



(12) **DEMANDE DE BREVET CANADIEN  
CANADIAN PATENT APPLICATION**

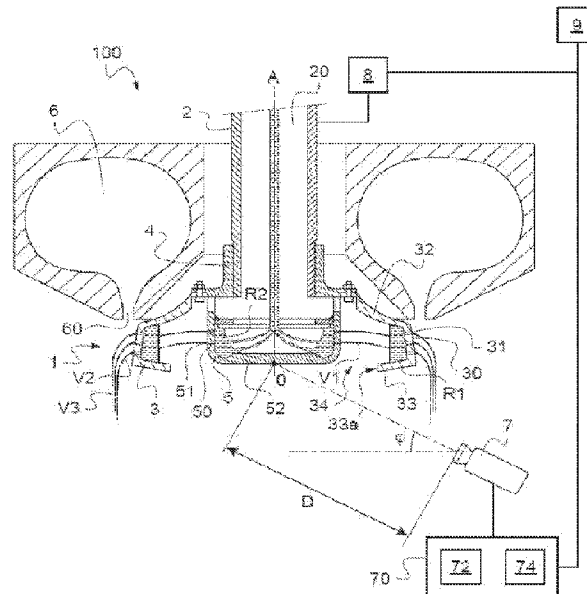
(13) **A1**

(86) **Date de dépôt PCT/PCT Filing Date:** 2022/06/03  
(87) **Date publication PCT/PCT Publication Date:** 2022/12/15  
(85) **Entrée phase nationale/National Entry:** 2023/11/29  
(86) **N° demande PCT/PCT Application No.:** FR 2022/051062  
(87) **N° publication PCT/PCT Publication No.:** 2022/258918  
(30) **Priorité/Priority:** 2021/06/07 (FR FR2105959)

(51) **Cl.Int./Int.Cl. C03B 37/07** (2006.01)  
(71) **Demandeur/Applicant:**  
SAINT-GOBAIN ISOVER, FR  
(72) **Inventeurs/Inventors:**  
OUERGHEMMI, EZZEDINE, FR;  
JOURDE, KEVIN, FR;  
VIANEY, FRANCOIS, FR;  
PAILLARD, GUILLAUME, FR;  
LIEBERKNECHT, HANS MICHAEL, FR  
(74) **Agent:** FASKEN MARTINEAU DUMOULIN LLP

(54) **Titre : PROCÉDE DE CONTRÔLE D'UN DISPOSITIF DE FIBRAGE**  
(54) **Title: METHOD FOR CONTROLLING A FIBERIZING DEVICE**

[Fig. 1]



(57) **Abrégé/Abstract:**

L'invention concerne un procédé de formation de fibres de verre au moyen d'un ensemble rotatif (1) comportant un arbre (2) entraîné en rotation autour d'un axe de rotation (A), un centrifugeur (3) solidaire de l'arbre (2) et muni d'une paroi annulaire primaire (30) comprenant une pluralité d'orifices primaires (31), et des moyens d'alimentation du centrifugeur (3) en verre fondu (20), et dans lequel, sous l'effet de la force centrifuge résultant de la rotation de l'ensemble rotatif (1), une réserve primaire de verre (R1) est formée contre la paroi annulaire primaire (30) du centrifugeur (3). Il comprend l'acquisition, à l'aide d'une caméra (7), d'au moins une image primaire du centrifugeur (3), le traitement de ladite au moins une image primaire par un système de traitement d'image (72), et l'évaluation d'un paramètre représentatif du volume de la réserve primaire (R1) par un système (74) de traitement des données issues de l'image primaire.

**Date de soumission :** 2023/11/29

**No de la demande can. :** 3220769

**Abrégé:**

L'invention concerne un procédé de formation de fibres de verre au moyen d'un ensemble rotatif (1) comportant un arbre (2) entraîné en rotation autour d'un axe de rotation (A), un centrifugeur (3) solidaire de l'arbre (2) et muni d'une paroi annulaire primaire (30) comprenant une pluralité d'orifices primaires (31), et des moyens d'alimentation du centrifugeur (3) en verre fondu (20), et dans lequel, sous l'effet de la force centrifuge résultant de la rotation de l'ensemble rotatif (1), une réserve primaire de verre (R1) est formée contre la paroi annulaire primaire (30) du centrifugeur (3). Il comprend l'acquisition, à l'aide d'une caméra (7), d'au moins une image primaire du centrifugeur (3), le traitement de ladite au moins une image primaire par un système de traitement d'image (72), et l'évaluation d'un paramètre représentatif du volume de la réserve primaire (R1) par un système (74) de traitement des données issues de l'image primaire.

## Description

### Titre de l'invention : Procédé de contrôle d'un dispositif de fibrage

- [0001] L'invention concerne un procédé de formation de fibres de verre.
- [0002] Le procédé selon l'invention s'applique notamment à la production industrielle de laine minérale destinée à entrer par exemple dans la composition de produits d'isolation thermique et/ou acoustique.
- [0003] Un dispositif de formation de fibres de verre - ou dispositif de fibrage - comprend typiquement un centrifugeur, aussi appelé assiette de fibrage, comportant une paroi annulaire dite primaire ou « bande » percée d'une pluralité d'orifices (ci-après orifices primaires). Le dispositif de fibrage comprend également un arbre destiné à être entraîné en rotation par un moteur et auquel est fixé le centrifugeur.
- [0004] Il existe différents types de dispositifs de fibrage : Dans certains cas, le centrifugeur dit « à fond » est fermé à son extrémité inférieure. Dans ce cas, en fonctionnement, un filet de verre fondu issu de moyens d'alimentation adaptés coule directement jusqu'au fond du centrifugeur. Sous l'effet de la force centrifuge, le verre fondu est projeté sur la paroi annulaire primaire où il forme une réserve primaire de verre.
- [0005] Dans d'autres cas, le centrifugeur dit « sans fond », est ouvert à son extrémité inférieure. Dans ces cas, généralement, l'arbre est creux et relié à son extrémité supérieure aux moyens d'alimentation en verre fondu. A son extrémité inférieure, l'arbre est relié à un panier situé à l'intérieur du centrifugeur et destiné à être entraîné en rotation avec le centrifugeur et l'arbre. Le panier comprend une paroi annulaire secondaire percée d'une pluralité d'orifices secondaires.
- [0006] Lorsque le dispositif de formation de fibres de verre est en fonctionnement et que le centrifugeur, l'arbre et le panier sont entraînés en rotation autour de l'axe de l'arbre, du verre fondu s'écoule dans l'arbre jusqu'au panier. Sous l'effet de la rotation, le verre fondu est projeté sur la paroi annulaire secondaire du panier où il forme une réserve secondaire, passe par la pluralité d'orifices secondaires du panier et, sous forme de filaments volumineux, est projeté sur la paroi périphérique primaire du centrifugeur où il forme la réserve primaire.
- [0007] Dans les deux cas (centrifugeur à fond ou sans fond), sous l'effet de la force centrifuge, le verre de la réserve primaire est projeté par les orifices primaires sous forme de filaments. Ces filaments sont alors soumis à l'action d'un courant annulaire d'étirage à température et vitesse élevées, longeant la paroi du centrifugeur, courant qui les amincit et les transforme en fibres. Les fibres formées sont entraînées par ce courant gazeux d'étirage vers un dispositif de réception généralement constitué par une bande perméable aux gaz. On nomme « centrifugation interne » ce procédé.
- [0008] Ce procédé a fait l'objet de nombreux perfectionnements, portant notamment sur le

