

⑤④ AUBE COMPRENANT UNE PALE A PERFORATIONS EQUIPEES D'ELEMENTS RAP-
PORTES POUR DELIMITER UN CIRCUIT INTERNE.

②② Date de dépôt : 10.12.18.

③③ Priorité :

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

☐ Demande(s) d'extension :

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

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 12.06.20 Bulletin 20/24.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 17.09.21 Bulletin 21/37.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦② Inventeur(s) : ZACCARDI Cédric, PERDRIGEON
Christophe Marcel Lucien et MARQUIE Dimitri Daniel
Gabriel.

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

⑦④ Mandataire(s) : BREVALEX.



Description

Titre de l'invention : AUBE COMPRENANT UNE PALE A PERFORATIONS EQUIPEES D'ELEMENTS RAPPORTES POUR DELIMITER UN CIRCUIT INTERNE

Domaine technique

[0001] La présente invention concerne une aube de turbomachine d'aéronef à circuit de propagation fluidique interne. En particulier, l'invention se reporte à une aube directrice baignant dans un flux d'air secondaire de turbomachine et formant une surface d'échange thermique entre ledit flux d'air et de l'huile qui circule en son sein.

ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

[0002] Dans une turbomachine, tel qu'un turboréacteur, l'air est admis en amont au travers d'une manche d'entrée pour traverser une soufflante entourée d'un carter de soufflante, puis se sépare en un flux primaire et un flux secondaire qui s'engouffrent respectivement dans une veine primaire et une veine secondaire séparées par un carter interveine. La veine secondaire est classiquement traversée par une rangée d'aubes fixes directrices, ou OGV de l'anglais « Outlet Guide Vane », prévues pour redresser le flux secondaire propulsé par la soufflante vers l'aval de la turbomachine. Il est notamment connu d'utiliser ces aubes directrices pour remplir une fonction structurale, visant à faire transiter les efforts du centre de la turbomachine vers une virole extérieure, la délimitant radialement vers l'extérieur dans le prolongement aval du carter de soufflante. Le flux primaire traverse quant à lui successivement un ensemble de compresseurs, une chambre de combustion, puis un ensemble de turbines en les faisant mouvoir pour entraîner sélectivement les compresseurs et la soufflante par l'intermédiaire d'arbres guidés en rotation par des paliers.

[0003] Une telle turbomachine est équipée généralement d'un ou plusieurs pignons d'engrenage qui sont entraînés en rotation par prélèvement mécanique sur les arbres pour alimenter un ensemble d'accessoires tels que des pompes, des actionneurs ou des générateurs de puissance.

[0004] De l'huile assure la lubrification et le refroidissement de ces paliers et pignons d'engrenage qui sont des organes métalliques assujettis à l'usure durant leur vie en fonctionnement. L'huile peut également servir à la lubrification d'un réducteur d'entraînement de la soufflante, lorsqu'un tel réducteur est prévu sur la turbomachine afin de diminuer la vitesse de rotation de sa soufflante. Cette huile, nécessitant ensuite d'être refroidie, passe classiquement par des échangeurs thermiques air-huile conventionnels de type ACOC (de l'anglais « Air Cooled Oil Cooler ») ou encore de type SACOC (de l'anglais « Surface Air Cooler Oil Cooled »). Ces échangeurs, géné-

ralement disposés dans la veine secondaire pour tirer parti du flux secondaire plus froid que le flux primaire, à savoir significativement plus froid que l'huile à refroidir, perturbent le flux d'air et pénalisent ainsi le rendement global du moteur.

[0005] Pour résoudre ce problème, il a été proposé d'utiliser les aubes directrices comme des échangeurs air/huile de substitution portant désormais la dénomination OGV échangeurs. Il s'agit d'une fonction d'échangeur thermique entre l'air du flux secondaire qui s'écoule le long du profil aérodynamique de l'aube, et de l'huile circulant en son sein. Cette solution prévoit à ce stade une aube directrice OGV échangeur à plaque rapportée, autrement dit dont la partie aérodynamique est issue d'un assemblage entre une âme comportant un sillon équipé d'ailettes, et une plaque rapportée sur l'âme pour encapsuler le sillon et ainsi créer un circuit d'écoulement d'huile interne.

[0006] En pratique, recourir à un assemblage pour fabriquer l'aube ne garantit pas, sauf contraintes de fabrication et de montage extrêmes qui induisent des coûts de production et un taux de rebu élevés, une continuité de matière en tout point entre l'âme et la plaque rapportée au niveau des ailettes et le long du pourtour du sillon. Cet aspect conduit à un abatement de la résistance mécanique globale de l'aube, perturbe le flux d'air qui épouse les surfaces aérodynamiques de l'aube, diminue le transfert thermique effectif et induit enfin des fuites au niveau des interfaces plaque-âme dues aux fortes pressions générées par la circulation de l'huile.

[0007] Le but de l'invention est d'apporter une solution pour remédier au moins partiellement à ces inconvénients.

Exposé de l'invention

[0008] A cet effet, l'invention a pour objet une aube pour turbomachine d'aéronef comprenant une pale s'étendant suivant un axe longitudinal et incluant une pluralité de trous dans celle-ci formant un réseau de trous communicants, cette pale étant équipée de tiges rapportées dans tout ou partie des trous pour délimiter, conjointement avec les trous, un circuit de propagation fluide interne, les trous équipés d'au moins une tige étant formés débouchants sur l'extérieur de la pale, chaque tige comprenant une alternance de portions prévues pour sélectivement autoriser ou bloquer un passage fluide :

- le long d'une partie du trou dans laquelle la portion est logée, et/ou
- vers un autre trou croisant le trou équipé de la portion, au niveau de leur intersection.

[0009] Avec cette solution, les inconvénients identifiés dans le cas d'une aube dont la pale est issue d'un assemblage entre une âme et une plaque rapportée sont éliminés, entendu que le fluide est véhiculé dans des trous faisant structurellement partie intégrante de la pale.

- [0010] En particulier, l'invention permet une grande souplesse de conception du circuit interne fluide, avec la capacité de former une multitude de trajets différents pour une même pale, sans pour autant impacter son coût de fabrication. Ces éléments de guidages étant rapportés, il devient également possible de les interchanger aisément en cas de défaut, d'usure, ou encore en vue de réaménager un circuit de propagation interne.
- [0011] L'invention concerne également une aube ainsi définie, dans laquelle les portions sont de nature fermée ou ouverte, avec :
- les portions fermées sont pleines ou creuses pour respectivement bloquer ou autoriser un passage fluide le long d'une partie du trou les logeant, et
 - les portions ouvertes se présentent soit : sous la forme d'une gouttière pour à la fois bloquer et autoriser un passage fluide vers un autre trou croisant le trou équipé de la portion selon le sens de propagation du fluide ; soit : sous la forme de deux languettes opposées pour autoriser un passage traversant du fluide dans la portion.
- [0012] L'invention concerne également une aube ainsi définie, dans laquelle des congés sont formés à l'interface entre deux portions.
- [0013] L'invention concerne également une aube ainsi définie, dont la pale s'étend suivant l'axe longitudinal depuis un pied jusqu'à une tête, cette pale comprenant une surface d'intrados et une surface d'extrados réunies par un bord d'attaque et un bord de fuite, et dans laquelle les trous de la pale forment une série de trous longitudinaux qui s'étendent parallèlement à l'axe longitudinal, et une série de trous transversaux tubulaires qui intersectent chacun les trous longitudinaux de manière perpendiculaire de sorte à former le réseau de trous communicants, et dans laquelle soit les trous longitudinaux soit les trous transversaux sont équipés chacun d'une tige.
- [0014] L'invention concerne également une aube ainsi définie, dans laquelle les trous longitudinaux s'étendent depuis un fond de trou situé dans la pale jusqu'à une embouchure formée au niveau du pied, avec l'embouchure d'un premier trou longitudinal formant une entrée du circuit de fluide et l'embouchure d'un second trou longitudinal formant une sortie du circuit de propagation fluide.
- [0015] L'invention concerne également une aube ainsi définie, dans laquelle les trous transversaux s'étendent depuis un fond de trou situé dans la pale jusqu'à une embouchure formée au niveau du bord de fuite.
- [0016] L'invention concerne également une aube ainsi définie, caractérisée en ce qu'elle est une aube directrice OGV destinée à baigner dans un flux secondaire de turbomachine d'aéronef.
- [0017] L'invention concerne également une turbomachine d'aéronef comprenant une aube ainsi définie.
- [0018] L'invention concerne également un procédé de fabrication d'une aube de tur-

bomachine d'aéronef comprenant une pale et un circuit de propagation fluidique interne à la pale, comprenant successivement les étapes de :

- fabrication d'une pale comprenant des trous formant un réseau de trous communicants, avec tout ou partie des trous étant débouchant sur l'extérieur de la pale,
- définition d'un trajet de propagation fluidique cheminant au sein des trous,
- détermination d'une morphologie de tige en fonction du trajet établi et du trou de destination débouchant,
- fabrication des tiges avant leur insertion dans les trous correspondants pour délimiter le circuit de propagation fluidique interne à la pale.

