

DESCRIPTION**Titre de l'invention : DISPOSITIF DE CAUTIONNEMENT
D'ASSEMBLAGES VISSÉS ET PROCÉDE METTANT EN ŒUVRE LE
DISPOSITIF**

[0001] L'invention concerne un dispositif de cautionnement d'assemblages vissés et un procédé mettant en œuvre le dispositif. Dans de nombreux équipements, différentes pièces mécaniques sont assemblées et le maintien en position des assemblages est souvent assuré au moyen de vis. La formalisation de la bonne exécution des opérations d'assemblage fait partie des exigences imposées, notamment dans les domaines aéronautique et militaire.

[0002] Pour les fabrications d'équipements à l'unité ou en petites séries, les assemblages sont réalisés manuellement par des opérateurs. Il est d'usage de réaliser un cautionnement des assemblages vissés, en disposant sur chaque élément d'assemblage, vis ou écrou, une marque de couleur après vérification de la bonne mise en place de l'élément considéré. Cette marque de couleur est généralement réalisée au moyen d'un vernis coloré. La marque de couleur est déposée par un opérateur dédié au contrôle ou par l'opérateur lui-même lorsqu'il est formé à l'autocontrôle. En pratique, ce type de cautionnement ne peut pas être réalisé pour tous les assemblages. Il n'est notamment pas acceptable de disposer ce type de marque de couleur sur des faces avant d'équipement, par exemple sur une planche de bord d'un aéronef. De plus, l'opération de dépose d'une marque de couleur nécessite du temps d'application et de séchage. Cette opération est source d'erreur humaine supplémentaire.

[0003] De façon plus générale, le cautionnement réalisé par un opérateur, qu'il s'agisse de l'opérateur ayant réalisé l'assemblage ou d'un contrôleur dédié, permet d'avoir un engagement moral de l'opérateur mais n'offre pas réellement de garantie que l'opération d'assemblage a été réalisée correctement. Pour démontrer que l'opération d'assemblage vissé a été correctement réalisée, il est nécessaire de démonter l'assemblage.

[0004] L'invention vise à pallier tout ou partie des problèmes cités plus haut en proposant des moyens de s'assurer qu'un assemblage vissé réalisé par un opérateur

est correctement effectué. De façon plus précise, l'invention permet de s'assurer qu'un élément d'assemblage fileté est correctement mise en place. En outre, l'invention permet de s'assurer du choix correct de l'élément dans l'assemblage vissé.

[0005] A cet effet, l'invention a pour objet un dispositif de réalisation et de cautionnement d'assemblages vissés comprenant une visseuse destinée à être manœuvrée par un opérateur, et un équipement informatique relié à la visseuse, la visseuse étant équipée de capteurs de mesure délivrant des informations représentatives du couple opéré par la visseuse et d'un angle de rotation opéré par la visseuse, l'équipement informatique disposant dans une mémoire, des données de références relatives à un assemblage vissé à réaliser, l'équipement informatique étant configuré pour comparer des informations représentatives d'angle et de couple mesurés durant l'assemblage avec les données de références, et pour informer de la conformité des mesures d'angle et de couple par rapport aux données de références, les données de référence contenant un couple d'accostage associé à un angle d'accostage de plusieurs tours associé à une tolérance, le couple d'accostage et l'angle d'accostage correspondant à la fin d'une phase de l'assemblage dite phase d'approche et un couple de serrage associé à un angle de serrage, le couple d'accostage étant inférieur au couple de serrage de l'assemblage vissé.

[0006] Avantageusement, les données de référence contiennent un couple minimum utilisé pour démarrer la mesure d'angle de la phase d'approche, le couple minimum étant inférieur au couple d'accostage..

[0007] Le dispositif comprend avantageusement en outre un premier détecteur de présence relié à l'équipement informatique et disposé à proximité d'un ensemble de casiers contenant différents éléments d'assemblage filetés, le premier détecteur de présence étant configuré pour détecter le casier dans lequel l'opérateur choisit un des éléments d'assemblage filetés pour réaliser l'assemblage, l'équipement informatique étant configuré pour comparer le casier dans lequel l'opérateur a choisi l'élément d'assemblage fileté avec un casier prédéfini dans la mémoire et pour informer de la conformité du choix de l'opérateur.

[0008] Le dispositif comprend avantageusement en outre un second détecteur de présence relié à l'équipement informatique et disposé à proximité d'un espace réservé à la réalisation d'assemblages vissés et configuré pour détecter le

positionnement d'un élément d'assemblage fileté dans un assemblage vissé en cours de réalisation, l'équipement informatique étant configuré pour comparer un positionnement réalisé par l'opérateur avec un positionnement prédéfini dans la mémoire et pour informer de la conformité du positionnement réalisé.

[0009] Le dispositif peut être adapté à la réalisation d'un assemblage mettant en œuvre plusieurs éléments d'assemblage filetés, les données de référence contiennent alors avantageusement un ordre dans lequel les éléments d'assemblage filetés doivent être montés, le second détecteur de présence et l'équipement informatique étant configurés pour détecter un ordre dans lequel les éléments d'assemblage filetés sont montés par l'opérateur, pour comparer l'ordre exécuté par l'opérateur à l'ordre prédéfini dans les données de référence et pour informer de la conformité de l'ordre exécuté par l'opérateur.