- centrifugeur, et visant à améliorer la qualité des fibres.
- [0009] Il a par exemple été établi que la répartition des orifices primaires sur des rangées annulaires avec le diamètre des orifices diminuant depuis les rangées situées sur le haut de la bande jusqu'à sa partie inférieure, permet d'améliorer la qualité du fibrage.
- [0010] D'autres améliorations ont encore été apportées à ce principe de base, comme enseigné notamment dans le document FR-A-2 443 436, où des moyens permettent d'obtenir un écoulement laminaire de la matière fondue du haut vers le bas de la bande de l'assiette.
- [0011] Une autre modification, décrite dans le document EP-A-1 370 496, a été apportée pour améliorer la qualité des fibres et augmenter le rendement. Il s'agit de répartir les orifices de la bande en une pluralité de zones annulaires disposées les unes au-dessus des autres, avec au moins deux zones annulaires ayant un nombre d'orifices par unité de surface qui est différent d'une valeur supérieure ou égale à 5 %.
- [0012] L'invention vise également à améliorer la qualité des fibres obtenues.
- [0013] Elle propose une amélioration du procédé de formation de fibres de verre décrit ci-dessus.
- [0014] L'invention a ainsi pour objet un procédé de formation de fibres de verre au moyen d'un ensemble rotatif comportant :
- un arbre entraîné en rotation autour d'un axe de rotation,
  - un centrifugeur solidaire de l'arbre et muni d'une paroi annulaire primaire comprenant une pluralité d'orifices primaires, et
  - des moyens d'alimentation du centrifugeur en verre fondu
- dans lequel, sous l'effet de la force centrifuge résultant de la rotation de l'ensemble rotatif, une réserve primaire de verre est formée contre la paroi annulaire primaire du centrifugeur,
- le procédé comprenant les étapes suivantes :
- a) l'acquisition, à l'aide d'une caméra, d'au moins une image primaire du centrifugeur,
  - b) le traitement de ladite au moins une image primaire par un système de traitement d'image, et
  - c) l'évaluation d'un paramètre représentatif du volume de la réserve primaire par un système de traitement des données issues de l'image primaire.
- [0015] L'invention propose d'évaluer de façon automatisée un paramètre du procédé de formation de fibres dont il a été établi qu'il a une influence sur la qualité des fibres obtenues et sur le bon fonctionnement du centrifugeur : il s'agit du volume de la réserve de verre fondu formée contre la paroi annulaire du centrifugeur.
- [0016] Comme expliqué précédemment, lorsque le centrifugeur est entraîné en rotation et alimenté en verre fondu, une réserve permanente primaire de verre fondu se forme

contre sa bande périphérique pour venir alimenter la pluralité d'orifices primaires du centrifugeur.

- [0017] Le volume de verre contenu dans la réserve primaire du centrifugeur est un paramètre important dans le fonctionnement du dispositif de fibrage. Ce volume définit la pression appliquée au verre fondu. Or cette pression détermine la vitesse de sortie du verre à travers les orifices primaires, qui elle-même influe sur la qualité des filaments produits. Ainsi, il a été établi que :
- [0018] Si la pression appliquée au verre fondu est trop faible, les filaments sortant de l'assiette présentent une forme de crochet. Les fibres en résultant sont de mauvaise qualité.
- [0019] Si la pression est trop élevée, parce que le volume de la réserve est devenu trop important, le verre fondu situé au plus loin du brûleur, vers l'intérieur du centrifugeur, peut commencer à refroidir, voire à durcir, pouvant endommager le centrifugeur. Le cas échéant, du verre fondu peut même déborder du centrifugeur par son ouverture inférieure, avec comme conséquence des risques d'incendie.
- [0020] Le contrôle d'un paramètre représentatif du volume de la réserve primaire permet de contrôler cette pression, et éventuellement d'ajuster en temps réel le fonctionnement du dispositif de formation de fibres de verre.
- [0021] Le paramètre évalué est un paramètre représentatif du volume de la réserve. Le volume réel n'est pas nécessairement calculé dans le cadre du procédé revendiqué. Le paramètre évalué peut en particulier être proportionnel à ce volume. Il s'agit par exemple d'une épaisseur (horizontale) de la réserve calculée géométriquement à partir d'une hauteur de verre mesurée sur l'image primaire et de caractéristiques du centrifugeur et de la caméra.
- [0022] Le procédé selon l'invention s'applique à tous types de dispositifs de fibrage.
- [0023] En particulier, l'image primaire acquise par la caméra peut être une image d'au moins une partie du dessous de l'ensemble rotatif. Cette image laisse apparaître au moins une partie inférieure du centrifugeur.
- [0024] Selon un exemple, le centrifugeur comporte une ouverture à son extrémité inférieure, et à l'étape a) l'image primaire est acquise à travers cette ouverture. On dit que le centrifugeur est « sans fond ». Par exemple, la paroi annulaire primaire comporte des bords inférieurs libres ou la paroi annulaire primaire est prolongée, à son extrémité inférieure, par une paroi inférieure ou revers s'étendant vers l'intérieur du centrifugeur et formant un angle avec la paroi annulaire, une ouverture étant délimitée par le bord libre du revers.
- [0025] Dans ce cas notamment, la caméra utilisée à l'étape a) a de préférence une direction d'observation formant un angle avec l'axe de rotation. De cette façon, la caméra peut notamment visualiser directement la surface libre de la réserve primaire orientée vers

l'axe du centrifugeur.

