



(22) Date de dépôt/Filing Date: 2006/05/18

(41) Mise à la disp. pub./Open to Public Insp.: 2006/11/23

(45) Date de délivrance/Issue Date: 2013/07/16

(30) Priorité/Priority: 2005/05/23 (FR0505128)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *F01D 5/02* (2006.01),
B23P 15/02 (2006.01), *B23P 15/04* (2006.01)

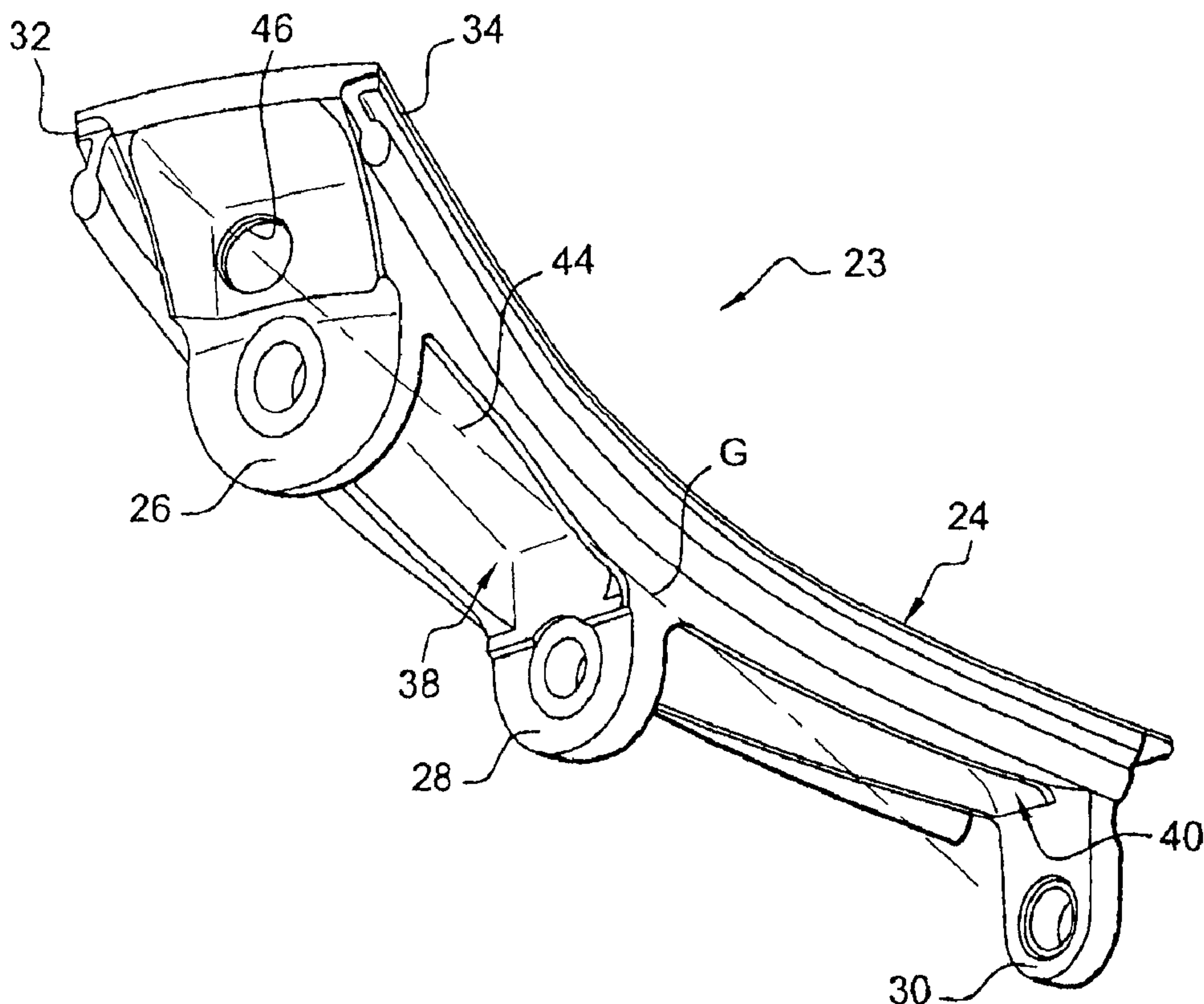
(72) Inventeurs/Inventors:
AUDIC, STEPHANE, FR;
LEFEBVRE, ERIC, FR;
NITRE, THIERRY, FR

(73) Propriétaire/Owner:
SNECMA, FR

(74) Agent: GOUDREAU GAGE DUBUC

(54) Titre : PROCEDE DE CALIBRAGE EN MASSE DE PIECES DESTINEES A ETRE MONTEES EN PERIPHERIE D'UN ROTOR

(54) Title: MASS CALIBRATION PROCESS FOR PARTS TO BE ASSEMBLED AROUND A ROTOR



(57) Abrégé/Abstract:

Procédé de calibrage en masse de pièces destinées à être montées en périphérie d'un rotor, le procédé consistant, pour chacune des pièces (23), à prélever par usinage un volume de matière (46) en une zone de la pièce (23) située sur l'un de ses axes d'inertie (44) pour ramener la masse de la pièce à une valeur prédéterminée.

