudage correspondant au filetage de ladite vis, et la fausse aube, la vis et
20 l'entretoise sont configurées et disposées les unes par rapport aux autres de façon que lorsque l'on visse la vis à l'intérieur de l'alésage taraudé, alors que l'extrémité de fixation de ladite fausse aube est engagée dans l'alvéole du disque, la vis vienne en butée contre ladite entretoise et presse celle-ci contre les deux dents latérales situées de part et d'autre de ladite alvéole du disque de
25 rotor et que ceci provoque le déplacement de la fausse aube vers l'extérieur du disque, de manière à simuler une accélération centrifuge appliquée à ladite fausse aube.

Grâce à ces caractéristiques, ce dispositif permet de simuler l'accélération centrifuge qui serait appliquée sur les aubes pendant la rotation
30 du rotor, et ce, de façon très simple à mettre en œuvre, puisque réalisée par un simple vissage avec une éprouvette de faible encombrement. Ce dispositif de simulation permet ensuite de réaliser les mesures de perméabilité précitées.

Selon d'autres caractéristiques avantageuses et non limitatives de l'invention, prises seules ou en combinaison :

35 - l'extrémité de fixation a la forme d'un pied d'aube comprenant deux faces latérales opposées ayant chacune la forme d'un lobe, les deux lobes

se rejoignant en un col et l'alvéole du disque de rotor présente sur chacune de ses deux faces latérales intérieures opposées, une cavité de maintien ayant une forme correspondante à celle de l'un desdits lobes, de façon que l'extrémité de fixation puisse être reçue dans ladite alvéole ;

5 - chaque lobe s'étend sur toute la longueur de l'extrémité de fixation ;

 - le corps de la fausse aube comprend une face proximale et une face distale, la face proximale joignant ledit col et étant plus large que celui-ci, l'alésage de la fausse aube étant ménagé dans ledit corps et comprenant une
10 portion distale taraudée qui débouche sur la face distale du corps et une portion proximale non taraudée qui débouche sur la face proximale du corps de part et d'autre du col de l'extrémité de fixation, ladite entretoise étant dimensionnée pour pouvoir être reçue dans ledit alésage et coulisser dans sa portion proximale, de sorte que lorsque l'on visse la vis à l'intérieur de la portion distale taraudée,
15 alors que l'extrémité de fixation de ladite fausse aube est engagée dans l'alvéole du disque, la vis vienne en butée contre ladite entretoise et presse la face proximale de celle-ci contre les deux dents latérales situées de part et d'autre de ladite alvéole du disque de rotor et que ceci provoque le déplacement de la fausse aube vers l'extérieur du disque, de manière à simuler une accélération
20 centrifuge appliquée à ladite fausse aube ;

 - l'alésage taraudé est ménagé à l'intérieur de l'extrémité de fixation selon l'axe du col et débouche à l'extérieur sur la face distale dudit col, ladite vis comprend une tige et une tête, ladite tige comprenant une portion proximale filetée et une portion distale non filetée s'étendant entre la portion
25 proximale et la tête, l'entretoise est traversée par un alésage non taraudé de passage de la tige de la vis, de sorte que lorsque l'on introduit la vis au travers de l'alésage de passage de l'entretoise puis qu'on la visse à l'intérieur de l'alésage taraudé, alors que l'extrémité de fixation de ladite fausse aube est engagée dans l'alvéole du disque, la tête de la vis vienne en butée contre ladite entretoise et
30 presse celle-ci contre les deux dents latérales situées de part et d'autre de ladite alvéole du disque de rotor et que ceci provoque le déplacement de la fausse aube vers l'extérieur du disque, de manière à simuler une accélération centrifuge appliquée à ladite fausse aube ;

 - le corps de ladite fausse aube comprend une gorge conformée
35 pour recevoir un jonc dudit disque de rotor et cette gorge s'étend dans un plan

parallèle à l'axe de vissage de la vis dans la fausse aube et débouche vers l'extrémité de fixation ;

- l'entretoise est réalisée dans un matériau de moindre résistance mécanique que le matériau constituant les dents latérales du disque.

5

PRESENTATION DES FIGURES

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront de la description qui va maintenant en être faite, en référence aux dessins annexés, qui en représentent, à titre indicatif mais non limitatif, deux modes de réalisation possibles.

10

Sur ces dessins :

- la figure 1 est une vue en coupe longitudinale d'une partie d'une turbomachine aéronautique comprenant un rotor et un stator,

15

- la figure 2 est une vue en coupe transversale d'une partie d'un disque de rotor et du pied d'une aube de ce rotor,

- la figure 3 est une vue en perspective représentant un mode de réalisation d'un dispositif conforme à l'invention de simulation de l'accélération centrifuge appliquée à au moins une aube d'un disque de rotor d'une turbomachine,

20

- la figure 4 est une vue en coupe transversale d'une partie du disque de rotor et d'une éprouvette de simulation d'une aube de rotor appartenant au dispositif représenté sur la figure 3, cette coupe étant réalisée selon le plan P perpendiculaire à l'axe X-X' de rotation dudit disque de rotor,

25

- la figure 5 est une vue en perspective et en transparence d'un premier mode de réalisation d'une éprouvette de simulation d'une aube de rotor conforme à l'invention,

- les figures 6 et 7 sont des vues en coupe de cette même éprouvette, prises respectivement selon les plans de coupe représentés par les lignes VI-VI et VII-VII sur la figure 5,

30

- la figure 8 est une vue en perspective d'un second mode de réalisation d'une éprouvette de simulation d'une aube de rotor conforme à l'invention,

- les figures 9 et 10 sont des vues en coupe de cette même éprouvette, prises selon les plans de coupe schématisés respectivement par les lignes IX-IX et X-X sur la figure 8,

35

- la figure 11 est une vue en coupe de l'éprouvette de simulation de la figure 8, prise selon le plan de coupe X-X, insérée dans une partie du disque de rotor,

- la figure 12 est une vue en coupe et agrandie de l'éprouvette de la figure 11, prise selon le plan de coupe représenté par la ligne XII-XII, et

- la figure 13 est une vue en coupe agrandie de l'éprouvette de la figure 5, prise selon le plan de coupe représenté par la ligne XIII-XIII.

DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

Sur la figure 3, on peut voir un dispositif 1 de simulation de l'accélération centrifuge appliquée à une aube d'un disque de rotor d'une turbomachine, conforme à l'invention.

Ce dispositif 1 comprend de préférence un support 10, sur lequel est monté au moins un disque 2, ici par exemple trois disques superposés. Ces disques sont coaxiaux d'axe central X-X'. Le dispositif 1 comprend également une pluralité d'éprouvettes 3 de simulation d'une aube de rotor d'une turbomachine, ces éprouvettes étant fixées à la périphérie de chaque disque 2, comme cela sera décrit plus en détail ultérieurement.

A titre d'exemple purement illustratif, un disque 2 peut ainsi supporter environ cent cinquante éprouvettes 3.

Les éprouvettes 3 sont fixées sur le disque 2 de façon à s'étendre radialement par rapport à l'axe central X-X' de celui-ci.

De préférence, les disques 2 utilisés dans le dispositif de simulation 1 conforme à l'invention sont identiques à ceux utilisés dans le rotor d'une turbomachine aéronautique.

On notera que lorsque le disque 2 est utilisé dans une turbomachine aéronautique, l'axe X-X' constitue son axe de rotation. Dans le présent dispositif de simulation 1, le ou les disques 2 reste(nt) immobile(s).