- [0026] Selon une autre configuration, le centrifugeur comporte un fond (plein), et l'image acquise est une image d'au moins une partie du fond du centrifugeur. Dans ce cas, le volume de la réserve primaire peut être évalué à partir de la variation de couleur sur le fond du centrifugeur, notamment obtenue soit par caméra optique en fonctionnement avec de la lumière visible soit par caméra infrarouge : le fond du centrifugeur a une température plus élevée à l'endroit où tombe verticalement le filet de verre qu'au droit de la réserve (le verre ayant eu le temps de refroidir un peu au cours de sa projection en direction de la paroi annulaire primaire). Les limites de la réserve peuvent être obtenues par des traitements d'image (contraste, seuillage...)
- [0027] Comme alternative, notamment dans le cas d'un centrifugeur à fond (plein), l'image peut dans certains cas être acquise par le dessus du centrifugeur.
- [0028] Selon un exemple, à l'étape b) le traitement d'image comprend l'identification d'au moins une limite de la réserve primaire sur l'image primaire.
- [0029] Selon un exemple, la au moins une limite comprend le bord de l'ouverture du centrifugeur et le bord supérieur de la réserve primaire.
- [0030] Selon un exemple, l'identification de la au moins une limite comprend la détermination d'au moins une série de points par une méthode numérique de détection de contours, notamment par seuillage, et l'ajustement par ellipse de ladite série de points.
- [0031] Selon un exemple, l'acquisition d'image à l'étape a) est réalisée à l'aide d'une caméra infrarouge.
- [0032] Selon un exemple, le procédé comprend, préalablement à l'étape c), une étape b') d'étalonnage du système de traitement de données par mesure d'un élément de l'ensemble rotatif sur l'image primaire acquise et comparaison de la valeur mesurée avec la dimension connue dudit élément.
- [0033] Selon un exemple, le procédé comprend en outre, à l'issue d'au moins une succession des étapes a) à c), une étape d) de détermination d'une déviation du volume de la réserve primaire par rapport à une valeur nominale et d'ajustement de la vitesse de rotation de l'ensemble rotatif en fonction de ladite déviation.
- [0034] Selon un exemple, préalablement à l'étape d), on réalise au moins N successions des étapes a) à c), notamment N successions régulièrement espacées dans le temps, par exemple d'au moins 30 secondes.
- [0035] Selon un exemple, lorsqu'à l'issue de l'étape d), la vitesse de rotation de l'ensemble rotatif atteint une valeur maximale prédéterminée, une alerte est émise.
- [0036] Dans le cas où le centrifugeur comporte une ouverture à son extrémité inférieure, l'ensemble rotatif comporte habituellement un panier disposé en-dessous de l'arbre, solidaire de l'arbre et muni d'une paroi annulaire secondaire comprenant une pluralité d'orifices secondaires, et sous l'effet de la force centrifuge résultant de la rotation de

l'ensemble rotatif, une réserve secondaire de verre est formée contre la paroi annulaire secondaire. Dans ce cas, avantageusement, il est également possible de visualiser le fond du panier grâce à la caméra (ou une autre caméra) et le procédé peut comprendre en outre l'évaluation d'un paramètre représentatif du volume de la réserve secondaire par le système de traitement des données issues de ladite au moins une image primaire du centrifugeur ou d'une autre image dite secondaire.

[0037] En particulier, le volume de la réserve secondaire peut être évalué à partir de la variation de couleur sur le fond du panier, notamment obtenue soit par caméra optique en fonctionnement avec de la lumière visible soit par caméra infrarouge : le fond du panier a une température plus élevée à l'endroit où tombe verticalement le filet de verre qu'au droit de la réserve secondaire. Les limites de la réserve peuvent être obtenues par des traitements d'image (contraste, seuillage...).

[0038] L'invention concerne également un dispositif de formation de fibres de verre comprenant un ensemble rotatif comportant :

- un arbre entraîné en rotation autour d'un axe de rotation,
- un centrifugeur solidaire de l'arbre et muni d'une paroi annulaire primaire comprenant une pluralité d'orifices primaires,

l'ensemble rotatif étant configuré de sorte que, sous l'effet de la force centrifuge résultant de sa rotation, une réserve primaire de verre est formée contre la paroi annulaire primaire,

et le dispositif comprenant en outre:

- des moyens d'acquisition d'au moins une image primaire du centrifugeur,
- un système de traitement de ladite au moins une image primaire, et
- un système de traitement de données configuré pour évaluer un paramètre représentatif du volume de la réserve primaire à partir des données issues de l'image primaire.

[0039] L'invention concerne également un programme d'ordinateur comprenant des instructions pour l'exécution d'au moins les étapes b) et c) du procédé défini précédemment, lorsque ledit programme est exécuté sur un ordinateur.

[0040] Selon un exemple, le programme d'ordinateur comprend en outre des instructions pour l'exécution de l'étape d) mentionnée précédemment, lorsque ledit programme est exécuté sur un ordinateur.

[0041] L'invention concerne également un support lisible par ordinateur, sur lequel est enregistré un tel programme d'ordinateur.

[0042] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention vont à présent être décrits en regard des dessins sur lesquels :

- La [Fig.1] représente une section, selon un plan axial, d'un dispositif de formation de fibres de verre selon l'invention ;

- La [Fig.2] est une vue de détail de la [Fig.1] ;
- La [Fig.3] est un exemple d'image acquise par la caméra de la [Fig.1] (en négatif, pour une meilleure visualisation) ;
- La [Fig.4] illustre le résultat d'essais illustrant l'impact de variations de la vitesse de rotation de l'ensemble rotatif sur le volume de la réserve secondaire ;
- La [Fig.5] est une illustration schématique du panier tel qu'il serait vu par une caméra orientée dans la direction de l'axe de rotation.

