

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

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale
WO 2020/260594 A1

(43) Date de la publication internationale
30 décembre 2020 (30.12.2020)

(51) Classification internationale des brevets :

G01B 5/00 (2006.01) G01B 11/00 (2006.01)
G01B 5/008 (2006.01) G01B 21/04 (2006.01)

(72) Inventeurs : MOREAU, Joël ; 42 chemin de la croix
Blanche, 69510 Soucieu-en-jarrest (FR). MOREAU, Fa-
brice ; Rue du Plan 9, 2000 Neuchâtel (CH).

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/EP2020/068041

(74) Mandataire : OMNIS-IP SA ; Rue Galilée 4, 1400 Yver-
don-les-Bains (CH).

(22) Date de dépôt international :

26 juin 2020 (26.06.2020)

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de
protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO,

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

19182990.2 27 juin 2019 (27.06.2019) EP

AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA,
CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ,
EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR,
HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR,
KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG,
MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM,
PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC,

(71) Déposant : ESPI FRANCE [FR/FR] ; ZI Les Platières 43
Rue du Capitaine François Garbit, 69440 Momant (FR).

(54) Title: MACHINE AND METHOD FOR INSPECTING MECHANICAL PARTS

(54) Titre : MACHINE ET MÉTHODE DE CONTRÔLE DE PIÈCES MÉCANIQUES

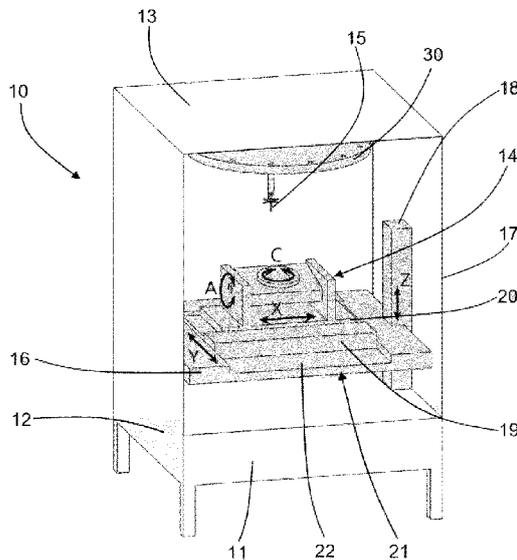


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a machine for inspecting me-
chanical parts comprising a frame (12), a part holder assembly (14)
and at least two sensors (15) arranged to inspect at least one feature of
the mechanical part. The part holder assembly (14) can move relative
to the frame (12) of the machine in at least four degrees of freedom,
at least two of said degrees of freedom being defined by two axes of
rotation (A, C). The part holder assembly (14) can move so as to allow
a point of said mechanical part to be inspected to be positioned facing
one of the sensors (15). The total number of degrees of freedom of
the part holder assembly (14) and of the sensor (15) is at least equal
to five. The inspection machine (10) further comprises measurement
means arranged to determine the position of this part holder assembly
(14). At least one of said sensors is supported by a gantry (13) con-
nected to the frame (12) of the machine. The invention also relates to
a method for inspecting mechanical parts using a machine as defined
above, said method comprising the steps of defining a set of inspec-
tion points disposed on the mechanical part to be inspected; of select-
ing a sensor (15) suitable for the feature to be inspected; of position-
ing the mechanical part on the part holder assembly (14); of moving
the part holder assembly (14) in at least four degrees of freedom in
order to position an inspection point facing the selected sensor (15);
of measuring, by means of the sensor (15), the feature to be inspec-
ted on the inspection point positioned facing this sensor; of storing
the value of the measured features linked to a position of the sensor
during the measurement; of repeating the previous three steps for the
different inspection points and of processing the measurements of the
features as a function of the



WO 2020/260594 A1

SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

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

Publiée:

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

parameter to be inspected.

(57) **Abrégé** : L'invention concerne une machine de contrôle de pièces mécaniques comportant un bâti (12), un ensemble porte-pièce (14) et au moins deux capteurs (15) agencés pour contrôler au moins une caractéristique de la pièce mécanique. L'ensemble porte-pièce (14) est mobile par rapport au bâti (12) de la machine selon au moins quatre degrés de liberté, au moins deux desdits degrés de liberté étant définis par deux axes de rotation (A, C). L'ensemble porte-pièce (14) est mobile de façon à permettre de positionner un point de ladite pièce mécanique à contrôler en regard de l'un des capteurs (15). Le nombre total de degrés de liberté de l'ensemble porte-pièce (14) et du capteur (15) est au moins égal à cinq. La machine de contrôle (10) comporte en outre des moyens de mesure agencés pour déterminer la position de cet ensemble porte-pièce (14). Au moins l'un desdits capteurs est supporté par un portique (13) lié au bâti (12) de la machine. L'invention concerne également une méthode de contrôle de pièces mécaniques au moyen d'une machine telle que définie ci-dessus, cette méthode comportant les étapes de définition d'un ensemble de points de contrôle disposés sur la pièce mécanique à contrôler; de choix d'un capteur (15) adapté à la caractéristique à contrôler; de positionnement de la pièce mécanique sur l'ensemble porte-pièce (14); de déplacement de l'ensemble porte-pièce (14) selon au moins quatre degrés de liberté de façon à positionner un point de contrôle en regard du capteur choisi (15); de mesure au moyen du capteur (15), de la caractéristique à contrôler du point de contrôle positionné en regard de ce capteur; de mémorisation de la valeur des caractéristiques mesurées en lien avec une position du capteur lors de la mesure; de reprise des trois étapes précédentes pour les différents points de contrôle et de traitement des mesures des caractéristiques en fonction du paramètre à contrôler.

MACHINE ET MÉTHODE DE CONTRÔLE DE PIÈCES MÉCANIQUES

DOMAINE TECHNIQUE

La présente invention concerne le domaine du contrôle de pièces mécaniques et plus
5 précisément le domaine des machines de contrôle de pièces mécaniques.

De façon plus détaillée, cette invention concerne une machine de contrôle de pièces
mécaniques, cette machine comportant au moins un bâti, un ensemble porte-pièce sur
lequel est disposée la pièce mécanique à contrôler et au moins deux capteurs agencés
pour contrôler au moins une caractéristique de ladite pièce mécanique.

10 L'invention concerne également une méthode de contrôle de pièces mécaniques au
moyen d'une machine telle que définie ci-dessus.

Une telle machine peut en particulier être utilisée dans le cadre du contrôle
dimensionnel de pièces ou du contrôle de l'état de surface, aussi bien dans un
laboratoire de métrologie que dans un environnement de production.

15

ART ANTÉRIEUR

Actuellement, il existe plusieurs types de machines utilisées pour le contrôle de pièces
mécaniques. Parmi ces différents types, on peut citer les machines à mesurer
tridimensionnelles (MMT). Celles-ci sont généralement destinées à mesurer des
20 dimensions et/ou des caractéristiques géométriques de la pièce. Certaines machines
permettent également de contrôler l'état de surface de telles pièces.

Lorsqu'elles sont utilisées pour un contrôle dimensionnel et/ou géométrique, ces
machines sont utilisées pour déterminer des coordonnées de points mesurés ou points
de contrôle dans un référentiel lié à la machine de contrôle ou à la pièce contrôlée.
25 Ces coordonnées sont traitées de façon à vérifier l'adéquation entre les dimensions
théoriques et les dimensions réelles de la pièce.

Ces machines comportent généralement un bâti et une table fixe par rapport au bâti, la pièce à contrôler étant fixée sur la table. La machine comporte généralement un portique monté sur des glissières et une tête de mesure montée sur le portique. Le déplacement de la tête de mesure est réalisé selon trois axes orthogonaux définissant
5 trois degrés de liberté, ce qui permet d'amener la tête de mesure en regard des différents points de contrôle.

