

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

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
08 octobre 2020 (08.10.2020)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2020/201087 A1

(51) Classification internationale des brevets :

G06F 30/10 (2020.01) G06F 113/10 (2020.01)
G06F 111/10 (2020.01)

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/EP2020/058715

(22) Date de dépôt international :

27 mars 2020 (27.03.2020)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

FR1903332 29 mars 2019 (29.03.2019) FR

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

(72) Inventeurs : FEDI, Baptiste, Joël, Christian ; SAFRAN
CEPI Rond-Point René Ravaud - Réau, 77550 MOISSY-
CRAMAYEL (FR). BETBEDER-LAÛQUE, Xavier, Ro-
ger ; SAFRAN CEPI Rond-point René Ravaud - Réau,
77550 MOISSY-CRAMAYEL (FR). QUEROIS, Julie,
Denise ; SAFRAN CEPI Rond-Point René Ravaud - Réau,
77550 MOISSY-CRAMAYEL (FR).

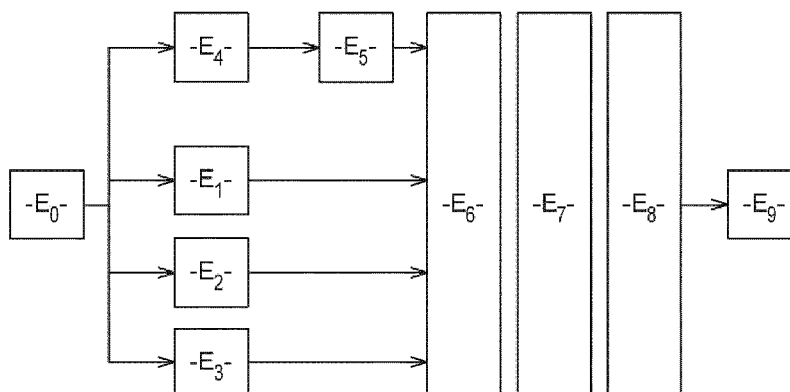
(74) Mandataire : GUTMANN, Ernest ; 66, rue de la Chaussée
d'Antin, 75009 PARIS (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de
protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO,
AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA,
CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ,
EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR,
HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR,
KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG,

(54) Title: METHOD FOR DESIGNING AN AIR-OIL SEPARATOR

(54) Titre : METHODE DE CONCEPTION D'UN SEPARATEUR AIR-HUILE

[Fig. 1]



(57) Abstract: The invention concerns a computer-implemented method for designing a three-dimensional modelled object of a mechanical part comprising a body, with a cell, and a lattice structure in the cell, which comprises the following steps: a) providing (E1) a representation by the edges of the body; b) providing (E2) a representation by the edges of an integration volume of the lattice structure; c) calculating (E3) a polygonal representation of the body and of the integration volume, from the representation by the edges of the body; d) providing (E4) a representation by the edges of an elementary pattern of the lattice structure; e) calculating (E5) a polygonal representation of an immediate lattice structure, from the representation by the edges of the elementary pattern; f) determining (E6), from the polygonal representation of the integration volume and of the intermediate volume, a polygonal representation of the lattice structure; g) assembling (E7) the polygonal representation of the body and of the lattice structure determined so as to obtain a three-dimensional modelled object of the sector.

[Suite sur la page suivante]

MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM,
PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC,
SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT,
TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

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

Publiée:

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

(57) Abrégé : L'invention concerne un procédé implémenté par ordinateur pour la conception d'un objet modélisé tridimensionnel d'une pièce mécanique comprenant un corps, avec une alvéole, et une structure lattice dans ladite alvéole, qui comprend les étapes suivantes : a) Fournir (E1) une représentation par les bords du corps; b) Fournir (E2) une représentation par les bords d'un volume d'intégration de la structure lattice; c) Calculer (E3) une représentation polygonale du corps et du volume d'intégration, à partir de la représentation par les bords du corps; d) Fournir (E4) une représentation par les bords d'un motif élémentaire de la structure lattice; e) Calculer (E5) une représentation polygonale d'une structure intermédiaire lattice, à partir de la représentation par les bords du motif élémentaire; f) Déterminer (E6), à partir de la représentation polygonale du volume d'intégration et du volume intermédiaire, une représentation polygonale de la structure lattice; g) Assembler (E7) la représentation polygonale du corps et de la structure lattice déterminée de manière à obtenir un objet modélisé tridimensionnel du secteur.

DESCRIPTION

TITRE : METHODE DE CONCEPTION D'UN SEPARATEUR AIR-HUILE

Domaine technique de l'invention

5 Les moteurs d'avion à turbine à gaz comportent des enceintes contenant des roulements et des engrenages qui sont lubrifiés et refroidis par de l'huile. Afin d'éviter les fuites d'huile vers l'extérieur de ces enceintes, des joints sont disposés entre les parties tournantes et les parties fixes des enceintes, voire entre les parties tournantes elles-mêmes. Parmi les technologies de joints disponibles, ceux offrant la plus grande durée de vie sont les joints labyrinthes et les
10 joints à brosse, le contact entre les pièces étant inexistant dans le premier cas et très limité dans le second.

Etat de la technique antérieure

Pour assurer une parfaite étanchéité d'enceintes munies de joints labyrinthes ou de joints à brosse, il est en revanche nécessaire de faire passer un débit d'air par les joints, ce débit d'air
15 étant généralement prélevé sur un étage du compresseur du moteur. Le recours à un tel procédé implique de prévoir également des dispositifs séparant l'huile de l'air à évacuer à l'extérieur du moteur. De tels dispositifs - communément appelés séparateur air-huile ou encore déshuileurs - sont bien connus en soi. On pourra par exemple se référer aux documents EP 1582703, US 4,981,502 et US 6,033,450 qui décrivent différents types de
20 déshuileurs centrifuges.

Un tel séparateur air-huile, encore nommé dégazeur, est en général agencé et entraîné par une prise de puissance mécanique au niveau de la boîte d'accessoires ou du réducteur de la turbomachine.

De manière connue, un tel dégazeur centrifuge comprend une ou plusieurs enceinte(s) de
25 séparation centrifuge du mélange air/huile agencée(s) autour d'un arbre creux et délimitée(s) par une paroi annulaire externe et une paroi annulaire interne. Le dégazeur comprend en outre une entrée axiale d'alimentation de l'enceinte avec le mélange air/huile, et une sortie d'huile périphérique ménagée dans la paroi externe. Ainsi, lors de la mise en rotation du dégazeur, obtenue en général par l'intermédiaire d'un pignon de la boîte d'accessoires ou du réducteur,
30 l'huile est naturellement entraînée par force centrifuge vers la sortie d'huile ménagée en périphérie du dégazeur. Une sortie d'air déshuilé est en outre ménagée dans la paroi interne et reliée à l'arbre creux, ce qui permet d'évacuer l'air vers l'extérieur.