- [0043] La [Fig.1] représente une vue en coupe d'un dispositif 100 de formation de fibres de verre selon l'invention.
- [0044] Le dispositif 100 de formation de fibres de verre comprend un ensemble rotatif 1 tournant autour d'un axe A, sous l'effet d'un moteur d'entraînement 8.
- [0045] L'ensemble rotatif 1 comprend un arbre 2, d'axe A, destiné à être entraîné en rotation par le moteur 8.
- [0046] Le dispositif comprend en outre un centrifugeur 3 comportant une paroi latérale annulaire (ci-après paroi primaire) 30 percée d'une pluralité d'orifices (ci-après orifices primaires) 31 et un voile 32 formant le dessus du centrifugeur 3. Dans l'exemple, le centrifugeur 3 est fixé à l'arbre 2 via une tulipe 4, qui se trouve dans le prolongement du voile 32. Lorsque le dispositif 100 de formation de fibres de verre est en position de fibrage, l'axe A est vertical.
- [0047] Pour la suite, on définit le « haut », le « bas », le « dessus » et le « dessous », et des parties « inférieures » ou « supérieures », par rapport à un axe vertical lorsque le centrifugeur 1 est en position de centrifugation, c'est-à-dire lorsque l'axe de rotation A est selon un axe vertical, comme sur la [Fig.1].
- [0048] Dans l'exemple particulier représenté, la paroi annulaire primaire 30 est prolongée, à son extrémité inférieure, par une paroi inférieure ou revers 33 s'étendant vers l'intérieur du centrifugeur 3 et formant un angle avec la paroi annulaire primaire 30. Le revers 33 s'étend ici quasiment horizontalement en position de fibrage. Une ouverture centrale 34 (ici de section circulaire) est délimitée par le bord libre du revers 33. On dit que le centrifugeur 1 est « sans fond ».
- [0049] Comme illustré sur la [Fig.1], l'arbre 2 est creux. Il comprend un canal central 20 relié, à son extrémité supérieure, à des moyens (non représentés) d'alimentation en verre fondu. A son extrémité inférieure, l'arbre 2 est relié à un panier 5 comprenant une paroi latérale annulaire secondaire 50 percée d'une pluralité d'orifices dits orifice secondaires 51, et un fond 52. Le panier 5 est situé à l'intérieur du centrifugeur 3, comme cela est visible sur la [Fig.1].
- [0050] Le dispositif de formation de fibres de verre 100 comprend également au moins un brûleur annulaire 6 générant un jet d'étirage gazeux à haute température. Le jet d'étirage gazeux est un courant gazeux à haute température (typiquement 1350°C à

1600°C), qui sort du brûleur annulaire 6 par sa sortie 60, de telle sorte que le jet d'étirage gazeux soit tangentiel à la paroi annulaire 30 du centrifugeur 3. En position de fibrage, la sortie 60 du brûleur annulaire 6 est située au-dessus de la paroi annulaire primaire 30 du centrifugeur 3.

- [0051] Lorsque le dispositif de formation de fibres de verre 100 est en fonctionnement, le centrifugeur 3, l'arbre 2 et le panier 5 sont entraînés en rotation autour de l'axe A. Du verre fondu s'écoule dans l'arbre 2 depuis les moyens d'alimentation en verre fondu, jusqu'au panier 5. Sous l'effet de la rotation, le verre fondu est projeté sur la paroi annulaire secondaire 50 du panier 5 formant une réserve permanente R2 (ci-après réserve secondaire) contre ladite paroi annulaire 50. Le verre fondu issu de ladite réserve secondaire R2 passe par la pluralité d'orifices secondaires 51 (de diamètre compris entre environ 1,5 mm et 3 mm) du panier 5 et, sous forme de filaments volumineux V1 (de l'ordre de 2 mm de diamètre), est projeté sur la paroi latérale annulaire primaire 30, usuellement nommée « bande », du centrifugeur 3. Une réserve permanente primaire de verre fondu R1 se forme alors dans le centrifugeur 3, pour venir alimenter la pluralité d'orifices 31 percés dans la paroi annulaire primaire 30. Du verre fondu passe finalement par la pluralité d'orifices primaires 31 (de diamètre compris entre environ 0,5 mm et 1 mm) du centrifugeur 3 pour former des avant-fibres V2. Sous l'action du jet d'étirage gazeux issu du brûleur 6, les avant-fibres V2 s'étirent, leur portion terminale générant des fibres V3 discontinues ensuite collectées sous le centrifugeur 3.
- [0052] Conformément à l'invention, le dispositif pris comme exemple comprend des moyens destinés à évaluer de façon automatisée le volume de la réserve primaire R1 du centrifugeur.
- [0053] Ces moyens comprennent :
- des moyens d'acquisition d'au moins une image primaire du centrifugeur 3,
  - un système 72 de traitement de ladite au moins une image primaire, et
  - un système 74 de traitement de données configuré pour évaluer un paramètre représentatif du volume de la réserve primaire à partir des données issues de l'image.
- [0054] Les moyens d'acquisition d'image comprennent ici une caméra 7, orientée vers le dessous de l'ensemble rotatif 1.
- [0055] Le paramètre représentatif du volume de la réserve primaire R1 est explicité en lien avec la [Fig.2], qui est une vue de détail de la [Fig.1].
- [0056] Sur cette vue de l'ensemble rotatif 1 en section dans un plan axial (i.e. incluant l'axe A), on identifie un premier point de référence P1 correspondant à la ligne de jonction intérieure entre la paroi latérale 30 du centrifugeur 3 (qui s'étend généralement sensiblement verticalement) et le voile 32 qui est arrondi, de rayon de courbure RC.
- [0057] On identifie également un point haut M de la réserve R1, correspondant à la limite