Chaque disque 2 présente deux faces opposées, à savoir une face avant 21 et une face arrière 22, perpendiculaires à l'axe X-X', la face arrière 22 n'étant visible que sur la figure 11.

Le disque 2 comprend en outre une jante périphérique 20, dans laquelle sont formées des alvéoles de fixation 23, permettant la fixation des aubes par leurs pieds.

Chaque alvéole 23 est bordée par deux dents contigües 24, visibles sur la figure 4.

Chaque alvéole 23 s'étend selon un axe longitudinal parallèle à l'axe central X-X' du disque.

La forme de l'alvéole est complémentaire de celle du pied de l'aube qui doit y être fixée. Cette forme sera décrite plus en détail ultérieurement.

Un premier mode de réalisation d'une éprouvette 3 conforme à l'invention va maintenant être décrit en faisant référence aux figures 4 à 7.

L'éprouvette 3 comprend trois pièces, à savoir une pièce de simulation d'aube 31, dite « fausse aube », une vis 32 et une entretoise 33.

L'éprouvette 3 est longitudinale et s'étend globalement selon un axe Z-Z' qui, lorsque l'éprouvette 3 est montée sur le disque 2, est perpendiculaire à l'axe X-X'. Cet axe Z-Z' correspond également à la direction selon laquelle s'exerce l'accélération centrifuge que l'on souhaite simuler.

La fausse aube 31 comprend un corps 34 qui se prolonge par une extrémité de fixation 35.

En outre, l'éprouvette 3 présente un plan de symétrie P1 passant par l'axe Z-Z' et qui s'étend dans le plan de coupe de la figure 7.

Le corps 34 présente sensiblement la forme d'un parallélépipède rectangle. Il comprend une face avant 341 et une face arrière opposée 342, le plan de symétrie P1 coupant ces deux faces, ainsi que deux faces latérales 343 qui joignent la face avant à la face arrière. En outre, le corps 34 présente également une face proximale 344, dénommé ainsi car située à proximité de l'extrémité de fixation 35 et une face distale 345 opposée. Les deux faces 344 et 345 sont perpendiculaires à l'axe Z-Z'.

La face avant 341 présente un décrochement qui définit un épaulement 3410. Cet épaulement partage la face avant 341 en deux parties, à savoir une face avant proximale 3411 et une face avant distale 3412. Cet épaulement sert principalement à augmenter la section de la fausse aube au niveau du filetage. La face 3412 est à la même cote axiale (selon X) que la vraie aube pour permettre son intégration.

Le corps 34 est plus large à son extrémité distale qu'à son extrémité proximale, et il présente une portion recourbée vers l'arrière qui définit par rapport à la partie principale du corps, une gorge 346. Cette gorge 346 s'étend dans un plan parallèle à celui des faces avant 341 et arrière 342 et débouche vers l'extrémité de fixation 35. L'axe longitudinal de la gorge 346 est perpendiculaire à l'axe Z-Z'.

Cette gorge 346 partage la face arrière 342 en une face arrière proximale 3421 et une face arrière distale 3422.

La gorge 346 permet de bloquer la fausse aube 31 sur un joint annulaire 25, porté par le disque 2 et visible uniquement sur la figure 11. La face
5 arrière proximale 3421 est également plaquée contre ce jonc.

L'extrémité de fixation 35 simule un pied d'aube de turbomachine. Dans le mode de réalisation illustré sur les figures 4 à 7, ce pied d'aube a une forme en queue d'aronde.

Plus précisément, cette extrémité 35 comprend un lobe 350 sur
10 chacune de ses deux faces latérales 351. Ces deux lobes 350 sont destinés à entrer en contact avec la surface intérieure de l'alvéole 23 ménagée dans le disque 2, comme on peut le voir sur la figure 4.

Chaque alvéole 23 présente deux faces latérales intérieures 230 se faisant face, une cavité de maintien de forme complémentaire de l'un des lobes
15 étant ménagée sur chaque face 230.

Les deux lobes 350 forment ainsi deux portées lors de la fixation de l'éprouvette 3 dans le disque 2, de manière à assurer une rétention longitudinale selon l'axe Z-Z', c'est-à-dire une rétention radiale par rapport au disque 2, dans les conditions réelles de fonctionnement.

20 L'extrémité de fixation 35 comprend en outre une face avant 352, de préférence plane, située dans le prolongement et dans le même plan que la face avant proximale 3411 du corps 34 et une face arrière opposée 353, de préférence plane, située dans le prolongement et dans le même plan que la face arrière proximale 3421 du corps 34. L'extrémité 35 comprend en outre une face
25 de préférence plane d'extrémité 354, parallèle à la face distale 345.

L'extrémité de fixation 35 joint le corps 34 au niveau d'une zone plus étroite 355 dénommée « col », qui présente vu de l'avant c'est-à-dire de la gauche de la figure 5, une largeur moindre que celle où sont situés les lobes 350.

Chaque lobe 350 s'étend sur toute la longueur de l'extrémité de
30 fixation 35. L'assemblage de la fausse aube 31 dans l'alvéole 23 du disque s'effectue par coulissement selon une direction parallèle à l'axe X-X' du disque 2.

Le corps 34 est percé par un alésage partiellement borgne 347 qui s'étend le long de l'axe Z-Z', depuis la face distale 345 sur laquelle il débouche,
35 jusqu'au col 355, comme on peut le voir sur la figure 7.

L'alésage 347 est « partiellement borgne » en ce sens que le perçage ne débouche pas sur la face d'extrémité 354 et ne s'étend pas jusqu'au niveau des lobes 350 mais s'arrête dans le col 355 comme on peut le voir sur la figure 7.

5 Toutefois, l'alésage 347 débouche sur la face proximale 344, de part et d'autre du col 355, comme on peut le voir sur la figure 13. En d'autres termes, les deux ouvertures 347a, 347b au niveau desquelles cet alésage 347 débouche sur la face proximale 344 du corps 34 de part et d'autre du col 355 ont la forme d'une portion de cercle. On notera que le diamètre de l'alésage 347 est
10 inférieur à la longueur du col 355 de section rectangulaire.

Par ailleurs, on notera que sur la figure 13, les deux bords longitudinaux 3550 du col 355 de section rectangulaire sont parallèles entre eux et parallèles à l'axe longitudinal X1-X'1 du col.

Toutefois, selon une variante non représentée sur les figures, ces
15 deux bords 3550 sont parallèles entre eux mais décalés légèrement angulairement par rapport à l'axe X1-X'1 avec lequel ils ne sont plus parallèles. Le col a alors la section d'un parallélogramme non rectangle. Ces bords 3550 ne sont alors pas parallèles aux deux faces latérales 343. Ceci est le cas lorsque les alvéoles 23 sont elles-mêmes désaxées par rapport à l'axe de rotation X-X' du
20 disque 2.

L'alésage 347 présente une portion distale 3471 taraudée et une portion proximale 3472 non taraudée. Le taraudage de la partie 3471 correspond à celui du filetage de la vis 32 qui peut ainsi y être vissée.

La vis 32 se présente ici sous la forme d'une tige cylindrique dont
25 au moins l'extrémité proximale 321 est filetée.

Dans ce mode de réalisation, la vis 32 ne présente pas de tête de vis. Toutefois elle pourrait. La manipulation de la vis se fait à l'aide d'une empreinte femelle 322 ménagée dans la face plane distale 323 de la vis 32.

Dans l'exemple représenté sur les figures, cette empreinte femelle
30 322 est hexagonale. Toutefois toute autre forme d'empreinte femelle pourrait être utilisée.