ABREGE**Procédé de calibrage en masse de pièces
destinées à être montées en périphérie d'un rotor**

5

Procédé de calibrage en masse de pièces destinées à être montées en périphérie d'un rotor, le procédé consistant, pour chacune des pièces (23), à prélever par usinage un volume de matière (46) en une zone de la pièce (23) située sur l'un de ses axes d'inertie (44) pour ramener la masse

10

de la pièce à une valeur prédéterminée.

- Figure 4 -

**Procédé de calibrage en masse de pièces
destinées à être montées en périphérie d'un rotor**

La présente invention concerne un procédé de calibrage en masse
5 de pièces identiques et interchangeables, destinées à être montées en
périphérie d'un rotor, en particulier d'une soufflante dans une turbomachine
telle qu'un turboréacteur ou un turbopropulseur.

La veine du flux d'air est délimitée intérieurement à l'entrée de la
soufflante par des plates-formes allongées qui sont disposées entre les
10 pieds des aubes de soufflante et fixées sur le rotor de la soufflante.

Ces plates-formes sont des pièces identiques et interchangeables
qui doivent avoir la même masse, avec une tolérance faible qui peut par
exemple être inférieure au gramme.

La fabrication de ces plates-formes génère une dispersion en masse
15 relativement large de sorte qu'un calibrage en masse est nécessaire pour
le rattrapage de cette dispersion.

En pratique, une solution consiste à peser chaque plate-forme et à
coller au moins une masselotte en résine ou en élastomère dans une cavité
longitudinale de la face intérieure de la plate-forme pour compenser un
20 déficit en masse par rapport à une valeur prédéterminée.

Les plates-formes sont de forme complexe et le collage des
masselottes est réalisé à la main. L'apport d'une ou de plusieurs
masselottes modifie la position du centre de gravité de la plate-forme, ce
qui peut générer en fonctionnement un basculement de la plate-forme
25 autour de ses points de fixation sur le rotor, se traduisant par des
décollements de la veine d'air avec une dégradation des performances du
moteur.

L'utilisation de ces masselottes oblige également à un
approvisionnement et à un stockage de ces composants, et leur fixation
30 doit être réalisée soigneusement avec un adhésif.

L'invention a notamment pour but d'éviter tous ces inconvénients et

d'apporter une solution simple, efficace et économique au calibrage en masse de ce type de pièces.

Elle propose à cet effet un procédé de calibrage en masse de pièces destinées à être montées en périphérie d'un rotor, caractérisé en ce que, les
5 positions des axes d'inertie des pièces étant connues, il consiste, pour chacune des pièces, à prélever par usinage un volume de matière en une zone de la pièce située sur l'un de ses axes d'inertie pour ramener la masse de la pièce à une valeur prédéterminée, avec une tolérance prédéterminée.

Une pièce de forme quelconque comprend trois axes d'inertie qui sont
10 perpendiculaires entre eux et qui passent par le centre de gravité de la pièce. Les positions de ces axes d'inertie sont déterminées par calcul, par exemple au moyen d'un logiciel de modélisation à partir notamment des dimensions de la pièce, de sa forme, et de la répartition géométrique de sa masse.

Le prélèvement de matière en une zone située sur un des axes
15 d'inertie de la pièce permet de conserver l'équilibrage statique de la pièce autour de cet axe et donc d'éviter son basculement autour de cet axe en fonctionnement.

L'invention présente de nombreux avantages. Elle évite l'utilisation de masselottes qui augmente la masse des pièces et donc de la turbomachine et
20 diminue les performances du moteur, et qui est très coûteuse par rapport à l'opération d'usinage du procédé selon l'invention. Elle évite également l'approvisionnement et le stockage des masselottes et de l'adhésif.