Ainsi, le débit d'air et d'huile circulant dans le séparateur air-huile est filtré à travers des structures lattice. Par structure lattice, on entend une structure treillis correspondant à un
35 assemblage de segments métalliques entrecroisés et maintenus les uns aux autres de sorte à former un ensemble rigide et poreux.

Dans la technique actuelle, la structure lattice est fabriquée séparément du corps structural du séparateur air-huile, ces deux éléments étant assemblés ensuite. Avec le développement de l'utilisation de la fabrication additive pour la fabrication des pièces de turbomachine, l'utilisation de cette technologie est envisageable pour la fabrication de structure hybride tel qu'un

5 séparateur air-huile.

Pour cela, le séparateur d'huile doit être modélisé sur une plateforme de conception assistée par ordinateur CAO (en anglais Computer-aided design CAD), par exemple CATIA ® développé par Dassault Systems.

Néanmoins, la modélisation de structures répétitives complexes telles que les lattices sur

10 CATIA, qui est basé sur la représentation par les bords (en anglais B-rep pour boundary representation) nécessite le stockage d'un grand nombre de données, et donc requiert beaucoup d'espace mémoire. Les objets ainsi modélisés peuvent être difficiles à manipuler (temps de traitement et de calculs longs).

Les problèmes rencontrés par les outils de CAO, comme CATIA, lors de la modélisation de

15 géométrie paramétrées telles que celle des lattices

sont principalement lié à la quantité des données manipulées, rendant par exemple la visualisation lente et toute modification chronophage requérant des temps de calcul important. En effet, le grand nombre de données stockées pour les objets modélisés par le biais d'une représentation par les bords, rend la modélisation d'une telle structure lattice chronophage, et

20 résulte en un fichier volumineux difficilement exploitable dont la manipulation est rendue difficile.

On comprend donc que la difficulté exposée ci-dessus de représentation et de manipulation de structures répétitives comprenant des lattices se pose de manière évidente dans un séparateur air/huile mais peut également être envisagé pour la conception d'autres pièces

25 mécaniques telles que des pièces de structure (chapes, supports), de transmission de puissance (pignon, arbre), d'échanges thermiques, de protection feu, d'isolation acoustique. L'invention a notamment pour but d'apporter une solution simple, efficace et économique aux problèmes de l'art antérieur décrit précédemment.

Résumé de l'invention

30 A cet effet, il est proposé un procédé implémenté par ordinateur pour la conception d'un objet modélisé tridimensionnel d'une pièce mécanique dont un secteur comprend un corps, comportant au moins une alvéole, et une structure lattice logée dans ladite alvéole, le procédé comprend les étapes suivantes :

- a) Fournir une représentation par les bords (B-Rep) du corps de secteur ;
- 35 b) Fournir une représentation par les bords (B-Rep) d'un volume d'intégration de la structure lattice ;
- c) Calculer une représentation polygonale du corps de secteur et une représentation

polygonale du volume d'intégration de la structure lattice, à partir de la représentation par les bords (B-Rep) du corps de secteur ;

d) Fournir une représentation par les bords (B-Rep) d'un motif élémentaire de la structure lattice ;

5 e) Calculer une représentation polygonale d'une structure intermédiaire lattice composée d'une pluralité de motifs élémentaires, à partir de la représentation par les bords (B-Rep) du motif élémentaire;

f) Déterminer, à partir de la représentation polygonale du volume d'intégration de la structure lattice et de la représentation polygonale du volume intermédiaire, une représentation
10 polygonale de la structure lattice ;

g) Assembler la représentation polygonale du corps de secteur et la représentation polygonale de la structure lattice déterminée de manière à obtenir un objet modélisé tridimensionnel du secteur de ladite pièce mécanique.

L'utilisation de la représentation polygonale pour modéliser la structure lattice d'une pièce
15 métallique, ne nécessite pas autant de données qu'une représentation par les bords. Par conséquent, une réduction importante des données stockées pour l'objet modélisé représentant pièce mécanique est obtenue, ce qui rend la manipulation de l'objet plus facile, et des modifications peuvent être apportées sans engendrer des temps de calculs importants. L'utilisation de deux types de représentation pour la modélisation d'une structure hybride d'une
20 pièce mécanique telle que le séparateur air-huile, permet de conserver pour les structures simples, tel que le corps du séparateur, la richesse de données d'une représentation par les bords, et de réduire ces données pour la modélisation de structure complexes de géométrie paramétrées. La modélisation du corps par une représentation par les bords sous CATIA® par exemple, permet à la fois d'avoir une géométrie du corps éditable à tout moment et d'accéder
25 facilement à l'historique des modifications de la géométrie du corps. Une fois la modélisation du corps polygonalisée, toutes les informations relatives à l'historique des modifications de la géométrie du corps sont perdues, introduisant de fait une part d'approximation sur l'obtention de la géométrie.

Cela permet ainsi aux concepteurs de pouvoir manipuler la pièce mécanique modélisée : en
30 d'autres termes, la réduction des données stockées pour la structure hybride, permet de réduire le nombre de données à traiter pour les opérations de visualisation ou de modification, et donc de réduire le temps de génération de la pièce. En outre, le changement de représentation s'avère compatible avec le format de données admis par les logiciels de préparation des plateformes de fabrication additive. A l'issue, l'objet modélisé peut donc être
35 stocké dans un fichier directement exploitable pour la fabrication additive.

Selon une caractéristique, l'étape d) peut consister à :

- Fournir un squelette comprenant des points et des cercles afin de définir les segments et leurs intersections.

Le motif élémentaire est ainsi constitué de segments, reliés les uns aux autres. Ils sont réalisés à partir d'un squelette, dont les points représentent les extrémités des segments et les cercles les zones de jonctions de ces segments.

Selon une autre caractéristique de l'invention, l'étape e) peut comprendre les étapes suivantes :

- Répéter selon trois directions orthogonales entre elles la représentation polygonale du motif élémentaire de sorte à former un premier volume ;

Déterminer le volume intermédiaire par transformation géométrique du premier volume. La représentation polygonale du motif élémentaire permet d'obtenir simplement et rapidement le premier volume, par répétition dans les trois directions de l'espace dudit motif élémentaire.