[0010] Les données de référence contiennent avantageusement plusieurs ordres acceptables pour le montage des éléments d'assemblage filetés d'un même assemblage, l'équipement informatique étant alors configuré pour informer de la conformité si l'ordre exécuté par l'opérateur correspond à l'un des ordres acceptables prédéfinis par les données de référence.

[0011] L'invention a également pour objet un procédé de de réalisation et de cautionnement d'assemblages vissés mettant en œuvre un dispositif comprenant une visseuse destinée à être manœuvrée par un opérateur, et un équipement informatique relié à la visseuse, la visseuse étant équipée de capteurs de mesure délivrant des informations représentatives du couple opéré par la visseuse et d'un angle de rotation opéré par la visseuse, l'équipement informatique disposant dans une mémoire, des données de références relatives à un assemblage vissé à réaliser, le procédé consistant à :

- mesurer un angle d'accostage tant que le couple mesuré est inférieur ou égal à un couple d'accostage,
- comparer l'angle d'accostage mesuré à un angle d'accostage de référence de plusieurs tours associé à une tolérance et contenu dans la mémoire en tant que donnée de référence,
- informer de la conformité de l'angle d'accostage mesuré à l'angle d'accostage de référence,

- puis mesurer un angle de serrage tant que le couple mesuré est inférieur ou égal à un couple de serrage,
- comparer l'angle de serrage mesuré à un angle de serrage de référence associé à une tolérance et contenu dans la mémoire en tant que donnée de référence,
- informer de la conformité de l'angle de serrage mesuré à l'angle de serrage de référence,

le couple d'accostage étant inférieur ou égal au couple de serrage de l'assemblage vissé.

[0012] Avantageusement, le procédé consiste à démarrer la mesure d'angle d'accostage lorsque le couple mesuré dépasse un couple minimum inférieur au couple d'accostage.

[0013] Le dispositif peut comprendre en outre un premier détecteur de présence relié à l'équipement informatique et disposé à proximité d'un ensemble de casiers contenant différents éléments d'assemblage filetés, le procédé consistant alors à :

- détecter le casier dans lequel l'opérateur choisit un des éléments d'assemblage filetés pour réaliser l'assemblage,
- comparer le casier dans lequel l'opérateur a choisi l'élément d'assemblage fileté avec un casier prédéfini dans la mémoire (40) et,
- informer de la conformité du choix de l'opérateur.

[0014] Le dispositif peut comprendre en outre un second détecteur de présence relié à l'équipement informatique et disposé à proximité d'un espace réservé à la réalisation d'assemblages vissés et configuré pour détecter le positionnement d'un élément d'assemblage fileté dans un assemblage vissé en cours de réalisation, le procédé consistant alors à :

- comparer un positionnement réalisé par l'opérateur avec un positionnement prédéfini dans la mémoire (40) et,
- informer de la conformité du positionnement réalisé.

[0015] L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages apparaîtront à la lecture de la description détaillée d'un mode de réalisation donné à titre d'exemple, description illustrée par le dessin joint dans lequel :

[0016] la figure 1 représente un exemple de dispositif de cautionnement conforme à l'invention ;

[0017] la figure 2 représente un exemple d'une mesure de couple opérée par une visseuse d'un dispositif conforme à l'invention en fonction de l'angle de rotation de la visseuse lors du montage d'une vis ;

[0018] la figure 3 représente un exemple de configuration d'un dispositif conforme à l'invention permettant de vérifier la conformité d'une opération de vissage réalisé par la visseuse visible sur la figure 2 ;

[0019] la figure 4 représente un enchaînement d'opérations lors d'une phase d'assemblage de pièces mécaniques ;

[0020] les figures 5a et 5b représentent deux exemples d'ordre souhaitable pour deux assemblages vissés.

[0021] Par souci de clarté, les mêmes éléments porteront les mêmes repères dans les différentes figures.

[0022] La figure 1 représente deux pièces mécaniques 10 et 12 destinées à être assemblées au moyen de plusieurs vis. Il est bien entendu que l'invention peut également être mise en œuvre pour tout autre composant d'assemblage fileté, tel qu'un écrou, un goujon... Par la suite, la description sera faite en rapport à la mise en œuvre de vis. Il sera aisé d'appliquer l'invention à d'autres composants d'assemblage filetés. Sur la figure 1, l'assemblage des deux pièces 10 et 12 est en cours de réalisation. Une vis 14 est déjà en place et une autre vis 16 est en cours de montage. Des perçages 18 réalisés dans la pièce 12 et des taraudages correspondants sont réalisés dans la pièce 10. Sur la figure 1, les taraudages ne sont pas visibles car cachés par la pièce 12 qui les recouvre. Les vis 14 et 16, traversent librement les perçages 18 pour s'insérer dans les taraudages de la pièce 10. L'assemblage est réalisé par un opérateur. Plus précisément, l'opérateur pose la

pièce 12 sur la pièce 10 en faisant correspondre les perçages 18 et les taraudages puis insère les vis dans les perçages et enfin procède au vissage des vis.