La tige de la vis 32 présente également une face proximale plane 324, opposée à la face distale 323.

Dans l'exemple de réalisation représenté sur les figures 4 à 7,
35 l'entretoise 33 est un cylindre dont le diamètre extérieur correspond au jeu près de coulissement au diamètre intérieur de l'alésage non taraudé 3472.

L'entretoise 33 présente une face distale plane 331 et une face plane proximale opposée 332.

Le fonctionnement du dispositif de simulation 1 selon l'invention est le suivant.

5 Les éprouvettes 3 sont montées sur le disque 2 en engageant l'extrémité de fixation 35 par coulisement dans l'alvéole 23 du disque 2. Ensuite, l'entretoise 33 est insérée dans l'alésage 347 puis la vis 32.

Comme on peut le voir sur la figure 4, le vissage de la vis 32 (flèche F1) autour de l'axe Z-Z' a pour effet de déplacer axialement la vis 32, 10 jusqu'à ce que sa face proximale 324 vienne en butée contre la face distale 331 de l'entretoise 33. Ce faisant, l'entretoise 33 est plaquée contre le disque 2.

La vis 32 est donc ici une vis de poussée.

La face proximale 332 de l'entretoise 33 vient en butée contre la face supérieure des deux dents 24 ménagées de part et d'autre de l'alvéole 23 15 dans laquelle la fausse aube est insérée (flèches F2). Ce mouvement est possible car l'alésage 347 débouche sur la face proximale 344 de part et d'autre du col 355 et qu'il se prolonge dans le col. La fausse aube 31 étant bloquée en rotation autour de l'axe Z-Z' (puisque son extrémité de fixation 35 est insérée dans l'alvéole 23 et que sa forme ne permet pas une telle rotation), le fait de 20 poursuivre le vissage de la vis 32 a pour effet de faire se déplacer vers l'extérieur du disque 2, c'est-à-dire vers le haut de la figure 4 (voir flèches F3), la fausse aube 31. La fausse aube 31 est guidée par le filetage 321 et le taraudage 3471 qui sont complémentaires.

Ce déplacement est équivalent à l'accélération centrifuge que 25 subirait l'aube. l'accélération centrifuge ainsi simulée est proportionnelle au couple de serrage appliqué par la vis 32.

Un second mode de réalisation de l'éprouvette de simulation, référencée 4, va maintenant être décrit en liaison avec les figures 8 à 12. Il 30 fonctionne avec le même disque 2 que celui précédemment décrit.

Comme l'éprouvette 3, l'éprouvette 4 comprend trois pièces, à savoir une fausse aube, une vis et une entretoise, référencées respectivement 41, 42 et 43.

La fausse aube 41 comprend un corps 44 et une extrémité de 35 fixation 45. Cette éprouvette diffère de la précédente en ce que le corps 44 est décalé à l'une des extrémités de l'extrémité de fixation 45.

L'extrémité de fixation 45 simule un pied d'aube de turbomachine en forme de queue d'aronde.

Elle comprend un lobe 450 sur chacune de ses deux faces latérales 451. Chaque lobe 450 s'étend sur toute la longueur de l'extrémité de fixation 45.

- 5 Les deux lobes 450 coopèrent avec la surface intérieure de l'alvéole 23 du disque 2 comme décrit précédemment pour l'éprouvette 3.

- L'extrémité de fixation 45 comprend en outre une face avant 452, une face arrière opposée 453 de préférence planes et une face plane proximale 454. L'extrémité de fixation 45 est plus étroite dans sa partie distale et forme un
10 col 455 qui se termine par une face plane distale 456.

L'extrémité de fixation 45 est percée par un alésage 457 qui s'étend depuis sa face distale 456 jusqu'à sa face proximale 454, le long d'un axe Z1-Z'1 perpendiculaire à ces deux faces. L'alésage 457 est débouchant, il pourrait toutefois être borgne du côté de la face 454.

- 15 L'alésage 457 est taraudé sur au moins une partie de sa longueur depuis la face distale 456.

L'éprouvette 4 présente un plan de symétrie P2 passant par l'axe Z1-Z'1 et qui s'étend dans le plan de coupe schématisé sur la figure 10 en coupant les faces avant 452 et arrière 453.

- 20 La partie principale 441 du corps 44 s'étend longitudinalement depuis la face distale 456 selon un axe Z2-Z'2 parallèle à Z1-Z'1. Le corps 44 présente également une partie 442 recourbée vers l'arrière qui définit par rapport à la partie principale du corps, une gorge 443. La gorge 443 s'étend dans un plan parallèle à celui des faces avant 452 et arrière 453 et débouche vers
25 l'extrémité de fixation 55. L'axe longitudinal de la gorge 443 est perpendiculaire à l'axe Z1-Z'1. Cette gorge sert à bloquer la fausse aube sur le jonc 25, comme cela est visible sur la figure 11.

La vis 42 comprend une tige cylindrique 420 et une tête de vis 421.

- La tête de vis 421 comprend une empreinte femelle 4210. Dans
30 l'exemple représenté sur les figures, cette empreinte femelle est hexagonale. Toutefois toute autre forme d'empreinte femelle pourrait être utilisée.

La tige 420 présente une portion proximale 4201 filetée et une portion distale 4202 non filetée. Le filetage de l'extrémité proximale 4201 correspond au taraudage de l'orifice 457.

- 35 L'entretoise 43 est une pièce de faible épaisseur plane, par exemple de forme carrée, qui présente une face plane proximale 431 et une face

plane distale 432 opposée. Elle est traversée de part en part par un alésage non taraudé 433 qui débouche sur les deux faces 431 et 432.

Le diamètre intérieur de l'alésage 433 correspond au jeu près au diamètre extérieur de l'extrémité distale 4202 non fileté.

5 Le fonctionnement de l'éprouvette 4 est le suivant.

Les éprouvettes 4 sont montées sur le disque 2 en engageant l'extrémité de fixation 45 par coulisement dans l'alvéole 23 du disque 2. Ensuite, la vis 42 est insérée dans l'entretoise 43, puis l'ensemble est positionné sur la fausse 41 de sorte que la vis 42 soit vissée dans l'alésage 457.

10 Comme on peut le voir sur la figure 12, le vissage de la vis 42 (flèche F4) autour de l'axe Z-Z' a pour effet de déplacer axialement la vis 42, jusqu'à ce que la tête de vis 421 vienne en butée contre l'entretoise 43 dont la face proximale 431 vient à son tour en butée contre la face supérieure des deux dents 24 ménagées de part et d'autre de l'alvéole 23 dans laquelle la fausse
15 aube est insérée (flèches F5).

La fausse aube 41 étant bloquée en rotation autour de l'axe Z1-Z'1 (puisque son extrémité de fixation 45 est insérée dans l'alvéole 23 et que sa forme ne permet pas une telle rotation), le fait de poursuivre le vissage de la vis 42 a pour effet de faire se déplacer vers l'extérieur du disque 2, c'est-à-dire vers
20 le haut de la figure 12 (voir flèche F6), la fausse aube 41. La fausse aube 41 est guidée dans son déplacement par le filetage 4202 et le taraudage de l'alésage 457.

La vis 42 est donc ici une vis de traction.

Ce déplacement est équivalent à l'accélération centrifuge que
25 subirait l'aube. L'accélération centrifuge ainsi simulée est proportionnelle au couple de serrage appliqué par la vis 42.