Le nombre de données du premier volume s'en trouve réduit, ce qui permet de le manipuler numériquement rapidement. Par conséquent, le volume intermédiaire obtenu par transformation géométrique du premier volume, est calculé quasiment instantanément. En comparaison, dans la technique antérieure relative à un séparateur air-huile, le temps de génération, correspondant au temps de calcul aux différentes étapes de conception d'un secteur de séparateur air-huile, était d'environ 1h40 dans le cas d'une structure lattice avec 42 répétitions selon x, 22 répétitions selon y et 8 répétitions selon z du motif élémentaire. Pour une même structure lattice, avec le procédé ici proposé, le temps de génération est de 25 s environ.

S'agissant d'une structure de forme globalement cylindrique, la transformation géométrique permettant la conversion d'une ligne rectiligne en une courbe plane peut être utilisée. Une spline peut ainsi être utilisée.

Une telle transformation permet de réaliser un volume intermédiaire avec une structure lattice courbée telle que présente dans le séparateur air-huile. La réduction du nombre de données stockées par la représentation polygonale de la structure lattice permet de faciliter et de rendre plus rapide le calcul de la transformation géométrique du premier volume.

En outre, selon une caractéristique supplémentaire, l'étape f) peut comprendre l'étape suivante :

- Calculer l'intersection entre la représentation polygonale du volume d'intégration de la structure lattice et de la représentation polygonale du volume intermédiaire pour obtenir la représentation polygonale de la structure lattice du secteur ladite pièce mécanique.

De cette manière, la représentation polygonale de la lattice de la pièce mécanique est obtenue, avec une forme extérieure délimitée par la forme extérieure du volume d'intégration. De cette

manière, la représentation de la structure lattice a une forme complémentaire avec un volume vide du corps de secteur.

Également, l'étape g) peut comprendre l'étape suivante :

- calculer l'union de représentation polygonale du corps de secteur et la représentation polygonale de la structure lattice du secteur pour obtenir la représentation polygonale d'un secteur de ladite pièce mécanique.

Une représentation polygonale d'un secteur de la pièce mécanique est alors obtenue, cette représentation étant lisible par les logiciels des plateformes de fabrication additives. Ainsi, de par la taille réduite des données de cette représentation, elle peut facilement être transmise, et la pièce mécanique peut être fabriquée au moyen d'une plateforme ou installation de fabrication additive. Selon une autre caractéristique, l'étape g) peut être suivie de l'étape suivante :

- répéter la représentation polygonale du secteur de ladite pièce mécanique obtenue autour d'un axe de révolution de ladite pièce mécanique de manière à obtenir un objet modélisé tridimensionnel de ladite pièce mécanique.

Ainsi, la pièce mécanique dans son intégralité peut facilement être modélisée en exploitant sa forme de révolution.

En particulier, selon une autre caractéristique, ladite pièce mécanique peut être un séparateur air/huile.

L'invention porte en outre sur un procédé de fabrication additive, comprenant une étape d'utilisation dudit objet modélisé tridimensionnel de la pièce mécanique obtenu à l'issue de l'étape h). L'objet modélisé peut être fabriqué par fabrication additive.

Par conséquent, à l'issue du procédé présenté ci-dessus, l'objet modélisé obtenu de la pièce mécanique est exploitable de sorte à pouvoir être transmis en entrée d'une plateforme ou installation de fabrication additive.

L'invention concerne également un objet modélisé tridimensionnel d'un séparateur air-huile obtenu par le procédé tel que décrit précédemment.

L'invention concerne également le fichier de données stockant l'objet modélisé tridimensionnel d'un séparateur air-huile tel que décrit ci-dessus.

Le fichier comprend ainsi moins de données que le fichier comprenant un objet modélisé tridimensionnel entièrement conçu avec les outils CAO basé sur la représentation par les bords, et donc peut être plus facilement manipulé, voir transmis.

L'invention porte aussi sur un programme d'ordinateur comprenant des instructions pour mettre en œuvre le procédé tel que décrit précédemment, lorsqu'il est exécuté sur un processeur.

L'invention se rapporte aussi à un support de stockage de données sur lequel est enregistré le programme tel que décrit ci-dessus.

Enfin, l'invention porte sur un système CAO comprenant un processeur couplé à une mémoire et une interface utilisateur graphique et apte à communiquer avec une plateforme de fabrication additive, tel que le programme tel que détaillé ci-dessus.

Un tel système permet alors de permettre la fabrication du séparateur air-huile modélisé par fabrication additive, permettant en particulier de concevoir une structure hybride sans avoir d'opération de soudage.

L'invention sera mieux comprise et d'autres détails, caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description suivante faite à titre d'exemple non limitatif en référence aux dessins annexés.

10 Brève description des figures

[Fig. 1] est un ordinogramme représentant des étapes du procédé selon l'invention ;

[Fig. 2] est une vue en perspective d'un séparateur air-huile ;

[Fig. 3] est une vue de face d'un secteur du séparateur air-huile de la figure 2 ;

[Fig. 4] est une vue en perspective du volume d'intégration de la structure lattice ;

15 [Fig. 5] illustre plusieurs exemples de motifs élémentaires ;

[Fig. 6] est un exemple de squelette servant à la conception des motifs élémentaires ;

[Fig. 7] la partie A illustre la structure le premier volume de lattice obtenu lors de l'étape e) et la partie B illustre le volume intermédiaire de lattice obtenu au terme de l'étape e) ;

[Fig. 8] la partie A illustre une partie de l'objet modélisé obtenu au terme du procédé selon l'invention et la partie B illustre l'objet modélisé au terme du procédé selon l'invention.

20 Description détaillée de l'invention

Description détaillée de l'invention

La figure 1 est un ordinogramme représentant le déroulement du procédé selon l'invention.

Une première étape E0 préalable au procédé correspond à la fourniture de la pièce mécanique à modéliser. Ici, le procédé vise à proposer un procédé pour concevoir une pièce mécanique que l'on qualifiera ici d'hybride. Par hybride, on entend donc que la pièce comprend au moins une portion de lattice et au moins une partie non lattice (c'est-à-dire dense). Un exemple de ce type de pièce est le séparateur air-huile centrifuge 2, dont une vue est illustrée à la figure 2.

25

Le séparateur air-huile 2 comprend une première coque entourée d'une deuxième coque qui définissent le corps du séparateur air-huile. L'espace entre ces deux coques forme une veine 4 de révolution autour de l'axe de révolution X du séparateur air-huile 2, destiné à faire circuler le mélange air-huile à séparer.

30

Le séparateur air-huile 2 comprend des alvéoles 6 régulièrement répartis autour de l'axe X. Dans chacune de ces alvéoles 6 sont logées des structures lattices 8, également appelé « mousse », permettant de filtrer les plus fines gouttelettes lors de la mise en rotation du séparateur air-huile 2.