[0023] La figure 1 représente également un dispositif 20 de réalisation et de cautionnement d'assemblages vissés. Le dispositif 20 comprend une visseuse 22 destinée à être manœuvrée par l'opérateur et un équipement informatique 24 relié à la visseuse 22. La liaison de la visseuse 22 et de l'équipement informatique 24 peut être réalisée par différents moyens, par exemple filaires. La liaison peut également être réalisée sans fil, par exemple au moyen d'une liaison radio à courte distance afin d'améliorer la liberté de mouvement de la visseuse 22 par rapport à l'équipement informatique 24. La visseuse 22 peut avoir une alimentation autonome par exemple réalisée au moyen d'une batterie embarquée. La visseuse 22 est équipée d'un embout 26 configuré pour faire tourner la vis 16. La visseuse 22 peut être mue par toute source d'énergie, par exemple électrique ou pneumatique permettant d'entraîner la rotation de l'embout 26 pour assurer le vissage.

[0024] La visseuse 22 est équipée de capteurs délivrant des informations représentatives du couple opéré par la visseuse 22 et d'un angle de rotation de celle-ci. Les deux informations relatives au couple et à l'angle peuvent être mesurées de façon indépendante. Un capteur d'angle 28 peut mesurer la rotation de l'embout 26 lors du montage de la vis 16. Pour réaliser le montage de la vis 16 l'opérateur insère l'embout 26 sur la tête de la vis 16 puis manœuvre un interrupteur de la visseuse 22 jusqu'au serrage de la vis 16. La rotation de l'embout 26 peut être mesurée par le capteur 28 tant que l'opérateur maintient l'interrupteur en position où la visseuse 22 entraîne l'embout 26. Un capteur de couple 30 mesure le couple opéré par l'embout 26 sur la vis 16. La mesure de couple est comparée à un couple de consigne mémorisé dans l'équipement informatique 24 et permet notamment de vérifier l'atteinte d'un couple de serrage requis. Ce couple est généralement atteint en fin d'opération de vissage au moment du serrage de la vis 16. Pour une visseuse 22 électrique, le couple est proportionnel au courant consommé par un moteur entraînant l'embout 26. La mesure du courant permet donc de retrouver le couple opéré par la visseuse. Alternativement à une mesure de courant, le couple peut être mesuré par d'autres types de capteurs. Il en est de même pour le capteur d'angle. Il est possible de retrouver la position angulaire de l'embout 26 par rapport au corps de la visseuse 22 par exemple au moyen d'un codeur optique ou au moyen de mesures

de courant permettant de retrouver la position du rotor par rapport au stator du moteur électrique entraînant l'embout 26. Par la suite, on utilisera les termes capteur de couple et capteur d'angle respectivement tout type de capteur permettant de délivrer une information représentative du couple opéré par la visseuse et de la position angulaire de l'embout 26 par rapport au corps de la visseuse 22.

[0025] Alternativement, les mesures de couple et d'angle peuvent être combinées. Plus précisément, les mesures sont réalisées en mesurant conjointement le couple opéré pour différentes valeurs d'angles, depuis le début de la manœuvre de l'interrupteur de la visseuse 22 par l'opérateur jusqu'au moment où l'opérateur relâche l'interrupteur après serrage de la vis 16. Les mesures d'angles et de couples peuvent être réalisées en continu ou par échantillonnage. Les mesures combinées permettent de définir une courbe d'évolution du couple en fonction l'angle parcouru par l'embout 26 lors de l'entraînement de la vis 16.

[0026] Pour s'assurer que l'embout 26 entraîne correctement la vis 16, il est possible de disposer dans l'embout 26 un capteur de contact 32 permettant de s'assurer de la mise en place de l'embout 26 par rapport à la vis 16.

[0027] L'équipement informatique 24 reçoit, par l'intermédiaire de sa liaison à la visseuse 22, des informations issues des différents capteurs et notamment des capteurs de couple et d'angle. L'équipement informatique 24 dispose, dans une mémoire, de données de références, notamment relatives au montage de la vis 16 et bien entendu relative au montage de toutes les vis assurant l'assemblage des pièces mécaniques 10 et 12. L'équipement informatique 24 est configuré pour comparer les mesures d'angles et de couples réalisées par les capteurs 28 et 30 durant l'assemblage avec les données de références. L'équipement informatique 24 est également configuré pour informer de la conformité des mesures par rapport aux données de références. Cette conformité représente le cautionnement du montage de la vis 16. En cas de non-conformité, l'équipement informatique 24 peut émettre immédiatement une alarme prévenant l'opérateur de la non-conformité afin de lui permettre d'y remédier sans délai et avant de passer au montage d'une autre vis. Lorsque toutes les vis de l'assemblage des pièces 10 et 12 sont montées, l'équipement informatique 24 peut délivrer un rapport de conformité de l'assemblage.