- haute de la réserve primaire R1. Le point haut M est typiquement un point du voile 32, mais peut, en cas de réserve nulle R1, être un point de la paroi latérale 30.
- [0058] On identifie enfin un deuxième point de référence P2 correspondant à la limite haute du bord 33a du revers 33.
- [0059] Le paramètre représentatif du volume de la réserve R1, évalué par le système de traitement de données 72, est par exemple l'épaisseur e de la réserve, qui correspond à la distance mesurée horizontalement, entre le point de référence P1 et le point haut M.
- [0060] Conformément à l'invention, l'épaisseur e de la réserve est déterminée par acquisition d'une image primaire du centrifugeur 3, par la caméra 7, et exploitation de ladite image.
- [0061] Dans l'exemple, la caméra 7 est orientée de façon à acquérir une image montrant au moins une portion de la limite haute du bord 33a du revers 33 et une portion de la limite haute de la réserve primaire R1. La direction d'observation de la caméra forme un angle  $\varphi$  différent de 0 ou 90° avec l'horizontale, et donc un axe  $90 - \varphi$  avec l'axe de rotation A. En pratique, comme illustré sur la [Fig.1], l'axe optique de la caméra est orienté en direction du centre O de la face inférieure du panier 5.
- [0062] Un exemple d'image acquise de cette façon par une caméra matricielle (en négatif) est illustré sur la [Fig.3] et sera décrite plus en détail dans la suite.
- [0063] La caméra 7 peut être une caméra matricielle ou, de façon particulièrement avantageuse, une caméra infrarouge.
- [0064] La caméra est reliée à un ordinateur 70, comprenant un programme informatique mettant en œuvre le système 72 de traitement de la ou les images acquises par la caméra, et le système 74 de traitement de données, communiquant avec le système de traitement d'image 72.
- [0065] En pratique, le programme d'ordinateur comprend des instructions
- d'acquisition d'une image, ici de la réserve primaire R1,
  - de traitement des images par le système de traitement d'image 72,
  - de traitement des données issues du traitement d'images, par le système de traitement de données 74,
- lorsqu'il est exécuté sur un ordinateur.
- [0066] Pour chaque image acquise par la caméra 7, le système de traitement d'image 72 détecte la limite haute de la réserve R1 et la limite haute du bord 33a du revers 33, par exemple par un procédé du type « détection de contours ». Ce type de détection, bien connu, consiste à repérer les points de l'image qui correspondent à un changement brutal de l'intensité lumineuse. Plusieurs procédés existent, qui incluent par exemple un seuillage, ou la détermination du gradient de contraste de l'image.
- [0067] La détection de contour est très avantageusement complétée par une étape d'ajustement par ellipse du contour ainsi déterminé.

- [0068] Sur la [Fig.3], l'ellipse E1 correspond à la limite haute de la réserve primaire R1. L'ellipse E2 correspond à la limite haute du bord 33a du revers 33. L'ellipse E3 correspond au contour externe du fond 52 du panier 5.
- [0069] Une fois les contours de la réserve R1 identifiés, le système de traitement de données 72 est en mesure de calculer l'épaisseur de la réserve R1 à partir des caractéristiques géométriques connues du centrifugeur 3, des caractéristiques de la caméra 7 utilisée pour acquérir l'image de la réserve R1, et de la hauteur h mesurée, sur l'image, entre la limite haute de la réserve et le haut du bord 33a du revers 33.
- [0070] Les caractéristiques géométriques du centrifugeur 3 pouvant être utilisées dans le calcul sont :
- les coordonnées x1, y1 du point de référence P1, dans un repère x, y dont l'origine est le centre de la face inférieure du panier 5;
  - les coordonnées x2, y2 du point de référence P2 dans le repère x, y;
  - le rayon de courbure RC de la face interne du voile 32;
  - la distance DC mesurée horizontalement entre le centre de courbure C du voile E2 et l'axe A du centrifugeur 3.
- [0071] Les caractéristiques de la caméra 7 pouvant être utilisées dans le calcul, sont :
- [0072] - la distance D entre la caméra 7 et le panier 5 ;
- l'angle  $\varphi$  entre l'axe de visée et l'horizontale ;
  - la focale f ;
  - la taille de chaque pixels.
- [0073] A partir de l'ensemble de ces paramètres, le système peut calculer la hauteur h0, grâce à l'équation 1 ci-dessous.
- [0074] [Math.1]

$$h_0 = \left( \sin \varphi \times ((y_2 - y_1)^2 + (x_2 - x_1)^2)^{1/2} \right) \times \left( \frac{f}{s} \right) \times \left( \frac{1}{D} \right)$$

- [0075] Puis le système peut calculer e en utilisant les équations 2 à 5 ci-dessous, en se plaçant dans un repère (u, v) d'origine P1, u étant parallèle à l'axe de visée de la caméra :
- [0076] L'ordonnée v<sub>M</sub> du point M dans le repère u,v est obtenu par l'équation 2 ci-dessous :
- [0077] [Math.2]

$$v_M = (h - h_0) \times D \times \frac{s}{f}$$

- [0078] On pose ensuite :

- [0079] [Math.3]

$$\theta = \varphi + \arctan \left[ \frac{(DC - y_1)}{RC} \right]$$

[0080] Alors l'abscisse  $u_M$  du point M dans le repère  $u,v$  est obtenu grâce à l'équation 4 :

[0081] [Math.4]

$$u_M = -RC \times \sin \theta + \sqrt{RC^2 - (v_M - RC \times \cos \theta)^2}$$

[0082] Puis on obtient  $e$  grâce à l'équation 5 :

[0083] [Math.5]

$$e = \frac{u_M}{\cos \varphi} + (v_M - u_M \times \tan \varphi) \times \sin \varphi$$

[0084] De façon avantageuse, le système de traitement de données 74 est configuré pour subir un étalonnage, avant fonctionnement ou de façon régulière. Le contour du panier 5 identifié sur l'image acquise peut être utilisé pour réaliser cet étalonnage à partir des dimensions réelles du panier 5 qui sont connues et des dimensions du contour identifiées sur l'image.

[0085] Les étapes d'acquisition d'une image, de traitement de cette image pour en extraire les bords de la réserve, et de traitement des données de l'image pour déterminer l'épaisseur de la réserve sont avantageusement répétées plusieurs fois, à intervalle de temps régulier, par exemple de l'ordre de 30 secondes.

[0086] A l'issue d'une ou – avantageusement – plusieurs successions de ces étapes, le système de traitement de données 74 détermine une déviation du volume de la réserve primaire R1 par rapport à une valeur nominale et envoie au moteur d'entraînement 8 de l'arbre 2 un signal d'ajustement de la vitesse de rotation de l'ensemble rotatif proportionnel à ladite déviation, typiquement par l'intermédiaire d'un PID.

[0087] La [Fig.4] illustre le résultat d'essais illustrant l'impact de variations de la vitesse de rotation de l'ensemble rotatif 1 sur le volume de la réserve primaire R1: La courbe en trait plein représente la vitesse de rotation du centrifugeur 3 (en tours par minute), et la courbe en pointillés, la variation de l'épaisseur  $e$  de la réserve primaire R1, avec  $e$  en pixels. On constate qu'il y a une corrélation directe entre variation de la vitesse de rotation et variation du volume de la réserve.

