

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

①1 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

3 138 469

②1 N° d'enregistrement national : **22 07920**

⑤1 Int Cl⁸ : *F 01 D 9/04 (2022.01), F 01 D 25/04, F 04 D 29/54*

①2

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 29.07.22.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 02.02.24 Bulletin 24/05.

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

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : *Safran Aircraft Engines Société par actions simplifiée (SAS) — FR.*

⑦2 Inventeur(s) : CHEVILLOT Fabrice, Joël, Luc.

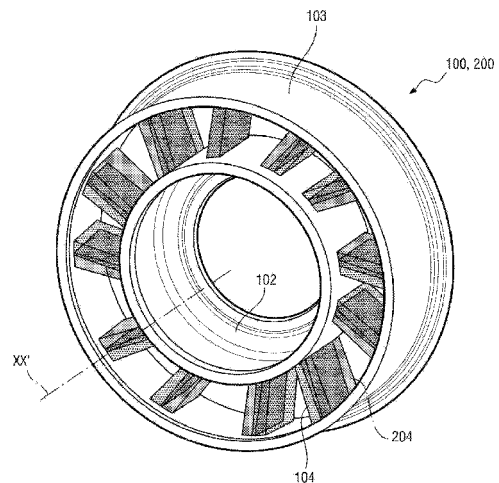
⑦3 Titulaire(s) : *Safran Aircraft Engines Société par actions simplifiée (SAS).*

⑦4 Mandataire(s) : REGIMBEAU.

⑤4 **Carter fixe d'une turbomachine dont les bras sont non équirépartis.**

⑤7 La présente invention concerne un carter (100) fixe de turbomachine comprenant : - un moyeu (102) centré sur un axe (XX') du carter (100); - une virole (103) coaxiale avec le moyeu (102) et s'étendant radialement autour du moyeu (102); et - des bras (104) montés fixes entre le moyeu (102) et la virole (103), les bras (104) étant disposés autour de l'axe (XX'), les bras (104) circonférentiellement adjacents étant séparés au niveau du moyeu (102) par une distance angulaire respective qui varie de façon périodique vis-à-vis d'une distance angulaire d'équipartition des bras (104) de sorte que les bras (104) ne sont pas équirépartis autour de l'axe (XX'), de préférence, chaque distance angulaire entre les bras (104) circonférentiellement adjacents correspondant à une composante d'une décomposition en série de Fourier d'un signal périodique.

Figure pour l'abrégié: Fig. 4



FR 3 138 469 - A1



Description

Titre de l'invention : Carter fixe d'une turbomachine dont les bras sont non équirépartis

DOMAINE DE L'INVENTION

[0001] La présente demande concerne de manière générale le domaine des turbomachines, et plus particulièrement les ensembles de turbomachines comprenant une roue mobile montée en amont ou en aval d'un carter fixe susceptible de générer une résonance sur un mode propre de la roue mobile.

ETAT DE LA TECHNIQUE

[0002] Une turbomachine présente un axe longitudinal autour duquel elle s'étend et comporte typiquement, d'amont en aval dans le sens de l'écoulement des gaz, une soufflante, une section de compression pouvant comprendre un compresseur basse pression et un compresseur haute pression séparés par un carter intermédiaire, une chambre de combustion, une section de turbine pouvant comprendre une turbine haute pression et une turbine basse pression séparés par un carter inter-turbine, et un carter d'échappement s'étendant en aval de la section de turbine. Le carter d'échappement contribue à délimiter la veine primaire du fluide (ou flux primaire des gaz) traversant la turbomachine et assure, par l'intermédiaire d'un support de paliers, la concentricité entre la partie rotor et la partie stator de la turbomachine.

[0003] Le carter d'échappement comprend conventionnellement un moyeu, centré sur l'axe de la turbomachine, une virole externe, coaxiale avec le moyeu, et un ensemble de bras répartis autour de l'axe de la turbomachine qui relie le moyeu et la virole externe.

[0004] Cependant, la présence du carter d'échappement en aval de la section de turbine génère des contraintes dynamiques sur la partie de la section de turbine située en amont du carter d'échappement par un phénomène de remontée de pression. Ces contraintes dynamiques donnent lieu à une résonance pouvant générer des contraintes vibratoires plus ou moins élevées sur les aubes de la roue mobile.

[0005] Afin de réduire ces contraintes, il est possible d'augmenter la distance entre le carter d'échappement et la section de turbine. Cependant, cela implique d'augmenter la longueur et la masse du moteur, et donc une plus grande consommation de carburant.

[0006] Il est également possible de modifier le nombre de bras ou d'aubes dans la section de turbine. Toutefois, cette modification peut avoir un impact sur la longueur du carter d'échappement ou sur la masse des aubes mobiles, impliquant également une augmentation de la consommation de carburant. À cela s'ajoutent des contraintes de fabrication et de coût.

Exposé de l'invention

- [0007] Un but de l'invention est donc de remédier aux problèmes de génération de contraintes sur une roue mobile située en amont ou en aval d'un carter fixe, qui soit simple à mettre en œuvre, de coût modéré et qui n'augmente pas pour autant la consommation de carburant.
- [0008] Il est à cet effet proposé, selon un premier aspect de l'invention un carter fixe de turbomachine comprenant :
- un moyeu centré sur un axe du carter ;
 - une virole coaxiale avec le moyeu et s'étendant radialement autour du moyeu ; et
 - des bras montés fixes entre le moyeu et la virole, les bras étant disposés autour de l'axe, les bras circonférentiellement adjacents étant séparés au niveau du moyeu par une distance angulaire respective qui varie de façon périodique vis-à-vis d'une distance angulaire d'équipartition des bras de sorte que les bras ne sont pas équirépartis autour de l'axe, de préférence, chaque distance angulaire entre les bras circonférentiellement adjacents correspondant à une composante d'une décomposition en série de Fourier d'un signal périodique.
- [0009] Le carter selon l'invention pourra présenter en outre au moins l'une des caractéristiques suivantes :
- [0010] - les bras présentent des géométries différentes,
- [0011] - les bras présentent des épaisseurs différentes,
- [0012] - chaque distance angulaire des bras d'une première géométrie ou d'une première épaisseur correspond à une décomposition en série de Fourier d'un premier signal périodique et chaque distance angulaire des bras d'une seconde géométrie ou d'une seconde épaisseur correspond à une décomposition en série de Fourier d'un second signal périodique,
- [0013] - la distance angulaire respective entre les bras circonférentiellement adjacents comprend une composante constante qui correspond à une distance angulaire d'équipartition des bras et une composante variable qui varie de façon périodique, la composante variable restant inférieure à 25% de la composante constante, et
- [0014] - la distance angulaire respective entre les bras circonférentiellement adjacents varie de façon périodique entre 50% de la distance angulaire d'équipartition des bras et 150% de la distance angulaire d'équipartition des bras.
- [0015] On peut prévoir que chaque distance angulaire qui sépare deux bras circonférentiellement adjacents dans un sens trigonométrique est paramétrée par l'équation suivante :
- $$360/X + A \cdot \cos(B \cdot i \cdot 360/X)$$
- dans laquelle :
- A et B sont des paramètres de répartition ;
- [0016] A est au plus égal à $0,25 \cdot 360/X$ et B est au plus égal à $X/2$;

X est un nombre total de bras dans le carter ; et
i correspond au i-ème bras.

[0017] On peut prévoir que ledit carter comprenant l'un des carter suivants : un redresseur configuré pour s'étendre en aval d'un étage mobile d'un compresseur ; un distributeur configuré pour s'étendre en amont d'un étage mobile d'une turbine ; un carter inter-turbine configuré pour s'étendre entre une turbine haute pression et une turbine basse pression ; un carter d'échappement configuré pour s'étendre en aval d'une turbine basse pression.

[0018] On prévoit aussi selon l'invention un ensemble de turbomachine comprenant une roue mobile, autour d'un axe et un carter fixe selon l'invention, ledit carter étant coaxial avec la roue mobile et s'étendant en amont ou en aval de la roue mobile.

[0019] On prévoit également selon l'invention une turbomachine comprenant un ensemble selon l'invention, la roue mobile étant entraînée en rotation par un arbre d'entraînement.