[0028] La figure 2 représente un exemple d'une courbe de couple opéré par la visseuse 22 en fonction de son angle de rotation lors de l'opération de vissage de la vis 16. L'évolution du couple C en fonction de l'angle α est représentée par une courbe 36 obtenue lorsque les mesures de couple et d'angle sont combinées. La valeur d'origine de l'angle α peut être définie par l'opérateur lorsqu'il déclenche la rotation de la visseuse 22 ou encore lorsque le capteur de contact 32 détecte la présence de la vis 16. L'opération de vissage peut être découpée en plusieurs phases. En début de rotation de la visseuse 22, la visseuse accélère puis sa vitesse et son couple se stabilisent jusqu'à atteindre un couple C_1 pour un angle α_1 . Durant cette première phase, la vis 16 n'est pas encore insérée dans les filets du taraudage. A l'issue de cette phase initiale, la vis 16 pénètre dans le taraudage et y effectue plusieurs tours dans une phase dite d'approche sans que le serrage soit effectif. La phase d'approche se termine à l'angle α_2 lorsque la tête de la vis 16 vient au contact de la pièce 12 éventuellement par l'intermédiaire d'une rondelle. De façon plus générale, la phase d'approche se termine lorsque toutes les pièces mécaniques, y compris la vis, sont au contact avant que le serrage de l'assemblage ne soit effectif. La phase d'approche peut être de l'ordre d'une dizaine de tours qui correspondent à la longueur de filetage en prise dans le taraudage correspondant. Cette longueur est souvent choisie entre 1 et 3 fois le diamètre nominal de la vis considérée. Entre la phase initiale et la phase d'approche, le couple exercé par la visseuse 22 peut augmenter légèrement de façon transitoire en passant par un maximum CM_1 . Il s'agit d'un couple parasite dû à l'alignement de la vis 16 avec l'axe du taraudage. Le couple CM_1 est parfois appelé couple de redressement. Durant la phase d'approche, le couple est sensiblement constant et prend une valeur C_2 sur la courbe de la figure 2. Durant la phase d'approche, le couple peut aussi être légèrement croissant du fait des frottements entre la vis et son taraudage, les frottements augmentant avec le nombre de filets en prise entre la vis et le taraudage. Durant la phase d'approche la visseuse 22 peut être asservie pour conserver une vitesse constante. La fin de la phase d'approche est également appelée : « accostage ». L'accostage peut être détecté par une augmentation de couple exercé par la visseuse apparaissant sur la figure 2 comme un maximum CM_2 . Lors de l'accostage, les différentes pièces mécaniques formant l'assemblage viennent se plaquer les unes contre les autres. La valeur du couple exercé par la visseuse à l'accostage doit être suffisante pour écraser d'éventuelles rondelles élastiques présentes dans l'assemblage et pour

plaquer les pièces mécaniques en présence même en cas de défaut de planéité à l'intérieur de tolérances acceptables. A la fin de la phase d'approche, il est possible d'arrêter la visseuse, notamment pour changer de mode d'asservissement. Pour ce faire, la valeur du couple exercé par la visseuse à l'accostage ne doit pas être trop élevée pour permettre le redémarrage de la visseuse après la phase d'approche. Typiquement, la valeur du couple d'accostage CM2 peut être de l'ordre de 40% du couple de serrage. Cette valeur est bien entendu à adapter en fonction du type de visseuse mise en œuvre et des différentes pièces mécaniques présentes dans l'assemblage.

[0029] A l'issue de la phase d'approche, débute une phase de serrage permettant à la vis d'atteindre l'angle α_3 correspondant au couple de serrage C3. Durant la phase de serrage, l'asservissement de la visseuse peut être réalisé au couple C3, par exemple pour une visseuse électrique en asservissant le courant qu'elle consomme. Entre la phase d'approche et la phase de serrage, le changement d'asservissement peut entraîner un arrêt de l'entraînement de la visseuse et une chute du couple visible sur la figure 2 juste après l'angle α_2 . Durant la phase de serrage le couple augmente pendant le redémarrage de la visseuse 22 jusqu'à atteindre le couple de serrage C3. Sur la figure 2, l'échelle des angles n'est pas respectée. En pratique la rotation de la visseuse 22 entre les angles α_1 et α_2 peut être de plusieurs tours, voire une dizaine de tours. La rotation de la visseuse 22 entre les angles α_2 et α_3 peut être inférieure à un quart de tour.

[0030] La figure 3 représente la configuration de l'équipement informatique 24 permettant de vérifier la conformité du montage de la vis 16. Lors de l'opération de vissage, l'équipement informatique 24 reçoit des informations représentatives d'angles et de couples provenant des capteurs, respectivement 28 et 30. L'équipement informatique 24 comprend une mémoire 40 contenant des données de références relatives à l'opération de vissage. Plus précisément, les données de références contiennent des valeurs de couple et d'angle attendus pour le montage de la vis 16. Les données de références peuvent contenir des plages de valeurs. Par exemple, pour le couple C3, une plage de valeur de +/- 10% peut être acceptable. L'ensemble de ces plages forment des tolérances à l'intérieur desquelles l'opération de vissage est considérée comme correctement effectuée. Ces tolérances sont définies en fonction de plusieurs paramètres dont les tolérances dimensionnelles et

les tolérances de forme et de position des pièces 10 et 12, les tolérances de la vis 16 ainsi que les tolérances sur les coefficients de frottement entre la vis 16 et le taraudage. L'équipement informatique 24 comprend un comparateur 42 configuré pour comparer les mesures issues des capteurs 28 et 30 aux données de références. Le résultat de la comparaison peut prendre deux formes 44 et 46, soit les valeurs mesurées sont à l'intérieur des tolérances prescrites, l'opération de vissage est considérée comme conforme et le cautionnement numérique 44 est validé, soit les valeurs mesurées sont à l'extérieur des tolérances prescrites, l'opération de vissage est considérée comme non conforme et une alerte 46 est émise. Cette alerte informe l'opérateur de la non-conformité. Une non-conformité peut avoir plusieurs causes comme notamment un défaut de fabrication d'une des pièces 10 ou 12 ou même de la vis 16. Une autre cause peut être la mise en place d'une mauvaise vis. L'alerte 46 invite avantageusement l'opérateur à revoir l'assemblage, notamment en réalisant à nouveau les opérations de mise en place de la vis et de vissage.