[0019] L'invention concerne également un procédé de fabrication ainsi défini, comprenant une étape de recouvrement d'au moins un trou débouchant vu de l'extérieur de la pale, une fois les tiges insérées dans les trous.

[0020] L'invention concerne également un procédé de fabrication ainsi défini, dans lequel les trous sont formés d'un seul tenant avec la pale ou dans un brut de fabrication de la pale qui en est exempt.

[0021] L'invention concerne également un procédé de fabrication ainsi défini, dans lequel les tiges comprennent une alternance de portions, et sont formée monobloc ou issue d'un assemblage des portions empilées dans un ordre défini.

Brève description des dessins

[0022] [fig.1] est un schéma de principe d'un turboréacteur double flux en coupe longitudinale ;

[0023] [fig.2] est une vue de côté d'une aube directrice selon l'invention ;

[0024] [fig.3] est une vue en coupe montrant le profil aérodynamique de l'aube directrice selon l'invention ;

[0025] [fig.4] est une vue en perspective d'une aube directrice en cours de montage selon l'invention ;

[0026] [fig.5] est une vue en perspective d'une aube directrice selon l'invention ;

[0027] [fig.6] est un schéma représentant un modèle général de treillis 3x3 formé de trois trous radiaux et trois trous transversaux et un exemple de trajet souhaité de propagation fluidique en son sein.

[0028] [fig.7] est un schéma reprenant le modèle général de treillis de la figure 6 et dans lequel les trous radiaux sont chacun équipés d'une tige dont la morphologie est établie pour délimiter un circuit permettant de véhiculer un fluide suivant le trajet souhaité de la figure 6.

[0029] [fig.8] est un schéma reprenant le modèle général de treillis de la figure 6 et dans lequel les trous transversaux sont chacun équipés d'une tige dont la morphologie est établie pour délimiter un circuit permettant de véhiculer un fluide suivant le trajet

souhaité de la figure 6.

[0030] **EXPOSE DETAILLE DES MODES DE REALISATION PARTICULIERS**

[0031] En référence à la figure 1, il est représenté un turboréacteur 1 à double flux et à double corps d'axe de révolution AX. Le turboréacteur 1 comporte un générateur de gaz 2 comprenant une chambre de combustion 3 de part et d'autre de laquelle sont agencés des compresseurs basse pression 4 et haute pression 6 en amont AM, et des turbines haute pression 7 et basse pression 8 en aval AV. Le compresseur basse pression 4 et la turbine basse pression 8 sont portés par un arbre ou corps basse pression centré sur l'axe AX, et de la même manière, le compresseur haute pression 6 et la turbine haute pression 7 sont portés par un arbre ou corps haute pression entourant l'arbre basse pression. Ces éléments sont supportés en rotation par des paliers agencés dans des enceintes baignées d'huile assurant leur lubrification.

[0032] Le turboréacteur 1 comprend en amont du générateur de gaz 2, une soufflante 9 s'étendant suivant une direction radiale, notée AY et perpendiculaire à l'axe de révolution AX. La soufflante 9 est entourée radialement par un carter de soufflante 11 centré sur l'axe AX. Sur la figure 1, cette soufflante 9 est entraînée directement par l'arbre basse pression, néanmoins une solution à entraînement indirect via un réducteur, permettant de la faire tourner avec une vitesse plus lente, peut être retenue sans sortir du cadre de l'invention.

[0033] A proximité aval de la soufflante 9, le moteur définit une veine primaire 12 et une veine secondaire 13 séparées l'une de l'autre par un carter inter-veine 14. La veine secondaire 13 entoure radialement, suivant AY, la veine primaire 12 en étant délimitée en partie par une virole 16 prolongeant vers l'aval le carter de soufflante 11. L'air propulsé par la soufflante est ainsi divisé en un flux primaire Fp qui traverse la veine primaire 12 pour alimenter le générateur de gaz 2, et un flux secondaire Fs qui est éjecté directement vers l'aval.

[0034] En aval de la soufflante 9, dans la veine secondaire 13, il est prévu une pluralité d'aubes statoriques directrices 17, communément appelées redresseurs. Ces aubes directrices 17 sont espacées circonférentiellement les unes des autres et relient la virole 16 au carter inter-veine 14. Elles sont profilées et agencées de manière à redresser le flux secondaire Fs après son passage à travers la soufflante 9. Dans l'exemple de la figure 1, on distingue des bras structuraux, repéré par 15, qui sont localisés en aval des aubes directrices 17. Ces bras 15 sont prévus pour remplir une fonction structurale, visant à faire transiter des efforts du centre de la turbomachine vers la virole 16. Cependant, l'invention n'est pas limitée à cette architecture particulière et permet aux aubes directrices 17 d'assurer cette fonction structurale au sein de la turbomachine, permettant de s'affranchir de l'existence de tels bras 15.

[0035] Ces aubes directrices 17 assurent une fonction d'échangeur thermique entre le flux

d'air secondaire F_s dans lequel elles baignent, et de l'huile circulant en leur sein. Ces aubes directrices se greffent ainsi sur une partie du circuit hydraulique de la turbomachine 1, l'huile étant véhiculée pour alternativement lubrifier certains équipements et être refroidie en circulant dans ces aubes.

- [0036] L'aube directrice 17 qui apparaît sur la figure 2 est une pièce métallique incluant en particulier une partie aérodynamique, désignée également par pale 18, destinée à être exposée au flux secondaire F_s . Conçue pour redresser le flux secondaire F_s , cette pale 18 s'étend selon un profil cambré depuis un pied 21 jusqu'à une tête 19 en se vrillant autour d'un axe longitudinal, noté EV. Cet axe longitudinal EV peut être confondu avec la direction radiale AY, c'est-à-dire orienté perpendiculairement à l'axe AX de la turbomachine, ou incliné comme représenté sur les figures.
- [0037] Le pied 21 présente des bulbes 22 assurant la fixation de l'aube 17 au carter inter-veine 14. L'aube 17 peut également être équipée de plateformes, au niveau du pied et de la tête, servant à reconstituer une partie de la veine secondaire 13 une fois cette aube installée sur la turbomachine.
- [0038] Plus précisément, la pale 18 comporte une surface d'intrados 23 et une surface d'extrados 24 qui sont espacées l'une de l'autre, de part et d'autre d'une surface moyenne du profil de l'aube, pouvant porter la dénomination de surface-squelette, repérée par 26 sur la figure 3. Ces surfaces d'intrados 23 et d'extrados 24 sont réunies en une première extrémité de la surface-squelette 26 par un bord d'attaque 27 et en une seconde extrémité de cette surface-squelette par un bord de fuite 28.
- [0039] L'idée à la base de l'invention est de former un circuit de propagation d'huile tout en parvenant à fabriquer la pale monobloc de manière à ne pas impacter son intégrité, ni détériorer la qualité du transfert thermique entre l'huile et la pale. A cet égard, l'invention prévoit la formation de trous s'entrecroisant dans la pale pour former un réseau de trous communicants, et l'intégration de tiges rapportées dans tout ou partie de ces trous pour former une structure conformée pour définir, conjointement avec l'ensemble des trous, un circuit interne de propagation fluidique.
- [0040] Dans l'exemple de la figure 4, la pale 18 comprend quatre trous longitudinaux 31 tubulaires et borgnes, s'étendant chacun suivant un axe parallèle à l'axe longitudinal EV et repérés du premier au quatrième par 31a-31d selon une distribution depuis le bord de fuite 28 vers le bord d'attaque 27. Le premier trou longitudinal 31a s'étend parallèlement à l'axe longitudinal EV le long d'une partie de la pale 18, depuis un fond de trou 32a jusqu'à une embouchure 33a ouverte sur l'extérieur et située au niveau du pied 21. Les deuxième, troisième et quatrième trous longitudinaux 31b-31d sont du même type que le premier trou longitudinal 31a en s'étendant parallèlement à l'axe longitudinal EV, respectivement depuis un fond de trou 32b-32d jusqu'à une embouchure 33b-33d. Ces trous longitudinaux 31 sont notamment alignés et régu-

lièrement espacés sur la surface-squelette 26, d'un pas repéré par P31, le long de leur étendue suivant l'axe EV.