Dans un mode de réalisation, la présente invention concerne un procédé de calibrage en masse d'une pièce destinée à être montée en
25 périphérie d'un rotor, comprenant :

- i) déterminer une valeur prédéterminée pour une masse calibrée de la pièce;
- ii) peser la pièce afin de déterminer sa masse réelle;
- iii) déterminer la différence de masse entre la masse calibrée et la
30 masse réelle de la pièce;

2a

- iv) déterminer l'axe d'inertie de la pièce, la pièce possédant trois axes d'inertie perpendiculaires entre eux et passant par son centre de gravité;
- 5 v) prélever par usinage un volume de matière en une zone centrée sur un des axes d'inertie de la pièce, le volume de matière prélevé par usinage étant équivalent à la différence de masse déterminée en iii);

l'étape de prélèvement par usinage en v) étant effectuée de manière à déplacer le centre de gravité de ladite pièce le long de l'axe d'inertie sans
10 modifier l'équilibrage statique de la pièce autour de l'axe d'inertie pour ramener la masse de la pièce à une valeur prédéterminée, avec une tolérance prédéterminée.

Le prélèvement de matière est de préférence réalisé en une zone de la pièce située sur son axe d'inertie longitudinal, et par exemple dans une face
15 sensiblement radiale d'extrémité de la pièce. L'axe d'inertie longitudinal de la pièce est l'axe d'inertie qui s'étend dans la dimension la plus importante de la pièce.

Le prélèvement de matière est de préférence réalisé par lamage,

fraisage ou perçage, et est avantageusement intégré au processus de fabrication des pièces.

Dans un mode de réalisation préféré de l'invention, le volume de matière à prélever est converti en un diamètre et une profondeur de trou à usiner dans la pièce, ce trou étant de préférence cylindrique à fond plat.

Les valeurs du diamètre et de la profondeur du trou à usiner ne sont pas choisies librement par l'opérateur, elles sont de préférence comprises entre des valeurs maximales et minimales prédéterminées, qui tiennent compte de différents facteurs liés à la zone de la pièce dans laquelle le prélèvement de matière est réalisé.

Le procédé selon l'invention est adapté particulièrement mais non exclusivement au calibrage en masse de plates-formes allongées de forme complexe destinées à être disposées entre les aubes d'une soufflante de turbomachine pour délimiter intérieurement la veine du flux d'air passant dans la soufflante. Sur ces plates-formes, le volume de matière à retirer est usiné dans une bride d'extrémité de chaque plate-forme, en une zone centrée sur l'axe d'inertie longitudinal de la plate-forme.

L'invention concerne également une pièce destinée à être montée en périphérie d'un rotor et comprenant un trou de calibrage en masse centré sur l'un de ses axes d'inertie, de préférence sur l'axe d'inertie longitudinal de la pièce. Cette pièce est par exemple une plate-forme qui délimite intérieurement la veine d'un flux d'air circulant entre les pales des aubes d'une soufflante de turbomachine.

L'invention concerne aussi une turbomachine telle qu'un turboréacteur ou un turbopropulseur, comprenant un rotor sur une périphérie duquel sont montées des pièces comprenant chacune un trou de calibrage en masse formé sur un axe d'inertie de la pièce, ces trous de calibrage en masse étant préférentiellement centrés sur les axes d'inertie longitudinaux des pièces.

D'autres détails, caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description suivante, faite à titre

d'exemple non limitatif, en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique en perspective d'une soufflante de turbomachine, vue de l'aval,

5 - la figure 2 est une vue schématique en perspective du disque de la soufflante de la figure 1, à plus grande échelle et vu de l'aval,

- la figure 3 est une vue schématique en perspective d'une plate-forme de soufflante, dont la masse a été calibrée avec un procédé de la technique antérieure,

10 - la figure 4 est une vue schématique en perspective d'une plate-forme de soufflante, dont la masse a été calibrée avec le procédé selon l'invention.

On a représenté en figure 1 un rotor de soufflante 10 d'une turbomachine telle qu'un turboréacteur ou un turbopropulseur, comprenant une pluralité d'aubes 12 s'étendant radialement autour de l'axe 14 de la soufflante et portées par un disque 16.

15 Le disque 16 comprend une bride annulaire aval 18 de fixation sur un arbre de la turbomachine.

Les aubes 12 comportent chacune à leur extrémité radialement interne un pied (non représenté) qui est emmanché dans une rainure 20 correspondante prévue sur la périphérie externe du disque 16 (figure 2).

20 En fonctionnement de la turbomachine, la veine du flux d'air circulant entre les pales vrillées 22 des aubes est délimitée extérieurement par la paroi interne d'un carter et intérieurement par des plates-formes 23 s'étendant entre les pieds des aubes de soufflante 12.

Chaque plate-forme 23 comprend une paroi 24 qui délimite 25 intérieurement la veine du flux d'air entre deux aubes adjacentes, et des brides de fixation 26, 28 et 30, ici au nombre de trois, qui s'étendent sensiblement vers l'axe de rotation, et qui sont situées dans une partie amont, une partie aval et une partie intermédiaire de la paroi 24 par rapport à la direction d'écoulement de l'air (figure 3).