[0031] Comme évoqué plus haut, les mesures de couple et d'angle peuvent être mesurées de façon indépendante ou de façon combinée afin de former la courbe de la figure 2, au moins par échantillonnage. Lorsque les mesures sont réalisées de façon indépendante, il est par exemple possible de s'intéresser au couple de serrage C3 et à l'angle correspondant α_3 . Ces deux mesures sont obtenues en fin d'opération de vissage. Lorsque les mesures sont réalisées de façon combinée, il est possible de comparer la courbe formée par l'ensemble des mesures réalisées à un gabarit contenu dans les données de référence. Il est ainsi possible de discriminer plus finement la cause d'une non-conformité. Par exemple une valeur trop faible de l'angle α_2 peut informer sur une vis trop courte ne présentant un nombre suffisant de filets en prise dans le taraudage correspondant de la pièce 10. A l'inverse, une valeur trop élevée de l'angle α_2 permet d'alerter sur la mise en œuvre d'une vis trop longue. Une valeur trop importante du couple C2 peut informer sur une vis mal engagée dans son taraudage et risquant d'entraîner une détérioration du taraudage. De façon plus générale, un coefficient de frottement trop élevé entre la vis et le taraudage entraînant une valeur de couple C2 trop important entrainera des valeurs d'angles α_2 et α_3 trop faibles. Autrement dit la vérification de la conformité de la phase d'approche, permet de parer un grand nombre de défaut dans les différentes pièces mécaniques de l'assemblage vissé.

[0032] La vérification de la conformité de la phase d'approche peut être réalisée par la mesure de l'angle α_2 lorsque le couple d'accostage C2 est atteint. Autrement dit, on mesure le déplacement angulaire opéré par la visseuse 22 depuis sa mise en route et tant que le couple mesuré reste inférieur à une valeur prédéterminée, par exemple égale à 40% du couple de serrage C3 requis. Cette valeur prédéterminée représente la valeur C2 représentée sur la figure 2. La valeur prédéterminée peut être définie de façon empirique après plusieurs essais, notamment pour tenir compte de dispersions dans la valeur du couple C2. La valeur prédéterminée est supérieure aux valeurs mesurées lors des essais tout en restant bien inférieure au couple de serrage requis C3. Le déplacement angulaire de la visseuse, tant que le couple mesuré reste inférieur ou égal à C2, doit respecter une valeur d'angle prédéterminée à laquelle on accorde une tolérance. Cette tolérance peut être fonction des erreurs que l'on souhaite pouvoir détecter dans le choix des pièces de l'assemblage, y compris dans le choix de la vis. Par exemple, selon la normalisation métrique ISO, on trouve des vis normalisées de diamètre M3 de longueur de 6, 8 et 10mm. Le pas de ces vis est de 0,5mm. Une erreur de vis, par exemple une vis de longueur 6mm au lieu de 8mm, conduit à un écart de 4 tours dans la rotation de la visseuse. Si le déplacement angulaire opéré par la visseuse est dans une tolérance de $\pm 720^\circ$, soit ± 2 tours autour d'une valeur attendue, on est certain que la vis a été correctement choisie. Il est possible prévoir la présence d'une rondelle dans l'assemblage. La mesure du déplacement angulaire opéré par la visseuse lors de la phase d'approche permet de vérifier si la rondelle est présente ou absente. Une rondelle absente entraînera un angle α_2 trop important. Ici encore une tolérance sur la valeur de l'angle mesuré par rapport à la valeur attendue permet de s'assurer que la rondelle est présente ou absente. La tolérance retenue est fonction de l'épaisseur de la rondelle.

[0033] D'autres défauts peuvent être détectés par l'absence de conformité de la phase d'approche. Par exemple, un taraudage trop court accueillant la vis peut être détecté par une atteinte du couple C2 avec un angle α_2 trop faible. En effet, le bout de la vis atteindra le fond du taraudage avant l'accostage des différentes pièces de l'assemblage et induira une augmentation de couple prématurée.

[0034] Le début de la phase d'approche peut être défini lorsque la visseuse 22 est mise en rotation après que la vis ait été posée à l'entrée du taraudage destiné à

accueillir la vis. Autrement on peut ignorer la phase initiale. La tolérance affectée à l'angle α_2 peut tenir compte d'une rotation possible de la vis avant qu'elle ne soit en prise dans le taraudage. Cette rotation de la vis est généralement inférieure à un tour et peut donc être incluse dans l'exemple de tolérance évoqué plus haut qui est de +/- 2 tours. Alternativement, il est également possible de tenir compte de la phase initiale et de ne démarrer la mesure du déplacement angulaire de la phase d'approche qu'à l'issue de la phase initiale, c'est-à-dire de mesurer la différence entre les angles α_2 et α_1 représentés sur la figure 2. L'angle α_1 peut être détecté par une légère décroissance de couple entre les couples CM1 et C2. Cette décroissance peut être difficile à détecter et peut même parfois être absente. Alternativement, il est possible de définir de façon plus approximative la fin de la phase initiale en fixant un couple minimum au-delà duquel on considère que le premier filet de la vis est en prise dans le taraudage. Cela permet notamment d'éviter de prendre en compte une rotation de la visseuse avant que la vis ne vienne au contact de l'entrée du taraudage, rotation due à un démarrage prématuré de la visseuse réalisé par l'opérateur. On peut par exemple définir un couple minimum égal à 10% du couple de serrage. Autrement dit, la mesure du déplacement angulaire de la visseuse lors de la phase d'approche est réalisée tant que le couple mesuré est compris entre 10% et 40% du couple de serrage requis. Les valeurs minimale et maximale de couple entre lesquelles le déplacement angulaire de la visseuse est pris en compte lors de la phase d'approche peuvent être définies de façon empirique après plusieurs essais.