Un palpeur ou capteur est déplacé jusqu'à ce qu'il soit en appui contre la pièce mécanique à contrôler. La position du palpeur ou du capteur au moment du contact est déterminée au moyen de règles graduées, de codeurs ou par d'autres moyens de
10 mesure.

Les MMT ayant uniquement des axes de déplacement linéaires et donc au maximum trois degrés de liberté ne peuvent pas nécessairement accéder à tous les points de contrôle souhaitables pour n'importe quelle pièce. Dans certaines configurations de pièces, il peut être nécessaire de réaliser un certain nombre de mesures lorsque la
15 pièce mécanique est placée sur un premier posage, puis de placer la pièce dans un deuxième posage pour réaliser des mesures sur des points de mesure non accessibles lorsque la pièce est placée dans le premier posage.

Ceci présente plusieurs inconvénients. En particulier, le temps d'un cycle de mesures est fortement augmenté parce qu'il faut libérer la pièce du premier posage, la
20 repositionner dans le deuxième posage et recalibrer la machine avant de débiter les mesures. De plus, le risque d'erreurs de mesures est augmenté du fait du transfert de la pièce d'un posage à un autre.

Pour permettre un accès à une plus grande variété de points de contrôle, certaines machines de type MMT ont une tête de mesure disposée sur un bras susceptible de
25 pivoter autour de plusieurs axes de rotation. Ceci permet d'accéder à des points de mesure qui peuvent être difficilement accessibles si la tête de mesure est mobile en translation uniquement selon trois axes orthogonaux.

L'un des problèmes avec ces machines est dû à leur encombrement. En effet, lorsque le palpeur doit pouvoir contrôler des pièces complexes, le bras portant le palpeur doit
30 pouvoir se déplacer autour de la pièce. Vu la grandeur des bras et des palpeurs couramment utilisés, ceci implique un volume de la machine relativement grand même

pour des pièces à contrôler relativement petites. En d'autres termes, le volume de la machine est grand par rapport à son volume utile.

Un autre problème avec ce genre de machines est dû au déplacement du palpeur. Le palpeur doit se déplacer de préférence rapidement afin de minimiser le temps de cycle de mesure. Le palpeur peut être placé sur un portique mobile uniquement selon des déplacements linéaires, sur un bras robot mobile uniquement selon des déplacements autour d'axes de rotation ou sur un support produisant des déplacements linéaires et en rotation. Les déplacements du palpeur impliquent des accélérations et des décélérations importantes du palpeur. Ces accélérations et décélérations importantes créent des distorsions dans le palpeur et génèrent des erreurs et des incertitudes dans les mesures.

Les machines actuelles sont généralement prévues pour fonctionner avec un type de palpeur. Lorsque plusieurs caractéristiques d'une pièce doivent être contrôlées, par exemple des caractéristiques dimensionnelles, des caractéristiques de profil, un état de surface ou un aspect, il arrive fréquemment qu'une première caractéristique soit contrôlée sur une première machine de contrôle et qu'une deuxième caractéristique soit contrôlée sur une deuxième machine de contrôle de type différent. Ceci engendre plusieurs inconvénients. Tout d'abord, il est nécessaire de disposer de plusieurs machines de contrôle spécifiques, ce qui engendre des coûts d'achat des machines et des frais liés à la place requise pour chaque machine. Il est nécessaire de déplacer les pièces à contrôler d'une machine à l'autre, ce qui engendre un temps de cycle relativement important qui peut éventuellement empêcher un contrôle durant un cycle de fabrication des pièces. Un positionnement des pièces à contrôler doit être réalisé sur chaque machine de contrôle, de même qu'un calibrage de ces différentes machines. Ceci implique un risque d'erreurs et d'incertitudes de mesure.

Certaines machines existantes ont été développées pour tenter de résoudre certains des problèmes mentionnés ci-dessus. La publication japonaise JP 2016 13691 décrit une machine destinée à mesurer la forme d'un objet au moyen d'une mesure sans contact. Cette machine comporte un plateau mobile linéairement selon au moins deux axes orthogonaux. La machine comporte en outre une unité de basculement de la table permettant de pivoter la table autour de deux axes de rotation. Les axes de translation et de rotation de la machine permettent de déplacer un point de la pièce à

mesurer en regard d'un capteur, dans une orientation permettant à ce capteur d'effectuer une mesure.

La machine décrite dans cette publication est uniquement prévue pour mesurer la forme d'un objet au moyen d'un capteur optique. Cette mesure se fait en modifiant la distance entre la pièce et une lentille du capteur optique, de façon à obtenir une intensité maximale de la lumière réfléchie. Du fait de la manière particulière d'effectuer les mesures dans cette invention, la machine ne peut pas être adaptée pour effectuer d'autres types de mesures.

La publication russe N° 2 461 839 est similaire à la publication japonaise mentionnée ci-dessus en ce sens qu'elle comporte un plateau destiné à amener une pièce à contrôler en regard d'une lentille d'un système optique. Dans le cas présent, ce système optique est celui d'un microscope destiné à analyser la surface d'un échantillon.

Comme pour la machine décrite précédemment, cette machine ne peut pas être adaptée pour le contrôle industriel de plusieurs paramètres d'une même pièce.

La publication DE 10 2016 214307 décrit un support qui peut être utilisé avec une machine de contrôle conventionnelle. Ce support peut être placé sur le plateau de la machine de mesure. Il est formé d'un bras composé de plusieurs segments, chacun de ces segments étant articulé sur les segments adjacents.

Ce document ne décrit pas une machine de contrôle en tant que telle. Le support est destiné à présenter la pièce à mesurer à un capteur d'une machine de contrôle conventionnelle. Un tel support n'est toutefois pas adapté au contrôle industriel de pièces, la précision des mesures requises dans ce domaine ne pouvant pas être atteinte avec un tel dispositif.

Il serait souhaitable de disposer d'une machine susceptible de contrôler différents types de pièces, en particulier des pièces pour lesquelles un contrôle tridimensionnel est nécessaire. Une telle machine devrait être capable de contrôler différentes caractéristiques des pièces, idéalement sans devoir retirer la pièce de la machine de contrôle. La machine devrait être prévue pour minimiser l'encombrement ou optimiser

le rapport entre le volume utile et le volume total. Le temps de cycle de contrôle devrait également être minimisé tout en réduisant les erreurs et les incertitudes de mesure.

DESCRIPTION DE L'INVENTION

- 5 La machine de contrôle selon la présente invention résout certains problèmes des machines de l'art antérieur en proposant une machine à mesurer tridimensionnelle multicapteurs, ayant un bon rapport volume total/volume utile et permettant de réaliser des mesures fiables et précises dans un temps relativement court.

Le but de l'invention est atteint par une machine telle que définie en préambule et caractérisée en ce que l'ensemble porte-pièce est mobile par rapport au bâti de la machine selon au moins quatre degrés de liberté, au moins deux desdits degrés de liberté étant définis par deux axes de rotation non colinéaires l'un à l'autre, cet ensemble porte-pièce étant mobile de façon à permettre de positionner au moins un point de ladite pièce mécanique à contrôler en regard de l'un desdits au moins deux capteurs, en ce que le nombre total de degrés de liberté de l'ensemble porte-pièce et du capteur en regard duquel la pièce à contrôler est positionnée est au moins égal à cinq, en ce que la machine de contrôle comporte en outre des moyens de mesure agencés pour déterminer la position de cet ensemble porte-pièce et en ce que au moins l'un desdits capteurs est supporté par un portique lié au bâti de la machine.