30 Les bords longitudinaux 32 et 34 de la paroi 24 sont incurvés, l'un convexe et l'autre concave, pour suivre les intrados et extrados des aubes

12 entre lesquelles la plate-forme 23 est montée.

La face radialement interne de la paroi 24 comporte également des nervures de rigidification 36 qui s'étendent sensiblement vers l'intérieur depuis la paroi 24 et qui relient les brides de fixation 26, 28 et 30 entre
5 elles, en délimitant deux cavités 38 et 40 sous la paroi 24 entre les brides 26, 28 et 30, respectivement.

Dans la technique antérieure décrite plus haut, ces cavités 38, 40 recevaient des masselottes de calibrage en masse, telles que celle représentée en 42 en figure 3, qui étaient fixées par collage.

10 L'axe d'inertie longitudinal de la plate-forme qui est représenté en 44 en figure 4, passe en partie à l'extérieur de ces cavités 38, 40 et le centre de gravité G de la plate-forme, qui est situé sur cet axe 44, est extérieur à la plate-forme 23.

La ou les masselottes 42 collées dans les cavités 38, 40 de la plate-
15 forme conformément à la technique antérieure permettaient bien de calibrer en masse la plate-forme, mais modifiaient son équilibre statique et pouvaient en fonctionnement, à cause des vitesses de rotation élevées et des forces centrifuges importantes qui en résultaient, causer des déformations de la plate-forme qui se soulevait vers l'extérieur d'un côté et
20 modifiait les conditions d'écoulement de l'air entre les pales autour du disque 16.

L'invention, comme déjà indiqué, évite ces inconvénients en remplaçant la ou les masselottes 42 de la technique antérieure, par l'usinage d'un trou 46, dans une zone de la bride aval 26 qui est centrée
25 sur l'axe d'inertie longitudinal 44 de la plate-forme.

Une étape préalable du procédé selon l'invention consiste à peser chaque plate-forme 23 et à déterminer son excès de masse par rapport à une valeur prédéterminée, qui est une valeur minimale pour toutes les plates-formes.

30 Cette différence de masse est convertie en un volume de matière à enlever, c'est-à-dire en un diamètre et une profondeur de trou 46 usiné sur

la face aval de la bride 26, et centré sur l'axe d'inertie longitudinal 44 de la plate-forme.

Dans l'exemple représenté et de façon préférentielle, le trou 46 usiné est cylindrique à fond plat.

5 La position de l'axe d'inertie longitudinal 44 a été déterminée à l'aide d'un logiciel approprié à partir de données relatives à la plate-forme 23 telles que ses dimensions, sa masse, sa forme, et la répartition géométrique de sa masse.

10 L'axe d'inertie longitudinal 44 passe par la bride médiane 28 et la bride aval 26, et le prélèvement de matière effectué sur la bride aval déplace le centre de gravité de la plate-forme 23 le long de l'axe d'inertie longitudinal 44 de la plate-forme sans modifier l'équilibre statique de la plate-forme autour de cet axe.

15 En pratique, une table de valeurs renseigne directement sur la profondeur et le diamètre du trou 46 à usiner à partir de la masse de matière à prélever. Cette table est préalablement établie et donne des valeurs de la profondeur et du diamètre qui sont comprises entre des valeurs maximales et minimales prédéterminées afin de ne pas former un trou 46 avec un diamètre trop important et une profondeur trop faible, ou
20 inversement.

Le prélèvement de matière peut être réalisé par lamage, fraisage ou perçage au moyen d'un outil approprié.

25 Le procédé selon l'invention prévoit ensuite de peser la plate-forme 23 pour vérifier que la tolérance souhaitée par rapport à la valeur prédéterminée est respectée.

Le prélèvement de matière peut être réalisé sur des moyens de fixation de la pièce, comme dans l'exemple représenté, ou sur toute autre partie de la pièce, centrée sur l'axe d'inertie longitudinal de la pièce et accessible à un outil d'usinage.

30 De façon générale, le prélèvement de matière est réalisé sur l'un des axes d'inertie de la pièce autour duquel on souhaite conserver l'équilibrage

statique de la pièce en fonctionnement. Si par exemple la dimension la plus importante de la pièce est circonférentielle par rapport à un axe de rotation, on réalisera le prélèvement de matière sur l'axe d'inertie de la pièce qui s'étend dans cette dimension circonférentielle.

- 5 Le procédé de calibrage en masse selon l'invention est applicable à toute pièce destinée à être montée sur un organe tournant. Il est applicable à des pièces de forme simple comme à des pièces de forme complexe.