[0035] On a vu précédemment que la tolérance sur le déplacement angulaire de la visseuse lors de la phase d'approche pouvait être adaptée en fonction de la présence de pièces annexes comme des rondelles. Il est également possible de permettre à un opérateur de recalibrer cette tolérance suite à des mesures de déplacement angulaire hors tolérance. En effet, en cas de détection de défaut, il est possible de prévoir une procédure que l'opérateur doit suivre. Il est notamment possible de lui demander de contrôler plus spécifiquement la présence et les dimensions de chaque pièce de l'assemblage. Il se peut qu'en changeant de lot dans l'approvisionnement de l'une des pièces de l'assemblage, certaines disparités, comme par exemple la présence d'un chanfrein d'entrée du taraudage plus important que dans un lot précédent, entraîne une non-conformité apparente de la phase

d'approche. En modifiant légèrement les bornes de la tolérance sur le déplacement angulaire acceptable lors de la phase d'approche, il est possible d'éviter une non-conformité apparente dans un assemblage en pratique conforme.

[0036] La figure 3 représente les éléments de l'équipement informatique nécessaires à vérifier la conformité d'une opération de vissage. Cette opération de vissage intervient au cours d'une phase d'assemblage des pièces 10 et 12, phase qui est décrite plus généralement à l'aide de la figure 4. Plus précisément, la phase d'assemblage débute par une opération 50 de positionnement des pièces mécaniques 10 et 12 entre elles. Ensuite, l'opérateur choisit une première vis, par exemple la vis 14 permettant de fixer les pièces 10 et 12 entre elles lors d'une opération 52 de choix. Puis, l'opérateur exécute une opération 54 de mise en place de la vis 14 dans le perçage 18 destiné à la recevoir. A l'issue de l'opération 54, l'opérateur exécute l'opération 56 de vissage à l'aide de la visseuse 22 telle décrite précédemment. Après l'opération 56 de vissage de la vis 14, l'opérateur réitère l'enchaînement des opérations 52, 54 et 56 pour d'autres vis, et notamment la vis 16. Cet enchaînement est exécuté pour toutes les vis nécessaires à l'assemblage des pièces 10 et 12.

[0037] L'opération 52 de choix de la vis peut être source d'erreur entraînant la non-conformité de l'assemblage. Avantageusement, le dispositif de l'invention permet de limiter cette source d'erreur. Différentes vis peuvent être rangées dans un ensemble de casiers 60 prévu à cet effet. Il est possible de guider l'opérateur dans son choix, en lui indiquant, par exemple par un éclairage approprié 62, le casier dans lequel il doit prendre une vis. Cette indication lumineuse ne permet pas de vérifier que l'opérateur a bien pris la vis qui lui était indiquée. Pour améliorer le cautionnement tel que décrit plus haut et basé sur des mesures d'angle et de couple, il est possible de s'assurer du choix correct au moyen d'un détecteur de présence 64 de la main de l'opérateur dans le casier désigné. Le détecteur 64 peut être un détecteur optique disposé en regard de l'ensemble de casiers 60. Le détecteur optique peut également être basé sur la coupure d'un faisceau lumineux lorsque la main pénètre dans le bon casier et alerter si la main pénètre dans un mauvais casier. Alternativement, le détecteur de présence 64 peut être basé sur d'autres principes physiques, comme par exemple la détection d'un micro courant électrique circulant dans la main de l'opérateur en reliant le casier à la terre. Le détecteur de présence

64 est relié à l'équipement informatique 24 pour lui transmettre une information relative au choix réalisé par l'opérateur. Le cautionnement 44 est alors validé lorsque le choix de l'opérateur est correct et lorsque les mesures issues des capteurs 28 et 30 sont conformes aux données de référence attendues.

[0038] De la même façon il est possible de vérifier que la vis sélectionnée par l'opérateur est mise en place au bon emplacement au moyen d'un détecteur de présence 66 disposé à proximité d'un espace réservé à la réalisation de l'assemblage. Le détecteur de présence 66 est également relié à l'équipement informatique 24 pour lui transmettre une information relative à l'insertion de la vis dans le bon perçage de la pièce 12. Le cautionnement 44 est alors validé lorsque la vis choisie par l'opérateur est disposée au bon emplacement et lorsque les mesures issues des capteurs 28 et 30 sont conformes aux données de référence attendues. Cette condition supplémentaire de cautionnement vient avantageusement en complément de celle relative au choix correct de la vis par l'opérateur.

[0039] Afin d'initialiser correctement la phase d'assemblage des pièces 10 et 12 pour l'équipement informatique 24, il est possible de prévoir une saisie de données réalisée par l'opérateur et permettant d'identifier la phase d'assemblage qu'il va réaliser. Cette saisie de données peut se faire au moyen d'un clavier de l'équipement informatique 24 ou d'un lecteur 68 externe relié à l'équipement informatique 24. Le lecteur peut par exemple être un lecteur de code barre permettant de lire une étiquette apposée sur chacune des pièces 10 et 12 ou sur des documents les accompagnant. Il est ainsi aisé d'associer des données de référence à la phase d'assemblage en cours puis d'associer, le cas échéant, le cautionnement à la phase d'assemblage réalisée.