20 Le but de l'invention est également atteint par une méthode de contrôle de pièces mécaniques au moyen d'une machine comportant au moins un bâti, un ensemble porte-pièce sur lequel est disposée la pièce mécanique à contrôler et au moins deux capteurs, au moins l'un desdits capteurs étant supporté par un portique lié au bâti de la machine, ces capteurs étant agencés pour contrôler au moins une caractéristique de ladite pièce mécanique, ledit ensemble porte-pièce étant mobile par rapport au bâti de la machine selon au moins quatre degrés de liberté, au moins deux desdits degrés de liberté étant définis par deux axes de rotation non colinéaires l'un à l'autre et le nombre total de degrés de liberté de l'ensemble porte-pièce et du capteur en regard duquel la pièce à contrôler est positionnée étant au moins égal à cinq, cette méthode
25
30 comportant les étapes suivantes :

- a) définition d'un ensemble de points de contrôle disposés sur la pièce mécanique à contrôler ;
- b) choix d'un capteur adapté à la caractéristique à contrôler sur ladite pièce mécanique ;
- 5 c) positionnement de ladite pièce mécanique sur ledit ensemble porte-pièce de la machine de contrôle ;
- d) déplacement de l'ensemble porte-pièce selon lesdits au moins quatre degrés de liberté de façon à positionner un point de contrôle en regard du capteur choisi;
- e) mesure au moyen dudit capteur choisi, de la caractéristique à contrôler du point de
- 10 contrôle positionné en regard de ce capteur ;
- f) mémorisation de la valeur des caractéristiques mesurées en lien avec une position du capteur lors de la mesure;
- g) reprise des étapes d à f pour les différents points de contrôle ; et
- h) traitement des mesures des caractéristiques en fonction dudit paramètre à
- 15 contrôler.

La machine de l'invention permet un contrôle fiable et précis des pièces mécaniques. Cette machine permet en particulier d'effectuer des contrôles tridimensionnels de ces pièces tout en minimisant le volume total de la machine par rapport à la dimension de la pièce à contrôler ou au volume utile de la machine. Cette machine supprime les

20 distorsions qui peuvent se produire en fonction de la vitesse de déplacement, de l'accélération et de la décélération subie par le palpeur ou le capteur.

De plus, la machine respecte, dans la plupart des cas, certains principes métrologiques permettant d'obtenir des mesures aussi précises que possible, ces principes métrologiques étant souvent difficiles à respecter en pratique et donc

25 rarement respectés dans les machines conventionnelles.

Cette machine peut être adaptée pour mesurer ou contrôler différentes caractéristiques d'une pièce à contrôler. A cet effet, la machine peut être équipée de toute une gamme de capteurs, de détecteurs ou de palpeurs adaptés, ce qui évite de

30 devoir transférer la pièce d'une machine à une autre en fonction de la caractéristique contrôlée sur cette pièce.

Ceci permet également d'effectuer toutes les mesures en ayant la pièce dans un même posage, sans devoir recalibrer la machine. La précision et la fiabilité des mesures s'en trouvent donc améliorées. Ceci permet également de diminuer le temps de cycle puisque toutes les opérations liées au déplacement de la pièce, au repositionnement
5 de cette pièce sur une deuxième machine et au calibrage de cette deuxième machine sont supprimés.

Cette machine peut en outre être utilisée dans un environnement tel qu'un laboratoire de métrologie, mais également dans un environnement industriel, notamment grâce à la gestion des vibrations et des variations de température qui peuvent se produire dans
10 un tel environnement industriel. Un temps de cycle de mesure ou de contrôle court et la possibilité d'utiliser la machine dans un environnement industriel permet d'effectuer des contrôles pendant la fabrication d'une série de pièces. Ceci permet en particulier de détecter des dérives par rapport aux dimensions théoriques des pièces, ces dérives pouvant être dues à de mauvais réglages, une usure des outils ou toutes autres
15 causes. La détection précoce des erreurs permet de corriger rapidement les machines d'usinage ou les programmes gérant ces machines afin de compenser les erreurs et les dérives éventuelles au cours de la fabrication de la série de pièces.

De par sa construction compacte, les distances entre les pièces à contrôler et les éléments structurels de la machine sont limitées, ce qui limite également les
20 déformations géométriques de la machine et par conséquent les erreurs et les incertitudes de mesure. Ceci permet aussi d'assurer que les règles, les codeurs et de façon générale, les moyens de mesure agencés pour déterminer la position d'un composant mobile de la machine soient à proximité de la pièce mécanique contrôlée. Cette caractéristique également permet d'améliorer la fiabilité des mesures effectuées
25 par cette machine.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

La présente invention et ses avantages seront mieux compris en référence aux figures annexées et à la description détaillée de modes de réalisation particuliers, dans
30 lesquelles :

- la figure 1 illustre schématiquement un premier mode de réalisation d'une machine de contrôle selon la présente invention ;
 - la figure 2 illustre schématiquement une machine de contrôle selon un deuxième mode de réalisation de l'invention ; et
- 5 – la figure 3 illustre un détail de la machine selon l'invention.

MODE DE REALISATION DE L'INVENTION

En référence aux figures, la machine de contrôle 10 de l'invention, comporte essentiellement une base fixe 11 solidaire d'un bâti 12 de la machine, un portique de
10 mesure 13, un ensemble porte-pièce 14 supportant la ou les pièces dont certaines caractéristiques sont contrôlées et au moins deux capteurs 15 destinés à contrôler au moins une caractéristique de la pièce.

Contrairement à la majorité des MMT conventionnelles, dans la machine de l'invention, le portique 13 n'est pas mobile par rapport à la base fixe 11 ou au bâti 12, mais est
15 immobile par rapport à cette base fixe 11 ou ce bâti 12. Cette caractéristique permet une construction particulièrement robuste et particulièrement rigide, ce qui permet d'augmenter la précision et la répétabilité des mesures.

Dans le mode de réalisation illustré par la figure 1, l'ensemble porte-pièce 14 comporte notamment une table 16 coopérant avec des montants 17 du bâti 12 de la machine.
20 Dans ce mode de réalisation, la table 16 est mobile longitudinalement par rapport à ces montants 17.

De façon générale, la base fixe 11 définit un plan horizontal. La table 16 est susceptible de se déplacer selon une direction linéaire généralement perpendiculaire au plan défini par la base fixe 11 et donc généralement verticale. La direction du déplacement de la
25 table 16 peut se faire selon un axe vertical portant la référence z.

Selon un mode de réalisation avantageux de la machine de l'invention, le portique 13 est maintenu par les montants 17, ces montants étant disposés de façon sensiblement symétrique de part et d'autre de la base fixe 11. Ces montants 17 comportent des rails 18 ou des coulisseaux agencés pour guider la table 16.

Il existe de nombreux moyens permettant le guidage de la table 16 le long des rails 18. A titre d'exemple, la table peut comporter des patins coulissant le long des rails. D'autres types de guidage peuvent également être utilisés, comme par exemple un guidage sur coussins d'air.

5 De par la construction de la machine, il est possible de guider la table 16 tout en assurant une grande stabilité de cette table, de façon à garantir que toutes les positions que peuvent atteindre la table soient parallèles entre elles. Cette stabilité peut par exemple être augmentée en utilisant des bras ou des éléments mécaniques de renfort ou de stabilisation.

10 La mise en mouvement de la table 16 peut être réalisée au moyen d'un moteur (non représenté). Dans un mode de réalisation préféré, cette mise en mouvement est gérée par deux moteurs, disposés à proximité de chacun des montants 17. Ces moteurs peuvent avantageusement être des moteurs linéaires.