REVENDICATIONS

1. Procédé de calibrage en masse d'une pièce destinée à être montée en périphérie d'un rotor, comprenant :
 - i) déterminer une valeur prédéterminée pour une masse calibrée de ladite pièce;
 - ii) peser ladite pièce afin de déterminer sa masse réelle;
 - iii) déterminer la différence de masse entre la masse calibrée et la masse réelle de ladite pièce;
 - iv) déterminer l'axe d'inertie de ladite pièce, ladite pièce possédant trois axes d'inertie perpendiculaires entre eux et passant par son centre de gravité;
 - v) prélever par usinage un volume de matière en une zone centrée sur un des axes d'inertie de ladite pièce, ledit volume de matière prélevé par usinage étant équivalent à ladite différence de masse déterminée en iii);ladite étape de prélèvement par usinage en v) étant effectuée de manière à déplacer le centre de gravité de ladite pièce le long dudit axe d'inertie sans modifier l'équilibrage statique de ladite pièce autour dudit axe d'inertie pour ramener la masse de ladite pièce à une valeur prédéterminée, avec une tolérance prédéterminée.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le volume de matière prélevé est centré sur l'axe d'inertie longitudinal de ladite pièce, ledit axe longitudinal s'étendant dans une zone de ladite pièce dont les dimensions sont les plus larges.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le volume de matière est prélevé dans une face sensiblement radiale d'extrémité de ladite pièce, où ladite face sensiblement radiale d'extrémité est perpendiculaire à l'axe d'inertie longitudinal de ladite pièce.
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le prélèvement de matière est réalisé par lamage, fraisage ou perçage.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le volume de matière prélevé est cylindrique et possède un axe longitudinal colinéaire avec ledit axe d'inertie longitudinal de ladite pièce.
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, comprenant en outre la conversion de ladite différence de masse en un diamètre et une profondeur d'un trou à usiner dans ladite pièce durant l'étape de prélèvement en v).
7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que le diamètre et la profondeur du trou à usiner sont chacun compris entre des valeurs maximales et minimales prédéterminées.
8. Procédé selon l'une quelconques des revendications 1-7, caractérisé en ce que ladite pièce est une plate-forme allongée de forme complexe destinée à être disposée entre les aubes d'une soufflante de turbomachine pour délimiter intérieurement la veine du flux d'air circulant entre les pales des aubes, et en ce que le procédé consiste à prélever le volume de matière dans une bride d'extrémité de la plate-forme en une zone centrée sur l'axe d'inertie longitudinal de ladite plate-forme.
9. Pièce destinée à être montée en périphérie d'un rotor, ladite pièce étant modifiée selon le procédé de calibrage de l'une quelconque des revendications 1-8.
10. Turbomachine caractérisée en ce qu'elle comprend un rotor en périphérie duquel sont montées des pièces modifiées selon le procédé de calibrage de l'une quelconque des revendications 1-8.