DESCRIPTION DES FIGURES

[0020] D'autres caractéristiques, buts et avantages de l'invention ressortiront de la description qui suit, qui est purement illustrative et non limitative, et qui doit être lue en regard des dessins annexés sur lesquels :

[0021] La [Fig.1] illustre de façon schématique une demie-coupe d'un exemple de turbomachine d'aéronef conforme à un mode de réalisation de l'invention ;

[0022] la [Fig.2] est une vue simplifiée d'un exemple de turbomachine pouvant comprendre un carter fixe conforme à un mode de réalisation de l'invention ;

[0023] la [Fig.3] est un carter fixe de turbomachine selon un mode de réalisation de l'invention ;

[0024] la [Fig.4] illustre en traits pleins le carter fixe de la [Fig.3] et en traits discontinus un carter fixe conventionnel comprenant un même nombre de bras que le carter de la [Fig.3] ;

[0025] la [Fig.5] illustre en traits pleins un carter fixe selon un autre mode de réalisation de l'invention et le carter fixe conventionnel de la [Fig.4] ;

[0026] la [Fig.6] illustre un carter fixe selon un autre mode de réalisation de l'invention ;

[0027] la [Fig.7] illustre de manière schématique et sous forme dépliée la position des bras d'un carter fixe selon un mode de réalisation de l'invention et le carter fixe conventionnel de la [Fig.4], avec en superposition un graphe présentant une courbe périodique représentative de la variation du pas entre un bras du carter fixe et un bras adjacent du carter fixe conventionnel ;

[0028] la [Fig.8a] est un graphe représentant schématiquement l'évolution de la fréquence d'excitation générée par un carter à bras équirépartis sur une roue mobile (en amont ou

en aval d'un carter fixe conventionnel) en fonction de sa vitesse de rotation, la fréquence propre de chaque mode propre des aubes de la roue mobile et les résonances vibratoires de ces aubes ;

[0029] la [Fig.8b] est un graphe représentant un spectre fréquentiel de l'excitation générée par les bras d'un carter à douze bras équirépartis sur une aube d'une roue mobile (en amont ou en aval d'un carter fixe conventionnel) ;

[0030] la [Fig.9a] est un graphe représentant schématiquement l'évolution de la fréquence de chaque excitation générée par un carter à douze bras non-équirépartis sur une roue mobile (en amont ou en aval d'un carter fixe conforme à un mode de réalisation de l'invention) en fonction de sa vitesse de rotation, la fréquence propre de chaque mode propre des aubes de la roue mobile et les résonances vibratoires de ces aubes dans le cas d'un carter à bras non-équirépartis ;

[0031] la [Fig.9b] est un graphe représentant un spectre fréquentiel de l'excitation générée par les bras du carter à bras non-équirépartis sur une aube d'une roue mobile (en amont ou en aval d'un carter fixe conforme à un mode de réalisation de l'invention) ;

[0032] la [Fig.10] est un graphe représentant l'atténuation de l'intensité des vibrations des aubes pour différentes répartitions des bras d'un carter fixe conforme à un mode de réalisation de l'invention ;

[0033] la [Fig.11] est un graphe représentant un spectre fréquentiel de l'excitation générée par les bras d'un autre carter à bras non-équirépartis sur une aube d'une roue mobile (en amont ou en aval d'un carter fixe conforme à un autre mode de réalisation de l'invention) ; et

[0034] la [Fig.12] est un graphe représentant l'atténuation de l'intensité des vibrations des aubes pour différentes répartitions des bras d'un carter fixe et plusieurs quantités de bras conformément à un mode de réalisation de l'invention.

[0035] Sur l'ensemble des figures, les éléments similaires portent des références identiques.

DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

[0036] Une turbomachine 1 présente une direction principale s'étendant selon un axe longitudinal XX', et comporte typiquement, d'amont en aval dans le sens de l'écoulement des gaz, une section de soufflante 2, un corps primaire comportant une section de compression pouvant comprendre un compresseur basse pression 4 ainsi qu'un compresseur haute pression 5 séparés par un carter intermédiaire 42, une chambre de combustion 6, une section de turbine pouvant comprendre une turbine haute pression 7 ainsi qu'une turbine basse pression 8 séparées par un carter inter-turbines 81 et un carter d'échappement 82 se trouvant en aval de la turbine basse pression 8. Le flux d'air entrant dans la turbomachine 1 se divise en un flux primaire configuré pour traverser le corps primaire et un flux secondaire qui contourne le corps primaire et est

comprimé par la soufflante 2.

- [0037] La section de soufflante comprend une roue mobile 2 (ou soufflante) et un redresseur 40 (outer guide vane en anglais). Chaque section de compression comprend une pluralité d'étages comprenant chacun une roue mobile 41, 43 et une partie stator 40 (ou redresseur). Chaque section de turbine comprend une pluralité d'étages comprenant chacun une roue mobile 51, 52 et une partie stator 50 (ou distributeur). Enfin, le carter intermédiaire 42, le carter inter-turbine 81 et le carter d'échappement 82 comprennent chacun un ensemble de bras 104 fixes par rapport à la turbomachine 1.
- [0038] La turbomachine 1 comprend au moins deux arbres d'entraînement, typiquement un arbre haute pression 31 et un arbre basse pression 30.
- [0039] L'arbre basse pression 30 est raccordé à la turbine basse pression 8 et est configuré pour entraîner le compresseur basse pression 4 et la soufflante 2 soit directement par la turbine basse pression 8, soit par l'intermédiaire d'un mécanisme de réduction pouvant comprendre un réducteur épicycloïdal du type planétaire ou en étoile. L'arbre basse pression 30 est guidé en rotation par interposition d'éléments roulants de type roulements à billes 33 ou roulements à rouleaux 32 dont une bague extérieure de chaque roulements 32, 33 est montée sur le carter intermédiaire 42, l'arbre basse pression 30 ou le carter d'échappement 82 et une bague intérieure sur l'arbre basse pression 30.
- [0040] L'arbre haute pression 31 est raccordé à la turbine haute pression 7 et est configuré pour entraîner le compresseur haute pression 5. L'arbre haute pression 31 est guidé en rotation par interposition d'éléments roulants de type roulements à billes 33 ou roulements à rouleaux 32 dont une bague extérieure de chaque roulement 32, 33 est montée sur le carter intermédiaire 42 et le carter inter-turbine 81 et une bague intérieure sur l'arbre haute pression 31.
- [0041] Dans la présente demande, l'amont et l'aval sont définis par rapport au sens d'écoulement normal du gaz dans la turbomachine 1. Ainsi, l'axe XX' de la turbomachine 1 correspond à l'axe de rotation de ses parties rotor. De plus, un élément est considéré comme fixe (ou statorique) lorsqu'il est monté fixement sur un carter structural de la turbomachine de sorte que cet élément est fixe par rapport au pylône de l'aéronef, lorsque la turbomachine est montée dans un tel aéronef.
- [0042] La turbomachine 1 comprend en particulier un carter fixe 100 présentant :
- un moyeu 102 centré sur l'axe XX' du carter ;
 - une virole 103 coaxiale avec le moyeu 102 et s'étendant radialement autour du moyeu 102 ; et
 - des bras 104 montés fixes entre le moyeu 102 et la virole 103.
- [0043] Dans ce qui suit, l'invention sera plus particulièrement décrite dans le cas où le carter fixe 100 est un carter d'échappement 82. Ceci n'est cependant pas limitatif, l'invention

s'appliquant à tout carter fixe 100 de la turbomachine 1 excitant par l'amont ou par l'aval une roue mobile aubagée. De plus, les bras 104 du carter 100 peuvent avoir une forme aérodynamique ou non aérodynamique. Ainsi, le carter fixe 100 peut correspondre notamment à un carter intermédiaire 42, carter d'échappement 82 de la turbomachine 1, un carter inter-turbine 81, un redresseur 40 ou encore un distributeur 50.

- [0044] Les bras 104 sont disposés autour de l'axe XX' et sont mutuellement séparés au niveau du moyeu 102 par une distance angulaire respective.
- [0045] La distance angulaire peut séparer des bras 104 adjacents, circonférentiellement adjacents, ou immédiatement circonférentiellement adjacents.
- [0046] Afin de réduire les contraintes sur la roue d'aubes mobiles 52 axialement adjacente (c'est-à-dire la roue mobile 52 de la turbine basse pression 8 dans le cas du carter d'échappement 82), les bras 104 ne sont pas équirépartis autour de l'axe XX'. Pour cela, la distance angulaire peut notamment se décomposer en une série de Fourier, chaque composante de la série de Fourier représentant une position angulaire d'un bras 104.
- [0047] Par exemple, comme illustré en [Fig.7], la distance angulaire 25 varie de manière périodique autour de l'axe XX' suivant la circonférence du carter 100 par rapport à une configuration avec des bras 204 équirépartis dans le cas d'un carter fixe conventionnel 200.
- [0048] Les bras 104 peuvent également présenter des géométries et/ou des épaisseurs différentes. La géométrie d'un bras 104 est définie par l'ensemble des dimensions du bras 104 utiles aux performances aérodynamiques de la turbomachine 1 comme une courbure de l'intrados/extrados ou bien une corde en pied ou en tête du bras 104. L'épaisseur d'un bras est définie par la distance entre deux faces du bras 104 qui relie le bord d'attaque et le bord de fuite. Par exemple, en [Fig.6], un carter 300 comprend deux géométries de bras distinctes 304, 306 où les bras 304 d'une géométrie donnée peuvent être alternés avec les bras 306 d'une autre géométrie donnée. En variante, les bras de chaque géométrie donnée peuvent être regroupés et s'étendre côte à côte de manière adjacente. Selon une autre variante encore, les bras 304 d'une géométrie donnée peuvent être alternés de manière aléatoire avec les bras 306 de l'autre géométrie donnée. Ainsi, les distances angulaires des bras 304 d'une première géométrie correspond à une décomposition en série de Fourier d'un premier signal périodique et les distances angulaires des bras 306 d'une seconde géométrie correspond à une décomposition en série de Fourier d'un second signal périodique.
- [0049] Le Demandeur s'est en effet aperçu du fait que l'équipartition des bras 204 des carters fixes conventionnels 200, dans le cas d'une excitation des aubes de la roue mobile 52 synchrone avec sa vitesse de rotation, toute l'énergie est concentrée sur une seule harmonique correspondant aux bras du carter. Faire varier la distance angulaire

de manière globalement sinusoïdale conduit à une répartition de l'énergie de l'excitation sur un spectre fréquentiel plus large.