35

Au regard de la symétrie de révolution de cette pièce 2 autour de l'axe de révolution X, la conception d'un objet modélisé tridimensionnel de la pièce mécanique 2 est réalisée à partir d'un secteur angulaire 10 de cette pièce 2 par rapport à l'axe de révolution X.

Comme on peut le voir sur la figure 2, le séparateur air-huile 2 est composé d'un secteur angulaire 10 qui est répété autour de l'axe de révolution X. Ainsi, dans un premier temps, seul ce secteur angulaire 10 est modélisé.

Un exemple de secteur angulaire 10 à modéliser du séparateur air-huile est indiqué sur la figure 2.

Le secteur angulaire comprend ainsi un corps 12, une pièce dense monobloc, comportant une structure alvéolaire. La structure alvéolaire est composée d'une alvéole 6 et d'une structure lattice 8.

L'alvéole 6 présente une forme courbe selon un arc de cercle ayant un rayon médian par rapport à l'axe de révolution X du déshuileur. Comme on peut le voir sur la figure 2, une structure lattice 8 est logée dans cette alvéole 6. Il s'agit d'une structure en treillis correspondant à un assemblage de segments métalliques entrecroisés et maintenus les uns aux autres de sorte à former un ensemble rigide.

La première étape E1 du procédé de conception d'un objet modélisé tridimensionnel du déshuileur 2 consiste à fournir une représentation par les bords (B-Rep) du corps 12 de secteur 10.

Il s'agit de modéliser, à l'aide des outils classique de conception assisté par ordinateur (CAO), tels que CATIA, le corps 12 du secteur 10 en respectant sa géométrie et ses dimensions qui sont définies et paramétrées.

Un exemple de visualisation d'un corps 12 de secteur 10 modélisé par la représentation par les bords est illustré à la figure 3. Comme on peut le voir, le corps 12 est modélisé avec une alvéoles 6, apte à recevoir une structure lattice 8, aménagée dans une partie radialement supérieure par rapport à l'axe de révolution X.

La forme de l'alvéole 6 est caractérisée par les trois dimensions suivantes : un rayon minimum R_{min} , un rayon maximum R_{max} , et un rayon médian $R_{médian}$, indiquées sur la figure 3.

La deuxième étape E2 consiste à fournir une représentation par les bords (B-Rep) d'un volume d'intégration 14 de la structure lattice 8.

Le volume d'intégration 14 de la structure lattice correspond à un volume plein conçu pour matérialiser le volume dans lequel la structure lattice 8 doit s'intégrer. Un exemple de visualisation d'un volume d'intégration 14 est illustré à la figure 4. Comme on peut le voir, ce volume d'intégration 14 présente une forme complémentaire à l'alvéole, et présente donc par conséquent les mêmes dimensions caractérisantes de l'alvéoles 6, en particulier le même rayon médian $R_{médian}$. Pour s'assurer d'une bonne intersection de la structure lattice 8 avec le corps du secteur 12 lors de l'assemblage ultérieur de ces deux éléments, il est judicieux de

concevoir le volume d'intégration 14 de sorte qu'il intersecte la surface interne 16 du corps de secteur délimitant l'alvéole 6.

Le volume d'intégration 14, modélisé par une représentation par les bords, peut être réalisé sous CATIA par exemple, ou tout autre logiciel de CAO adapté utilisant la représentation par les bords.

Les étapes E1 et E2 peuvent être réalisées de sorte que les géométries du corps et du volume d'intégration du secteur restent paramétrables.

La troisième étape E3 consiste à calculer une représentation polygonale du corps 12 de secteur et une représentation polygonale du volume d'intégration 14 de la structure lattice, à partir de la représentation par les bords (B-Rep) du corps 12 de secteur.

Cette étape consiste à calculer et enregistrer les données liées aux surfaces du corps modélisé et du volume d'intégration modélisé. Ainsi le corps modélisé et le volume d'intégration modélisé sont enregistrés dans des fichiers distincts sous deux formats : le format natif du logiciel CAO utilisé et sous un format de données stl utilisé en stéréolithographie.

Le format stl permet d'enregistrer uniquement la surface en trois dimensions des objets modélisés. Contrairement au format d'enregistrement natifs des logiciels de CAO classique, d'information sur la matière, la texture ou d'autres paramètres habituels. Par conséquent ce type de format est plus léger que les formats natifs des logiciels CAO classique.

La quatrième étape E4 consiste à fournir une représentation par les bords (B-Rep) d'un motif élémentaire 18 de la structure lattice 8.

La structure lattice 8 est constituée d'un motif élémentaire 18 qui se répète selon trois directions de l'espace, formant ainsi un réseau tridimensionnel.

Un motif élémentaire 18 peut être choisi parmi une infinité de motifs possibles, dont des exemples sont illustrés à la figure 5. Comme on peut le voir sur la figure 5, la largeur, la section, la longueur de chacun des segments 20 constitutifs du motif élémentaire 18 peuvent varier. Par exemple, les segments 20 peuvent délimiter un volume, peuvent également comprendre des ouvertures 22 ou encore peuvent être à section variable. Les segments 20 sont en général métalliques.

De tels motifs élémentaires 18 sont conçus sur CATIA ou à l'aide de tout logiciel CAO permettant une représentation par les bords, à partir d'un squelette 24. Il s'agit d'un schéma à partir duquel est conçu le motif élémentaire 18.

Un exemple de squelette 24 est illustré à la figure 6. Il est composé de points 26, reliés les uns aux autres par des segments 28, ainsi que de cercles 30, ayant pour centre ces points 26. Les segments 28 représentent les segments 20 métalliques constitutifs du motif élémentaire 18.

Les cercles 30 représentent la section soit d'une jonction de deux segments 20, soit d'une extrémité libre de segments 20.

La conception d'un motif élémentaire 18 sur le logiciel de CAO peut être effectué en rendant paramétrables certaines dimensions, de sorte à le rendre ajustable en fonction des besoins. Le motif élémentaire 18 conçu doit remplir les deux exigences suivantes :

- La fabricabilité du motif élémentaire 18 en fonction du procédé de fabrication envisagé, par exemple par impression 3D ;
- La coïncidence des motifs élémentaires 18 répétés dans la structure lattice 8 de sorte d'assurer la continuité de cette dernière.

La cinquième étape du procédé E5 du procédé consiste à calculer une représentation polygonale d'une structure intermédiaire lattice 32 composée d'une pluralité de motifs élémentaires 18, à partir de la représentation par les bords (B-Rep) du motif élémentaire 18. Comme détaillé plus haut en référence à la troisième étape E3, à partir de la représentation par les bords du motif élémentaire 18, une représentation polygonale, est calculée. Ainsi, seule la modélisation de la surface volumique motif élémentaire 18 est enregistrée dans un fichier au format stl.