Dans les deux modes de réalisation précités, on notera que de préférence, l'entretoise 33 ou 43 est réalisée dans un matériau de moindre résistance mécanique, c'est-à-dire avec un module de Young plus faible
30 (caoutchouc par exemple) ou une limite élastique plus faible (par exemple l'aluminium), que le matériau constituant le disque 2 (par exemple l'acier), pour éviter le matage (c'est-à-dire une déformation plastique localisée sous l'effet d'une pression élevée) du disque 2 au niveau du point de contact avec l'entretoise 33.

35 D'autres modes de réalisation de l'éprouvette sont envisageables, dès lors que celle-ci comprend :

- une extrémité de fixation conformée pour être reçue dans une alvéole 23 du disque et empêcher la rotation de la fausse aube autour de son axe longitudinal,

- une fausse aube de géométrie simplifiée reprenant les interfaces
5 nécessaires à l'assemblage de celle-ci sur le disque,

- une vis et une entretoise et que le vissage de la vis a pour effet d'appliquer l'entretoise contre les deux dents latérales situées de part et d'autre de l'alvéole du disque en provoquant le déplacement de la fausse aube vers l'extérieur du disque.

10 Par ailleurs, le pied de l'aube pourrait également présenter une forme en « pied de sapin » avec deux lobes sur chacune de ses faces latérales, la forme de l'alvéole du disque étant adaptée en conséquence.

Le dispositif 1 présente de nombreux avantages énumérés ci-après.

Il permet de ne pas avoir à utiliser de vraies aubes et de ne pas
15 prendre le risque de les abîmer lors des tests. Il évite également d'abîmer les disques de rotor qui seront ensuite montés sur la turbomachine.

Il permet un réglage fin puisque la traction appliquée sur chaque éprouvette est unitaire, ce qui permet de réaliser des réglages en simulant des accélérations centrifuges différentes d'une aube à une autre.

20 Le montage est simple à mettre en œuvre. Il n'est pas nécessaire d'avoir des éléments de très grandes dimensions positionnés à l'extérieur d'un disque équipé de ses vraies aubes pour simuler la traction sur les aubes.

Il n'y a pas de mise au point à faire puisque le couple de serrage appliqué à la vis donne directement la traction équivalente exercée sur la fausse
25 aube.

Comme on peut le voir sur la figure 3, il est possible de réaliser plusieurs étages d'une turbomachine simultanément et donc de simuler un fonctionnement plus proche de la réalité.

Enfin, le dispositif est utilisable avec différents disques de rotor.
30 En fonction de la place disponible sur celui-ci, il est possible ainsi d'utiliser soit la première éprouvette 3, soit la seconde 4.

REVENDEICATIONS

1. Dispositif (1) de simulation de l'accélération centrifuge appliquée à au moins une aube de rotor d'une turbomachine aéronautique, caractérisé en ce qu'il comprend au moins un disque de rotor (2) et au moins une éprouvette (3, 4) de simulation d'une aube de rotor d'une turbomachine, en ce
5 que ladite éprouvette (3, 4) comprend une pièce de simulation d'aube (31, 41), dite "fausse aube", une vis (32, 42) et une entretoise (33, 43), en ce que ladite fausse aube (31, 41) comprend un corps (34, 44) et une extrémité de fixation (35, 45) ayant la forme d'un pied d'aube, en ce que le disque de rotor (2) comprenant une jante périphérique (20) dans laquelle sont formées une pluralité
10 d'alvéoles (23) qui débouchent à la surface extérieure de ladite jante, chaque alvéole (23) étant délimitée par deux dents latérales (24) et conformée pour recevoir l'extrémité de fixation (35, 45) de ladite fausse aube, en ce que ladite fausse aube (31, 41) comprend un alésage taraudé (347, 457) sur au moins une partie de sa longueur, ce taraudage correspondant au filetage de ladite vis (32, 42), et en ce que la fausse aube (31, 41), la vis (32, 42) et l'entretoise (33, 43)
15 sont configurées et disposées les unes par rapport aux autres de façon que lorsque l'on visse la vis (32, 42) à l'intérieur de l'alésage taraudé (347, 457), alors que l'extrémité de fixation (35, 45) de ladite fausse aube est engagée dans l'alvéole (23) du disque, la vis (32, 42) vienne en butée contre ladite entretoise
20 (33, 43) et presse celle-ci contre les deux dents latérales (24) situées de part et d'autre de ladite alvéole (23) du disque de rotor et que ceci provoque le déplacement de la fausse aube (31, 41) vers l'extérieur du disque (2), de manière à simuler une accélération centrifuge appliquée à ladite fausse aube.

2. Dispositif (1) selon la revendication 1, caractérisé en ce que
25 l'extrémité de fixation (35, 45) a la forme d'un pied d'aube comprenant deux faces latérales opposées (351, 451) ayant chacune la forme d'un lobe (350, 450), les deux lobes se rejoignant en un col (355, 455) et en ce que l'alvéole (23) du disque de rotor présente sur chacune de ses deux faces latérales intérieures opposées (230), une cavité de maintien ayant une forme correspondante à celle
30 de l'un desdits lobes (350, 450), de façon que l'extrémité de fixation puisse être reçue dans ladite alvéole.

3. Dispositif (1) selon la revendication 2, caractérisé en ce que chaque lobe (350, 450) s'étend sur toute la longueur de l'extrémité de fixation (35, 45).

4. Dispositif (1) selon la revendication 2 ou 3, caractérisé en ce que le corps (34) de la fausse aube (31) comprend une face proximale (344) et une face distale (345), la face proximale (344) joignant ledit col (355) et étant plus large que celui-ci, l'alésage (347) de la fausse aube étant ménagé dans ledit corps (34) et comprenant une portion distale taraudée (3471) qui débouche sur la face distale (345) du corps et une portion proximale non taraudée (3472) qui débouche sur la face proximale (344) du corps de part et d'autre du col (355) de l'extrémité de fixation (35), ladite entretoise (33) étant dimensionnée pour pouvoir être reçue dans ledit alésage (347) et coulisser dans sa portion proximale (3472), de sorte que lorsque l'on visse la vis (32) à l'intérieur de la portion distale taraudée (3471), alors que l'extrémité de fixation (35) de ladite fausse aube est engagée dans l'alvéole (23) du disque (2), la vis (32) vienne en butée contre ladite entretoise (33) et presse la face proximale (332) de celle-ci contre les deux dents latérales (24) situées de part et d'autre de ladite alvéole (23) du disque de rotor et que ceci provoque le déplacement de la fausse aube (31) vers l'extérieur du disque, de manière à simuler une accélération centrifuge appliquée à ladite fausse aube.

5. Dispositif (1) selon la revendication 2 ou 3, caractérisé en ce que l'alésage taraudé (457) est ménagé à l'intérieur de l'extrémité de fixation (45) selon l'axe du col (455) et débouche à l'extérieur sur la face distale (456) dudit col, en ce que ladite vis (42) comprend une tige (420) et une tête (421), ladite tige (420) comprenant une portion proximale filetée (4201) et une portion distale (4202) non filetée s'étendant entre la portion proximale (4201) et la tête (421), en ce que l'entretoise (43) est traversée par un alésage non taraudé (433) de passage de la tige de la vis, de sorte que lorsque l'on introduit la vis (42) au travers de l'alésage de passage (433) de l'entretoise puis qu'on la visse à l'intérieur de l'alésage taraudé, alors que l'extrémité de fixation (45) de ladite fausse aube (41) est engagée dans l'alvéole (23) du disque, la tête (421) de la vis vienne en butée contre ladite entretoise (43) et presse celle-ci contre les deux dents latérales (24) situées de part et d'autre de ladite alvéole (23) du disque de rotor et que ceci provoque le déplacement de la fausse aube (41) vers l'extérieur du disque (2), de manière à simuler une accélération centrifuge appliquée à ladite fausse aube.