[0050] En effet, les aubes de la roue mobile 52 présentent différents modes propres pouvant générer des contraintes différentes lorsqu'ils sont excités. Par exemple, comme illustré sur la [Fig.8a], l'énergie d'excitation 14 générée lorsque la vitesse de rotation de la roue mobile 52 atteint une valeur correspondant au troisième mode propre MP3 des aubes mobiles est plus importante que celle correspondant au premier mode propre MP1. La répartition des bras 104 de manière globalement sinusoïdale permet donc de répartir cette énergie d'excitation sur une gamme de fréquence plus large.

[0051] A titre de comparaison, dans le cas d'un carter 200 à douze bras 204 équirépartis, l'énergie est uniquement concentrée sur les harmoniques 12 ainsi que ses multiples (voir le spectre fréquentiel de la [Fig.8b]) et présente donc une amplitude plus importante.

[0052] Ainsi, la répartition non-équirépartie proposée dans la présente demande permet d'étaler l'énergie sur plusieurs harmoniques et de diminuer l'énergie portée par chacune de ces harmoniques. Ainsi, pour chaque mode propre des aubes mobiles 52, la résonance est atténuée. En effet, comme l'illustre l'exemple en [Fig.9b], l'énergie portée principalement par l'harmonique 12 est réduite en comparaison avec le carter équiréparti 200 ([Fig.8b]) et est distribuée entre les harmoniques voisines.

[0053] En contrepartie, il y a davantage de résonances que dans le cas équiréparti. En effet, comme l'illustre l'exemple en [Fig.9a], chaque mode propre présente des résonances pour plusieurs harmoniques placées à des vitesses de rotation de la turbine 8 éloignées.

[0054] On notera que, dans le cas du carter inter-turbine 81, les bras 104 excitent les roues mobiles 51, 52 s'étendant en amont et en aval, c'est-à-dire la roue de la turbine haute pression 7 et la roue mobile de la turbine basse pression 8. Dans le cas d'un redresseur 40 ou d'un distributeur 50, les bras 104 excitent les roues mobiles 41, 43, 51, 52 s'étendant en amont et en aval.

[0055] La position des bras 104 du carter 200 peut être définie par rapport à la position présumée des bras 204 dans un carter dont les bras sont équirépartis et ayant un même nombre X de bras 204. On notera p la distance angulaire entre deux bras 204 du carter équiréparti 200. Ainsi, Chaque bras 104 du carter 100 est alors distant du bras 204 immédiatement adjacent d'au plus 25% de la distance angulaire p.

[0056] Selon un autre mode de réalisation, la distance entre deux bras 104 non-équirépartis adjacents varie entre 50% de la distance angulaire p et 150% de la distance angulaire p.

[0057] Chaque distance angulaire, dans un sens trigonométrique, peut être paramétrée par l'équation suivante :

[0058] $360/X + A \cdot \cos(B \cdot i \cdot 360/X)$

[0059] dans laquelle :

- [0060] A et B sont des paramètres de répartition ;
- [0061] X est un nombre total de bras 104 dans le carter 100 ; et
- [0062] i correspond au i-ème bras 104.
- [0063] Le paramètre A, correspondant à une amplitude dans l'équation, influe sur la répartition de l'énergie entre les différentes harmoniques. Le paramètre B, correspondant à la fréquence, modifie l'allure du spectre.
- [0064] Les valeurs des paramètres A et B optimaux peuvent être obtenues par une étude paramétrique. Pour cela, pour un jeu de paramètres A et B donné, une décomposition en série de Fourier d'une excitation est calculée afin de relever l'amplitude sur la composante correspondant à une valeur donnée du nombre de bras pour un carter à bras équirépartis 200. Ensuite, un balayage en fréquence et en amplitude de l'expression est réalisé pour la valeur donnée du nombre de bras afin d'estimer l'atténuation de l'amplitude.
- [0065] Par exemple, comme illustré en [Fig.10], l'atténuation peut correspondre au rapport entre la valeur de l'amplitude pour le carter à bras équirépartis 200 et la valeur de l'amplitude obtenue pour chaque couple de fréquence et d'amplitude de l'expression.
- [0066] Les valeurs des paramètres A et B optimaux représentent une réduction maximale des contraintes causées par les vibrations. En effet, dans le cas d'un carter à douze bras 104, le graphe en [Fig.10] montre que l'atténuation est maximale pour une sinusoïde avec $B=6$ et une amplitude A autour de $7,5^\circ$. De plus, la répartition des bras 104 selon ce paramétrage permet de générer peu d'harmoniques, comme illustré dans l'exemple en [Fig.11], limitant ainsi la gamme de vitesse de rotation de la turbine 8 pouvant provoquer une résonance d'amplitude élevée et le nombre de résonances des aubes mobiles 52.
- [0067] Ainsi, à partir de ces résultats, il est possible d'en déduire une expression généralisée de A et de B permettant d'atteindre une atténuation maximale pour un nombre quelconque de bras 104 en répétant l'étude paramétrique pour plusieurs nombres de bras.
- [0068] Par exemple, selon l'étude paramétrique pour plusieurs nombres de bras illustrée en [Fig.12], le paramètre A peut être au plus égal à $0.25 * 360/X$. En effet, pour douze bras 104, la valeur du paramètre A vaut exactement $7,5^\circ$.
- [0069] Le paramètre B peut être au plus égal à $X/2$. En effet, pour douze bras 104, le paramètre B représentant la fréquence de la sinusoïde de répartition des bras 104 sera égal à 6, ce qui se traduira par une excitation synchrone en $6N$ (où N représente la vitesse de rotation de l'arbre 30) générée par les bras 104 sur les aubes mobiles 52 (voir [Fig.11]) et correspondra au maximum d'atténuation.
- [0070] La liste ci-dessous donne la position angulaire de chaque bras 404 dans une configuration optimale d'un carter 400 composé de douze bras 404 :

- [0071] $0^\circ ; 45^\circ ; 60^\circ ; 105^\circ ; 120^\circ ; 165^\circ ; 180^\circ ; 225^\circ ; 240^\circ ; 285^\circ ; 300^\circ ; 345^\circ$
- [0072] Toutefois, selon la [Fig.9a], l'utilisation de bras 104 non équirépartis est susceptible de générer des excitations sur des harmoniques faisant entrer en résonance d'autres modes propres des aubes mobiles 52, pouvant induire des contraintes mécaniques sur les aubes mobiles 52. Dans ce cas, un autre jeu de paramètres peut être sélectionné pour répartir différemment les bras 104 et obtenir ainsi des excitations générant des résonances des modes propres des aubages mobiles 52 plus acceptables d'un point de vue de la déformation des aubes. Il en va de même pour la valeur de l'amplitude, qui peut imposer des contraintes de fabrication ou d'assemblage dans la turbomachine 1 ou de performance aérodynamique.
- [0073] Ainsi, dans un mode de réalisation de l'invention, le carter 100 comprend douze bras 104 mutuellement distants d'une valeur correspondant à la somme d'un pas régulier séparant les bras 204 d'un carter équiréparti 200 et d'une distance sinusoïdale d'amplitude 4° et de fréquence correspondant à une harmonique 6 par rapport à un carter 200 à bras équirépartis 204. La liste ci-dessous donne sur la première ligne le pas régulier séparant chaque bras 204 du carter équiréparti 200 et sur la deuxième ligne la position angulaire de chaque bras 104 du carter 100 :
- [0074] $0^\circ ; 30^\circ ; 60^\circ ; 90^\circ ; 120^\circ ; 150^\circ ; 180^\circ ; 210^\circ ; 240^\circ ; 270^\circ ; 300^\circ ; 330^\circ$,
- [0075] $-4^\circ ; 34^\circ ; 56^\circ ; 94^\circ ; 116^\circ ; 154^\circ ; 176^\circ ; 214^\circ ; 236^\circ ; 274^\circ ; 296^\circ ; 334^\circ$.
- [0076] Cette configuration permet d'atténuer l'excitation mécanique sans pour autant trop pénaliser les performances aérodynamiques de la turbomachine 1.
- [0077] La [Fig.5] illustre le carter 400 selon un mode de réalisation de l'invention pour lequel l'atténuation mécanique est maximale ainsi que le carter initial 200 sur plusieurs vues permettant de les distinguer et les figures 3 et 4 illustrent le carter 100 selon un mode de réalisation de l'invention acceptable d'un point de vue aérodynamique et le carter initial 200 (en traits discontinus).