Par la suite, la réalisation de la modélisation de la structure intermédiaire lattice 32 est réalisé à l'aide d'un logiciel, habituellement dédié à la modélisation d'animation, Blender. Tout autre logiciel supportant la gestion du format stl peut être utilisé à condition qu'il possède les outils nécessaires de déformation de solides et de répétition de motifs.

Sous Blender, une première étape consiste à répéter selon trois directions orthogonales entre elles la représentation polygonale du motif élémentaire 18 de sorte à former un premier volume. Comme cela est visible sur la partie A de la figure 7, la répétition est réalisée selon les trois directions x, y et z du référentiel 34. La répétition du motif élémentaire 18 peut être d'un nombre distinct d'une direction à l'autre, de sorte à obtenir un pavé.

Une deuxième étape vise à déterminer le volume intermédiaire 32 par transformation géométrique du premier volume. Un exemple de volume intermédiaire lattice 32 est illustré par la partie A de la figure 7. Afin de s'assurer que la structure lattice 8 présente la même courbure que l'alvéole 6 selon la direction x, l'image du premier volume par la transformation géométrique permettant la conversion d'une ligne rectiligne en une courbe plane est calculée. Une spline est par exemple utilisée.

Ainsi, comme on peut le voir sur la partie A de la figure 7, la répétition selon x, correspond à la répétition selon la courbure médiane de rayon $R_{\text{médian}}$. La répétition selon y correspond au rayon maximal R_{max} et le rayon minimum R_{min} . La répétition selon z correspond à la hauteur de la structure intermédiaire.

La sixième étape E6 du procédé consiste à déterminer, à partir de la représentation polygonale du volume d'intégration 14 de la structure lattice et de la représentation polygonale du volume intermédiaire 32, la représentation polygonale de la structure lattice 34.

A partir de cette étape, les opérations sont réalisées via n'importe quel logiciel capable de lire les formats stl. De préférence, dans l'optique de fabriquer par la suite la pièce par une plateforme de fabrication additive, les opérations peuvent être réalisées sous un logiciel de préparation de plateforme de fabrication additive de sorte à obtenir la pièce dans ce logiciel apte à communiquer avec la plateforme de fabrication additive. Le logiciel Magics peut par exemple être utilisé. Ce dernier présente un module de détection d'anomalie et de réparation automatique particulièrement efficace, et adapté pour les structures complexes telles que les structures lattices.

L'étape E6 consiste à calculer l'intersection entre la représentation polygonale du volume d'intégration 14 de la structure lattice et de la représentation polygonale du volume intermédiaire 32 pour obtenir la représentation polygonale de la structure lattice 8 du secteur de ladite pièce mécanique 2.

Il s'agit donc de calculer le résultat de l'opération d'intersection booléenne entre les représentations polygonales respectives du volume d'intégration 14 et de la structure intermédiaire lattice 32. La représentation polygonale de la structure lattice 8 ainsi obtenue, visible sur la partie B de la figure 7, a une surface extérieure identique à la surface du volume d'intégration 14, visible en figure 4.

La septième étape E7 vise à assembler la représentation polygonale du corps 12 de secteur et la représentation polygonale de la structure lattice 8 déterminée de manière à obtenir un objet modélisé tridimensionnel du secteur 10 de ladite pièce mécanique 2. Il s'agit de calculer l'union de représentation polygonale du corps 12 de secteur et la représentation polygonale de la structure lattice 8 du secteur pour obtenir la représentation polygonale d'un secteur 10 de ladite pièce mécanique 2. La structure lattice 8 est alors incluse dans l'alvéole 6 du secteur de sorte ces extrémités intersecte les parois surfacique interne 16 de l'alvéole 6. En traversant les parois interne surfacique 16 délimitant l'alvéole 6, la connexion entre le corps 12 de secteur 10 et la structure lattice 8 est assurée.

Deux vues du secteur 10 obtenu par le biais de ce procédé sont visibles aux parties A et B de la figures 8.

La huitième étape E8 du procédé, permet de finaliser la conception et donc d'obtenir un objet modélisé tridimensionnel de la pièce mécanique ayant une symétrie de révolution, ici le séparateur air-huile. Cette étape consiste à répéter la représentation polygonale du secteur obtenu autour de l'axe de révolution X du séparateur ai-huile de manière à obtenir un objet modélisé tridimensionnel du séparateur.

Ainsi, l'objet modélisé tridimensionnel du séparateur air-huile est enregistré dans un fichier de données à partir de Magics. Ce fichier de données regroupe alors toutes informations de géométries exploitables pour la fabrication additive.

Une étape postérieure au déroulé du procédé selon l'invention, consiste utiliser l'objet modélisé du séparateur air-huile. En particulier le procédé peut être suivi d'un procédé de fabrication additive comprenant une étape d'utilisation dudit objet modélisé tridimensionnel de la pièce mécanique obtenu à l'issue de l'étape E8.

- 5 De sorte à optimiser le processus numérique de conception de l'objet modélisé tridimensionnel de la pièce mécanique, un programme d'ordinateur comprenant des instructions pour mettre en œuvre le procédé lorsqu'il est exécuté sur un processeur peut également être réalisé. Ce programme pouvant être enregistré sur un support de stockage de données.

- 10 De sorte à optimiser le processus de fabrication par fabrication additive de la pièce mécanique, un système CAO peut être conçu. Ce système CAO comprend un processeur couplé à une mémoire et une interface utilisateur graphique et est apte à communiquer avec une plateforme de fabrication additive. Le programme présenté précédemment peut être enregistré sur la mémoire.

