



(11) **EP 2 839 931 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
25.02.2015 Bulletin 2015/09

(51) Int Cl.:
B25B 21/00 (2006.01) B25B 23/14 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **14181967.2**

(22) Date de dépôt: **22.08.2014**

(84) Etats contractants désignés:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Etats d'extension désignés:
BA ME

- **Tropee, Julien**
44100 Nantes (FR)
- **Allenou, Benoit**
44700 Orvault (FR)
- **Vrignaud, Antoine**
85300 Challans (FR)

(30) Priorité: **22.08.2013 FR 1358130**

(74) Mandataire: **Provost, Antoine**
Cabinet Vidon
Technopôle Atalante
16B, rue de Jouanet
35703 Rennes Cedex 7 (FR)

(71) Demandeur: **Etablissements Georges Renault**
44800 Saint Herblain (FR)

(72) Inventeurs:
• **Le Du, Nicolas**
Coueron 44220 (FR)

(54) **Visseuse électrique à serrage asservi**

(57) L'invention concerne une visseuse électrique à serrage asservi comprenant un carter (10), un organe terminal (14) susceptible d'être entraîné en rotation et destiné à coopérer avec un assemblage à serrer, des moyens moteurs (13) ayant un couple maximal à vitesse constante C_{max} , lesdits moyens moteurs comprenant un rotor, des moyens de pilotage (16) desdits moyens moteurs (13), des moyens de transmission (15) incluant une réduction (17) ayant ratio R et un rendement μ couplée auxdits moyens moteurs (13) et audit organe terminal (14), au moins un capteur de couple (18) destiné à mesurer une information représentative du couple de serrage dudit assemblage, un organe de préhension comprenant une zone de préhension distante de l'axe de rotation dudit organe terminal d'une distance B , ladite réduction (17) étant configurée de telle sorte que $R \cdot \mu \cdot C_{max} \leq B \cdot 100$ et $B \cdot 100 \leq C_{obj}/2$, C_{obj} étant le couple objectif auquel ledit assemblage doit être serré.

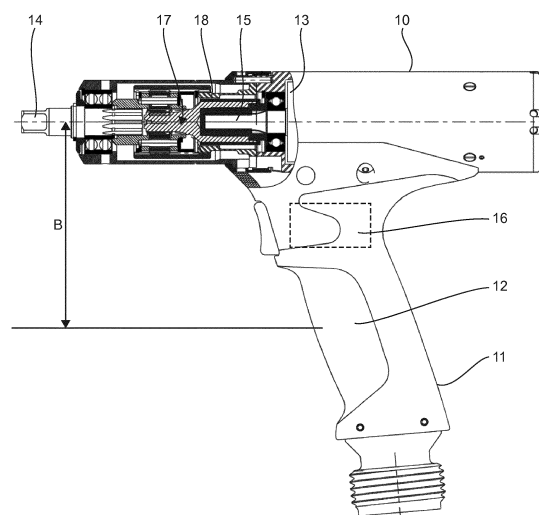


Fig. 1

EP 2 839 931 A1

Description

1. Domaine de l'invention

[0001] Le domaine de l'invention est celui de la conception et de la fabrication des outils de vissage électroportatifs à serrage asservi.

[0002] L'invention concerne donc les visseuses électriques à serrage asservi dont la mise en oeuvre permet de réaliser des opérations de vissage au cours desquelles la rotation de l'élément à visser, comme par exemple une vis, n'est jamais interrompu depuis le début du vissage jusqu'à sa fin. Elle ne concerne donc pas les visseuses électriques à impulsions dont les moteurs sont alimentés par des impulsions électriques au cours d'une opération de vissage si bien qu'entre deux impulsions d'une même opération de vissage, la rotation de l'élément à visser s'arrête.

2. Art antérieur

[0003] Les visseuses électriques à serrage asservi sont classiquement mises en oeuvre pour assurer, au cours d'une opération de vissage, le serrage d'un assemblage, c'est-à-dire la liaison de plusieurs pièces par exemple au moyen d'une vis serrée à un couple dont la valeur est choisie de façon telle que l'assemblage soit suffisamment rigide.

[0004] Une visseuse électrique à serrage asservi comprend généralement un carter définissant une poignée, ce carter logeant :

- un moteur muni d'un rotor ;
- un organe terminal susceptible d'être entraîné en rotation ;
- une transmission incluant une réduction de type épicycloïdale couplée aux moyens moteurs et à l'organe terminal ;
- un capteur de couple notamment destiné à détecter l'atteinte d'un couple objectif C_{obj} , la transmission comprenant une couronne liée en rotation au carter de la visseuse par l'intermédiaire de ce capteur de couple ;
- des moyens de pilotage du moteur en mode continu, destinés à alimenter en continu le moteur.