- [0041] La pale 18 comprend également sept trous transversaux 34 tubulaires et borgnes, s'étendant chacun suivant un axe perpendiculaire à l'axe longitudinal EV et repérés du premier au septième par 34e-34k selon une distribution allant du pied 21 vers la tête 19. Ils sont en particulier formés dans le même plan que les trous longitudinaux 31 en les intersectant de manière sensiblement perpendiculaire. En outre, ils sont alignés et régulièrement espacés les uns des autres le long de leur étendue, d'un pas repéré par P34. Plus précisément, le premier trou transversal 34e s'étend dans une partie de la pale depuis un fond de trou 36e jusqu'à une embouchure 37e formée sur la surface d'intrados 23 et à proximité du bord de fuite 28. Suivant la même morphologie que le premier trou transversal 34e, les autres trous transversaux 34f-34k s'étendent respectivement depuis un fond de trou 36f-36k jusqu'à une embouchure 37f-37k formée sur la surface d'intrados 23, à proximité du bord de fuite 28. En particulier, ces trous transversaux 34 suivent la surface-squelette 26 sur une majeure partie de leur étendue depuis leur fond de trou 36 avant de dévier, en approche du bord de fuite 28, pour déboucher sur la surface d'intrados 23.
- [0042] Avec cet arrangement, la résultante des croisements entre les trous transversaux 34 et les trous longitudinaux 31, forme un réseau de trous communicants qui est un volume évidé dans la pale 18 en forme de treillis, délimité en traits gras sur la figure 4. Plus précisément, ce treillis est délimité par le premier trou longitudinal 31a, le quatrième trou longitudinal 31d, le premier trou transversal 34e et le septième trou transversal 34k.
- [0043] En outre, dans cet exemple, les trous longitudinaux 31 et les trous transversaux 34 ont des diamètres identiques, en s'intersectant de manière à ce que leurs axes soient concourants.
- [0044] Dans l'exemple de la figure 4, les trous longitudinaux 31 s'étendent, dans un sens allant depuis le pied 21 vers la tête 19 de la pale 18, au-delà de leur intersection avec le septième et dernier trou transversal 34k. De la même manière, les trous transversaux 34 s'étendent, dans un sens allant depuis le bord de fuite 28 vers le bord d'attaque 27, au-delà de leur intersection avec le quatrième trou longitudinal 31d. Les fonds de trous 32 et 36 respectifs des trous longitudinaux et transversaux s'étendent ainsi au-delà du treillis.
- [0045] Le premier trou longitudinal 31a reçoit une première tige 38a permettant d'autoriser ou interdire sélectivement le passage d'huile le long de celui-ci et/ou dans les trous transversaux 34 le traversant. De la même manière, les deuxième, troisième et quatrième trous longitudinaux 34b-34d reçoivent ici respectivement une deuxième, troisième et quatrième tige 38b-38d assurant chacune la même fonction que la

première tige 38a.

- [0046] La première tige 38a, visible notamment sur la figure 4, comporte une tête 39a et une alternance de portions fermées 41a et de portions ouvertes 42a le long de son axe central repéré par Xa. Il est à noter que cette alternance s'effectue sans discontinuité le long de l'axe Xa. On distingue, selon une distribution depuis la tête de tige 39a, une alternance de quatre portions fermées repérées par 41a1-41a4, avec quatre portions ouvertes 42a1-42a4.
- [0047] La tête de tige 39a est prévue pour s'étendre à l'extérieur du premier trou longitudinal 31a en reposant sur la pale 18 au niveau du pied 21, tandis que le reste de la tige constituée de l'alternance de portions fermées et ouvertes s'engouffre dans le premier trou longitudinal 31a, à travers son embouchure 33a. En particulier, l'alternance de portions fermées et ouvertes débute par la première portion ouverte 42a1, autrement dit cette première portion ouverte 42a1 prolonge directement la tête de tige 39a.
- [0048] Chaque portion fermée 41a se présente ici sous la forme d'un cylindre plein, c'est-à-dire avec une section en coupe selon l'axe central Xa ayant un contour circulaire. Elles sont prévues pour épouser au moins partiellement la paroi intérieure de ce trou lorsqu'elles sont installées. L'huile se propageant le long du chemin de moindre effort, la maîtrise du circuit d'huile est assurée sans requérir un contact parfait des portions de tiges sur toute la circonférence de la paroi intérieure du trou associé, au sein du treillis.
- [0049] Chaque portion ouverte 42a s'apparente à une gouttière en présentant une section en coupe selon l'axe Xa ayant un contour demi-circulaire, ayant la forme de la lettre C. Les portions ouvertes 42a sont quant à elles prévues pour épouser au moins partiellement la moitié de la paroi intérieure du trou. Ces portions ouvertes 42a présentent toutes la même orientation autour de l'axe central Xa de la première tige 38a, autrement dit avec le C s'ouvrant suivant une même direction.
- [0050] Dans la suite, la description de la première tige 38a va être réalisée en correspondance avec le premier trou longitudinal 31a et les trous transversaux 34 croisant celui-ci, attendu que cette tige est une pièce rapportée dont la forme et les dimensions sont définies par rapport à son emplacement de destination.
- [0051] L'étendue de cette première tige 38a est bornée au sein du premier trou longitudinal par la première portion ouverte 42a1 qui débute l'alternance et la quatrième portion fermée 41a4 qui la termine. Cette première portion ouverte 42a1 s'étend le long de l'axe Xa de manière à loger dans le premier trou longitudinal 31a depuis son embouchure 33a jusqu'à la lisière de la partie définie entre les premier et deuxième trous transversaux 34e-34f. En particulier, cette première portion ouverte 42a1 se prolonge dans le treillis en traversant l'intersection du premier trou longitudinal 31a avec le

premier trou transversal 34e. La quatrième portion fermée 41a4 s'étend sur l'axe AX sur une distance correspondant à l'étendue de la partie du premier trou longitudinal 31a définie entre son fond de trou 32a et le septième trou transversal 34k, de manière à loger intégralement et strictement cette partie.

[0052] Les première, deuxième et troisièmes portions fermées 41a1-41a3 sont prévues pour occuper chacune intégralement une portion du premier trou longitudinal 31a s'étendant entre deux trous transversaux 34 consécutifs au sein du treillis. A cet effet, elles s'étendent chacune sur l'axe Xa sur une distance correspondant au pas P34.

[0053] Les deuxième, troisième et quatrième portions ouvertes 42a2-42a4 sont prévues pour relier deux trous transversaux 34 consécutifs au sein du treillis. A cet effet, elles s'étendent chacune sur l'axe central Xa sur une distance correspondant à la valeur de la somme du pas P34 avec deux fois le diamètre d'un trou transversal 34.

[0054] Avec cet arrangement, la première portion fermée 41a1 s'étend entre le premier et le deuxième trou transversal 34e-34f, la deuxième portion fermée 41a2 s'étend entre le troisième et le quatrième trou transversal 34g-34h, et la troisième portion fermée s'étend entre le cinquième et le sixième trou transversal 34i-34j une fois le premier trou longitudinal 31a équipé de la première tige 38a. Complémentairement, la deuxième portion ouverte 42a2 relie le deuxième et le troisième trou transversal 34f-34g, la troisième portion ouverte 42a3 relie le quatrième et cinquième trou transversal 34h-34i, et la quatrième portion ouverte 42a4 relie le sixième et le septième trou transversal 34j-34k.

[0055] Enfin, en ce qui concerne l'orientation de cette première tige 38a dans le premier trou longitudinal 31a, celle-ci est engagée de façon à ce que le C, défini comme le contour en section des portions ouvertes 42a, soit ouvert vers le deuxième trou longitudinal 31b. Plus précisément, cette première tige 38a est orientée de manière à ce que, au niveau d'un trou transversal 34 rencontrant une portion ouverte 42a, les extrémités du C contactent la paroi commune à ce trou transversal 34 et au premier trou longitudinal 31a équipé de la première tige. De cette façon, les portions ouvertes 42a forment un premier découpage transversal du treillis le long du premier trou longitudinal 31a, en bloquant la communication de ce premier trou longitudinal 31a avec le trou transversal 34 qu'il croise dans un sens allant depuis l'embouchure 37 dudit trou transversal vers son fond de trou 36, mais l'autorise dans le sens opposé.

[0056] Le caractère plein et évidé associé respectivement aux portions fermées et ouvertes 41a et 42a induit un second découpage longitudinal du treillis le long du premier trou longitudinal 31a. En effet, chaque portion fermée 41a remplit la partie du trou longitudinal qu'elle équipe, et obstrue ainsi la communication directe, via le premier trou longitudinal 31a, entre les deux trous transversaux entre lesquels elle se positionne au sein du treillis. Chaque portion ouverte assure à contrario la libre communication entre

deux trous transversaux 34 consécutifs croisant la portion du premier trou longitudinal 31a qu'elle équipe dans le treillis.

[0057] Il s'ensuit qu'à la jonction entre une portion fermée 41a et une portion ouverte 42a, la résultante des découpages transversal et longitudinal forme un virage coudé de l'ordre de 90°, entre le premier trou longitudinal 31a et le trou transversal 34 le croisant.

[0058] La deuxième tige 38b d'axe Xb, visible notamment sur la figure 5, comprend, de la même manière que la première tige 38a, une tête de tige 39b prévue pour s'étendre à l'extérieur du deuxième trou longitudinal 31b en reposant sur la pale 18 au niveau du pied 21. Cette tête de tige 39b est prolongée par une alternance de portions ouvertes 42b et de portions fermées 41b, cette alternance étant destinée à s'insérer dans le deuxième trou longitudinal 31b au travers de son embouchure 33b.

[0059] La deuxième tige se distingue de la première tige de par son orientation, un agencement différent de ses portions fermées et ouvertes 41b et 42b, et en ce que sa quatrième portion ouverte 42b4 présente une structure différente dont la particularité sera expliquée ci-après.