Revendications

- [Revendication 1] Carter (100) fixe de turbomachine comprenant :
- un moyeu (102) centré sur un axe (XX') du carter (100) ;
 - une virole (103) coaxiale avec le moyeu (102) et s'étendant radialement autour du moyeu (102) ; et
 - des bras (104) montés fixes entre le moyeu (102) et la virole (103), les bras (104) étant disposés autour de l'axe (XX'), les bras (104) circonférentiellement adjacents étant séparés au niveau du moyeu (102) par une distance angulaire respective qui varie de façon périodique vis-à-vis d'une distance angulaire d'équipartition des bras (104) de sorte que les bras (104) ne sont pas équirépartis autour de l'axe (XX'), de préférence, chaque distance angulaire entre les bras (104) circonférentiellement adjacents correspondant à une composante d'une décomposition en série de Fourier d'un signal périodique.
- [Revendication 2] Carter (100) selon la revendication 1, dans lequel les bras (104) présentent des géométries différentes.
- [Revendication 3] Carter (100) selon l'une des revendications 1 à 2, dans lequel les bras (104) présentent des épaisseurs différentes.
- [Revendication 4] Carter (100) selon l'une des revendications 2 à 3, dans lequel chaque distance angulaire des bras (304) d'une première géométrie ou d'une première épaisseur correspond à une décomposition en série de Fourier d'un premier signal périodique et chaque distance angulaire des bras (306) d'une seconde géométrie ou d'une seconde épaisseur correspond à une décomposition en série de Fourier d'un second signal périodique.
- [Revendication 5] 5. Carter (100) selon l'une des revendications 1 à 4 dans lequel la distance angulaire respective entre les bras (104) circonférentiellement adjacents comprend une composante constante qui correspond à une distance angulaire d'équipartition des bras (104) et une composante variable qui varie de façon périodique, la composante variable restant inférieure à 25% de la composante constante.
- [Revendication 6] 6. Carter (100) selon l'une des revendications 1 à 5 dans lequel la distance angulaire respective entre les bras (104) circonférentiellement adjacents varie de façon périodique entre 50% de la distance angulaire d'équipartition des bras (104) et 150% de la distance angulaire d'équipartition des bras (104).
- [Revendication 7] 7. Carter (100) selon l'une des revendications 1 à 6, dans lequel chaque distance angulaire qui sépare deux bras (104) circonférentiellement

adjacents dans un sens trigonométrique est paramétrée par l'équation suivante :

$$360/X + A*\cos(B*i*360/X)$$

dans laquelle :

A et B sont des paramètres de répartition ;

A est au plus égal à $0,25*360/X$ et B est au plus égal à $X/2$;

X est un nombre total de bras (104) dans le carter (100) ; et

i correspond au i-ème bras (104).

[Revendication 8]

8. Carter (100) selon l'une des revendications 1 à 7, ledit carter comprenant l'un des carter suivants : un redresseur (40) configuré pour s'étendre en aval d'un étage mobile d'un compresseur (4, 5) ; un distributeur (50) configuré pour s'étendre en amont d'un étage mobile d'une turbine (7,8) ; un carter inter-turbine (81) configuré pour s'étendre entre une turbine haute pression (7) et une turbine basse pression (8); un carter d'échappement (82) configuré pour s'étendre en aval d'une turbine basse pression (8).

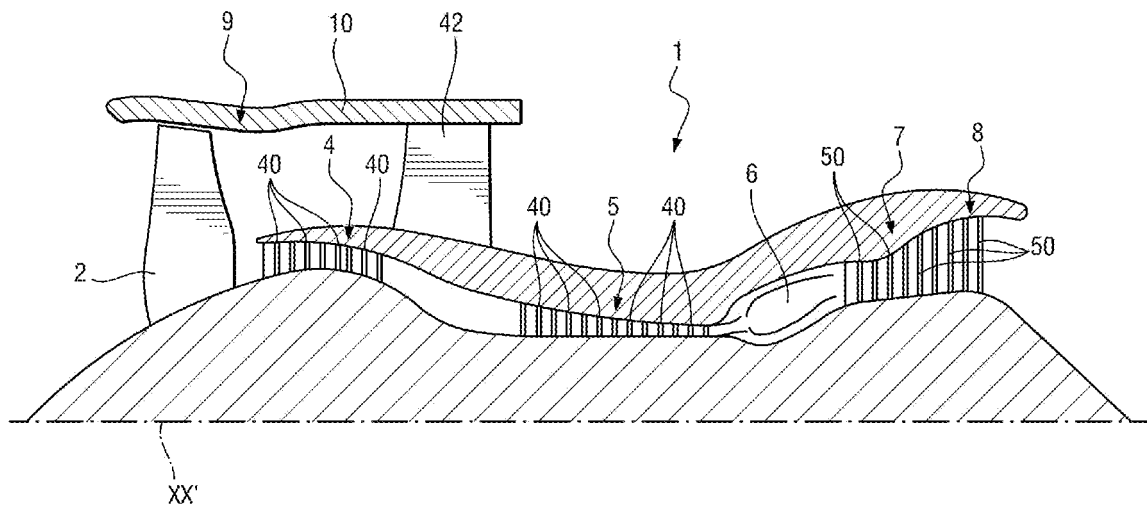
[Revendication 9]

Ensemble de turbomachine (1) comprenant une roue mobile (41, 43, 51, 52), autour d'un axe (XX') et un carter fixe (100) selon l'une des revendications 1 à 8, ledit carter (100) étant coaxial avec la roue mobile et s'étendant en amont ou en aval de la roue mobile (41, 43, 51, 52).

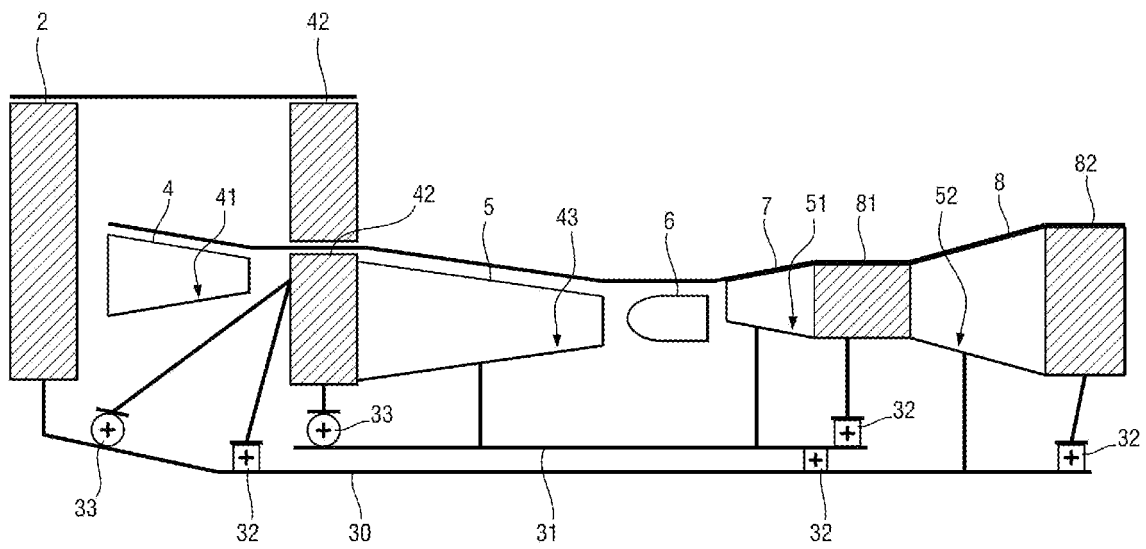
[Revendication 10]

0Turbomachine (1) comprenant un ensemble selon la revendication précédente, la roue mobile (41, 43, 51, 52) étant entraînée en rotation par un arbre d'entraînement (30, 31).