[0005] Lors de la mise au point des visseuses électriques portatives à serrage asservi, leurs concepteurs doivent tenir compte de différents paramètres au rang desquels figurent :

- les performances de l'outil ;
- la productivité de l'outil ;
- l'ergonomie de l'outil.

[0006] Les performances de l'outil traduisent sa capacité à atteindre le couple de serrage objectif souhaité, en d'autres termes à réaliser le serrage d'un assemblage à un niveau de couple prédéterminé.

[0007] La productivité de l'outil traduit sa capacité à exécuter et enchaîner des serrages aussi rapidement que faire se peut.

[0008] L'ergonomie de l'outil traduit le confort d'utilisation et la sécurité d'utilisation. Au cours d'une opération de vissage, la visseuse exerce un couple de réaction dans la main de l'opérateur. Ainsi l'opérateur développe une force de réaction croissante pour maintenir la visseuse au fur et à mesure que le couple de serrage croît. L'intensité de cette force est égale au couple de serrage divisé par le bras de levier, c'est-à-dire la distance entre la poignée de l'outil et l'axe de rotation de la vis à serrer. Plus cette réaction est faible, plus le confort d'utilisation de l'outil est élevé. Par conséquent, pour une gamme de couple donnée, il est d'usage de dimensionner la distance entre la poignée et l'axe de rotation de la vis à serrer de telle sorte que la force de réaction que l'opérateur développe pour maintenir la visseuse reste modérée. Le niveau d'ergonomie d'une visseuse dépend donc notamment du niveau de réaction de la visseuse dans la main de l'opérateur au cours d'une opération de vissage.

[0009] S'agissant des performances de l'outil, le concepteur d'une visseuse électrique à serrage asservi doit notamment composer avec :

- le couple électromagnétique maximum à vitesse constante du moteur de la visseuse ;
- le ratio de réduction de la transmission et son rendement ;
- le couple objectif de serrage que l'outil doit pouvoir atteindre.

[0010] Le couple de serrage C_s exercé sur la vis à serrer est régi par l'équation $C_s = R * \mu * C_{max}$ dans laquelle R est le ratio de la réduction, C_{max} le couple maximum du moteur de l'outil à vitesse constante en N.m. et μ est le rendement de la réduction qui est inférieur à 1. La démarche classique et constante du concepteur est donc de dimensionner le moteur et la réduction de telle sorte que le couple de sortie puisse atteindre le couple objectif C_{obj} , c'est-à-

dire le couple de serrage que l'on se fixe l'objectif d'atteindre.

[0011] S'agissant de la productivité de la visseuse, la durée d'exécution d'un serrage peut être réduite en mettant en oeuvre une opération de serrage comprenant deux phases successives :

- 5 - une phase de pré-vissage, et
- une phase de vissage.

[0012] Au cours de la phase de pré-vissage, le moteur est alimenté en courant électrique de telle sorte que l'organe terminal soit entraîné en rotation selon une fréquence rapide généralement constante jusqu'à ce que le couple de serrage atteigne une valeur seuil de pré-vissage correspondant en pratique à l'instant auquel la vis accoste l'assemblage, c'est-à-dire à l'instant auquel on observe une rapide montée du couple de serrage.

[0013] Au cours de la phase de vissage, au cours de laquelle le couple de serrage augmente de manière rapide, le moteur est alimenté en courant électrique de telle sorte que l'organe terminal soit entraîné en rotation selon une fréquence généralement plus lente, jusqu'à ce que le couple de serrage atteigne une valeur de couple objectif Cobj.

[0014] Afin de réduire encore d'avantage la durée d'exécution d'une opération de vissage et de réduire la force de réaction que doit développer l'opérateur pour maintenir la visseuse, le document WO-A1-2009/011633 enseigne d'entraîner en rotation l'organe terminal le plus rapidement possible et aussi longtemps que possible au cours de la phase de vissage, et de freiner le moteur le plus tard possible. Cette technique, que nous appellerons serrage asservi rapide, met en oeuvre des visseuses asservies de construction standard.

[0015] Cette solution permet ainsi de réduire la durée pendant laquelle la valeur du couple de serrage augmente pendant la phase de vissage, et donc de réduire la réaction de l'outil dans la main de l'opérateur. L'ergonomie de l'outil est par conséquent améliorée.

[0016] Le fait de réduire la période de montée en couple lors de la phase de vissage participe également à augmenter en conséquence la productivité de l'outil.