15 Il est possible d'utiliser des systèmes connus de compensation de masse, tels que notamment des systèmes à contrepoids, en vue de faciliter le déplacement de la table 16 et/ou de l'ensemble porte-pièce 14.

En plus de la table 16, l'ensemble porte-pièce 14 comporte un plateau à déplacement longitudinal 19, nommé également plateau longitudinal, et un plateau à déplacement transversal 20, nommé également plateau transversal. Le plateau à déplacement
20 longitudinal 19 et le plateau à déplacement transversal 20 forment ensemble le plateau mobile 21.

Le plateau longitudinal 19 est monté sur au moins un guidage linéaire disposé de façon coplanaire à un plan de la table 16. Dans les figures, la direction de déplacement du plateau longitudinal 19, ou direction longitudinale, porte la référence y. Dans le mode
25 de réalisation illustré par la figure 1, le plateau longitudinal 19 est disposé dans un logement 22 de la table 16, les bords du logement 22 coopérant avec les bords de la table pour assurer un guidage linéaire précis.

Dans le mode de réalisation illustré par la figure 2, le plateau à déplacement longitudinal 19 comporte deux longerons 23 coulissant dans deux gorges 24

correspondantes de la table 16. Il est clair que d'autres guidages peuvent également être utilisés.

Dans le mode de réalisation illustré par la figure 1, le plateau à déplacement transversal 20 peut être déplacé selon un axe perpendiculaire à l'axe de déplacement linéaire y. Cet axe perpendiculaire ou axe transversal porte la référence x sur les figures 1 et 2. Le plateau transversal 20 est guidé dans le plateau à déplacement longitudinal 19 de la même manière que le plateau longitudinal 19 est guidé dans la table 16. Il est clair que d'autres modes de réalisation ou d'autres types de guidage pourraient être utilisés.

Les axes de déplacement linéaires x et y sont nommés ici axes linéaires de base. Ces axes linéaires de base sont de préférence orthogonaux l'un à l'autre.

La machine selon l'invention et plus précisément l'ensemble porte-pièce 14 comporte en outre un étrier 25 illustré de façon plus détaillée par la figure 3 et destiné à recevoir la pièce à contrôler. Cet étrier 25 peut être associé à un posage (non représenté) destiné à maintenir la pièce à contrôler dans une position appropriée et à empêcher le déplacement de cette pièce lors de son contrôle. L'étrier 25 est monté sur le plateau mobile 21 et plus précisément sur le plateau transversal 20. Il est clair que l'ordre du plateau longitudinal 19 et du plateau transversal 20 pourraient être inversés, de sorte que le plateau transversal pourrait être guidé par la table 16 et que l'étrier 25 pourrait être placé sur le plateau longitudinal 19.

Selon un mode de réalisation avantageux, l'étrier 25 comporte un support de pièce 26 pivotant autour d'un axe de rotation C, ce support de pièce étant monté dans une console 27. La console est de préférence symétrique et/ou équilibrée et comporte deux tenons 28 cylindriques alignés disposés chacun dans un palier 29. Ces tenons 28 et ces paliers 29 sont disposés de façon à permettre la rotation de la console 27 autour d'un axe de rotation A passant par les deux tenons.

Selon une variante avantageuse, le plateau mobile 21 peut comporter un évidement dans lequel peut se positionner l'étrier 25. Cet évidement permet de réduire la masse totale de l'ensemble porte-pièce 14. De plus, l'évidement permet de placer la pièce à contrôler aussi proche que possible du plateau mobile 21 ou de la table 16. Ceci permet d'augmenter la rigidité de la machine et ainsi, de minimiser les erreurs et les

incertitudes de mesure. Le support de pièce 26 peut lui-même comporter un évidement permettant par exemple d'accéder aux deux faces de la pièce à contrôler.

Dans la pratique, l'un des axes de rotation A ou C peut être généralement parallèle ou confondu avec l'un des axes de déplacement linéaire de base x ou y du plateau mobile.

- 5 Selon une variante, il est possible de prévoir trois axes de rotation sur l'étrier, par exemple l'axe A parallèle à l'axe de déplacement linéaire x, un axe de rotation B parallèle à l'axe de déplacement linéaire y et l'axe de rotation C tel qu'illustré par la figure 3.

10 Les déplacements de la console 27 et du support de pièce 26 autour des axes de rotation A et C sont générés et contrôlés par des moteurs de précision (non représentés) permettant d'assurer une précision et une répétabilité aussi grande que possible du déplacement de la pièce à contrôler.

15 Les axes de rotation A et C de la console 27 et du support de pièce 26 sont également associés à des moyens de mesure de la position de cette console et du support de pièce. Ces moyens de mesure peuvent être des règles associées à des moyens optiques, électriques et/ou mécaniques ou des codeurs.

Les axes de rotation A et C définis ci-dessus matérialisent deux degrés de liberté en rotation du déplacement de la pièce à contrôler.

20 Comme on peut le voir sur les figures, la pièce à contrôler peut être déplacée notamment dans un plan de la table 16, selon les deux axes de déplacement linéaires de base, ces axes formant deux degrés de liberté. Ces déplacements peuvent être assurés par exemple par des guidages.

25 Chacun de ces déplacements est également associé à au moins un moteur (non représenté) qui peut par exemple être un moteur linéaire. Ces moteurs et les guidages correspondants permettent de positionner le plateau 21 de façon précise dans une zone de travail de la machine de contrôle.

Selon un mode de réalisation avantageux, le déplacement selon chacun des axes x ou y se fait le long de deux rails parallèles, au moyen d'un moteur linéaire aligné avec les rails et passant à proximité du centre de gravité du plateau mobile.

Les guidages ou plus généralement les éléments mobiles de l'ensemble porte-pièce 14 sont également associés à des moyens de mesure permettant de déterminer la position des composants de l'ensemble porte-pièce. Ces moyens de mesure peuvent en particulier être des règles permettant de déterminer une position par des moyens optiques, électriques et/ou mécaniques ou des codeurs. La position des composants de l'ensemble porte-pièce peut également être déterminée par les commandes qui ont été transmises aux moteurs.

Comme indiqué précédemment, dans le mode de réalisation illustré par la figure 1, la table 16 peut se déplacer selon un axe de déplacement linéaire non coplanaire aux axes de déplacement linéaires du plateau mobile ou axe vertical z. Au contraire, dans le mode de réalisation illustré par la figure 2, la table 16 n'est pas mobile dans le sens vertical. Le capteur 15 utilisé pour effectuer une mesure est mobile sur le portique de mesure 13 selon une direction orthogonale au plan de la table 16 ou selon l'axe z défini précédemment ou encore selon un axe vertical. Le guidage peut être réalisé de différentes façons, par exemple en utilisant les montants 17 comme support comme cela est représenté sur la figure 2 ou en appui au centre du portique 13.

Dans l'invention, au moins deux capteurs sont disponibles pour réaliser des mesures, ces capteurs pouvant être utilisés pour mesurer des caractéristiques identiques ou différentes sur la pièce à contrôler. Selon un mode de réalisation avantageux, le portique 13 supporte un barillet 30 comportant plusieurs capteurs 15, par exemple des capteurs susceptibles de mesurer ou de contrôler chacun une caractéristique différente de la pièce à contrôler. A titre d'exemple, le barillet 30 peut comporter un capteur 15 réalisé sous la forme d'un palpeur destiné à mesurer une caractéristique géométrique de forme, de dimension et/ou de position notamment, un capteur en lumière blanche destiné à contrôler un état de surface, une caméra destinée à déterminer un profil ou à effectuer un contrôle d'aspect, etc.