[0060] Cette deuxième tige présente selon une distribution depuis sa tête 39b, quatre portions ouvertes repérées par 42b4-42b4 pour cinq portions fermées 41b1-41b5. L'alternance se termine par la cinquième portion fermée 41b5 qui s'étend sur l'axe Xb sur une distance correspondant à l'étendue de la partie du deuxième trou longitudinal 31b définie entre son fond de trou 32b et le septième trou transversal 34k, de manière à loger intégralement et strictement cette partie. A la différence de la première tige 38a, la tête de tige 39b est prolongée directement par la portion fermée 41b1. Cette première portion fermée 41b1 est prévue pour s'étendre sur l'axe Xb de manière à loger le deuxième trou longitudinal 31b depuis son embouchure 33b jusqu'à l'intersection avec le premier trou transversal 34e sans y pénétrer, autrement dit jusqu'à la lisière du treillis.

[0061] En ce qui concerne les deuxième, troisième et quatrième portions fermées 41b2-41b4, elles s'étendent chacune le long de Xb sur une distance correspondant au pas P34 pour occuper une portion du deuxième trou longitudinal 31b définie entre deux trous transversaux 34 consécutifs au sein du treillis, comme dans le cas de la première tige. Les portions fermées 41b de la deuxième tige forment ainsi un troisième découpage longitudinal du treillis le long du deuxième trou longitudinal 31b, en obstruant la communication directe, via le deuxième trou longitudinal 31b, entre deux trous transversaux au niveau desquels elles se positionnent au sein du treillis.

[0062] Les première, deuxième et troisième portions ouvertes 42b1-42b3 se présentent de la même manière que l'ensemble des portions ouvertes 42a de la première tige 38a. Chacune d'elles s'étend le long de l'axe Xb d'une valeur correspondant à la somme du pas P34 avec deux fois le diamètre d'un trou transversal 34, et s'identifie par une

gouttière à section en coupe selon Xb ayant la forme de la lettre C. Elles présentent également la même orientation autour de l'axe central Xb, autrement dit avec le C s'ouvrant suivant une même direction. Cependant, dans l'exemple de la figure 5, il est à noter que l'invention prévoit que le C, défini comme le contour en section des portions ouvertes 42b1, 42b2 et 42b3, soit ouvert vers le premier trou longitudinal 31a une fois la deuxième tige 38b insérée dans le deuxième trou longitudinal 31b correspondant. Les portions ouvertes 42b1, 42b2 et 42b3 forment ainsi un quatrième découpage transversal du treillis le long du deuxième trou longitudinal 31b, en bloquant la communication entre le deuxième trou longitudinal 31b et le trou transversal 34 qui l'intersecte dans un sens allant depuis son fond de trou 36 jusqu'à son embouchure 37.

[0063] Comme l'alternance de la deuxième tige 38b débute par une portion fermée tandis qu'à l'inverse l'alternance de la première tige 38a débute par une portion ouverte, il est compris qu'une fois les première et deuxième tiges installées dans la pale, on assiste au sein du treillis à un déphasage suivant l'axe EV des portions fermées 41b de la deuxième tige par rapport aux portions fermées 41a de la première tige. Par extension, ce déphasage au sein du treillis existe également entre les deuxième, troisième et quatrième portions ouvertes 42b2-42b4 de la deuxième tige avec les portions ouvertes 42a de la première tige. Il s'ensuit que selon la direction transversale, une portion fermée 41b de la deuxième tige se situe en regard d'une portion ouverte 42a de la deuxième tige et réciproquement une portion fermée 41a de la première tige se retrouve en regard d'une portion ouverte 42b de la deuxième tige, hormis en ce qui concerne la quatrième portion ouverte 42b4.

[0064] La résultante issue de l'association des découpages longitudinaux et transversaux du treillis, le long des premier et deuxième trous longitudinaux, avec le déphasage existant entre les première et seconde tiges forme ainsi une succession de virages délimitant un premier circuit labyrinthique partiel dans la pale 18. Ce premier circuit labyrinthique partiel s'étend depuis l'embouchure 33a du premier trou longitudinal 31a, jusqu'à l'intersection formée entre le premier trou longitudinal 31a et le septième trou transversal 34k.

[0065] En outre, la quatrième portion ouverte 42b4 s'étend quant à elle suivant l'axe Xb sur une distance correspondant au diamètre d'un trou transversal 34, en étant prévue pour loger l'intersection entre le deuxième trou longitudinal 31b et le septième trou transversal 34k. Cette quatrième portion ouverte 42b4 se présente sous la forme de deux languettes globalement parallèles et diamétralement espacées l'une de l'autre par rapport à l'axe Xb. Ces deux languettes sont prévues pour chacune épouser au moins partiellement la paroi interne commune au deuxième trou longitudinal 31b et au septième trou transversal 34k au niveau de leur intersection, une fois la deuxième tige

38b en position. A cet égard, il est compris que cette quatrième portion ouverte 42b4 autorise, contrairement au première, deuxième et troisième portions ouvertes 42b1, 42b2 et 42b3, une communication traversante entre le septième trou transversal 34k et le premier trou longitudinal 31a, autrement dit sans condition de sens. Cette quatrième portion a pour finalité ici de conserver une continuité de matière entre les quatrième et cinquième portions fermées 41b4 et 41b5 qu'elle relie, sans pour autant former un obstacle dans le treillis.

- [0066] Les troisième et quatrième tiges 38c et 38d sont prévues pour former avec les première et deuxième tiges 38a et 38b une structure miroir. Plus précisément, la troisième tige 38c présente une morphologie identique à celle de la deuxième tige, mais elle est insérée dans le troisième trou longitudinal 31c de manière à ce que l'ouverture de ses portions ouvertes en forme de gouttière soit dirigée vers le quatrième trou longitudinal 31d. De la même manière, la quatrième tige 38d présente une morphologie identique à celle de la deuxième tige, mais elle est insérée dans le troisième trou longitudinal 31c de manière à ce que l'ouverture de ses portions ouvertes soit dirigée vers le quatrième trou longitudinal 31d.
- [0067] Avec cet arrangement, ces troisième et quatrième tiges délimitent, conjointement avec le troisième trou longitudinal, le quatrième trou longitudinal et l'ensemble des trous transversaux, un second circuit labyrinthique partiel dans la pale 18. Ce second circuit partiel s'étend depuis l'embouchure 33d du quatrième trou longitudinal 31d, jusqu'à l'intersection formée entre le quatrième trou longitudinal 31d et le septième trou transversal 34k.
- [0068] La quatrième portion ouverte 42b4 de la deuxième tige et la quatrième portion ouverte de la troisième tige, repérée par 42c4 sur la figure, étant transversalement traversantes, il est compris que les premier et second circuits partiels sont reliés l'un à l'autre le long du septième trou transversal 34k, pour former le circuit de propagation fluide au sein de l'aube, repéré par X.
- [0069] Comme visible sur la figure 5, les têtes 39a et 39d des première et quatrième tiges se présentent chacune sous la forme d'un tube prévu pour former un raccord entre le circuit de propagation interne de l'aube ainsi défini avec le circuit hydraulique de la turbomachine. Les têtes de tiges 39b et 39c des deuxième et troisième tiges se présentent à l'inverse sous la forme d'un capuchon étanche.
- [0070] Dans cet exemple, l'admission de l'huile dans la pale 18 s'effectue au niveau de l'embouchure 33a du premier trou longitudinal 31a en traversant la tête de tige 39a associée, et son évacuation s'effectue par l'embouchure 33d du quatrième trou longitudinal 31d après avoir transité le long du circuit interne X. L'huile est ainsi introduite par le premier trou longitudinal 31a qui se situe du côté du bord de fuite 28, et évacuée par le quatrième trou longitudinal 31d du côté du bord d'attaque 27. Cet

agencement est défini pour optimiser les échanges thermiques, mais l'arrangement inverse peut être retenu sans sortir du cadre de l'invention.

- [0071] En pratique, durant la vie en fonctionnement de la turbomachine équipée de l'aube directrice 17, l'huile admise dans le circuit X présente une température élevée, attendu qu'elle vient d'être utilisée à des fins de lubrification. A mesure que cette huile progresse dans le circuit X depuis l'embouchure 33a, dite d'admission, jusqu'à l'embouchure 33d, dite d'évacuation, elle est progressivement refroidie dans l'aube, les surfaces d'intrados et d'extrados 23 et 24 étant exposées au flux d'air secondaire Fs froid.
- [0072] Depuis leur embouchure 37 jusqu'à leur intersection avec le premier trou longitudinal 31a, les trous transversaux 34e-34k forment chacun un volume évidé dans la pale 18 qui est à la fois non fonctionnel, et sont également une source de perturbations du flux secondaire dans lequel l'aube 17 baigne une fois celle-ci installée dans la turbomachine. A cet effet, l'invention prévoit d'obturer les trous transversaux, au niveau de leur embouchure, par exemple avec un patch.
- [0073] Les trous longitudinaux et transversaux 31 et 34 peuvent être réalisés d'un seul tenant avec la pale, par exemple par fonderie d'un alliage métallique en utilisant un ensemble d'éléments de noyau, formant le négatif des trous, qui sont retirés après coulée et refroidissement, par processus d'attaques chimiques. La fabrication additive peut également être utilisée, plus particulièrement la fusion ou frittage laser métallique sur lit de poudre, pour former la pale avec ses trous de manière monobloc par empilement de couches de poudre. En particulier, en référence à la figure 5, il est à noter que la fabrication additive peut permettre avantageusement de s'affranchir de l'étape visant à obturer l'embouchure des trous transversaux pour obtenir une surface aérodynamique admissible. En effet, ce procédé permet de substituer les trous transversaux 34 par des cavités, autrement dit des trous transversaux non débouchants sur la surface extérieure de la pale 18, qui s'étendent depuis le fond de trou 36 jusqu'au premier trou longitudinal 31a au regard des figures 4 et 5. Cette particularité est rendue possible du fait que la poudre non fusionnée restée emprisonnée dans les cavités lors de la fabrication peut être purgée en passant par les trous longitudinaux 31 avec lesquels elles communiquent, ces trous longitudinaux 31 étant ouverts sur l'extérieur au niveau du pied de pale.
- [0074] Ces trous peuvent être également réalisés par enlèvement de matière à partir d'un brut de fabrication de la pale, désigné comme une version intermédiaire de la pale qui est formée monobloc et exempte des trous. Dans l'exemple de la figure 5, les trous longitudinaux et transversaux 31 et 34 ne sont pas rectilignes, ce qui rend leur formation incompatible avec un perçage mécanique standard. A cet égard, l'invention prévoit avantageusement et à titre non limitatif d'avoir recours au procédé d'électroérosion.