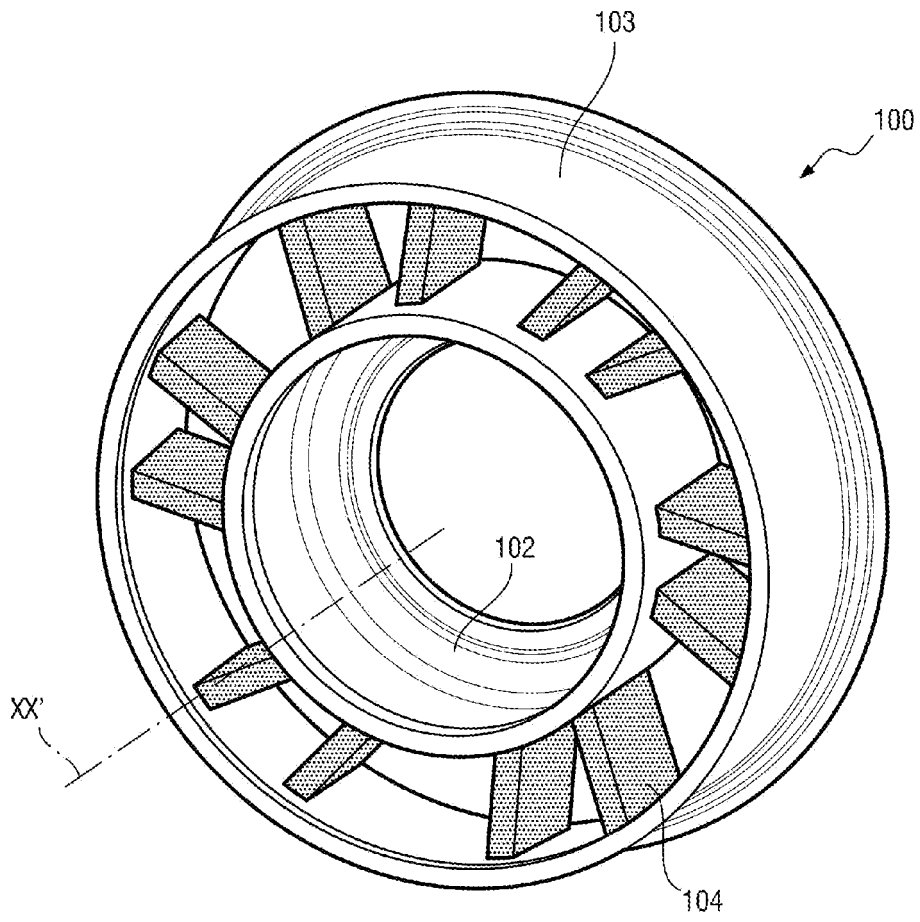
[Fig. 1]



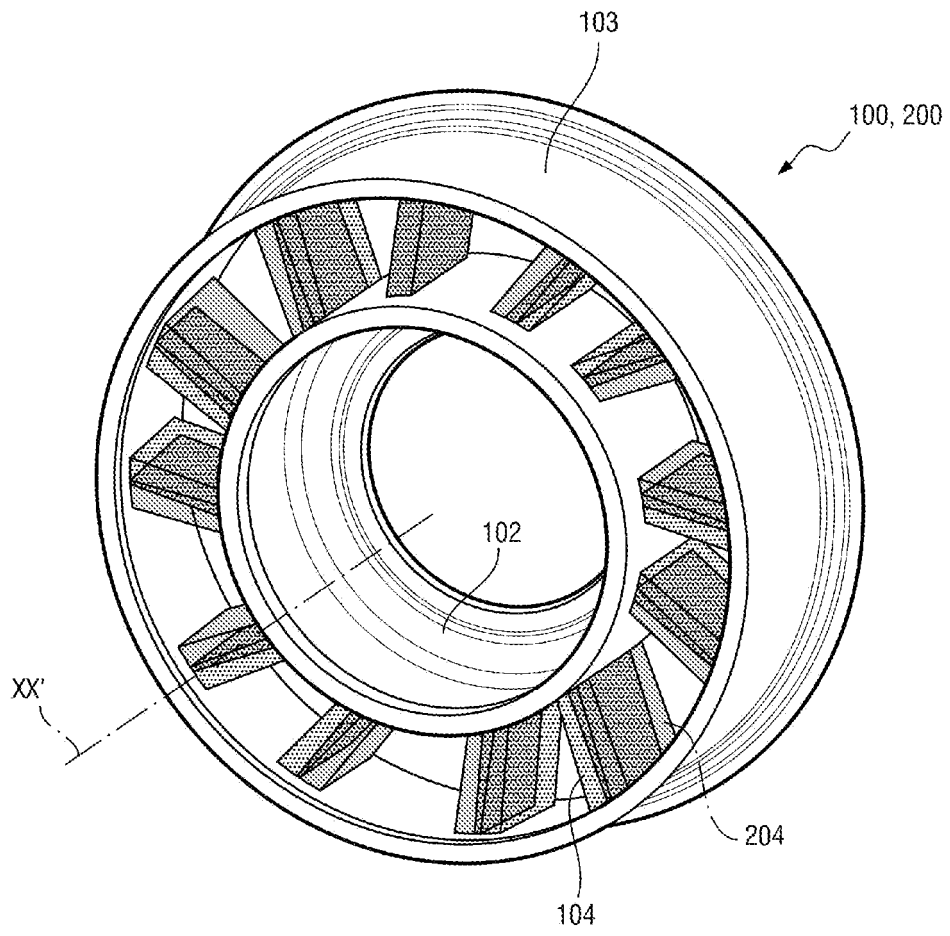
[Fig. 2]



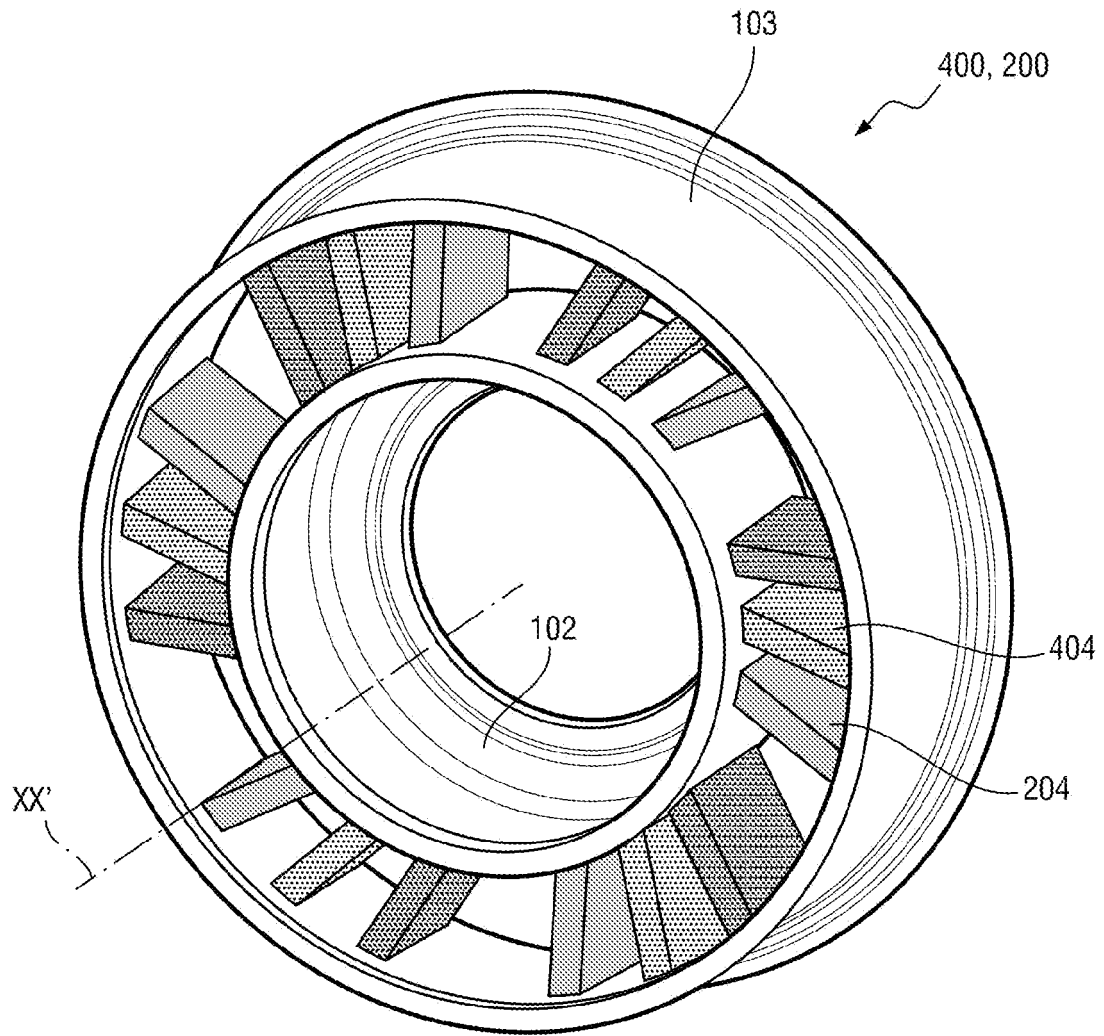
[Fig. 3]