REVENDICATIONS

1. Procédé implémenté par ordinateur pour la conception d'un objet modélisé tridimensionnel d'une pièce mécanique (2) dont un secteur (10) comprend un corps (12),
5 comportant au moins une alvéole (6), et une structure lattice (8) logée dans ladite alvéole (6), le procédé comprend les étapes suivantes :
- a) Fournir une représentation par les bords (B-Rep) du corps (12) de secteur ;
 - b) Fournir une représentation par les bords (B-Rep) d'un volume d'intégration (14) de la structure lattice ;
 - 10 c) Calculer une représentation polygonale du corps (12) de secteur et une représentation polygonale du volume d'intégration (14) de la structure lattice, à partir de la représentation par les bords (B-Rep) du corps (12) de secteur ;
 - d) Fournir une représentation par les bords (B-Rep) d'un motif élémentaire (18) de la structure lattice ;
 - 15 e) Calculer une représentation polygonale d'une structure intermédiaire lattice (32) composée d'une pluralité de motifs élémentaires (18), à partir de la représentation par les bords (B-Rep) du motif élémentaire (18);
 - f) Déterminer, à partir de la représentation polygonale du volume d'intégration de la structure lattice et de la représentation polygonale du volume intermédiaire, une représentation
20 polygonale de la structure lattice (8) ;
 - g) Assembler la représentation polygonale du corps (12) de secteur et la représentation polygonale de la structure lattice (8) déterminée de manière à obtenir un objet modélisé tridimensionnel du secteur (10) de ladite pièce mécanique (2).
2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel l'étape e) comprend les étapes
25 suivantes :
- Répéter selon trois directions orthogonales entre elles la représentation polygonale du motif élémentaire (18) de sorte à former un premier volume ;
 - Déterminer le volume intermédiaire (32) par transformation géométrique du premier volume.
3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'étape f) comprend
30 l'étape suivante :
- Calculer l'intersection entre la représentation polygonale du volume d'intégration (14) de la structure lattice et de la représentation polygonale du volume intermédiaire (32) pour obtenir la représentation polygonale de la structure lattice (8) du secteur (10) de ladite pièce
35 mécanique (2).
4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'étape g) comprend l'étape suivante :

- Calculer l'union de représentation polygonale du corps (12) de secteur et la représentation polygonale de la structure lattice (8) du secteur pour obtenir la représentation polygonale d'un secteur (10) de ladite pièce mécanique (2).

5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'étape g) est suivi
5 de l'étape suivante :

h) Répéter la représentation polygonale du secteur (10) de ladite pièce mécanique (2) obtenue autour d'un axe de révolution X de ladite pièce mécanique (2) de manière à obtenir un objet modélisé tridimensionnel de ladite pièce mécanique (2).

6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, dans lequel ladite pièce mécanique (2)
10 est un séparateur air/huile.

7. Procédé de fabrication, caractérisé en ce qu'il comprend une utilisation de l'objet modélisé tridimensionnel de la pièce mécanique (2) obtenu à l'issue de l'étape h), l'objet modélisé étant fabriqué par fabrication additive.

8. Objet modélisé tridimensionnel d'une pièce mécanique (2) obtenu par le procédé selon
15 l'une des revendications 1 à 6.

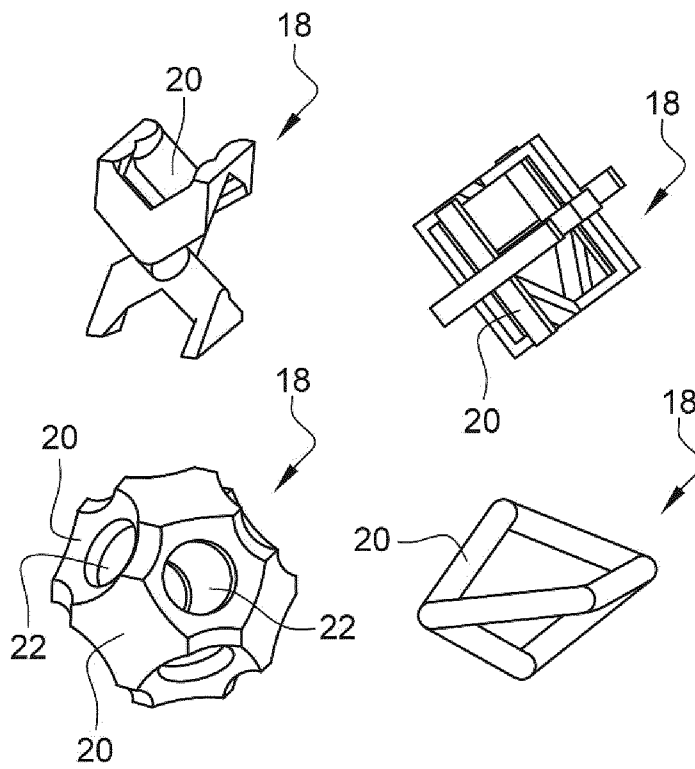
9. Fichier de données stockant l'objet modélisé tridimensionnel d'un séparateur air-huile selon la revendication 8.

10. Programme d'ordinateur comprenant des instructions pour mettre en œuvre le procédé selon l'une des quelconques revendications 1 à 6, lorsqu'il est exécuté sur un processeur.

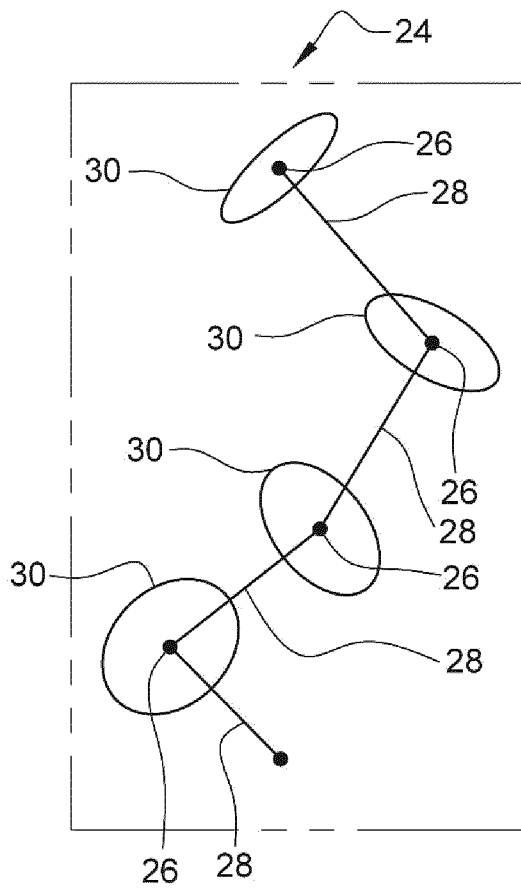
20 11. Support de stockage de données sur lequel est enregistré le programme de la revendication 10.

12. Système CAO comprenant un processeur couplé à une mémoire et une interface utilisateur graphique et apte à communiquer avec une plateforme de fabrication additive, tel que le programme selon la revendication 10 est enregistré sur la mémoire.