[0088] Lorsque le volume de la réserve primaire R1 est trop important, il est possible d'augmenter la vitesse de rotation de l'ensemble rotatif jusqu'à une valeur maximale de fonctionnement du dispositif (typiquement 2000 tr/minute voire 3000 tr/minute). Au-delà de cette valeur maximale de vitesse, le système de traitement de données 74 peut être configuré pour transmettre un signal à un dispositif d'alerte 9, pouvant être tout dispositif apte à indiquer à un opérateur la nécessité d'ajuster d'autres paramètres, notamment la température du verre alimentant le dispositif de fabrication de fibres.

[0089] Il peut également être intéressant, en complément, d'évaluer le volume de la réserve

- secondaire à l'intérieur du panier 5.
- [0090] Sur l'image reproduite en [Fig.3] acquise par la caméra, la face inférieure 52 du panier 5 est visible.
- [0091] L'image, ici en négatif, laisse apparaître une couronne centrale sombre G (plus claire dans la réalité) et un anneau périphérique H plus clair (plus sombre dans la réalité).
- [0092] La couronne centrale lumineuse G est la zone du panier 5 entrant en contact direct avec le filet de verre fondu tombant verticalement par le canal d'alimentation 20 et dont la température T est très élevée.
- [0093] L'anneau périphérique H plus sombre est la zone du fond du panier 5 en contact avec le verre fondu de la réserve secondaire R2, dont la température a déjà diminué et est inférieure à T.
- [0094] Comme variante de mise en œuvre, la caméra 7 ou une caméra auxiliaire pourrait être configurée pour acquérir une image différente de l'image primaire et dite image secondaire du panier 5, par exemple selon une direction d'observation alignée avec l'axe de rotation A de l'ensemble rotatif 1. Une telle image secondaire du panier vu par le dessous est illustrée schématiquement sur la [Fig.5].
- [0095] Avantagusement, le système de traitement d'image 72 est adapté pour détecter des limites de l'anneau périphérique H, par seuillage, et approximer ces limites par des ellipses ou comme sur la [Fig.5] par des cercles concentriques H1, H2 (l'axe de visée de la caméra étant dans ce cas verticale).
- [0096] Le système de traitement de données 74 peut ensuite déterminer l'épaisseur  $e'$  de l'anneau H, autrement dit la distance entre les dits contours H1, H2, qui est représentative du volume de la réserve secondaire R2.
- [0097] L'évaluation de la réserve secondaire ainsi décrite peut être transposée à l'identique pour l'évaluation du volume de la réserve primaire R1 dans le cas d'un centrifugeur du type « à fond ». L'image du fond du centrifugeur, acquise par la caméra, sera identique sur le principe aux images de fond de panier illustrées sur les figures 3 et 5 : elle montrera une couronne centrale lumineuse, et un anneau périphérique plus sombre, dont l'épaisseur sera représentative du volume de la réserve primaire R1. La description n'est donc pas plus détaillée ici.

## Revendications

- [Revendication 1] Procédé de formation de fibres de verre au moyen d'un ensemble rotatif (1) comportant :
- un arbre (2) entraîné en rotation autour d'un axe de rotation (A),
  - un centrifugeur (3) solidaire de l'arbre (2) et muni d'une paroi annulaire primaire (30) comprenant une pluralité d'orifices primaires (31), et
  - des moyens d'alimentation du centrifugeur (3) en verre fondu (20), et dans lequel, sous l'effet de la force centrifuge résultant de la rotation de l'ensemble rotatif (1), une réserve primaire de verre (R1) est formée contre la paroi annulaire primaire (30) du centrifugeur (3),
- le procédé comprenant les étapes suivantes :
- a) l'acquisition, à l'aide d'une caméra (7), d'au moins une image primaire du centrifugeur (3),
  - b) le traitement de ladite au moins une image primaire par un système de traitement d'image (72), et
  - c) l'évaluation d'un paramètre représentatif du volume de la réserve primaire (R1) par un système (74) de traitement des données issues de l'image primaire.
- [Revendication 2] Procédé selon la revendication 1, dans lequel le centrifugeur (3) comporte une ouverture (34) à son extrémité inférieure, et à l'étape a) l'image primaire est acquise à travers cette ouverture (34).
- [Revendication 3] Procédé selon la revendication 1 ou 2, dans lequel à l'étape b) le traitement d'image comprend l'identification d'au moins une limite de la réserve primaire (R1) sur l'image primaire.
- [Revendication 4] Procédé selon les revendications 2 et 3, dans lequel la au moins une limite comprend le bord de l'ouverture (34) du centrifugeur et le bord supérieur de la réserve primaire (R1).
- [Revendication 5] Procédé selon la revendication 3 ou 4, dans lequel l'identification de la au moins une limite comprend la détermination d'au moins une série de points par une méthode numérique de détection de contours, notamment par seuillage, et l'ajustement par ellipse de ladite série de points.
- [Revendication 6] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel la caméra (7) utilisée à l'étape a) a une direction d'observation formant un angle avec l'axe de rotation (A).
- [Revendication 7] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel l'acquisition d'image à l'étape a) est réalisée à l'aide d'une caméra in-