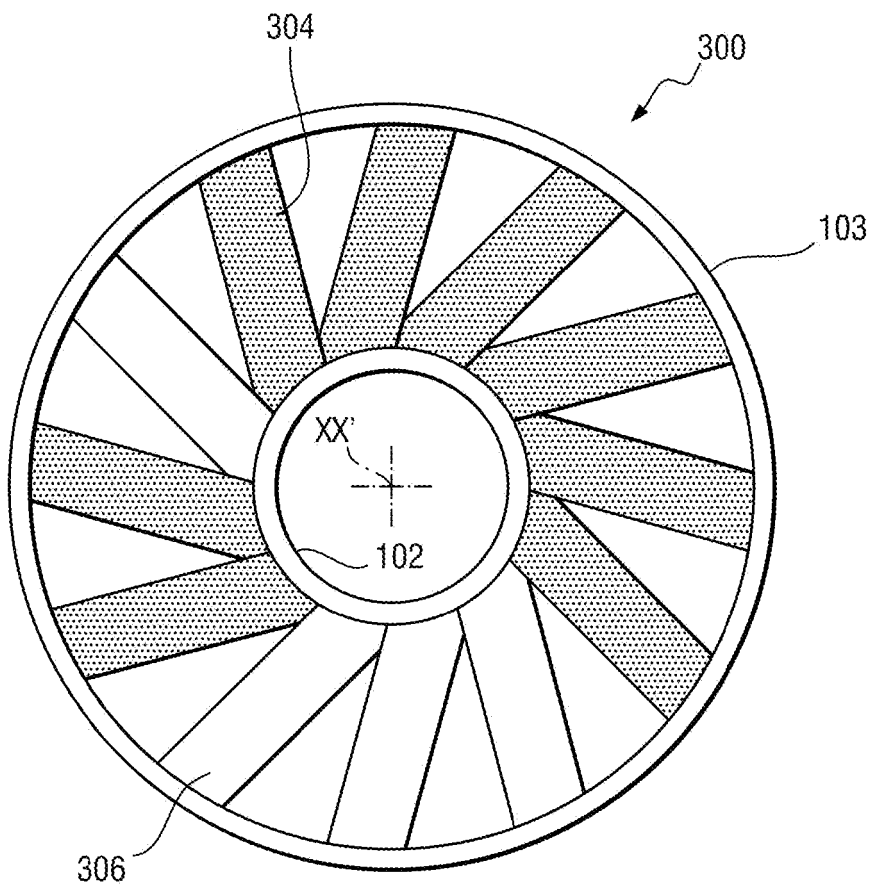
[Fig. 4]



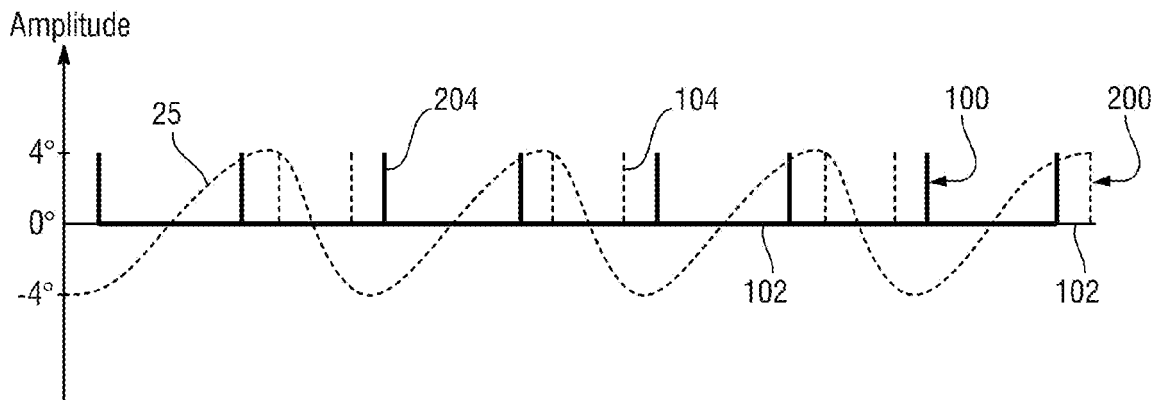
[Fig. 5]



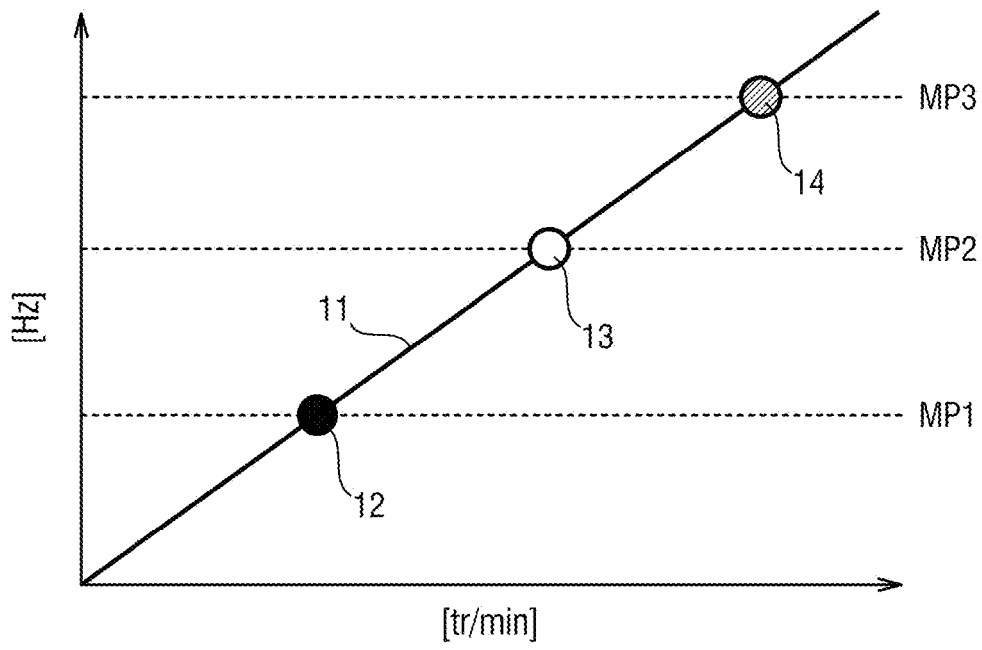
[Fig. 6]



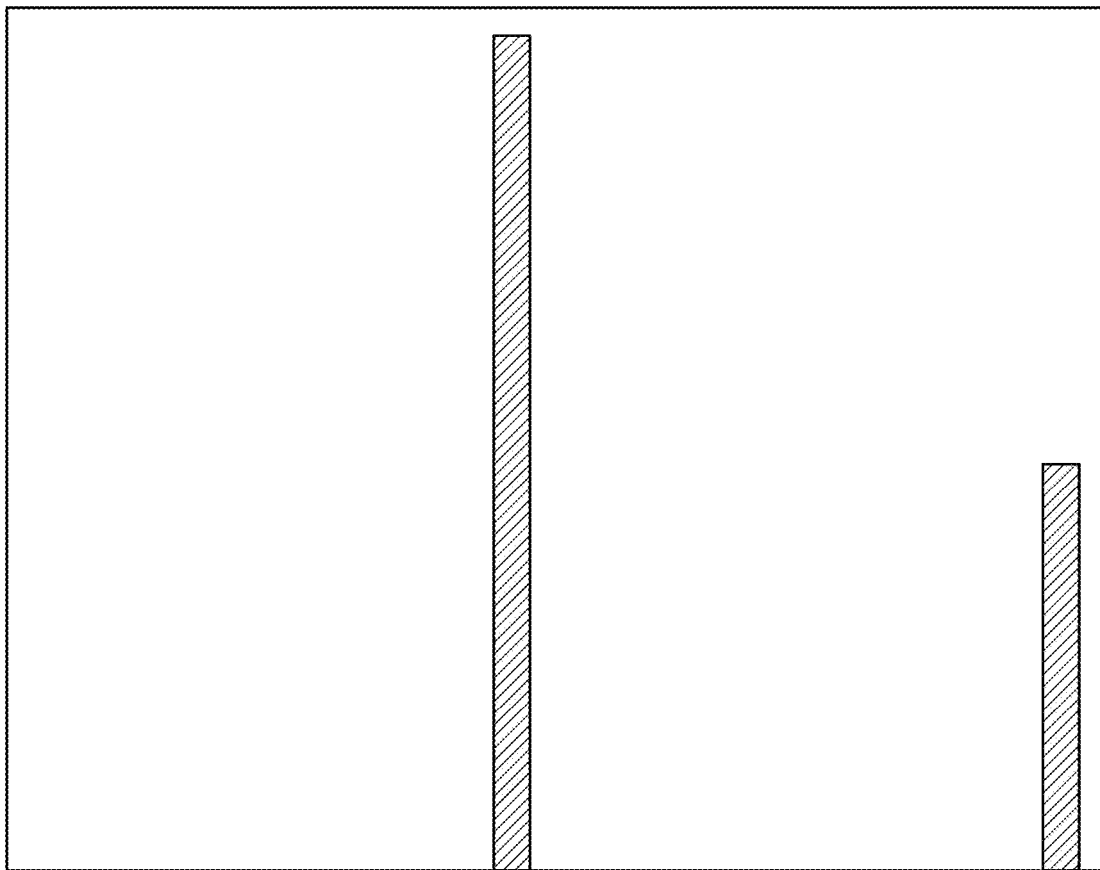
[Fig. 7]