- [0075] Dans l'exemple de la figure 5, les tiges 38a-38b ont été décrites pour délimiter conjointement avec les trous longitudinaux 31a-31d et les trous transversaux 34e-34k et 34 un circuit de propagation d'huile particulier X. Il est entendu cependant que l'invention n'est pas limitée à un nombre défini de trous longitudinaux et transversaux formés dans la pale 18 ou à une morphologie particulière de circuit de propagation, et par voie de conséquence à une orientation et une composition prédéfinie de tige.
- [0076] Idéalement, les trous et les tiges sont établis de manière à ce que le circuit de propagation, résultant des interactions trous/tiges, s'étende sur une longue distance dans la pale de manière à ce que l'huile s'écoule un maximum de temps afin d'optimiser les échanges thermiques.
- [0077] Les tiges étant des éléments fabriqués indépendamment de la pale, une autre particularité de l'invention repose ainsi sur leur aspect configurable, à savoir qu'il devient possible de fabriquer une pale standard avec un nombre de trous prédéfinis, pour être ensuite enrichie de tiges avec une composition particulière pour former un circuit de propagation au juste besoin. Le circuit de propagation peut être ainsi défini en fonction des besoins en dissipation thermique au niveau de l'emplacement de destination de chacune des pales standards au cas par cas. Etant donné que la fabrication des tiges présente un coût négligeable en comparaison avec celle de la pale, il est compris ici que le développement et fabrication d'une pale standard en grande série est particulièrement intéressant, en comparaison avec le développement et la formation de différentes pales en petite série pour une application donnée. L'invention permet ainsi une grande souplesse de conception du circuit interne fluide, avec la capacité de former une multitude de trajets différents pour une même pale, sans pour autant impacter son coût de fabrication.
- [0078] Enfin, l'utilisation de tiges rapportées introduit également une notion d'interchangeabilité, en permettant à la fois de changer aisément une tige en cas de défaut, ou encore de réaménager un circuit de propagation interne, par exemple dans le cas d'une réutilisation de la pale au niveau d'un autre emplacement ou dans un autre moteur.
- [0079] Une fois les trous formés dans la pale, il s'agit d'établir un trajet de propagation d'huile en vue de définir la morphologie et la composition de chacune des tiges équipant la pale. La morphologie de ces tiges varie en fonction du trajet souhaité, à savoir en ce qu'il s'agit de bloquer, autoriser ou détourner le passage fluide, à chaque intersection inter-trous.
- [0080] A cet égard, il va être décrit sur la base d'un modèle général de treillis 3x3, visible sur la figure 6, formé de l'entrecroisement d'un premier, deuxième et troisième trous longitudinaux V1, V2 et V3, avec premier, deuxième et troisième trous transversaux H1, H2, et H3, la démarche aboutissant à une morphologie spécifique de tige au regard

du trajet esquissé.

[0081] De préférence, le trajet et la composition des tiges sont générés de manière automatique via un outil numérique reposant sur un algorithme, un tel algorithme selon l'invention consistant successivement à :

a) procéder à un découpage théorique de chaque trou en différentes parties séparées des unes des autres par une intersection inter-trous longitudinaux et transversaux. Dans l'exemple de la figure 6, ces parties sont repérées par A-G, I-U et W-Z, les lettres V et H étant d'ores et déjà utilisées pour désigner respectivement les trous longitudinaux et transversaux ;

b) définir le trajet, ici repéré par Xo, par exemple en fonction des besoins de dissipation thermique au regard de l'emplacement de destination de l'aube, ou en visant la plus longue étendue possible au sein de la pale. Dans l'exemple de la figure 6, le trajet Xo relie successivement les parties A, E, J, M, P, T, U, R, K et G ;

c) établir les trous recevant chacun une tige et déterminer la morphologie des tiges en fonction du trajet établi. De manière optionnelle, l'invention prévoit de définir l'alternance de portions des tiges en suivant le trajet dans un sens. Dans l'exemple de la figure 6, le sens du trajet est défini arbitrairement depuis la partie A vers la partie G.

[0082] En référence à la figure 7, reprenant l'architecture du treillis et le trajet Xo de la figure 6, les trous longitudinaux V1-V3 sont prévus pour recevoir chacun une tige, comme dans l'exemple de la figure 5.

[0083] En partant de la partie A du premier trou longitudinal V1, il est souhaité que l'huile rejoigne strictement la partie E du premier trou transversal H1, autrement dit que la tige bloque l'accès aux parties D du trou H1 et I du trou V1. A cet effet, la portion de la tige associée à la partie A doit être une portion ouverte en forme de gouttière, repérée par des hachures parallèles verticales, s'ouvrant vers le deuxième trou longitudinal V2 et qui se prolonge dans l'intersection entre les parties D et E. La portion de la tige associée à la partie I doit être une portion fermée pleine, repérée par des hachures croisées. Une fois dans la partie E, il est souhaité que l'huile rejoigne exclusivement la partie J, autrement dit il s'agit de bloquer l'accès aux parties B et F tout en ne condamnant pas l'accès à la partie J. A cet effet, la portion de la tige associée à la partie B doit être de nature fermée pleine. En ce qui concerne la tige logeant le deuxième trou longitudinal V2, celle-ci doit à ce stade présenter une portion ouverte en forme de gouttière 42 qui s'étend dans l'intersection entre les parties E et F. Au regard du cheminement de l'huile désiré depuis la partie J, à savoir qu'elle doit s'engouffrer dans la partie M, la portion ouverte 42 qui s'étend dans l'intersection entre les parties E et F doit se prolonger dans la partie J en traversant l'intersection entre les parties M et N de manière à verrouiller l'accès à la partie N.

[0084] La composition des tiges est ainsi de suite établie en fonction du trajet fixé. On

retrouve notamment au niveau de la tige logeant le deuxième trou longitudinal V2 une portion ouverte traversante à l'intersection entre les parties T et U, attendu qu'il est souhaité que l'huile ne change pas de direction de propagation depuis la partie T vers la partie U le long du troisième trou transversal. Comme visible sur la figure 7, il est compris qu'une tige peut présenter des portions ouvertes n'ayant pas la même orientation. On distingue également une architecture particulière qui n'était pas présente dans l'exemple de la figure 5, à savoir que la tige logeant le troisième trou longitudinal V3 présente une portion fermée et creuse, repérée par des hachures en pointillés. Cette portion fermée et creuse est prévue pour à la fois verrouiller l'accès à la partie N et à la partie O, ces parties N et O étant diamétralement opposées, tout en autorisant un passage fluide le long de la partie du troisième trou longitudinal qu'elle équipe. Plus précisément, cette portion fermée et creuse s'apparente à deux portions ouvertes en forme de gouttière qui se prolongent circonférentiellement pour épouser au moins partiellement la paroi intérieure du troisième trou longitudinal V3.

[0085] L'invention a été expliquée dans le cas où les tiges sont insérées dans les trous longitudinaux. Cependant, l'invention n'est pas limitée à cette organisation particulière et permet de prévoir à l'inverse que ce soit les trous transversaux qui reçoivent chacun une tige, comme dans l'exemple de la figure 8 qui reprend l'architecture du treillis et le trajet Xo de la figure 6. Dans le cas de cette variante de réalisation, le processus d'établissement des portions constituant l'alternance des tiges est le même que celui défini dans le point c).

[0086] En particulier, la composition des tiges dans le cas où elles équipent les trous transversaux H1-H3 est établie corollairement à celle observée dans le cas où elles équipent les trous longitudinaux V1-V3. A titre d'exemple illustratif, lorsque la partie F est encapsulée entre deux portions ouvertes de tiges en forme de gouttière sur la figure 7, afin que l'huile ne la traverse pas, on retrouve une portion fermée pleine logeant la partie F dans le cas de la figure 8 pour assurer la même fonction. Inversement, lorsqu'une portion fermée pleine loge la partie I dans le cas de la figure 7, celle-ci est encapsulée entre deux portions ouvertes de tiges en forme de gouttière sur la figure 8.