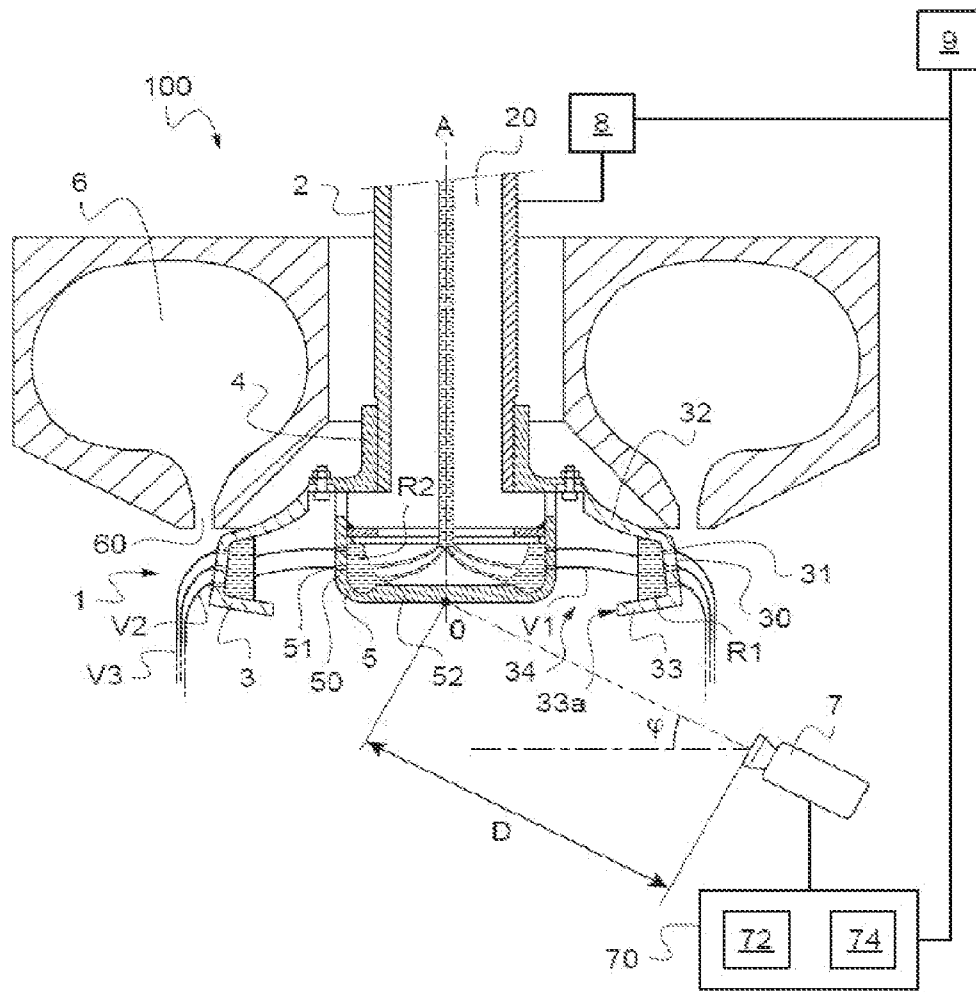
- frarouge.
- [Revendication 8] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, comprenant, préalablement à l'étape c), une étape b') d'étalonnage du système de traitement de données (74) par mesure d'un élément de l'ensemble rotatif (1) sur l'image primaire acquise et comparaison de la valeur mesurée avec la dimension connue dudit élément.
- [Revendication 9] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, comprenant en outre, à l'issue d'au moins une succession des étapes a) à c), une étape d) de détermination d'une déviation du volume de la réserve primaire (R1) par rapport à une valeur nominale et d'ajustement de la vitesse de rotation de l'ensemble rotatif (1) en fonction de ladite déviation.
- [Revendication 10] Procédé selon la revendication 9, dans lequel préalablement à l'étape d), on réalise au moins N successions des étapes a) à c), notamment N successions régulièrement espacées dans le temps, par exemple d'au moins 30 secondes.
- [Revendication 11] Procédé selon la revendication 9 ou 10, dans lequel, lorsqu'à l'issue de l'étape d), la vitesse de rotation de l'ensemble rotatif (1) atteint une valeur maximale prédéterminée, une alerte est émise.
- [Revendication 12] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, dans lequel l'ensemble rotatif comporte en outre un panier (5) disposé en-dessous de l'arbre (2), solidaire de l'arbre (2) et muni d'une paroi annulaire secondaire (50) comprenant une pluralité d'orifices secondaires (51), et sous l'effet de la force centrifuge résultant de la rotation de l'ensemble rotatif (1), une réserve secondaire de verre (R2) est formée contre la paroi annulaire secondaire (50) et le procédé comprend en outre l'évaluation d'un paramètre représentatif du volume de la réserve secondaire (R2) par le système de traitement des données (74) à partir de ladite au moins une image primaire du centrifugeur ou d'une autre image.
- [Revendication 13] Dispositif (10) de formation de fibres de verre comprenant un ensemble rotatif (1) comportant :
- un arbre (2) entraîné en rotation autour d'un axe de rotation (A),
  - un centrifugeur (3) solidaire de l'arbre (2) et muni d'une paroi annulaire primaire (30) comprenant une pluralité d'orifices primaires (31),
- l'ensemble rotatif (1) étant configuré de sorte que, sous l'effet de la force centrifuge résultant de sa rotation, une réserve primaire (R1) de verre est formée contre la paroi annulaire primaire (30),

et le dispositif comprenant en outre:

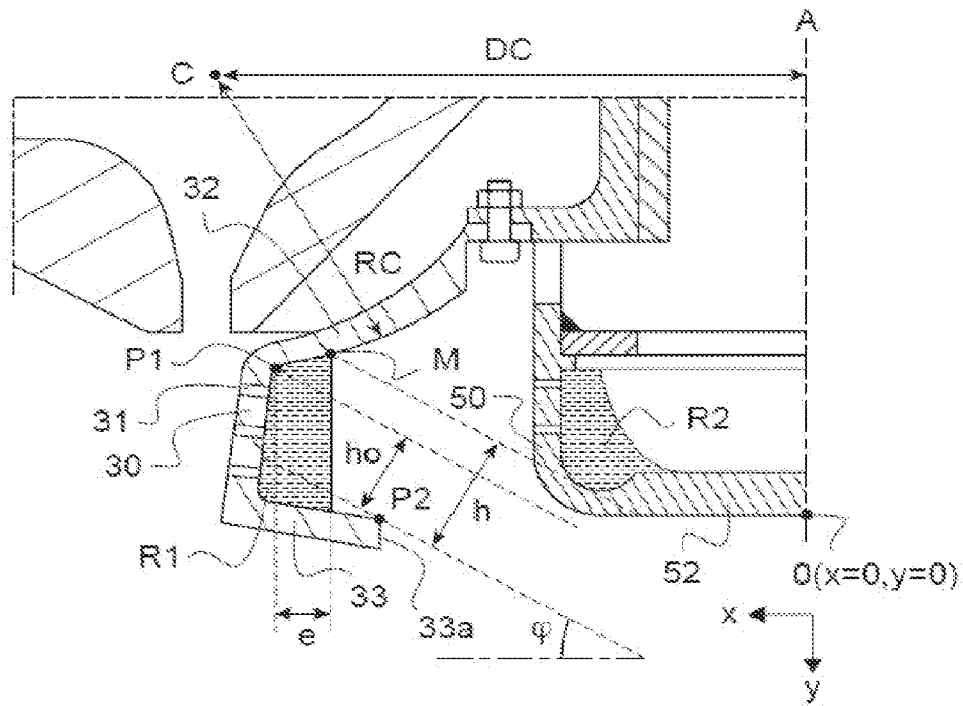
- des moyens (7) d'acquisition d'au moins une image primaire du centrifugeur (3),
- un système (72) de traitement de ladite au moins une image primaire, et
- un système (74) de traitement de données configuré pour évaluer un paramètre représentatif du volume de la réserve primaire (R1) à partir des données issues de l'image primaire.