[0017] En effet, durant la phase de montée en couple d'une opération de serrage, le comportement dynamique du corps d'une visseuse est régi par le principe fondamental de la dynamique qui entre autre pose la condition suivante :

$$J \cdot \ddot{\omega} = -Cs + Fr \cdot d$$

[0018] Avec :

J : inertie rotorique du corps de la visseuse autour de l'axe de rotation de la vis en kg.m²

$\ddot{\omega}$: accélération en rotation du corps de la visseuse autour de l'axe de rotation de la vis en radians.s⁻²

Cs : couple de serrage en N.m.

d : distance de la poignée de la visseuse à l'axe de rotation de la vis à serrer en mètre

Fr : force de réaction développée par l'opérateur pour maintenir la visseuse en N

[0019] En faisant l'hypothèse que l'opérateur exerce une force de réaction nulle pour maintenir la visseuse, puisque ceci est l'objectif qu'il est souhaité autant que faire se peut d'atteindre, alors le principe fondamentale de la dynamique implique :

$$\ddot{\omega} = -Cs/J$$

[0020] Par conséquent, si le corps de la visseuse n'est idéalement pas contraint en position par l'opérateur, il est amené à tourner d'un angle α autour de l'axe de rotation de la vis, dans le sens contraire à la vis, sous une accélération $\ddot{\omega}$.

[0021] D'un point de vue ergonomique, moins l'angle α est grand, meilleure est la sensation de l'opérateur.

[0022] Or pour un couple donné, plus l'inertie rotorique J de la visseuse est grand d'une part et plus la durée pendant laquelle $\ddot{\omega}$ s'applique à la visseuse est faible d'autre part, plus cet angle α est faible.

[0023] Ceci a donc conduit à développer une stratégie de serrage rapide permettant de diminuer cette durée.

[0024] La solution décrite dans ce document WO-A1-2009/011633 est donc particulièrement intéressante dans la mesure où elle permet à la fois d'améliorer la productivité de l'outil et d'augmenter son niveau d'ergonomie.

[0025] Cette solution peut toutefois encore être améliorée.

3. Inconvénients de l'art antérieur

[0026] Les assemblages peuvent être classés dans deux catégories :

- les assemblages francs, et
- les assemblages élastiques.

[0027] Les assemblages francs (également appelés assemblages ou joints rigides) sont des assemblages au cours de la montée en couple desquels l'élément à visser (par exemple une vis ou un écrou) est entraîné en rotation sur une plage angulaire faible (généralement inférieure à environ 30°) entre le moment où il accoste l'assemblage jusqu'au moment où le couple objectif C_{obj} est atteint.

[0028] Les assemblages élastiques (également appelés joints élastiques) sont des assemblages moins rigides au cours du serrage desquels l'élément à visser (par exemple une vis ou un écrou) est entraîné en rotation sur une plage angulaire plus importante, entre le moment où il accoste l'assemblage et le moment où le couple objectif C_{obj} est atteint.

[0029] Le document WO-A1-2009/011633 explique que la solution de serrage asservi rapide qu'il enseigne présente de meilleurs résultats ergonomiques sur des assemblages francs.

[0030] En effet, la durée de la montée en couple d'un assemblage élastique étant plus longue, l'opérateur est exposé, au cours du vissage d'un assemblage élastique, à un déplacement du corps de visseuse plus important et doit par conséquent fournir un effort de maintien de l'outil plus important.

4. Objectifs de l'invention

[0031] L'invention a notamment pour objectif de pallier ces inconvénients de l'art antérieur.

[0032] Plus précisément, l'invention a pour objectif de fournir, dans au moins un mode de réalisation, une visseuse électrique à serrage asservi qui présente une meilleure ergonomie que les techniques de l'art antérieur.

[0033] En particulier, l'invention vise à fournir une telle visseuse qui nécessite, dans au moins un mode de réalisation, le développement d'un faible effort de maintien par l'opérateur au cours d'une opération de serrage.

[0034] Un autre objectif de l'invention est de procurer une telle visseuse qui présente, dans au moins un mode de réalisation, une bonne ergonomie y compris lors du serrage d'un assemblage élastique.

[0035] Un autre objectif de l'invention est de fournir, dans au moins un mode de réalisation, une telle visseuse qui permette d'atteindre un bon niveau de productivité.

[0036] L'invention a encore pour objectif de fournir une telle technique qui soit, dans au moins un mode de réalisation, simple de conception et/ou facile à mettre en oeuvre et/ou économique.