[0087] Enfin, dans l'exemple de la figure 8, les parties E et M reçoivent chacune une portion fermée et creuse, qui est prévue ici pour assurer un rattachement efficace des portions ouvertes situées de part et d'autre et qui présentent en particulier des orientations opposées.

[0088] Une fois la composition des tiges établie, l'étape suivante consiste à les fabriquer. Afin de pouvoir s'engouffrer dans des trous qui ne s'étendant pas linéairement, ces tiges sont souples, ou encore cintrées avant insertion. Ces tiges peuvent être fabriquées d'un seul tenant, par exemple à partir d'une baguette pleine dans laquelle sont

pratiqués des évidements. L'invention peut également prévoir de fabriquer les différents types de portions indépendamment les unes des autres, puis de les assembler en les empilant dans un ordre défini en fonction de la composition de la tige visée, par exemple par collage, brasage ou soudage.

- [0089] En pratique, une torsion involontaire des tiges peut survenir lors de leur insertion dans les trous, conduisant à un désalignement possible des portions ouvertes en forme de gouttière qui n'assurent alors pas pleinement leur fonction de blocage de flux dans un sens, ou encore des portions ouvertes traversantes, c'est-à-dire sous la forme de deux languettes, qui sont alors susceptibles de gêner la circulation.
- [0090] Afin de s'assurer de la qualité d'insertion, l'invention prévoit avantageusement d'introduire les tiges dans les trous longitudinaux en allant du plus éloigné au plus proche des embouchures des trous transversaux, de manière à pouvoir réaliser entre deux insertions un contrôle visuel en regardant par ces embouchures. De la même façon, dans le cas où les tiges sont prévues pour équiper les trous transversaux, il s'agit ici d'insérer les tiges en allant du trou transversal le plus éloigné vers le trou transversal le plus proche des embouchures des trous longitudinaux.
- [0091] L'invention pourrait notamment prévoir d'ajouter une fonction de guidage des tiges dans les trous correspondants. A titre non limitatif cette fonction peut être assurée par une liaison glissière formée d'un rail, s'étendant le long de tout ou partie des trous recevant une tige, et d'une rainure formée sur tout ou partie de la tige associée, ce rail dépassant depuis la paroi interne du trou vers l'intérieur de celui-ci pour coopérer avec la rainure associée. La solution inverse peut également être retenue sans sortir du cadre de l'invention, avec la tige comprenant une ou des saillies faisant office de rail en coopérant par complémentarité de forme avec une ou des rainures formées dans la paroi interne du trou. Avantageusement, un repère peut être formé sur la pale pour indiquer la position de la rainure ou du rail au sein des trous pour faciliter davantage la procédure d'insertion. Ce rail peut être rapporté ou avantageusement fabriqué en même temps que la pale, ce que permet avantageusement le procédé de fabrication additive.
- [0092] Dans l'exemple des figures, le circuit est formé d'une succession de coudes à angle vif, conduisant l'huile à opérer des virages brusques de l'ordre de 90°, entendu que les trous longitudinaux et transversaux s'étendent sensiblement perpendiculairement. Ces changements brusques de directions sont générateurs de pertes de charges, en étant sources de turbulences et de recirculation de l'huile. Afin de limiter cet inconvénient, l'invention prévoit d'adoucir les arêtes vives à l'intersection des portions constituant les tiges par des congés intérieurs, de manière à former des coudes arrondis.
- [0093] L'invention a été expliquée pour le cas d'une pale comportant une première série de trous tubulaires et longitudinaux, régulièrement distribués et débouchant sur le pied au niveau duquel l'aube est rattachée à la turbomachine, et une deuxième série de trous

tubulaires et transversaux qui sont également régulièrement distribués et qui croisent perpendiculairement les trous longitudinaux.

- [0094] Concrètement, l'invention n'est pas limitée à cet arrangement particulier, notamment cette condition de perpendicularité, et permet des orientations, des diamètres, ou encore des formes de trou, conditionnant le contour des tiges, qui diffèrent des exemples illustrés. La forme des congés formés au niveau des tiges sera ainsi adaptée en fonction de l'orientation des trous et de l'angle de virage souhaité.
- [0095] Une distribution irrégulière des trous est également envisageable pour former un treillis à motif évolutif ou irrégulier. Par exemple, l'invention pourrait prévoir de rapprocher les trous en milieu de pale et les espacer davantage au niveau des bords d'attaque et de fuite, et/ou les espacer davantage en pied et en tête de pale pour les concentrer davantage vers le milieu de pale.
- [0096] Les trous transversaux peuvent déboucher sur la paroi d'extrados ou en bord d'attaque sans sortir du cadre de l'invention. Les trous peuvent être également prévus traversant de part et d'autre de la pale 18, en prévoyant une obturation hermétique, par exemple par patch collé, à chaque extrémité de trou débouchant sur l'extérieur.
- [0097] En particulier, tout autre type de forme non circulaire, par exemple à section ovoïde, rectangulaire, triangulaire, parallélépipédique, peut être envisagé pour résoudre notamment la problématique de torsion durant l'intégration des tiges, entendu qu'une seule orientation de tige est possible dans ces circonstances. A cet égard, la désignation « en forme de gouttière » reste applicable au sens de l'invention pour un contour ayant une forme différente que celle d'un C, par exemple une forme en V.
- [0098] Aussi, l'invention n'est pas limitée à des trous formés dans un même plan. Ces trous peuvent être rectilignes, présenter une morphologie serpentine, ou se croiser en partie seulement. Aussi, l'invention ne se limite pas à deux séries de trous inscrits dans un même plan pour former un treillis 2D, le principe étant transposable à un maillage 3D, de type structure lattice, en formant dans la pale des trous additionnels prévus à cet effet.
- [0099] L'invention a également été décrite dans le cas où les tiges logent chacune intégralement un trou d'une même série, c'est-à-dire avec les tiges logeant uniquement les trous longitudinaux, ou uniquement les trous transversaux. Avec cet arrangement, à savoir de présenter une tige unique par trou avec des portions ouverte en forme de gouttière laissant passer le fluide, le positionnement et le maintien des positions relatives des portions fermée est rendu aisé. Cependant, un arrangement mixte peut être retenu sans sortir du cadre de l'invention, à savoir avec au moins un trou longitudinal et un trou transversal recevant chacun une tige, ainsi que l'intégration de plusieurs segments de tiges dans un même trou.

Revendications

- [Revendication 1] Aube (17) pour turbomachine d'aéronef comprenant une pale (18) s'étendant suivant un axe longitudinal (EV) et incluant une pluralité de trous (31, 34) dans celle-ci formant un réseau de trous communicants, cette pale étant équipée de tiges (38) rapportées chacune dans un trou correspondant de la pluralité de trous (31, 34) qui débouche sur l'extérieur de la pale, chaque tige comprenant une pluralité de portions dont au moins :
- une portion est configurée pour autoriser un passage de fluide le long d'une partie du trou dans laquelle la portion est logée, ou vers un autre trou croisant le trou correspondant, au niveau de leur intersection ; et
 - une portion est configurée pour bloquer un passage de fluide le long d'une partie du trou dans laquelle la portion est logée, ou vers un autre trou croisant le trou correspondant, au niveau de leur intersection ;
- de sorte que les tiges délimitent, conjointement avec les trous (31, 34), un circuit de propagation fluidique (X) interne à l'aube.
- [Revendication 2] Aube selon la revendication 1, dans laquelle les portions sont de nature fermée ou ouverte, avec :
- les portions fermées (41) sont pleines ou creuses pour respectivement bloquer ou autoriser un passage fluide le long d'une partie du trou les logeant, et
 - les portions ouvertes se présentent soit : sous la forme d'une gouttière pour à la fois bloquer un passage fluide vers une première ouverture d'un autre trou croisant le trou équipé de la portion et autoriser un passage fluide vers une deuxième ouverture de l'autre trou ; soit : sous la forme de deux languettes opposées pour autoriser un passage traversant du fluide dans la portion.
- [Revendication 3] Aube selon la revendication 1 ou 2, dans laquelle des congés sont formés à l'interface entre deux portions.
- [Revendication 4] Aube selon l'une des revendications précédentes, dont la pale (18) s'étend suivant l'axe longitudinal (EV) depuis un pied (21) jusqu'à une tête (19), cette pale (18) comprenant une surface d'intrados (23) et une surface d'extrados (24) réunies par un bord d'attaque (27) et un bord de fuite (19), et dans laquelle les trous de la pale forment une série de trous longitudinaux (31) qui s'étendent parallèlement à l'axe longitudinal (EV), et une série de trous transversaux (34) tubulaires qui intersectent chacun les trous longitudinaux (31) de manière perpendiculaire de sorte

à former le réseau de trous communicants, et dans laquelle soit les trous longitudinaux soit les trous transversaux sont équipés chacun d'une tige (38).