6. Dispositif (1) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le corps (34, 44) de ladite fausse aube (31, 41) comprend une gorge (346, 443) conformée pour recevoir un jonc (25) dudit disque de rotor (2) et en ce que cette gorge (346, 443) s'étend dans un plan parallèle à l'axe de
5 vissage de la vis (32, 42) dans la fausse aube et débouche vers l'extrémité de fixation (35, 45).

7. Dispositif (1) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'entretoise (33, 43) est réalisée dans un matériau de moindre résistance mécanique que le matériau constituant les dents latérales
10 (24) du disque (2).

1/6

FIG. 1

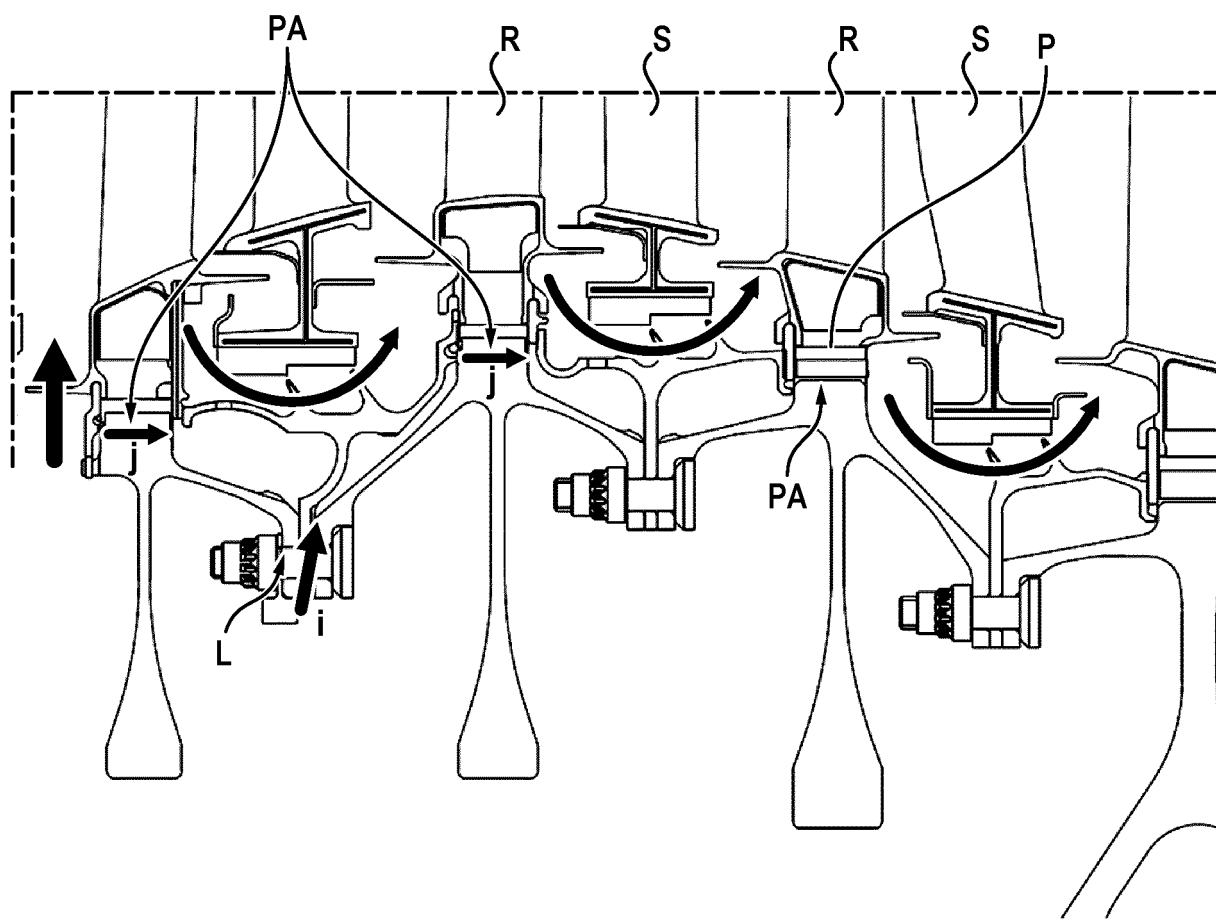
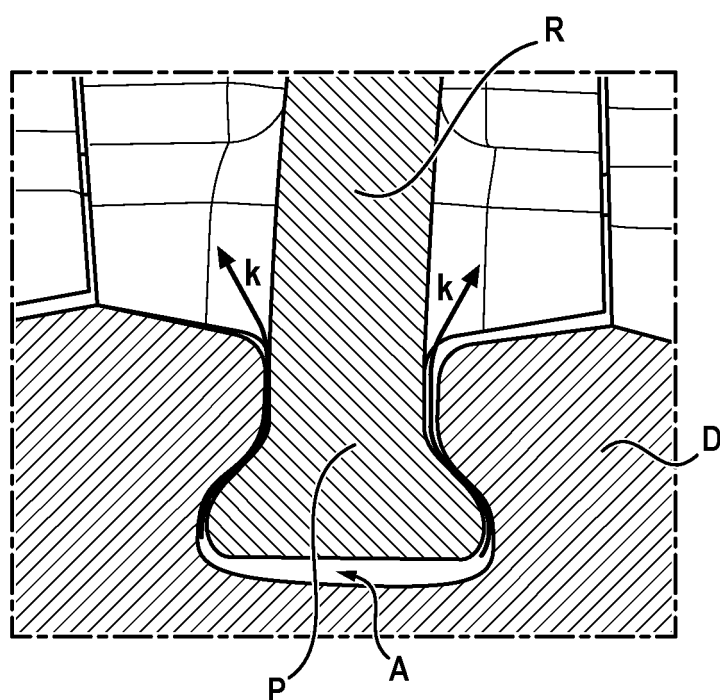
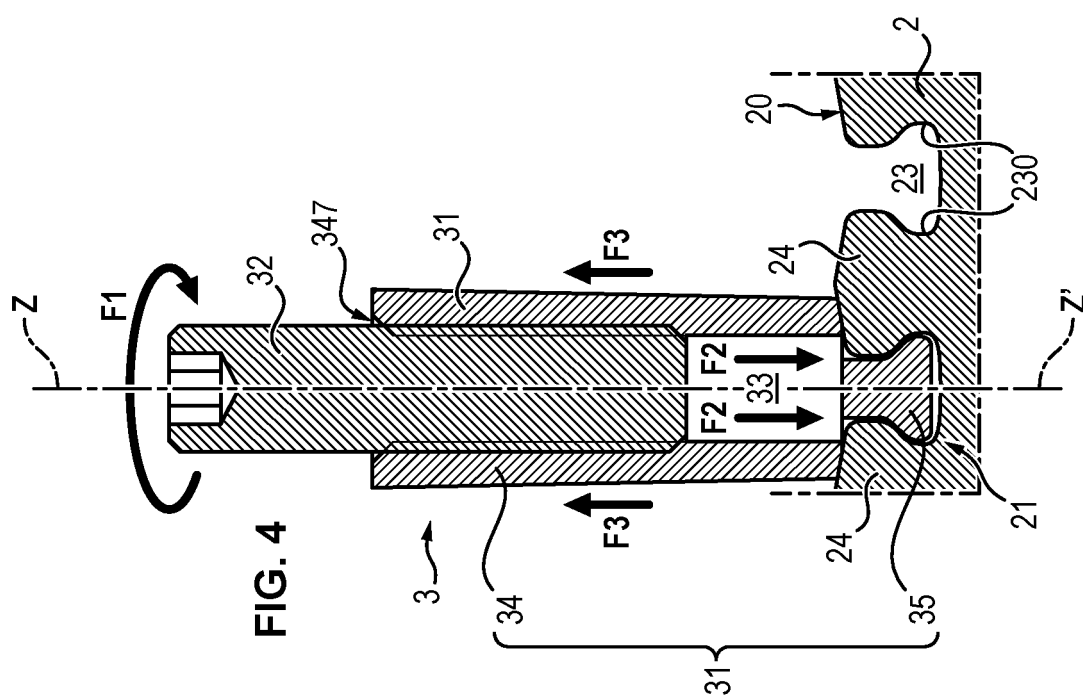
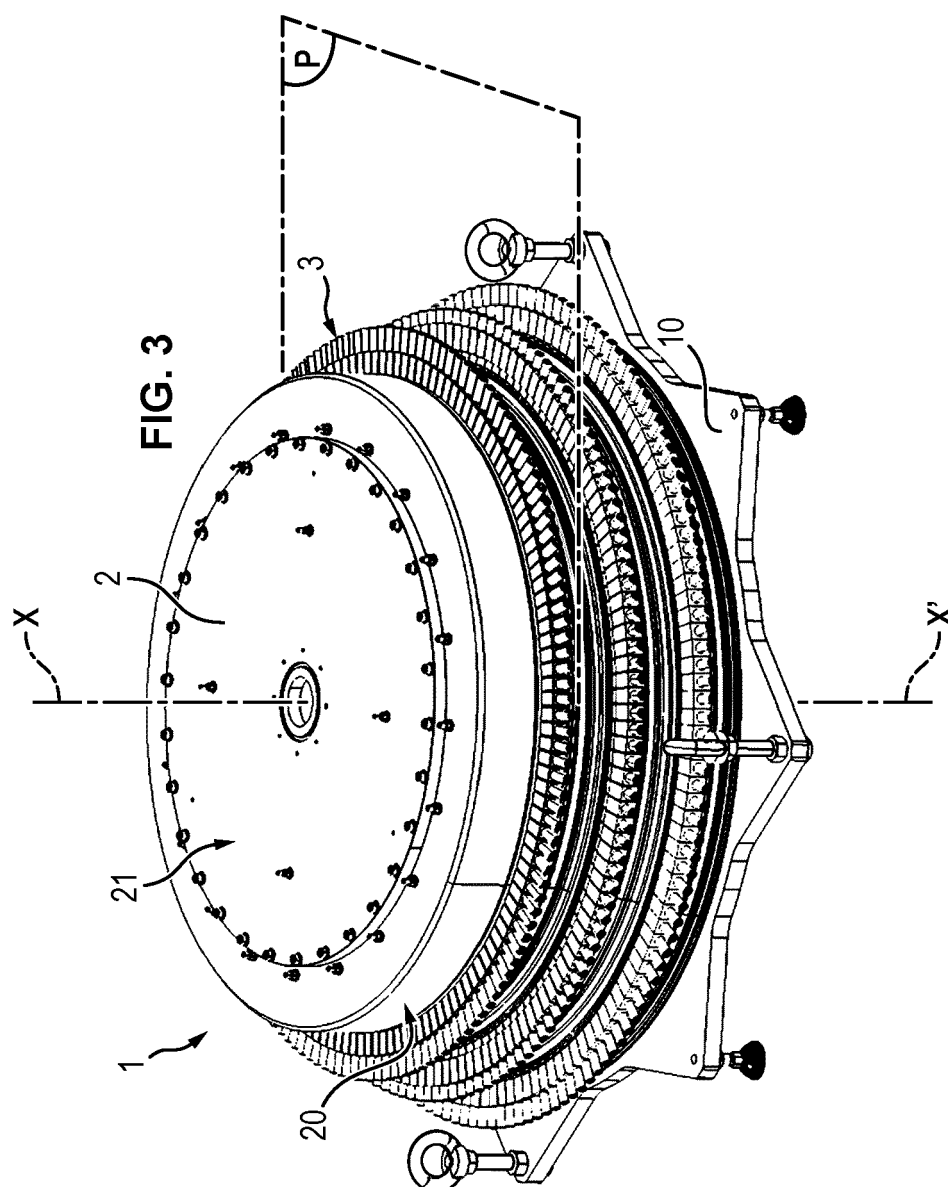