- [Revendication 14] Programme d'ordinateur comprenant des instructions pour l'exécution d'au moins les étapes b) et c) de la revendication 1, lorsque ledit programme est exécuté sur un ordinateur.
- [Revendication 15] Programme d'ordinateur selon la revendication 14, comprenant en outre des instructions pour l'exécution de l'étape d) de la revendication 9 lorsque ledit programme est exécuté sur un ordinateur.
- [Revendication 16] Support lisible par ordinateur, sur lequel est enregistré le programme d'ordinateur selon la revendication 14 ou la revendication 15.

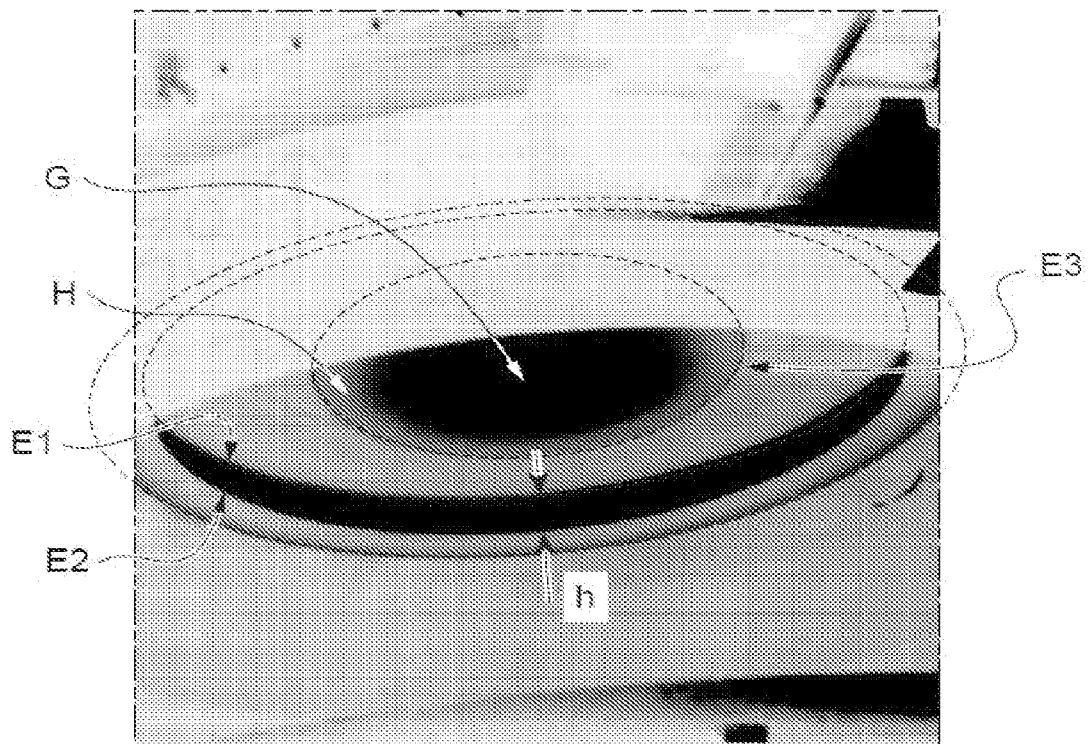
[Fig. 1]



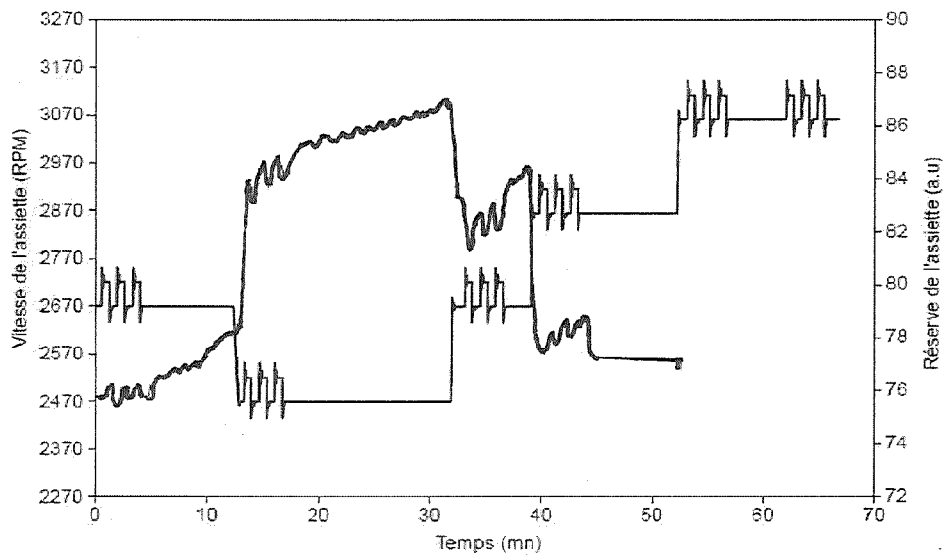
[Fig. 2]



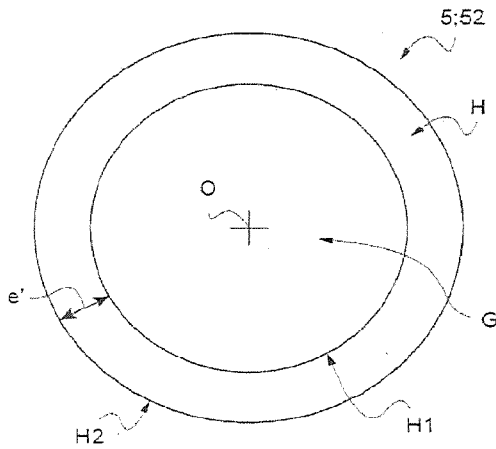
[Fig. 3]



[Fig. 4]



[Fig. 5]



FEUILLE DE REMPLACEMENT (REGLE 26)