1/3

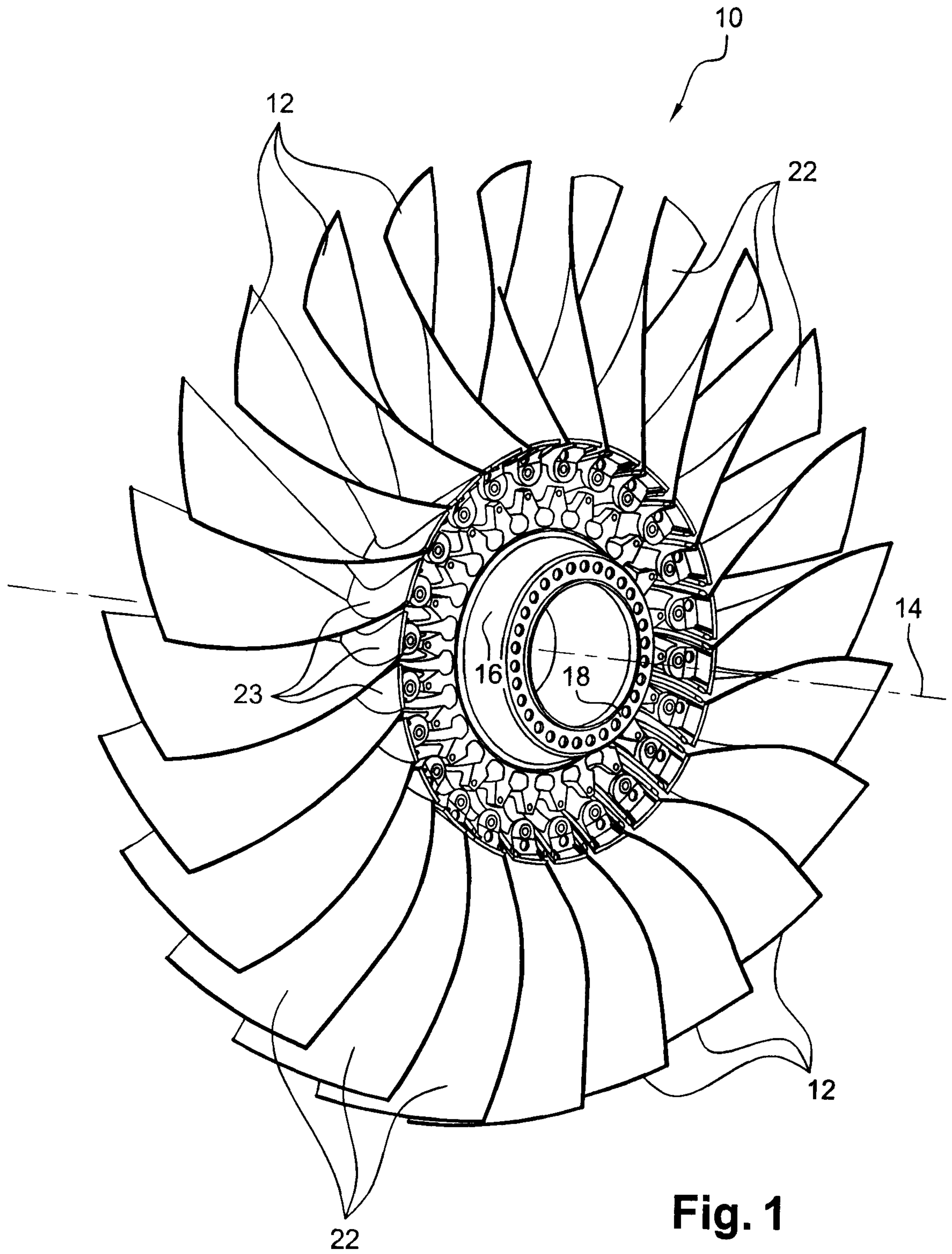
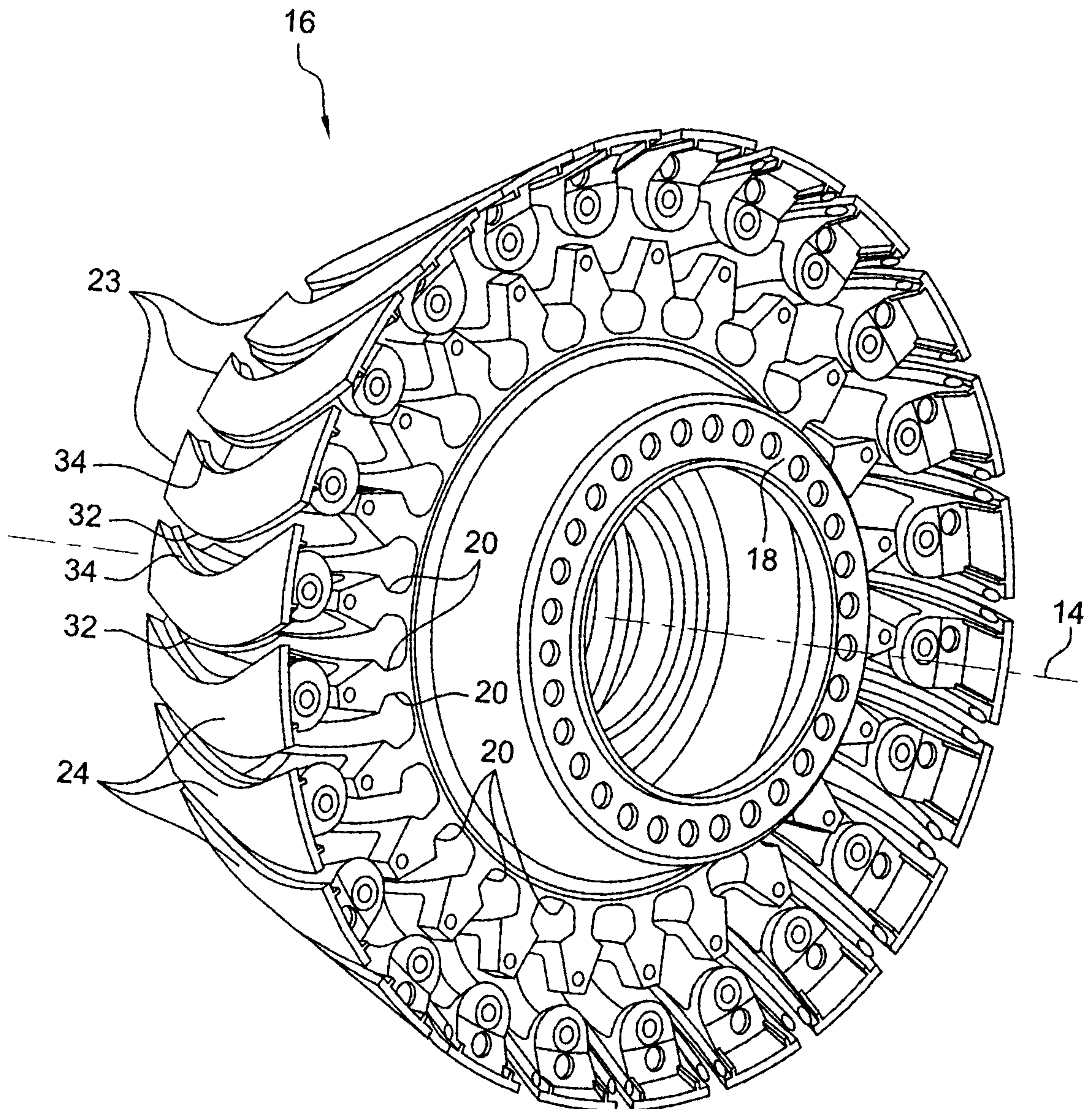