Dans le mode de réalisation illustré par la figure 1, le barillet 30 est immobile pendant un cycle de contrôle ou de mesure. Ce barillet peut être rotatif, de façon à amener un capteur dans un emplacement souhaité, ce capteur étant adapté au contrôle d'au moins un paramètre déterminé d'un cycle de contrôle. Ce barillet 30 peut être déplacé en rotation et/ou en translation selon un axe vertical, pour autant qu'un cycle de contrôle ne soit pas en cours. Cette mobilité selon un axe vertical est uniquement

utilisée pour faciliter par exemple le changement de capteur ou pour placer un capteur dans une position dans laquelle il ne gêne pas le capteur utilisé pour le cycle de mesure suivant.

5 Selon une variante particulière, le barillet 30 est totalement immobile selon un axe vertical et/ou un axe de rotation.

Dans la machine selon l'invention, le fait que le capteur 15 soit immobile selon la direction verticale permet de concevoir un barillet particulièrement stable et particulièrement robuste, ce qui minimise encore les erreurs et les incertitudes de la mesure.

10 Dans le mode de réalisation illustré par la figure 2, la table 16 n'est pas liée à des patins ou un guidage, mais aux montants 17 ou au bâti 12 de la machine. Elle est donc fixe par rapport à ce bâti 12.

Dans ce cas, le capteur 15 est mobile en translation selon un axe vertical ou axe z pendant un cycle de contrôle. Pour permettre ce déplacement vertical, le capteur 15
15 est solidaire d'une colonne ou d'une traverse 31 mobile verticalement entraînée par au moins un moteur tel que par exemple un moteur linéaire. La position de la colonne ou de la traverse 31 doit pouvoir être déterminée avec précision, par exemple au moyen d'une règle ou d'un codeur ou en traitant les signaux de commande envoyés au moteur de la colonne.

20 Comme cela peut être compris à la lumière de la description et des dessins, la pièce à contrôler, maintenue sur l'ensemble porte-pièce 14, peut être déplacée en différentes positions. Ce déplacement peut se faire par la présence de différents axes de déplacement qui peuvent être soit linéaires, soit rotatifs et qui définissent différents degrés de liberté. Les axes de déplacement linéaires et de rotation peuvent être
25 matérialisés par différents composants variant d'un mode de réalisation à un autre. Il est cependant important que la pièce à contrôler soit mobile selon au moins quatre degrés de liberté, dont au moins deux en rotation.

Dans le mode de réalisation illustré par la figure 1, les trois axes de déplacement linéaires x, y et z définissent trois degrés de liberté. Les deux axes de rotation A et C

de l'ensemble porte-pièce définissent deux degrés de liberté de sorte que cet ensemble porte-pièce 14 bénéficie de cinq degrés de liberté.

Dans le mode de réalisation illustré par la figure 2, l'ensemble porte-pièce comporte quatre degrés de liberté, deux en rotation et deux en translation. Le capteur 15
5 comporte un degré de liberté. Selon d'autres réalisations non illustrées, il est possible de remplacer la table 16 par exemple par un bras robot bénéficiant de cinq, voire de six degrés de liberté ou par tout support équivalent, suffisamment rigide pour assurer la précision de mesure requise. En pratique, le nombre total de degrés de liberté entre
10 de liberté du capteur est au maximum de un et le nombre de degrés de liberté par des axes de rotation est au minimum de deux.

Dans de telles configurations, la pièce à contrôler peut être positionnée en regard du capteur dans des positions permettant d'effectuer des mesures dans le prolongement du capteur. Ces configurations permettent donc de réaliser des mesures dans des
15 conditions optimales.

La machine selon l'invention peut être utilisée pour contrôler différentes caractéristiques de pièces mécaniques sur différents types de pièces. Une caractéristique couramment contrôlée sur ce type de machines est la dimension et plus précisément l'adéquation entre les dimensions réelles de la pièce contrôlée et la
20 combinaison de la dimension souhaitée et des tolérances pour cette pièce.

En premier lieu, lorsque des dimensions d'une pièce doivent être contrôlées, la pièce mécanique est placée sur un posage adapté de façon à pouvoir empêcher cette pièce mécanique de se déplacer par rapport au posage. Le posage est fixé sur l'ensemble porte-pièce 14 et plus précisément sur le support de pièce 26 de l'étrier 25.

25 Lorsqu'une caractéristique d'un point de contrôle doit être mesurée, le capteur 15 permettant de mesurer cette caractéristique déterminée est choisi et positionné dans le barillet 30 de façon à être opérationnel.

Le point à contrôler ou point de contrôle concerné est positionné en regard du capteur 15, de préférence de telle façon que le plan tangent au point de contrôle soit
30 perpendiculaire à l'axe de mesure du capteur ou axe vertical z.

Un tel positionnement est possible du fait que l'ensemble porte-pièce est susceptible de se déplacer selon au moins quatre degrés de liberté dont au moins deux sont liés à des axes de rotation.

5 Dans le mode de réalisation illustré par la figure 1, le positionnement du point de contrôle en regard de l'axe du capteur se fait en utilisant en combinaison, les guidages linéaires de base x et y permettant de positionner le plateau mobile 21, le guidage linéaire vertical permettant de positionner la table 16 et les moteurs pour le positionnement de la console 27 et du support de pièce 26.

10 Si la mesure est réalisée par détection d'un contact entre la pièce mécanique et le capteur, la pièce mécanique est déplacée préférentiellement selon un axe vertical z en déplaçant la table 16 le long des montants 17 jusqu'à ce qu'un contact soit détecté, mais également selon les axes x et y. La console 27 et le support de pièce 26 sont également déplacés autour de leur axe de rotation A et C respectif, de telle façon que le point de contrôle soit en regard du capteur, un plan tangent à ce point de contrôle
15 étant sensiblement horizontal.

Lorsqu'un contact entre la pièce à contrôler et le capteur est détecté, la position linéaire de la table selon l'axe z est déterminée, de même que les positions linéaires du plateau mobile 21 selon les axes x et y. Les positions angulaires selon les axes de rotation A et C de la console 27 et du support de pièce 26 sont également déterminées par les
20 moyens de mesure de la position de l'ensemble porte-pièce. La combinaison de ces différentes positions permet de déterminer les coordonnées du point de contrôle. L'axe vertical z est également nommé « axe de mesure du capteur » du fait que le capteur effectue les mesures selon cet axe z.

25 De façon conventionnelle, les coordonnées d'un ensemble de points de contrôle sont déterminées en répétant les opérations décrites ci-dessus, jusqu'à ce que tous les points de contrôle souhaités aient été mesurés. Les coordonnées de cet ensemble de point sont ensuite traitées de façon à fournir à l'utilisateur, les informations recherchées. Ces informations peuvent être de différentes natures. Dans de nombreux cas, les informations seront une appréciation de la conformité de la pièce contrôlée, à
30 savoir une réponse à la question suivante : est-ce que les dimensions et la géométrie de la pièce telle que mesurée est conforme à la pièce théorique, dans les tolérances

de fabrication définies pour cette pièce. Les coordonnées mesurées et traitées sont comparées à des valeurs théoriques de la pièce à contrôler, puis il est déterminé si les coordonnées mesurées correspondent à ces valeurs théoriques, en tenant compte des tolérances autorisées pour cette pièce ou pour les différents points de la pièce.

- 5 Le traitement mathématique des coordonnées de l'ensemble de points contrôlés est conventionnel et n'est pas décrit plus en détail ici.

La caractéristique contrôlée sur la pièce mécanique peut également être un état de surface. A cet effet, un capteur adéquat est utilisé comme par exemple un capteur en lumière blanche ou un laser. Dans le cas d'utilisation d'ondes lumineuses, il est
10 d'autant plus important que la tangente à la pièce à contrôler au niveau du point de contrôle soit sensiblement perpendiculaire à l'axe vertical. Ceci peut être réalisé comme indiqué précédemment, à savoir en ajustant les déplacements linéaires de la table 16 et du plateau mobile 21 et les déplacements rotatifs du support de pièce 26 et de la console 27.