[0040] Le dispositif 20 peut également permettre d'aider l'opérateur et de cautionner l'ordre de montage de plusieurs vis d'un assemblage. L'ordre peut présenter un intérêt lorsque plusieurs vis assurent la fixation des pièces mécaniques de l'assemblage. Un mauvais ordre dans lequel les vis sont montées peut entraîner une déformation des pièces mécaniques. par exemple, lorsque les pièces mécaniques forment un canal dans lequel un fluide est destiné à transiter, par exemple lors de l'assemblage de deux brides formant chacune l'extrémité d'un tube, un mauvais ordre de montage des vis peut entraîner des fuites au niveau de la surface de contact entre les brides même en présence de joint d'étanchéité. A partir des pièces

mécaniques fixées, une fois toutes les vis serrées, il est impossible de vérifier qu'un ordre précis a été correctement suivi par l'opérateur. Une preuve d'ordre pourrait consister en un enregistrement vidéo du montage de toutes les vis de l'assemblage. Cependant une telle vidéo demande une durée importante de contrôle. Il est nécessaire de rejouer la scène de façon complète pour vérifier que les vis ont été montées dans le bon ordre. L'invention permet de réaliser un cautionnement de l'assemblage à la fin du montage des différentes vis. Une alerte peut être émise soit en fin d'assemblage soit directement dès le positionnement d'une vis à un emplacement erroné afin que l'opérateur puisse corriger l'emplacement immédiatement. A cet effet, le détecteur de présence 66 peut être mis en œuvre pour situer les différentes vis montées et pour transmettre cette information à l'équipement informatique 24. Qui à son tour compare l'ordre dans lequel l'opérateur a monté les différentes vis à un ordre prédéfini. Comme indiqué précédemment un écart entre l'ordre effectué par l'opérateur et l'ordre prédéfini entraîne une alerte émise par l'équipement informatique 24. Au contraire, en l'absence d'écart, le cautionnement numérique est prononcé.

[0041] Les figures 5a et 5b représentent deux exemples d'ordre souhaitable pour deux assemblages vissés. La figure 5a représente un assemblage où, dans un plan sécant des axes des vis, les positions des vis forment un rectangle. La figure 5b représente un assemblage où les positions des vis forment un cercle. Il est bien entendu qu'une assistance à l'opérateur et qu'un cautionnement au moyen d'un dispositif selon l'invention peut être réalisé pour toute forme sur lesquelles la position des vis s'inscrit. Dans chacun des exemples un ordre de montage correct est précisé : de 1 à 10 sur la figure 5a et de 1 à 8 sur la figure 5b.

[0042] Sur la figure 5a, la première vis est située au centre et en bas, la seconde vis est située au centre et en haut, la troisième de vis est située à droite de la deuxième et ainsi de suite. L'enchainement représenté est bien adapté à un opérateur droitier : après la deuxième vis, l'opérateur positionne une troisième vis située sur la droite. Un opérateur gaucher sera plus à l'aise à positionner la troisième vis sur la gauche de la deuxième vis et ainsi de suite. Autrement dit plusieurs ordres corrects peuvent être admissibles, les différents ordres admissibles pouvant se déduire par symétrie à axe vertical et également à axe horizontal si l'opérateur place sa première vis en haut et non en bas comme représenté. Il en est de même pour les enchainements

acceptables en variante de l'enchaînement proposé sur la figure 5b. Après les deux premières vis, la troisième peut être sur la droite comme représenté ou alternativement sur la gauche. La suite de l'enchaînement se déduit également par symétrie autour d'un axe passant par les positions des deux premières vis. De plus, dans l'exemple de la figure 5b, l'opérateur peut démarrer par n'importe quelle vis. La deuxième vis devra être diamétralement opposée.

[0043] Dans un assemblage à plusieurs vis réalisé de façon complètement automatisé sans intervention d'un opérateur, il est possible d'imposer un ordre précis dans le montage des différentes vis. Au contraire, lorsqu'un opérateur manœuvre une visseuse, il est préférable de permettre le cautionnement de plusieurs ordres acceptables se déduisant les uns des autres par symétrie ou permutation circulaire.