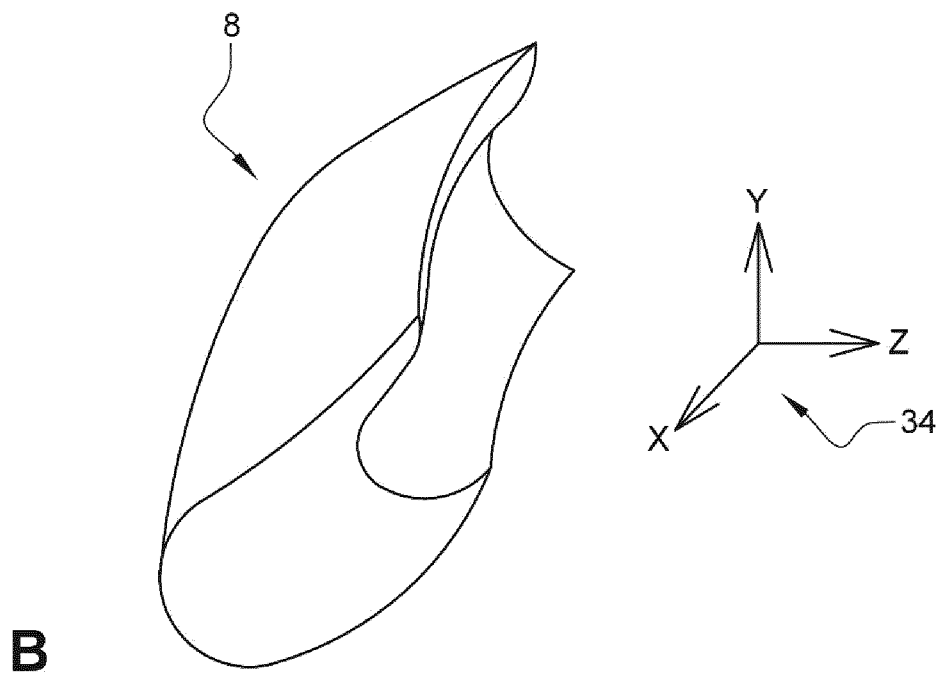
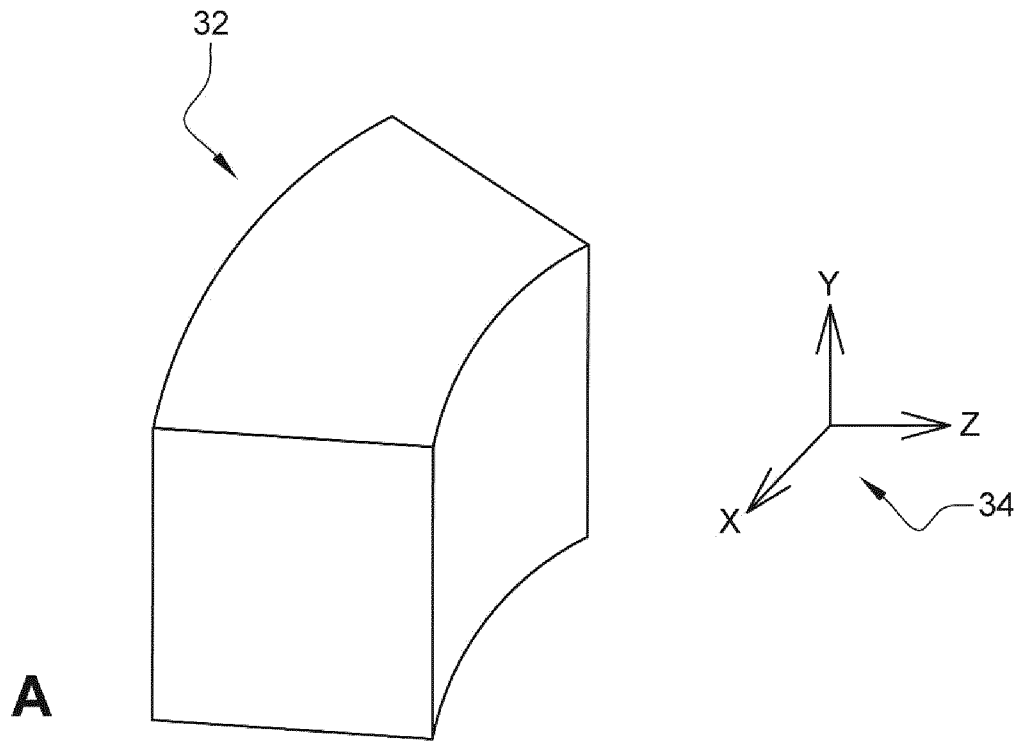
[Fig. 5]