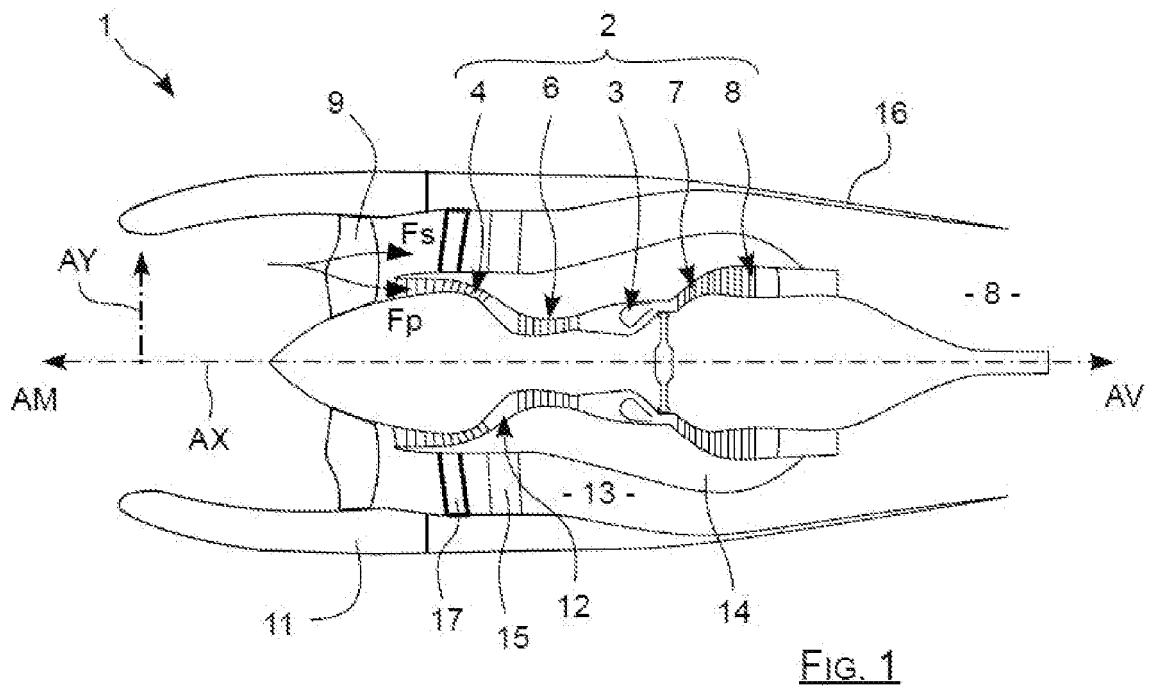
- [Revendication 5] Aube selon la revendication 4, dans laquelle les trous longitudinaux (31) s'étendent depuis un fond de trou (32a-32d) situé dans la pale (18) jusqu'à une embouchure (33a-33d) formée au niveau du pied (21), avec l'embouchure d'un premier trou longitudinal formant une entrée du circuit de fluide (X) et l'embouchure d'un second trou longitudinal formant une sortie du circuit de propagation fluide (X) ;
- [Revendication 6] Aube selon la revendication 5, dans laquelle les trous transversaux (34) s'étendent depuis un fond de trou (36e-36k) situé dans la pale jusqu'à une embouchure (37e-37k) formée au niveau du bord de fuite (21).
- [Revendication 7] Aube selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'elle est une aube directrice OGV destinée à baigner dans un flux secondaire de turbomachine d'aéronef.
- [Revendication 8] Turbomachine d'aéronef comprenant une aube selon l'une des revendications précédentes.
- [Revendication 9] Procédé de fabrication d'une aube (17) de turbomachine d'aéronef comprenant une pale (18) et un circuit de propagation fluide (X) interne à la pale, comprenant successivement les étapes de :
- fabrication d'une pale (18) comprenant une pluralité de trous (31, 34) formant un réseau de trous communicants,
 - fabrication de tiges (38) comprenant chacune une pluralité de portions,
 - insertion de chaque tige dans un trou correspondant de la pluralité de trous (31, 34) par une ouverture du trou débouchant sur l'extérieur de la pale, de sorte que chaque tige présente parmi la pluralité de portions qu'elle comporte au moins :
 - une portion autorisant un passage de fluide le long d'une partie du trou correspondant, ou vers un autre trou croisant le trou correspondant, au niveau de leur intersection ; et
 - une portion bloquant un passage de fluide le long d'une partie du trou dans laquelle la portion est logée, ou vers un autre trou croisant le trou correspondant, au niveau de leur intersection ;
- de manière à ce que les tiges délimitent, conjointement avec les trous (31, 34), le circuit de propagation fluide (X) interne à la pale.
- [Revendication 10] Procédé de fabrication d'une aube selon la revendication 9, comprenant, une fois les tiges (38) insérées dans les trous (31, 34), une étape de recouvrement de l'ouverture d'au moins un des trous par laquelle la tige

correspondante a été insérée.

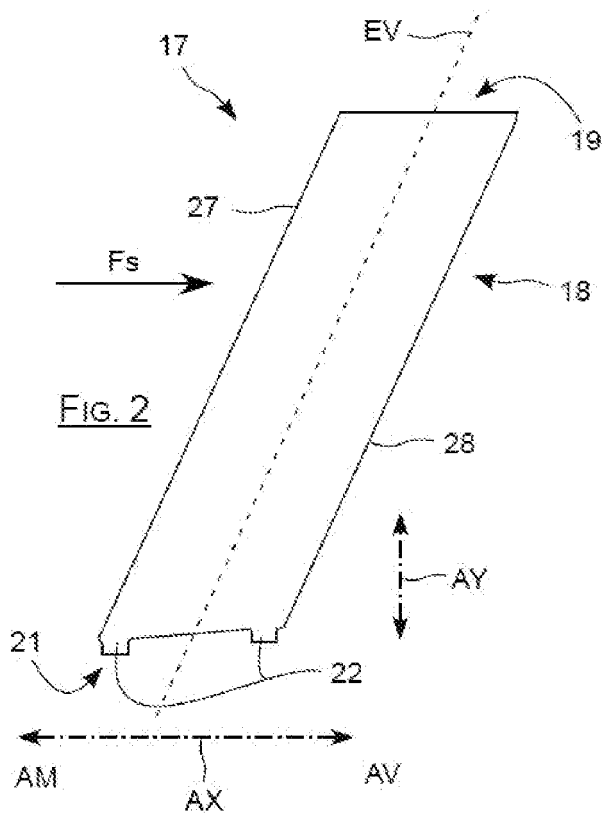
[Revendication 11] Procédé de fabrication d'une aube selon la revendication 9, dans lequel les trous (31, 34) sont formés d'un seul tenant avec la pale (18) ou dans un brut de fabrication de la pale qui en est exempt.

[Revendication 12] Procédé de fabrication d'une aube selon la revendication 9, dans lequel les tiges sont formées monobloc ou issues d'un assemblage des portions qui sont empilées dans un ordre défini.

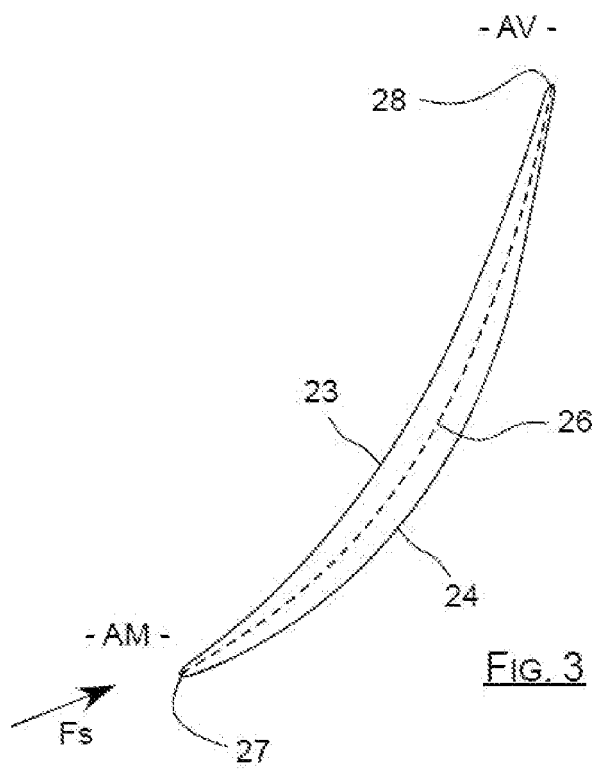
[Fig. 1]