REVENDEICATIONS

1. Dispositif de réalisation et de cautionnement d'assemblages vissés comprenant une visseuse (22) destinée à être manœuvrée par un opérateur, et un équipement informatique (24) relié à la visseuse (22), la visseuse (22) étant équipée de capteurs (28, 30) de mesure délivrant des informations représentatives du couple opéré par la visseuse (22) et d'un angle de rotation opéré par la visseuse (22), l'équipement informatique (24) disposant dans une mémoire (40), des données de références relatives à un assemblage vissé à réaliser, l'équipement informatique (24) étant configuré pour comparer des informations représentatives d'angle (α) et de couple (C) mesurés durant l'assemblage avec les données de références, et pour informer de la conformité des mesures d'angle (α) et de couple (C) par rapport aux données de références, les données de référence contenant un couple d'accostage (C2) associé à un angle d'accostage (α_2) de plusieurs tours associé à une tolérance, le couple d'accostage (C2) et l'angle d'accostage (α_2) correspondant à la fin d'une phase de l'assemblage dite phase d'approche et un couple de serrage (C3) associé à un angle de serrage (α_3), le couple d'accostage (C2) étant inférieur au couple de serrage (C3) de l'assemblage vissé.
2. Dispositif selon la revendication 1, dans lequel les données de référence contiennent un couple minimum utilisé pour démarrer la mesure d'angle de la phase d'approche, le couple minimum étant inférieur au couple d'accostage (C2).
3. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, comprenant en outre un premier détecteur de présence (64) relié à l'équipement informatique (24) et disposé à proximité d'un ensemble de casiers (60) contenant différents éléments d'assemblage filetés (14, 16), le premier détecteur de présence (64) étant configuré pour détecter le casier dans lequel l'opérateur choisit un des éléments d'assemblage filetés pour réaliser l'assemblage, l'équipement informatique (24) étant configuré pour comparer le casier dans lequel l'opérateur a choisi l'élément d'assemblage fileté avec un casier prédéfini dans la mémoire (40) et pour informer de la conformité du choix de l'opérateur.
4. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, comprenant en outre un second détecteur de présence (66) relié à l'équipement informatique (24) et disposé à proximité d'un espace réservé à la réalisation d'assemblages vissés et configuré pour détecter le positionnement d'un élément d'assemblage fileté dans un

assemblage vissé en cours de réalisation, l'équipement informatique (24) étant configuré pour comparer un positionnement réalisé par l'opérateur avec un positionnement prédéfini dans la mémoire (40) et pour informer de la conformité du positionnement réalisé.

5. Dispositif selon la revendication 4 adapté à la réalisation d'un assemblage mettant en œuvre plusieurs éléments d'assemblage filetés, dans lequel les données de référence contiennent un ordre dans lequel les éléments d'assemblage filetés doivent être montés, dans lequel le second détecteur de présence (66) et l'équipement informatique (24) sont configurés pour détecter un ordre dans lequel les éléments d'assemblage filetés sont montés par l'opérateur, dans lequel l'équipement informatique (24) est configuré pour comparer l'ordre exécuté par l'opérateur à l'ordre prédéfini dans les données de référence et dans lequel l'équipement informatique (24) est configuré pour informer de la conformité de l'ordre exécuté par l'opérateur.

6. Dispositif selon la revendication 5, dans lequel les données de référence contiennent plusieurs ordres acceptables pour le montage des éléments d'assemblage filetés d'un même assemblage, l'équipement informatique (24) étant configuré pour informer de la conformité si l'ordre exécuté par l'opérateur correspond à l'un des ordres acceptables prédéfinis par les données de référence.

7. Procédé de de réalisation et de cautionnement d'assemblages vissés mettant en œuvre un dispositif comprenant une visseuse (22) destinée à être manœuvrée par un opérateur, et un équipement informatique (24) relié à la visseuse (22), la visseuse (22) étant équipée de capteurs (28, 30) de mesure délivrant des informations représentatives du couple opéré par la visseuse (22) et d'un angle de rotation opéré par la visseuse (22), l'équipement informatique (24) disposant dans une mémoire (40), des données de références relatives à un assemblage vissé à réaliser, le procédé consistant à :

- mesurer un angle d'accostage (α_2) tant que le couple mesuré est inférieur ou égal à un couple d'accostage (C2),
- comparer l'angle d'accostage mesuré à un angle d'accostage de référence de plusieurs tours associé à une tolérance et contenu dans la mémoire (40) en tant que donnée de référence,
- informer de la conformité de l'angle d'accostage (α_2) mesuré à l'angle d'accostage

de référence,

- puis mesurer un angle de serrage (α_3) tant que le couple mesuré est inférieur ou égal à un couple de serrage (C3),
- comparer l'angle de serrage (α_3) mesuré à un angle de serrage de référence associé à une tolérance et contenu dans la mémoire (40) en tant que donnée de référence,
- informer de la conformité de l'angle de serrage (α_3) mesuré à l'angle de serrage de référence,

le couple d'accostage (C2) étant inférieur ou égal au couple de serrage (C3) de l'assemblage vissé.

8. Procédé selon la revendication 7, consistant à démarrer la mesure d'angle d'accostage lorsque le couple mesuré dépasse un couple minimum (C1) inférieur au couple d'accostage (C2).

9. Procédé selon l'une des revendications 7 ou 8, dans lequel le dispositif comprend en outre un premier détecteur de présence (64) relié à l'équipement informatique (24) et disposé à proximité d'un ensemble de casiers (60) contenant différents éléments d'assemblage filetés (14, 16), le procédé consistant à :

- détecter le casier dans lequel l'opérateur choisit un des éléments d'assemblage filetés pour réaliser l'assemblage,
- comparer le casier dans lequel l'opérateur a choisi l'élément d'assemblage fileté avec un casier prédéfini dans la mémoire (40) et,
- informer de la conformité du choix de l'opérateur.

10. Procédé selon la revendication 9 dans lequel le dispositif comprend en outre un second détecteur de présence (66) relié à l'équipement informatique (24) et disposé à proximité d'un espace réservé à la réalisation d'assemblages vissés et configuré pour détecter le positionnement d'un élément d'assemblage fileté dans un assemblage vissé en cours de réalisation, le procédé consistant à :

- comparer un positionnement réalisé par l'opérateur avec un positionnement prédéfini dans la mémoire (40) et,
- informer de la conformité du positionnement réalisé.