[Fig. 8a]

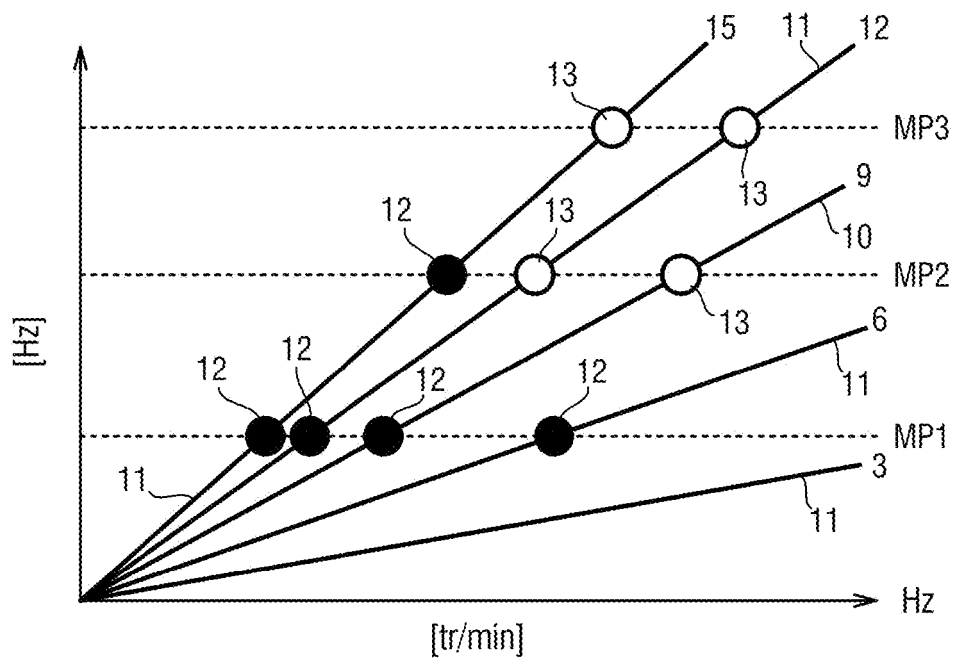


[Fig. 8b]

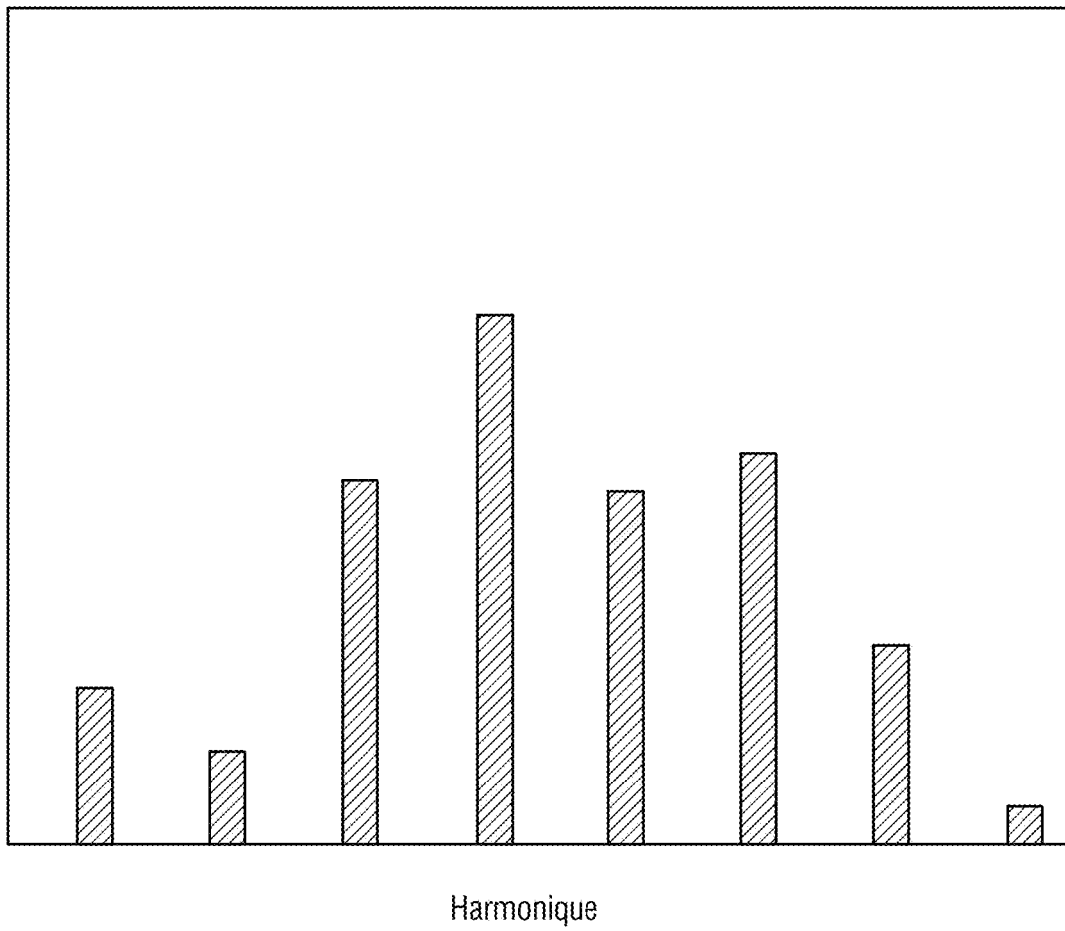


Harmonique

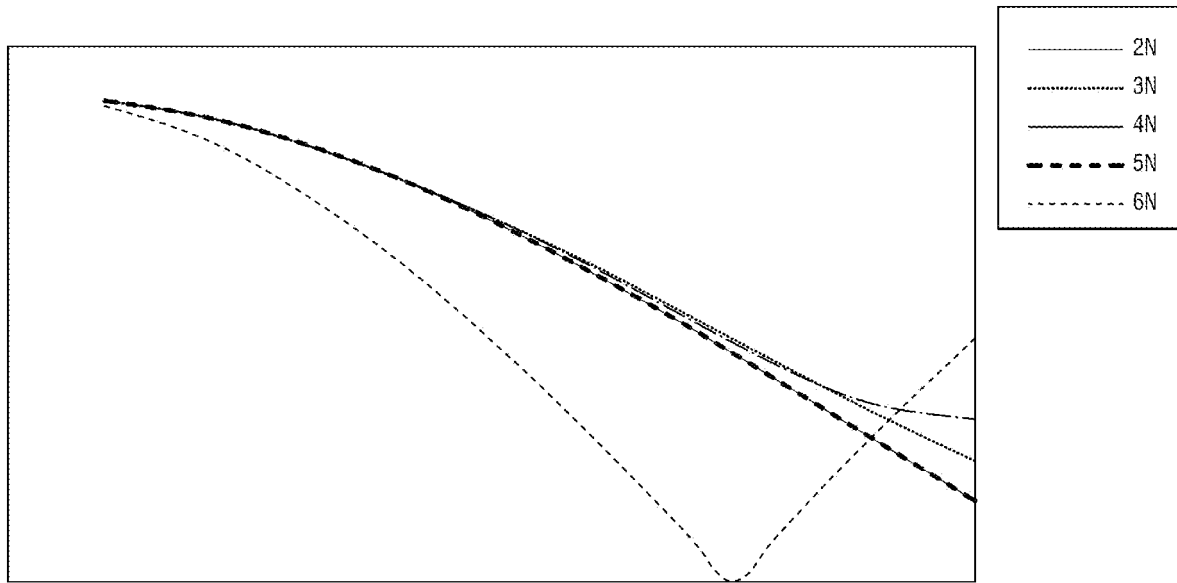
[Fig. 9a]