Fig. 1

2/3

**Fig. 2**

3 / 3

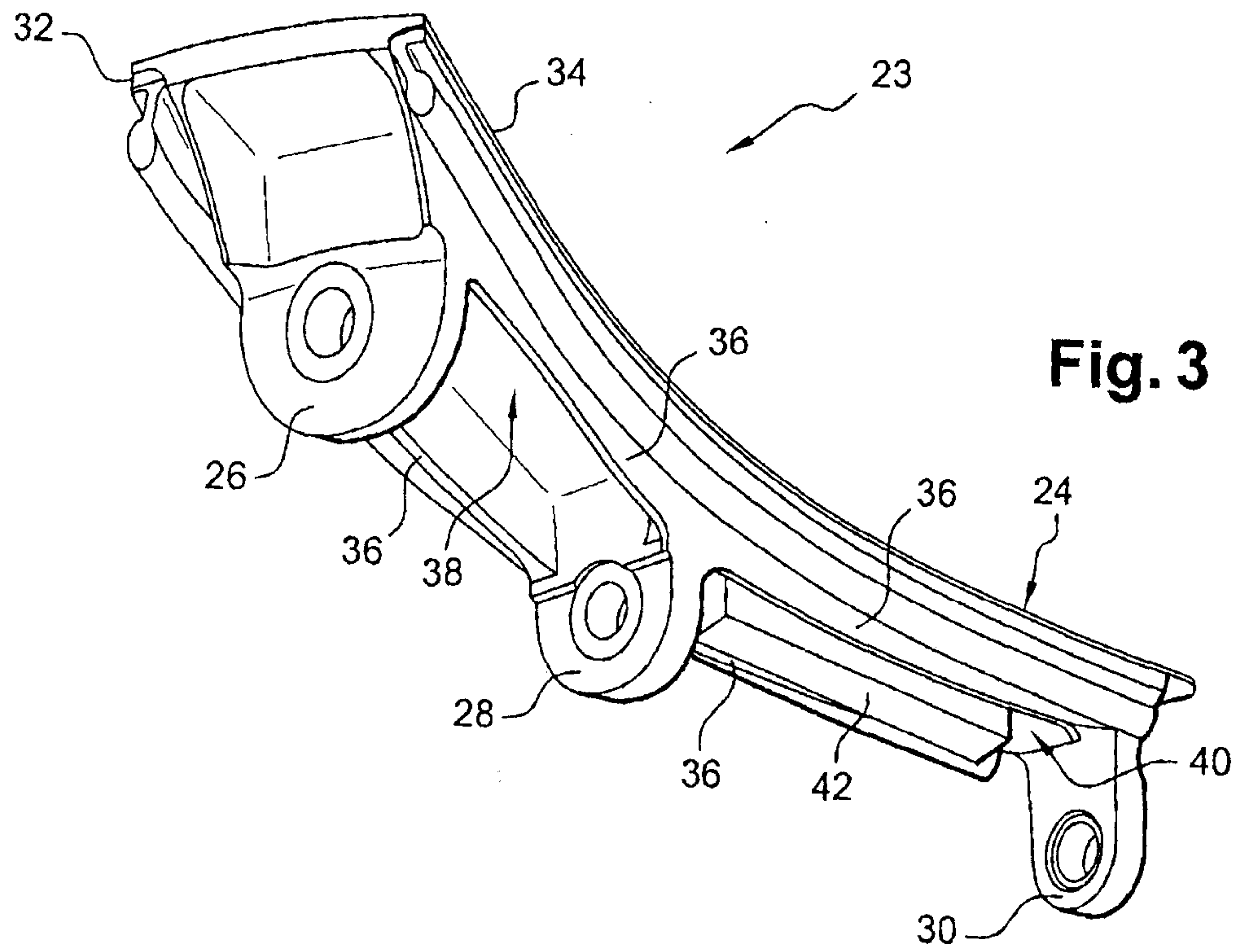