FIG. 2





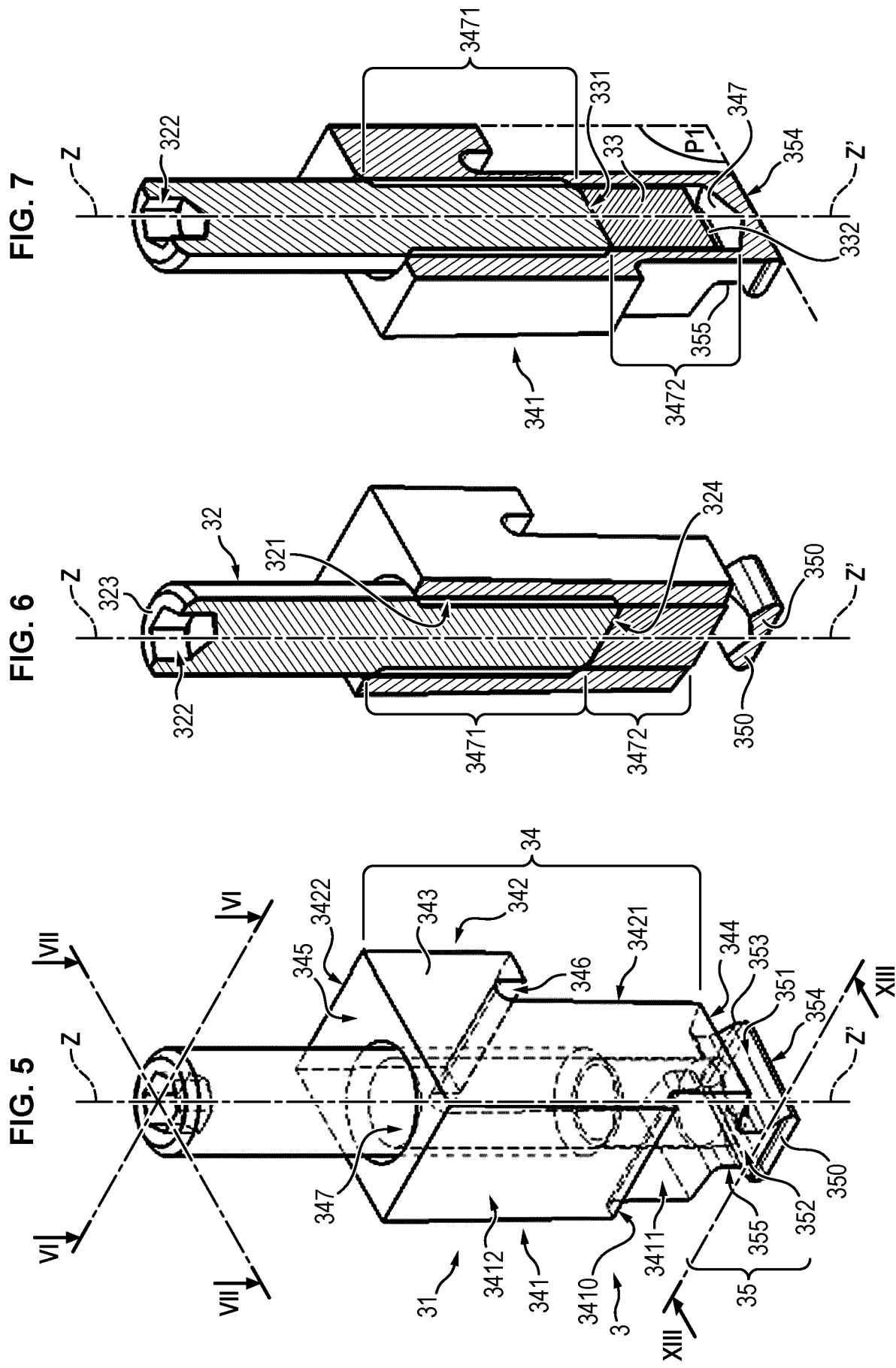


FIG. 8

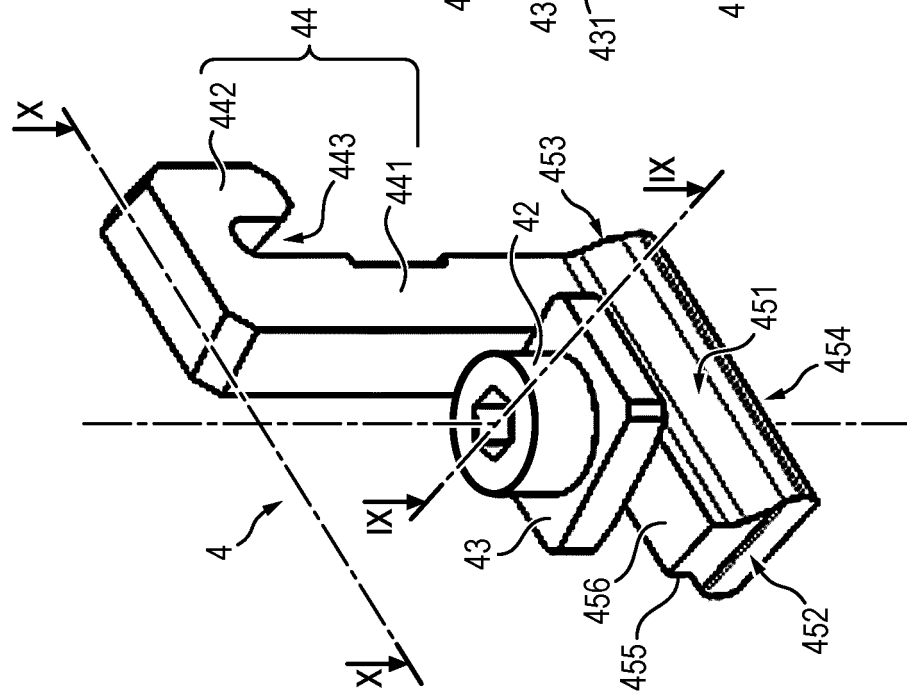


FIG. 9

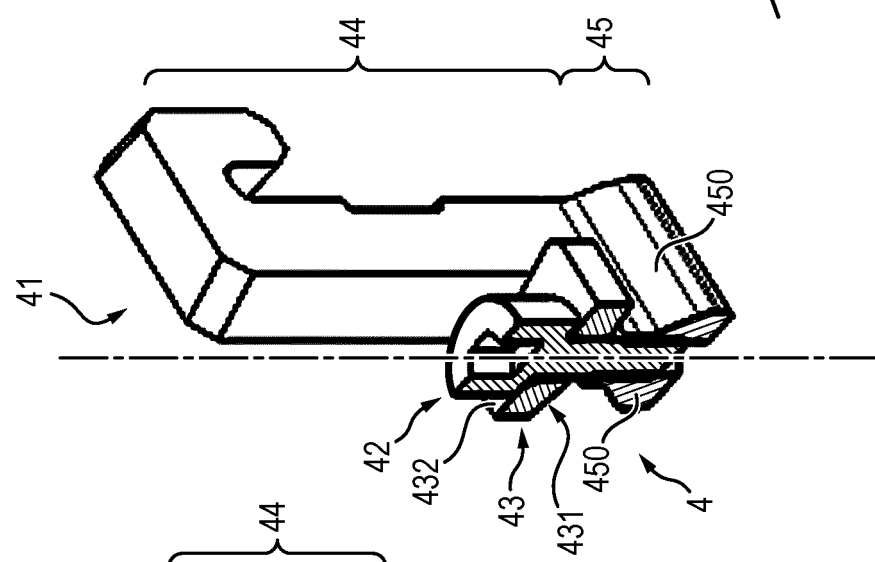


FIG. 10

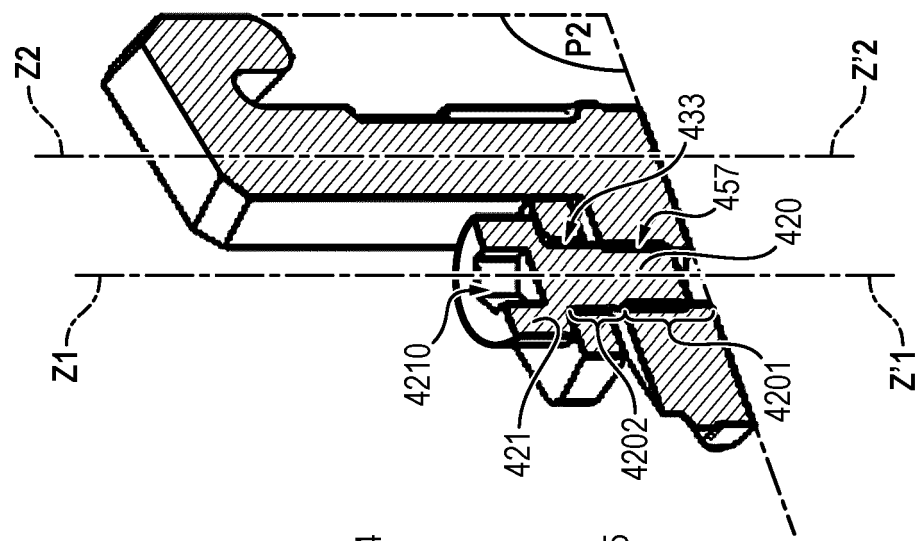


FIG. 11

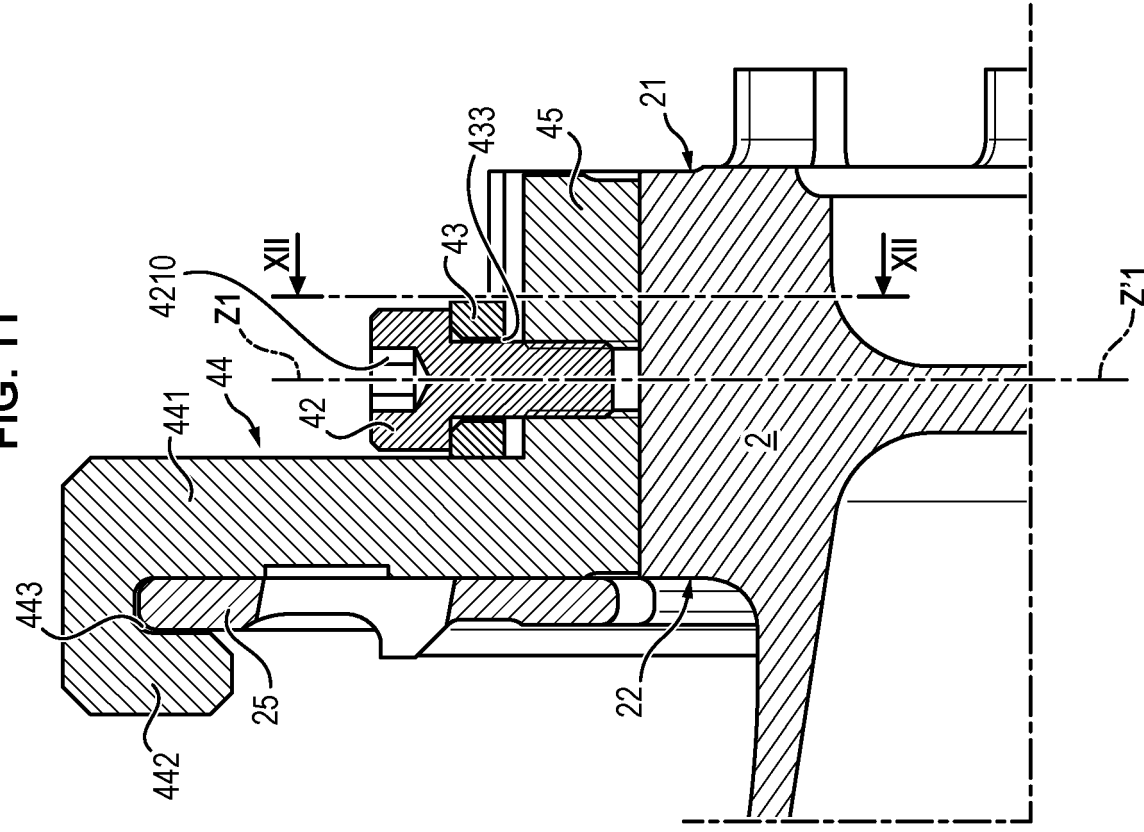
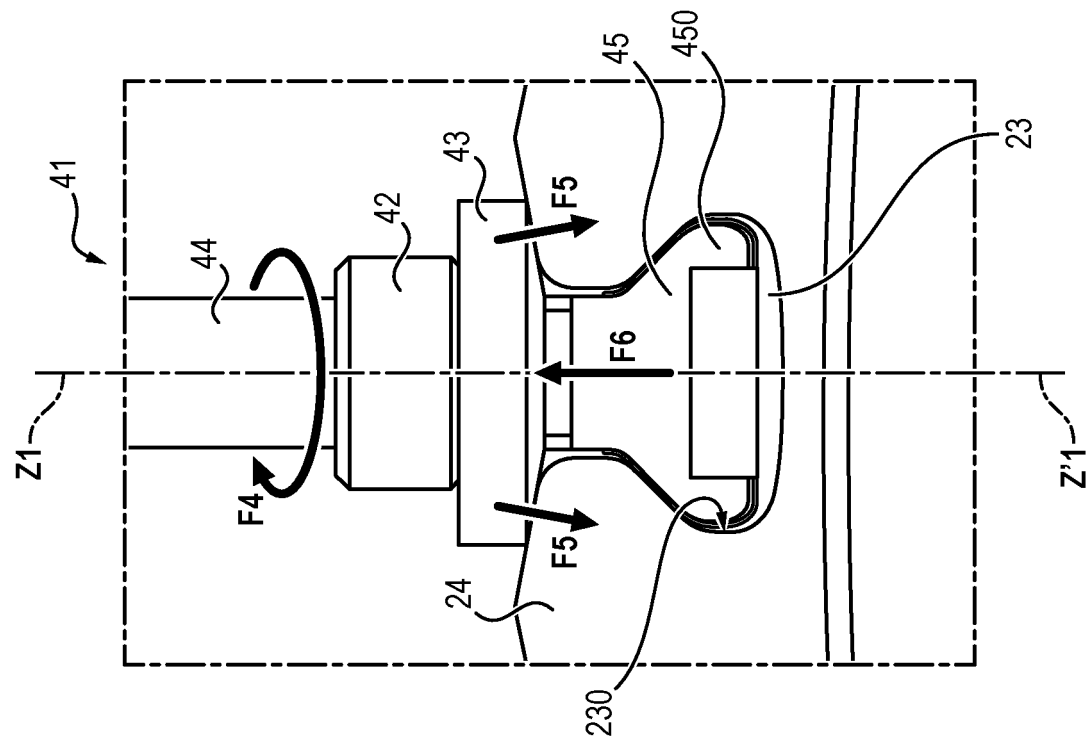
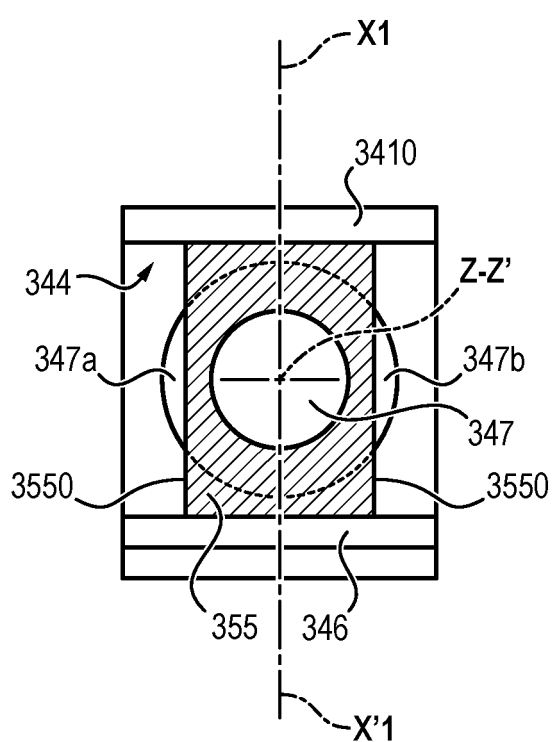


FIG. 12



6/6

FIG. 13





RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 831543
FR 1661475

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	US 6 250 166 B1 (DINGWELL WILLIAM T [US] ET AL) 26 juin 2001 (2001-06-26) * colonne 7, ligne 61 - colonne 8, ligne 35; figure 3 *	1-7	G01M15/02 G01M15/14 G01N15/08
A	US 3 690 160 A (KRIESTEN HORST) 12 septembre 1972 (1972-09-12) * colonne 1, lignes 6-10, 34-46 * * colonne 2, lignes 6-33; figure 1 *	1-7	
A	EP 2 985 582 A1 (SIEMENS AG [DE]) 17 février 2016 (2016-02-17) * page 5, alinéa 0045 - page 6, alinéa 0052; figures 1-2 *	1-7	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			G01M F01D G01N F16B
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
10 août 2017		Oppo, Carla Ivana	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1661475 FA 831543**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **10-08-2017**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 6250166	B1	26-06-2001	AUCUN	

US 3690160	A	12-09-1972	CH 514834 A	31-10-1971
			DE 1918052 A1	04-02-1971
			GB 1261008 A	19-01-1972
			US 3690160 A	12-09-1972

EP 2985582	A1	17-02-2016	EP 2985582 A1	17-02-2016
			WO 2016023852 A1	18-02-2016