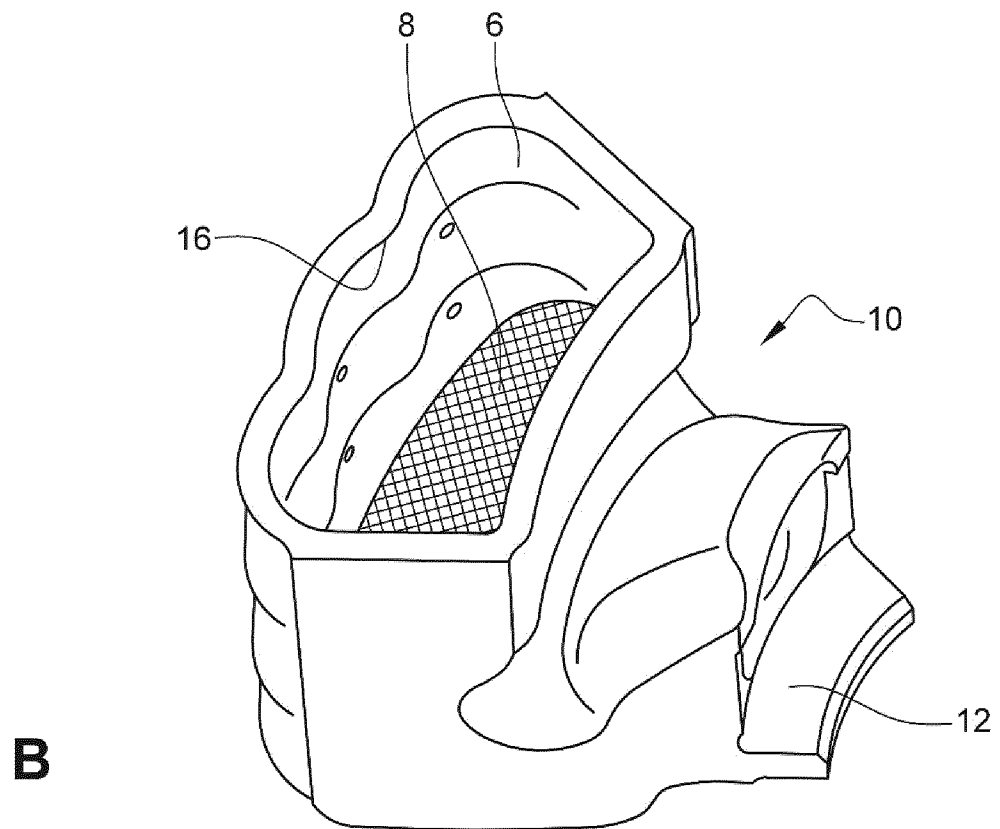
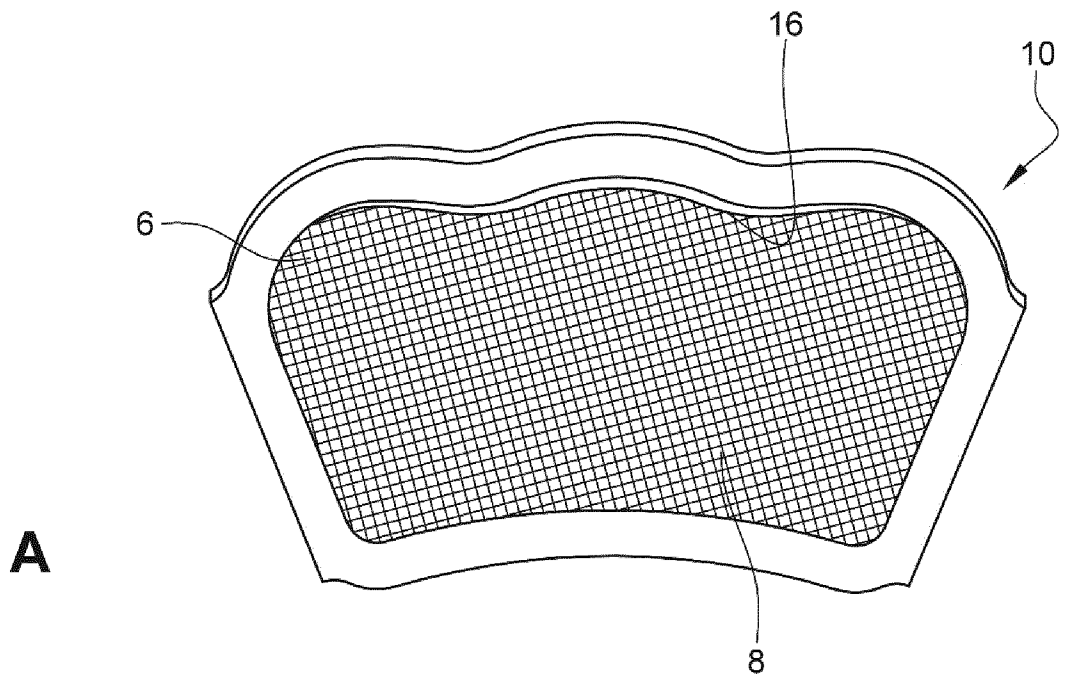
[Fig. 6]



[Fig. 7]



[Fig. 8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2020/058715

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G06F 30/10(2020.01)i; G06F 111/10(2020.01)n; G06F 113/10(2020.01)n According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G06F Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	A.O. AREMU ET AL. "A voxel-based method of constructing and skinning conformal and functionally graded lattice structures suitable for additive manufacturing" <i>ADDITIVE MANUFACTURING</i> , NL, Vol. 13, 01 January 2017 (2017-01-01), pages 1-13 DOI: 10.1016/j.addma.2016.10.006 ISSN: 2214-8604, XP055482697	1-5,8-12
Y	titel figures 5, 8 abstract page 3, section 3.1 page 4, first column, third paragraph page 4, second column, third paragraph page 5, second column, first paragraph page 5, section 3.2, first paragraph page 12, first column, second paragraph the whole document	6,7
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 20 May 2020		Date of mailing of the international search report 02 June 2020
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Joris, Pierre Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2020/058715

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	EP 2749337 A1 (GE AVIO SRL [IT]) 02 July 2014 (2014-07-02) paragraph [0001] paragraph [0007] paragraph [0011] paragraph [0020] - paragraph [0030] paragraph [0078] figures 1, 8, 9 the whole document	6,7
Y	TANG H P ET AL. "A Honeycomb-Structured Ti-6Al-4V Oil-Gas Separation Rotor Additively Manufactured by Selective Electron Beam Melting for Aero-engine Applications" <i>JOM: JOURNAL OF METALS</i> , SPRINGER NEW YORK LLC, UNITED STATES, Vol. 68, No. 3, 06 January 2016 (2016-01-06), pages 799-805, [retrieved on 2016-01-06] DOI: 10.1007/S11837-015-1778-9 ISSN: 1047-4838, XP036506158 abstract page 804, first column, second paragraph the whole document	6,7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2020/058715

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
EP	2749337	A1	02 July 2014	EP	2749337	A1	02 July 2014
				US	2014182252	A1	03 July 2014

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2020/058715

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. G06F30/10 ADD. G06F111/10 G06F113/10		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) G06F		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	A.O. AREMU ET AL: "A voxel-based method of constructing and skinning conformal and functionally graded lattice structures suitable for additive manufacturing", ADDITIVE MANUFACTURING, vol. 13, 1 janvier 2017 (2017-01-01), pages 1-13, XP055482697, NL	1-5,8-12
Y	ISSN: 2214-8604, DOI: 10.1016/j.addma.2016.10.006 titre figures 5, 8 abrégé page 3, section 3.1 page 4, première colonne, troisième paragraphe page 4, deuxième colonne, troisième paragraphe page 5, deuxième colonne, premier -/--	6,7
☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents ☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités:		
"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 20 mai 2020		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 02/06/2020
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Joris, Pierre

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	paragraphe page 5, section 3.2, premier paragraphe page 12, première colonne, deuxième paragraphe le document en entier ----- EP 2 749 337 A1 (GE AVIO SRL [IT]) 2 juillet 2014 (2014-07-02) alinéa [0001] alinéa [0007] alinéa [0011] alinéa [0020] - alinéa [0030] alinéa [0078] figures 1, 8, 9 le document en entier -----	6,7
Y	TANG H P ET AL: "A Honeycomb-Structured Ti-6Al-4V Oil-Gas Separation Rotor Additively Manufactured by Selective Electron Beam Melting for Aero-engine Applications", JOM: JOURNAL OF METALS, SPRINGER NEW YORK LLC, UNITED STATES, vol. 68, no. 3, 6 janvier 2016 (2016-01-06), pages 799-805, XP036506158, ISSN: 1047-4838, DOI: 10.1007/S11837-015-1778-9 [extrait le 2016-01-06] abrégé page 804, première colonne, second paragraphe le document en entier -----	6,7

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

PCT/EP2020/058715

Formulaire PCT/ISA/210 (annexe familles de brevets) (avril 2005)