Fig. 3

Technique antérieure

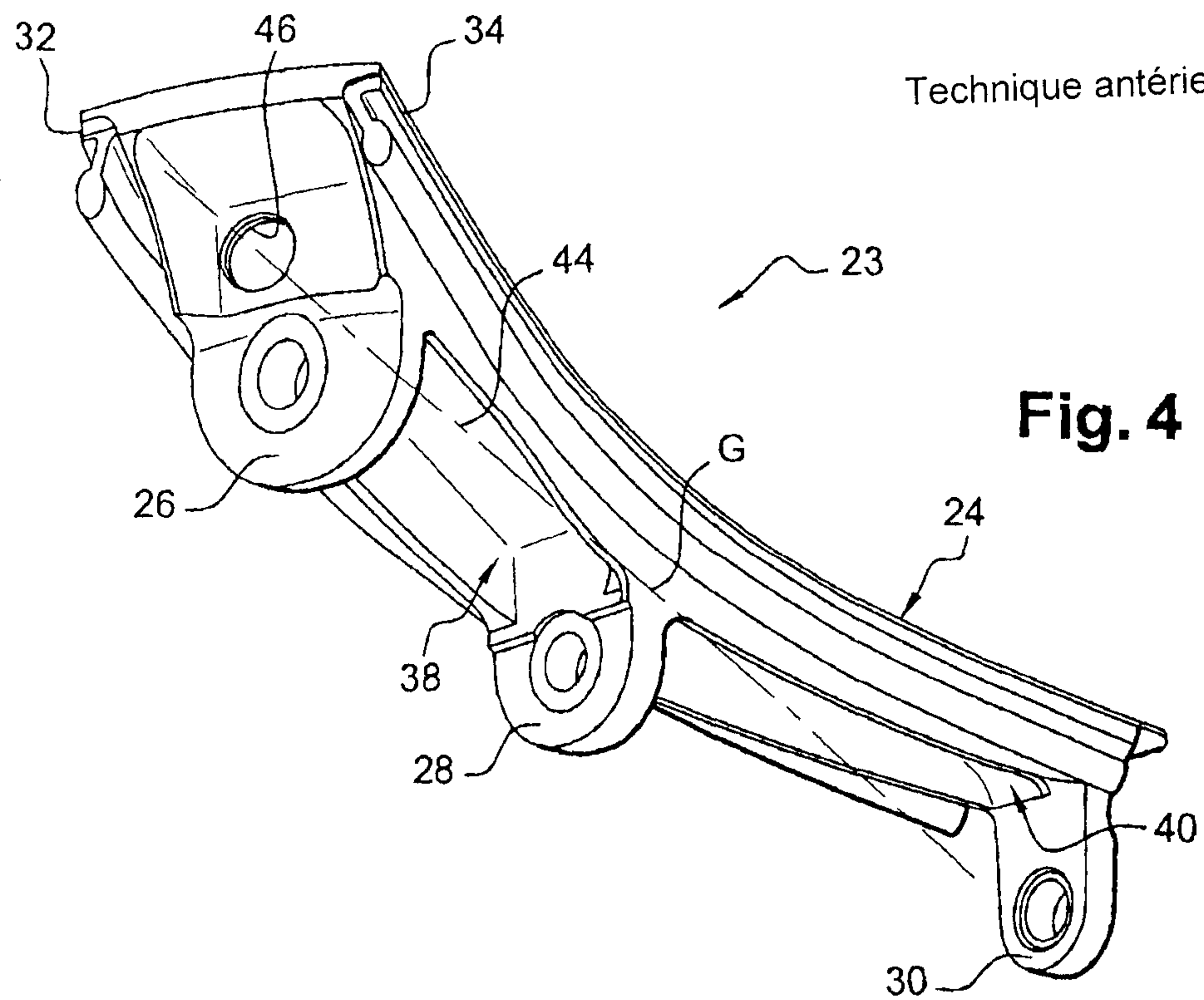


Fig. 4