- 15 Il est à noter que l'invention permet de contrôler ou de mesurer plusieurs caractéristiques d'une même pièce mécanique sans devoir transférer la pièce d'une machine à une autre. Généralement, chaque caractéristique est contrôlée au moyen d'un capteur différent. Les différents capteurs peuvent être montés sur un barillet ou un autre support similaire de façon à pouvoir être disponibles lorsqu'une
20 caractéristique correspondante est contrôlée. Ces capteurs sont donc interchangeables, en ce sens que le capteur utilisé pour mesurer ou contrôler une certaine caractéristique de la pièce mécanique peut être remplacé par un autre capteur lorsqu'une autre caractéristique de la pièce mécanique doit être contrôlée.

Dans la méthode de l'invention, il est possible de mesurer des valeurs correspondant
25 à une caractéristique déterminée au moyen d'un capteur adéquat, puis de traiter les mesures avant de passer au contrôle d'une autre caractéristique de la pièce mécanique. Chaque ensemble de valeurs mesurées, correspondant à un paramètre déterminé de la pièce mécanique à contrôler fait l'objet d'un traitement spécifique. Il est également possible de prendre des mesures avec plusieurs capteurs
30 correspondant à différentes caractéristiques à contrôler, avant de traiter ces différentes mesures. Dans ce cas, les mesures sont traitées dans une même étape de traitement,

même si les valeurs mesurées correspondent à des caractéristiques différentes de la pièce mécanique à contrôler. Il est en outre possible de combiner ces différentes manières de faire, à savoir traiter par exemple un ensemble de mesures correspondant à un seul paramètre à contrôler, avant de traiter un ensemble de mesures
5 correspondant à plusieurs paramètres à contrôler.

Dans le mode de réalisation illustré par la figure 2, la pièce est positionnée de façon similaire au positionnement expliqué en référence à la figure 1. Toutefois, le déplacement vertical ou selon l'axe z n'est pas effectué par la table 16, mais par le capteur 15.

10 Les mesures sont réalisées de la même manière, que ce soit la table 16 qui se déplace selon l'axe vertical ou le capteur 15.

Ce type de machine de contrôle est particulièrement intéressant pour plusieurs raisons. L'une d'elles est le fait que le capteur effectue les mesures dans l'axe de son déplacement. Ceci répond totalement au principe d'Abbé qui dit que : « Si l'on veut
15 éviter les erreurs de parallaxe, le système de mesure doit être aligné avec la ligne dans laquelle le déplacement (donnant la longueur) doit être mesuré sur la pièce à traiter. » Cet axe de déplacement est nommé axe de mesure du capteur.

Dans la majorité des machines de mesure ou de contrôle, ce principe d'Abbé n'est pas respecté, ce qui implique une plus grande imprécision dans les mesures.

20 Un autre point intéressant est le fait que la machine de contrôle selon l'invention est particulièrement compacte. En effet, le capteur qui effectue une mesure est soit immobile, soit mobile selon une seule direction ou selon un seul axe et n'a pas besoin de se déplacer autour de la pièce à contrôler. Ceci implique que le volume requis pour atteindre les différents endroits où la pièce doit être contrôlée peut être relativement
25 limité par rapport à la dimension de la pièce à contrôler.

Cette caractéristique présente un avantage en ce sens que la machine de contrôle peut être placée dans un endroit dans lequel la place disponible peut être restreinte, typiquement un atelier de production.

Le déplacement du capteur selon l'axe vertical ou axe z peut également
30 avantageusement être mis à profit pour permettre un changement facilité du capteur,

ce capteur étant adapté au type de pièce à contrôler, au contrôle à effectuer et à certaines exigences ou spécificité du contrôle.

En ce qui concerne le capteur, il est possible de prévoir un capteur fixe au moins pendant un cycle de mesures, lié au portique de mesure. Le caractère fixe de ce capteur implique qu'il ne subit aucune accélération/décélération et donc aucune des
5 erreurs de mesure ou des incertitudes qui peuvent être liées au déplacement du capteur pendant un cycle de mesure.

Le capteur peut être mobile selon l'axe vertical, cette mobilité étant utilisée uniquement pour faciliter le changement de capteur, en vue d'adapter ce capteur à la mesure ou
10 au contrôle à effectuer.

Un avantage de la machine selon l'invention est le fait que les codeurs ou plus généralement les moyens permettant de déterminer la position des composants de l'ensemble porte-pièce sont disposés à proximité de la pièce. Ceci permet d'éviter les couples parasites et augmente la précision et la répétabilité des mesures.

15 La machine selon l'invention permet donc un contrôle fiable et efficace de différents paramètres d'une pièce mécanique, tout en étant compacte. Ce caractère compact permet également de diminuer les variations de longueur structurelles dues à des variations de température.

Cette machine permet l'utilisation de différents capteurs capables de mesurer
20 différentes caractéristiques des pièces mécaniques à contrôler, ce qui permet de réaliser un contrôle complet d'une pièce sans devoir ni utiliser plusieurs machines de contrôle, ni déplacer la pièce à contrôler sur plusieurs posages.

La machine de l'invention est illustrée sous une forme dans laquelle la pièce à contrôler est disposée sur un plateau mobile dans un plan. Il est clair que d'autres formes de
25 réalisation pourraient être utilisées pour autant que ces formes de réalisation permettent de présenter la pièce à contrôler en regard du capteur, pour effectuer les contrôles requis.

Revendications

1. Machine de contrôle de pièces mécaniques, cette machine comportant au moins un bâti (12), un ensemble porte-pièce (14) sur lequel est disposée la pièce mécanique à contrôler et au moins deux capteurs (15) agencés pour contrôler au moins une caractéristique de ladite pièce mécanique, cette machine étant caractérisée en ce que l'ensemble porte-pièce (14) est mobile par rapport au bâti (12) de la machine selon au moins quatre degrés de liberté, au moins deux desdits degrés de liberté étant définis par deux axes de rotation (A, C) non colinéaires l'un à l'autre, cet ensemble porte-pièce (14) étant mobile de façon à permettre de positionner au moins un point de ladite pièce mécanique à contrôler en regard de l'un desdits au moins deux capteurs (15), en ce que le nombre total de degrés de liberté de l'ensemble porte-pièce (14) et du capteur (15) en regard duquel la pièce à contrôler est positionnée est au moins égal à cinq, en ce que la machine de contrôle (10) comporte en outre des moyens de mesure agencés pour déterminer la position de cet ensemble porte-pièce (14) et en ce que au moins l'un desdits capteurs est supporté par un portique (13) lié au bâti (12) de la machine.
2. Machine de contrôle selon la revendication 1, caractérisée en ce que lesdits au moins deux capteurs sont disposées sur un barillet (30) supporté par ledit portique (13).
3. Machine de contrôle selon la revendication 1, caractérisée en ce que le capteur (15) utilisé pour contrôler une pièce est fixe pendant un cycle de mesure.
4. Machine de contrôle selon la revendication 1, caractérisée en ce que l'ensemble porte-pièce (14) est mobile selon au moins cinq degrés de liberté.
5. Machine de contrôle selon la revendication 1, caractérisée en ce que le capteur (15) utilisé pour contrôler une pièce est mobile en translation selon un axe linéaire pendant un cycle de mesure.
6. Machine de contrôle selon la revendication 1, caractérisée en ce que l'ensemble porte-pièce (14) comporte un plateau (21) mobile selon au moins deux axes linéaires de base (x, y) définissant deux degrés de liberté et selon au moins deux axes de rotation (A, C) définissant deux autres degrés de liberté.