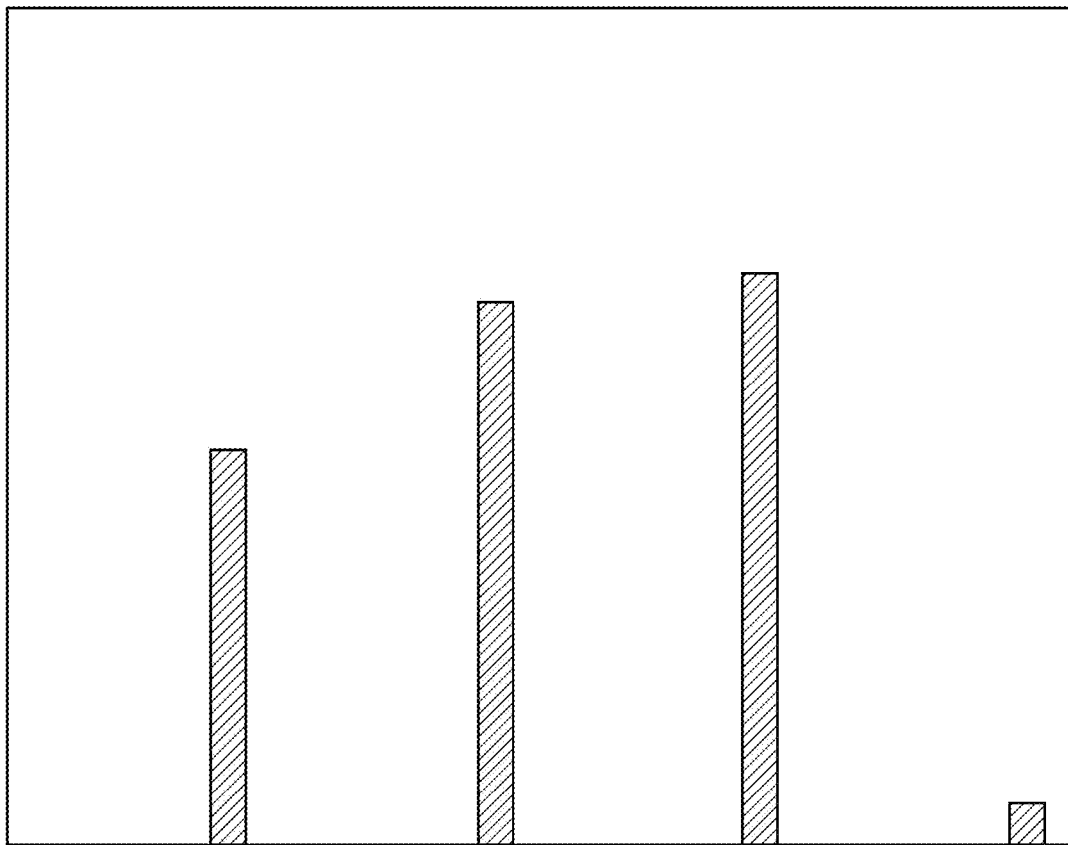
[Fig. 9b]



[Fig. 10]

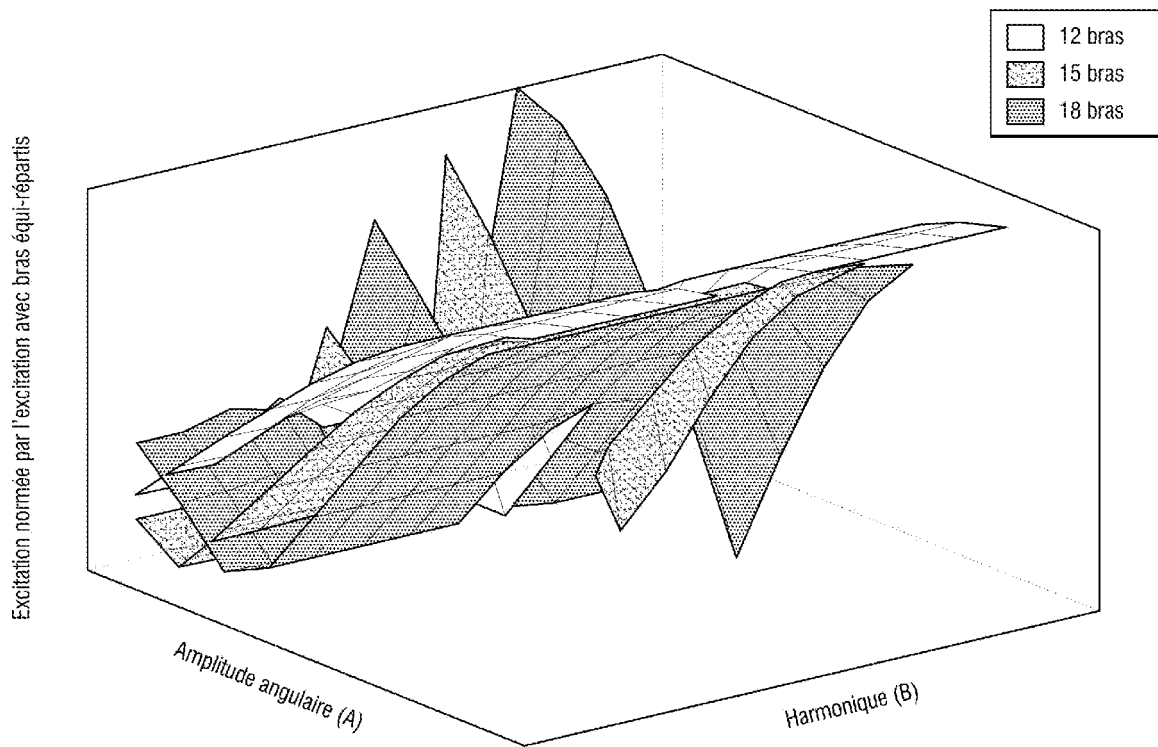
 φ

[Fig. 11]



Harmonique

[Fig. 12]



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

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

FA 908444
FR 2207920

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	CH 715 415 A2 (MAN ENERGY SOLUTIONS SE [DE]) 15 avril 2020 (2020-04-15) * alinéa [0004] * * figure 1 * -----	1, 4-10	F01D9/04 F01D25/04 F04D29/54
X	US 10 443 391 B2 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 15 octobre 2019 (2019-10-15) * colonne 1, ligne 38 - ligne 53 * * figures 2,3 * -----	1, 4-10	
X	US 10 443 626 B2 (GEN ELECTRIC [US]) 15 octobre 2019 (2019-10-15) * colonne 1, ligne 32 - ligne 51 * * figure 2 * -----	1, 4-10	
X	WO 2013/186756 A1 (AVIO SPA [IT]) 19 décembre 2013 (2013-12-19) * figures 3,5 * -----	1-10	
X	US 8 534 991 B2 (TOPOL DAVID A [US]; UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 17 septembre 2013 (2013-09-17) * figure 2 * -----	1, 8-10	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) F01D
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
3 avril 2023		Rapenne, Lionel	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		D : cité dans la demande	
A : arrière-plan technologique		L : cité pour d'autres raisons	
O : divulgation non-écrite		
P : document intercalaire		& : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2207920 FA 908444**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **03-04-2023**
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
CH 715415	A2	15-04-2020	CH 715415 A2	15-04-2020
			CN 111042873 A	21-04-2020
			DE 102018125148 A1	16-04-2020
			JP 2020060186 A	16-04-2020
			KR 20200041275 A	21-04-2020
			RU 2019129338 A	18-03-2021
			US 2020116025 A1	16-04-2020

US 10443391	B2	15-10-2019	AUCUN	

US 10443626	B2	15-10-2019	CA 2959676 A1	15-09-2017
			CN 107191231 A	22-09-2017
			EP 3232067 A1	18-10-2017
			JP 2017166482 A	21-09-2017
			US 2017268537 A1	21-09-2017

WO 2013186756	A1	19-12-2013	CA 2876147 A1	19-12-2013
			CN 104822903 A	05-08-2015
			EP 2861827 A1	22-04-2015
			JP 6219939 B2	25-10-2017
			JP 2015520321 A	16-07-2015
			US 2015110604 A1	23-04-2015
			WO 2013186756 A1	19-12-2013

US 8534991	B2	17-09-2013	AUCUN	