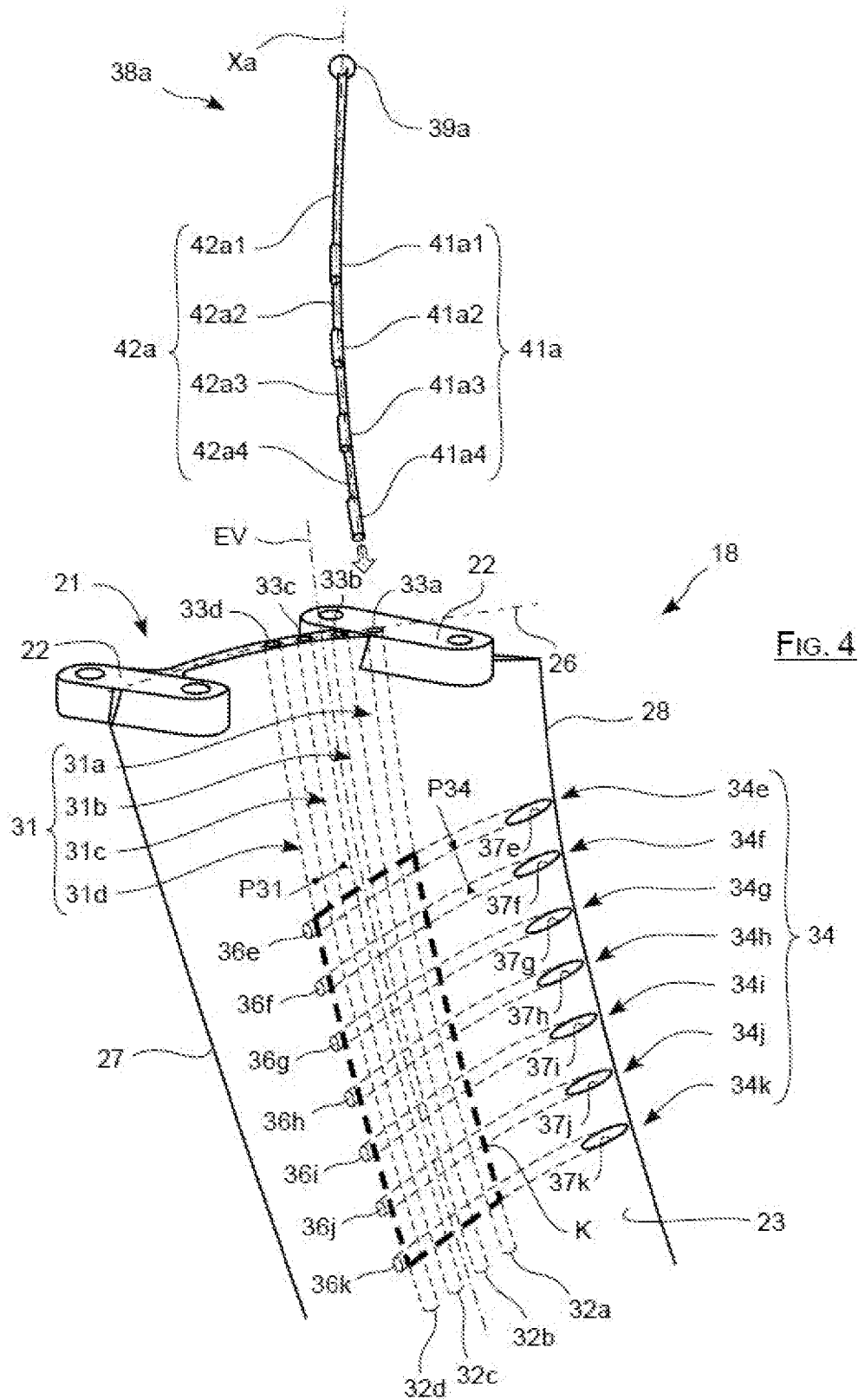
[Fig. 2]



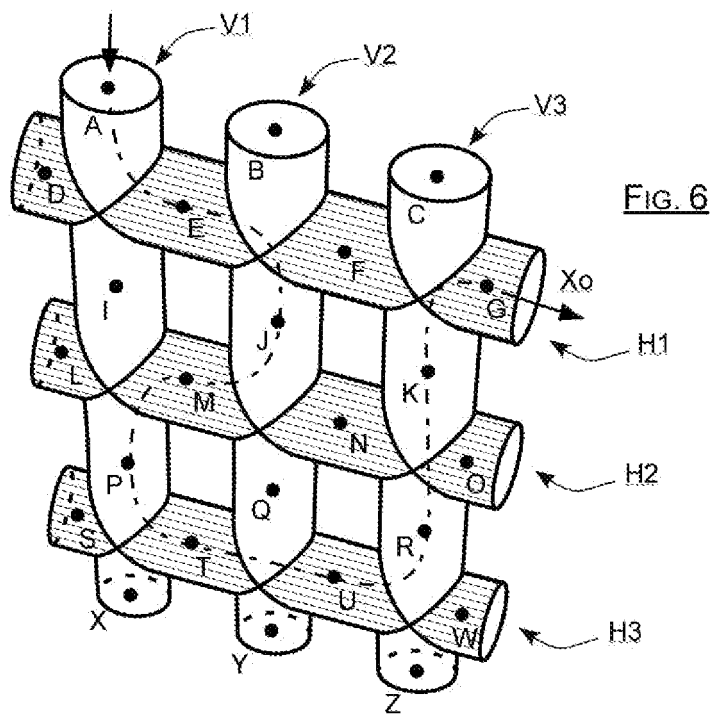
[Fig. 3]



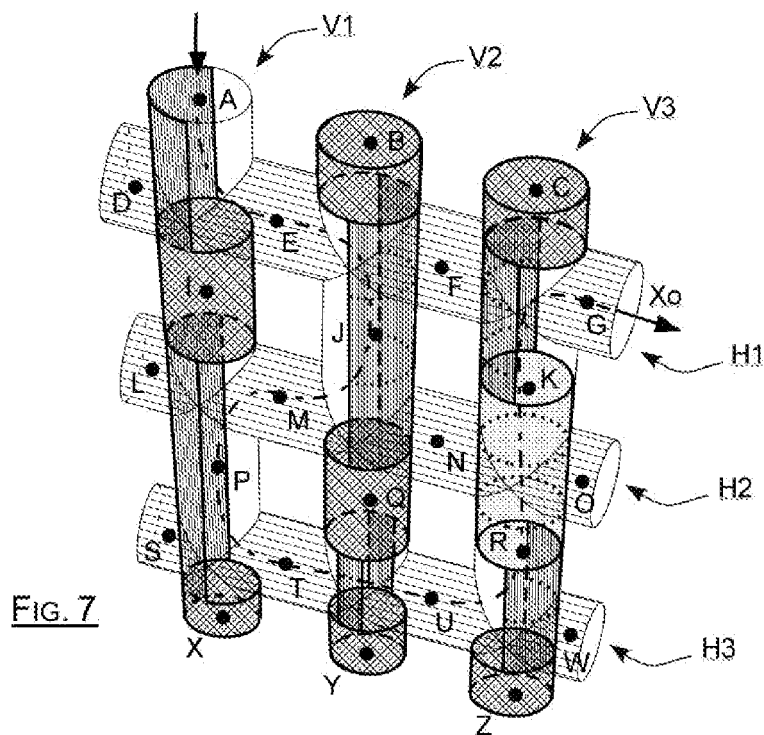
[Fig. 4]



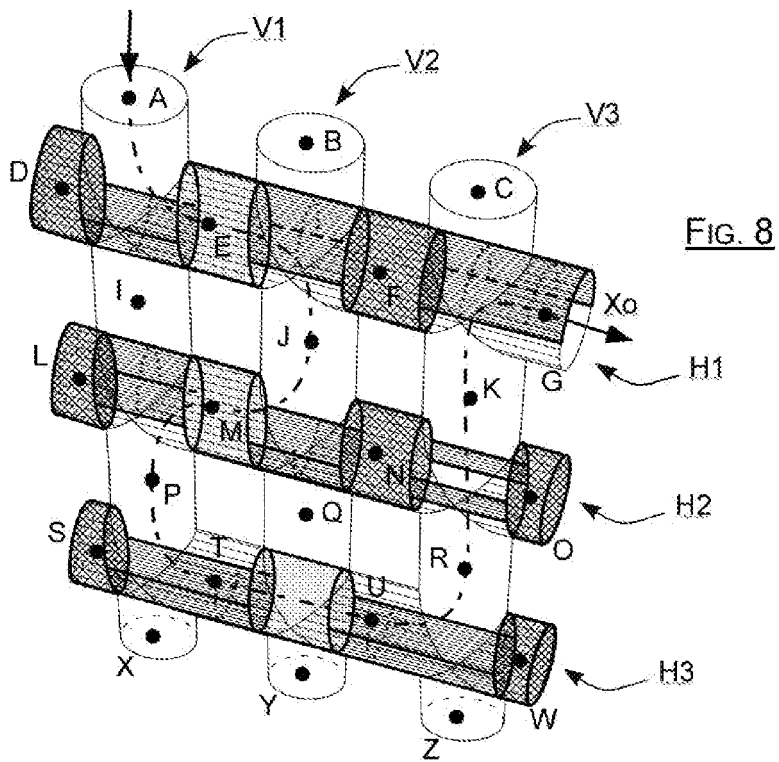
[Fig. 6]



[Fig. 7]



[Fig. 8]



RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

☒ Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

☐ Le demandeur a maintenu les revendications.

☒ Le demandeur a modifié les revendications.

☐ Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

☐ Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

☒ Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

☐ Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

**1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN
CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION**

US 5 704 763 A (LEE CHING-PANG [US])
6 janvier 1998 (1998-01-06)

US 2017/284417 A1 (ZACCARDI CEDRIC [FR] ET
AL) 5 octobre 2017 (2017-10-05)

EP 3 032 035 A2 (UNITED TECHNOLOGIES CORP
[US]) 15 juin 2016 (2016-06-15)

US 2017/030202 A1 (ITZEL GARY MICHAEL [US]
ET AL) 2 février 2017 (2017-02-02)

**2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN
TECHNOLOGIQUE GENERAL**

NEANT

**3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND
DE LA VALIDITE DES PRIORITES**

NEANT