7. Machine de contrôle selon la revendication 6, caractérisée en ce que les deux axes linéaires de base (x, y) sont orthogonaux entre eux et/ou en ce que les deux axes de rotation (A, C) sont orthogonaux entre eux.

8. Machine de contrôle selon la revendication 6, caractérisée en ce que le plateau (21) est mobile selon un troisième axe de déplacement linéaire (z) orthogonal aux deux axes de déplacement linéaires de base (x, y).

9. Machine de contrôle selon la revendication 1, caractérisée en ce que les capteurs (15) sont interchangeables.

10. Méthode de contrôle de pièces mécaniques au moyen d'une machine comportant au moins un bâti (12), un ensemble porte-pièce (14) sur lequel est disposée la pièce mécanique à contrôler et au moins deux capteurs (15), au moins l'un desdits capteurs étant supporté par un portique (13) lié au bâti (12) de la machine, ces capteurs étant agencés pour contrôler au moins une caractéristique de ladite pièce mécanique, ledit ensemble porte-pièce (14) étant mobile par rapport au bâti (12) de la machine selon au moins quatre degrés de liberté, au moins deux desdits degrés de liberté étant définis par deux axes de rotation (A, C) non colinéaires l'un à l'autre et le nombre total de degrés de liberté de l'ensemble porte-pièce (14) et du capteur (15) en regard duquel la pièce à contrôler est positionnée étant au moins égal à cinq, cette méthode comportant les étapes suivantes :

- a) définition d'un ensemble de points de contrôle disposés sur la pièce mécanique à contrôler ;
- b) choix d'un capteur (15) adapté à la caractéristique à contrôler sur ladite pièce mécanique ;
- c) positionnement de ladite pièce mécanique sur ledit ensemble porte-pièce (14) de la machine de contrôle ;
- d) déplacement de l'ensemble porte-pièce (14) selon lesdits au moins quatre degrés de liberté de façon à positionner un point de contrôle en regard du capteur choisi (15);
- e) mesure au moyen dudit capteur (15) choisi, de la caractéristique à contrôler du point de contrôle positionné en regard de ce capteur ;
- f) mémorisation de la valeur des caractéristiques mesurées en lien avec une position du capteur lors de la mesure;

- g) reprise des étapes d à f pour les différents points de contrôle ; et
- h) traitement des mesures des caractéristiques en fonction dudit paramètre à contrôler.
11. Méthode de contrôle selon la revendication 10, caractérisée en ce que l'on positionne la pièce mécanique à contrôler de façon à ce qu'un axe de mesure (z) du capteur (15) choisi pour contrôler une caractéristique sur ladite pièce mécanique soit normal à un plan tangent au point de contrôle.
12. Méthode de contrôle selon la revendication 10, caractérisée en ce que le capteur (15) choisi est immobile pendant un cycle de contrôle d'une caractéristique de la pièce à contrôler.
13. Méthode de contrôle selon la revendication 11, caractérisée en ce que le capteur (15) choisi est mobile selon un seul axe de déplacement linéaire pendant un cycle de contrôle d'une caractéristique de la pièce à contrôler, cet axe de déplacement linéaire étant confondu avec l'axe de mesure du capteur (15).
14. Méthode de contrôle selon la revendication 10, caractérisée en ce que l'on mémorise au moins la position du capteur (15) choisi et la position de l'ensemble porte-pièce (14) par rapport à chaque degré de liberté.
15. Méthode de contrôle selon la revendication 10, caractérisée en ce que l'on utilise plusieurs capteurs pour contrôler plusieurs paramètres de la pièce à contrôler.

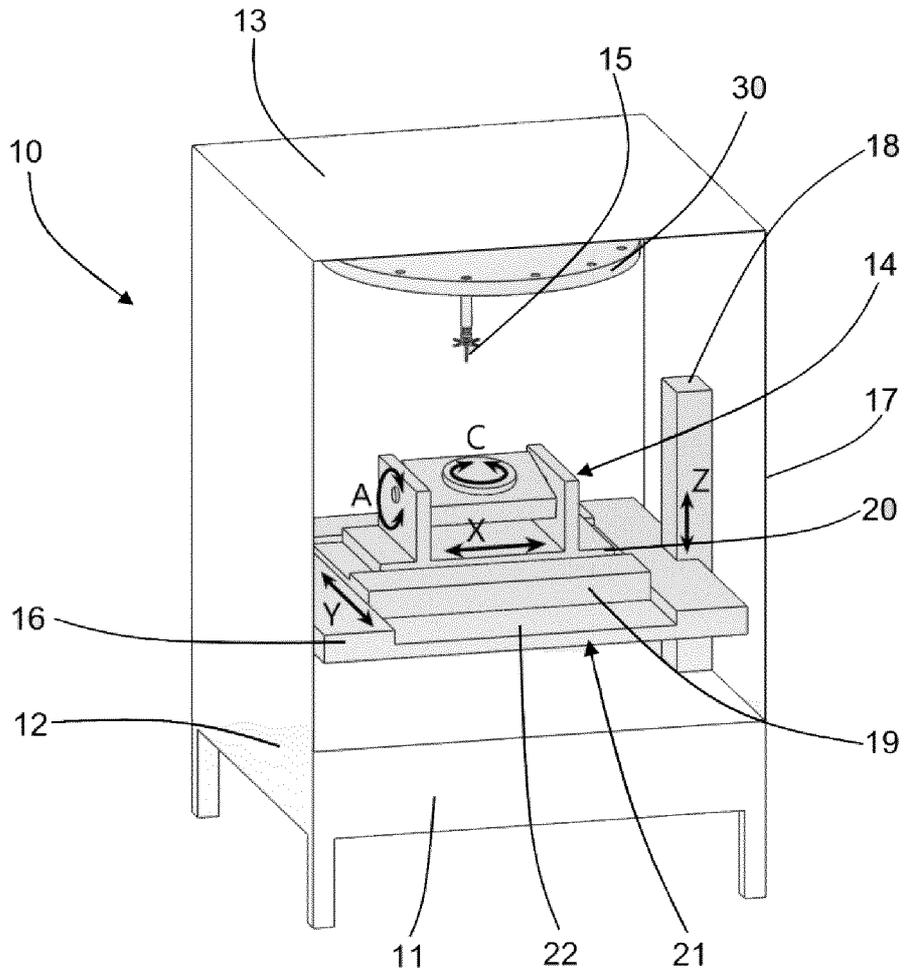


Fig. 1

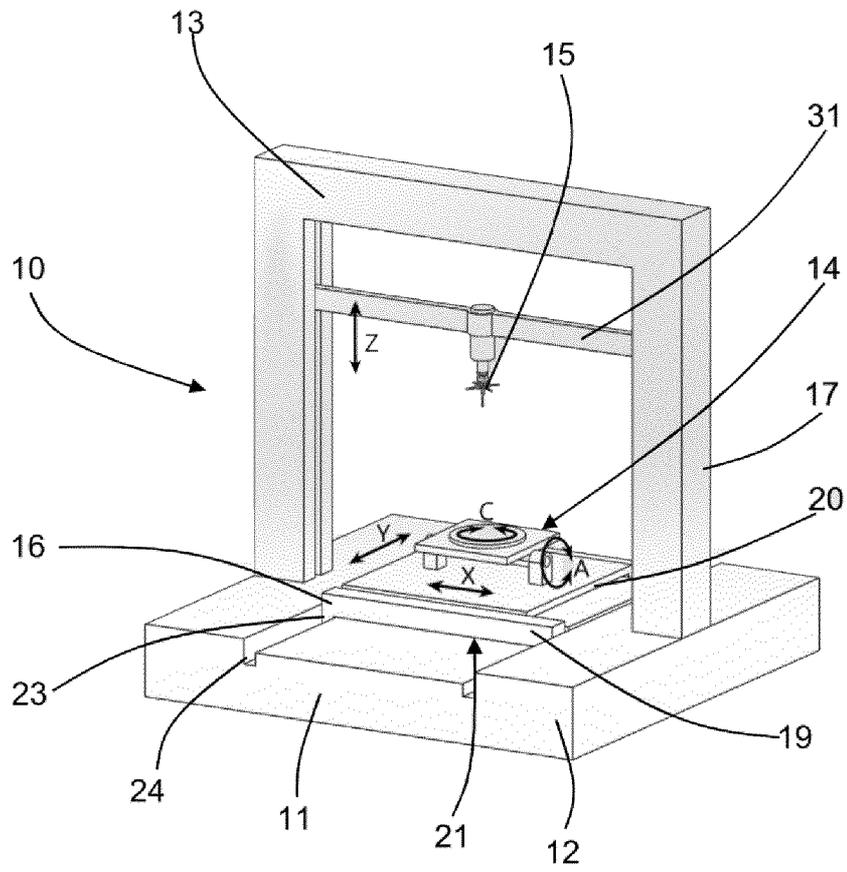


Fig. 2

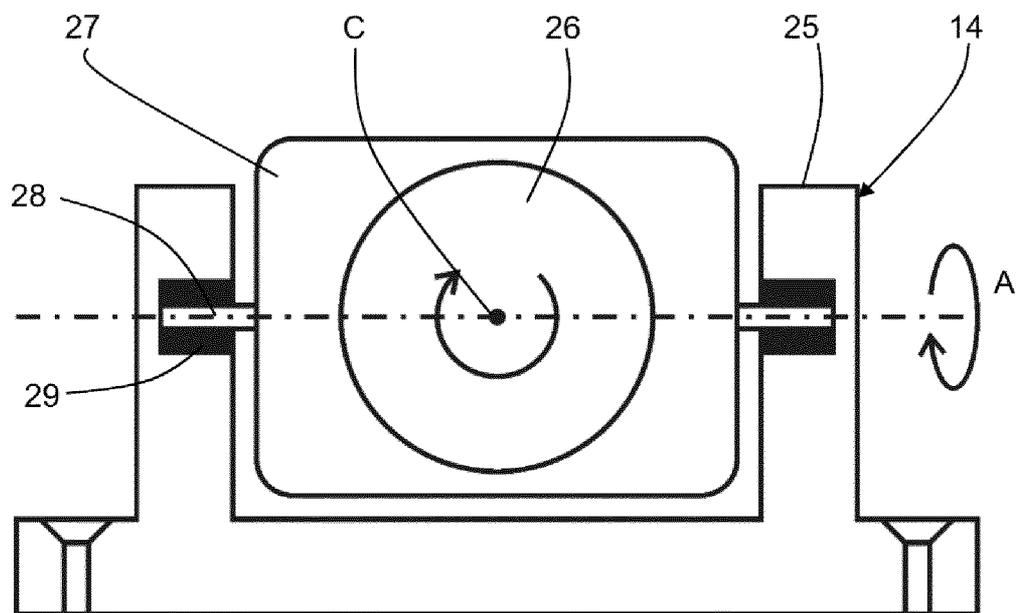


Fig. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2020/068041

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
G01B 5/00 (2006.01)i; G01B 5/008 (2006.01)i; G01B 11/00 (2006.01)i; G01B 21/04 (2006.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G01B		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2016136091 A (TOKYO SEIMITSU CO LTD) 28 July 2016 (2016-07-28) abstract paragraphs [0001], [0062] - [0090]; figures 1-4 paragraphs [0122] - [0137]	1,5-8,10,11,13,14 2
X A	RU 2461839 C1 (G OBRAZOVATEL NOE UCHREZHDIENIE VYSSHEGO PROFESSIONAL NOGO OBRAZOVANIJA) 20 September 2012 (2012-09-20) abstract paragraphs [0011] - [0024]; figure 1	1,3,4,10,12 2
X A	DE 102016214307 A1 (ZEISS CARL INDUSTRIELLE MESSTECHNIK GMBH [DE]) 08 February 2018 (2018-02-08) paragraphs [0053] - [0055], [0066] - [0078]; figures 1-3	1,5,9,10,13,15 2
A	DE 2538367 A1 (JOHANSSON AB C E) 11 March 1976 (1976-03-11) claims 1-3; figures 1-7	1-15
A	JP 2011145303 A (NIKON CORP) 28 July 2011 (2011-07-28) abstract	1-15
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search 14 September 2020		Date of mailing of the international search report 22 September 2020
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Burkart, Johannes Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2020/068041

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2003269952 A (CANON KK) 25 September 2003 (2003-09-25) abstract paragraphs [0005], [0022] - [0046]; figures 1, 2	1,3,4,6-8,10-12,14,15 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2020/068041

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
JP	2016136091	A	28 July 2016	JP	6355027	B2	11 July 2018
				JP	2016136091	A	28 July 2016
RU	2461839	C1	20 September 2012	-----			
DE	102016214307	A1	08 February 2018	NONE			
DE	2538367	A1	11 March 1976	DE	2538367	A1	11 March 1976
				SE	380897	B	17 November 1975
JP	2011145303	A	28 July 2011	NONE			
JP	2003269952	A	25 September 2003	NONE			

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2020/068041

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. G01B5/00 G01B5/008 G01B11/00 G01B21/04 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE		
Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) G01B		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	JP 2016 136091 A (TOKYO SEIMITSU CO LTD) 28 juillet 2016 (2016-07-28)	1,5-8, 10,11, 13,14
A	abrégé alinéas [0001], [0062] - [0090]; figures 1-4 alinéas [0122] - [0137]	2
X	RU 2 461 839 C1 (G OBRAZOVATEL NOE UCHREZHDENIE VYSSHEGO PROFESSIONAL NOGO OBRAZOVANIJA) 20 septembre 2012 (2012-09-20)	1,3,4, 10,12
A	abrégé alinéas [0011] - [0024]; figure 1	2
	----- -/--	
<input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents <input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités:		
"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée		"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 14 septembre 2020		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 22/09/2020
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Burkart, Johannes

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	DE 10 2016 214307 A1 (ZEISS CARL INDUSTRIELLE MESSTECHNIK GMBH [DE]) 8 février 2018 (2018-02-08)	1,5,9, 10,13,15
A	alinéas [0053] - [0055], [0066] - [0078]; figures 1-3	2
A	----- DE 25 38 367 A1 (JOHANSSON AB C E) 11 mars 1976 (1976-03-11) revendications 1-3; figures 1-7	1-15
A	----- JP 2011 145303 A (NIKON CORP) 28 juillet 2011 (2011-07-28) abrégé	1-15
X	----- JP 2003 269952 A (CANON KK) 25 septembre 2003 (2003-09-25)	1,3,4, 6-8, 10-12, 14,15
A	abrégé alinéas [0005], [0022] - [0046]; figures 1, 2 -----	2

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2020/068041

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
JP 2016136091 A	28-07-2016	JP 6355027 B2 JP 2016136091 A	11-07-2018 28-07-2016
RU 2461839 C1	20-09-2012	-----	-----
DE 102016214307 A1	08-02-2018	AUCUN	
DE 2538367 A1	11-03-1976	DE 2538367 A1 SE 380897 B	11-03-1976 17-11-1975
JP 2011145303 A	28-07-2011	AUCUN	
JP 2003269952 A	25-09-2003	AUCUN	