5. Exposé de l'invention

[0037] Ces objectifs, ainsi que d'autres qui apparaîtront par la suite, sont atteints selon l'invention à l'aide d'une visseuse électrique à serrage asservi comprenant :

- un carter ;
- un organe terminal susceptible d'être entraîné en rotation et destiné à coopérer avec un assemblage à serrer ;
- des moyens moteurs ayant un couple maximal à vitesse constante C_{max} , lesdits moyens moteurs comprenant un rotor ;
- des moyens de pilotage desdits moyens moteurs ;
- des moyens de transmission incluant une réduction ayant ratio R et un rendement μ , couplée auxdits moyens moteurs et audit organe terminal, lesdits moyens de transmission étant aptes à permettre une accumulation d'une énergie cinétique E_c lorsque lesdits moyens moteurs sont alimentés puis une restitution de ladite énergie cinétique E_c à l'organe terminal ;
- un organe de préhension comprenant une zone de préhension distante de l'axe de rotation dudit organe terminal d'une distance B ; ladite réduction étant configurée de telle sorte que :

$$R \cdot \mu \cdot C_{max} \leq B \cdot 100 \quad \text{et} \quad B \cdot 100 \leq C_{obj}/2$$

C_{obj} étant le couple objectif auquel ledit assemblage doit être serré.

[0038] Les couples C_{max} et C_{obj} sont classiquement exprimés en N.m., B est exprimé en mètre. Le rendement μ est

inférieur à 1.

[0039] La mise en oeuvre de l'invention permet notamment :

- de réduire la réaction d'une visseuse à serrage asservi sur des vissages d'assemblages d'élasticité variable (francs ou élastiques), en d'autres termes de réduire l'effort développé par l'opérateur pour maintenir la visseuse au cours d'une opération de serrage ;
- de garantir une vitesse de pré-vissage élevée et ainsi de conférer à l'outil selon l'invention une grande productivité.

[0040] Alors qu'ils recherchaient une solution pour réduire autant que faire se peut la réaction de la visseuse dans la main de l'opérateur au cours d'une opération de vissage ou serrage, les inventeurs ont constaté de façon surprenante, après de multiples essais, que le choix d'un ratio de réduction faible permettait d'y parvenir.

EFFET DE LA REDUCTION DE RATIO SUR LA DUREE DE MONTEE EN COUPLE EN TANT QUE TEL

[0041] Classiquement, une opération de vissage débute par une phase de pré-vissage durant laquelle le moteur accélère depuis une vitesse nulle jusqu'au niveau de vitesse préprogrammé pour la réalisation du cycle de vissage. Durant cette phase, le rotor du moteur acquiert de l'énergie cinétique. Une fois la tête de vis en contact avec la pièce à assembler, cette énergie cinétique est transférée dans l'assemblage sous la forme d'énergie potentielle d'assemblage pendant la décélération du moteur.

[0042] L'énergie potentiel E_p nécessaire pour serrer un assemblage s'exprime par la relation suivante :

$$E_p = (\text{Couple} \cdot \text{AngleVissage}) / 2$$

[0043] A titre d'exemple, un assemblage présentant une évolution du couple proportionnelle en fonction de l'angle sur la plage de couple de 0 à 60 N.m et la plage d'angle de 0 à 60° (1,0472 rd) et requérant un couple de serrage de 40 N.m demande pour être serré une énergie potentiel E_p de 21 joules.

[0044] L'énergie cinétique E_c contenue dans un rotor de moteur de visseuse asservie s'exprime par la relation suivante :

$$E_c = 0,5 \cdot \text{InertieRotoriqueMoteur} \cdot \text{Fréquence Rotation}^2$$

[0045] A titre d'exemple, l'énergie cinétique E_c contenue dans un rotor de moteur de visseuse asservie tournant à une vitesse de 20000 t/min et dont l'inertie rotorique est de $1,4 \cdot 10^{-5}$ kg.m² est égale à 30 joules.

[0046] L'énergie cinétique du rotor est donc suffisante pour assurer le serrage d'un assemblage.

[0047] C'est ainsi la restitution par le rotor de son énergie cinétique à l'organe terminal de l'outil qui est déterminante pour l'atteinte du couple objectif, et non seulement le couple électromagnétique généré par le moteur.

[0048] Les inventeurs en ont déduit que la valeur du ratio de réduction n'intervient pas en tant que telle dans la restitution de cette énergie cinétique, et donc dans l'atteinte du couple de serrage souhaité.

[0049] Cherchant à diminuer la durée de la montée en couple, les inventeurs ont constaté que lors de la mise en oeuvre d'une réduction à faible ratio de réduction, le rotor est soumis à un couple de décélération plus important que lors de la mise en oeuvre d'une réduction ayant un fort ratio.

[0050] En effet, la relation entre le couple résistant de vissage $\vec{M}_{\text{vissage}}$ et le couple $\vec{M}_{\text{rotor}}$ généré par le rotor du moteur durant la période de montée en couple de la phase de vissage est la suivante :

$$\vec{M}_{\text{vissage}} = -R \cdot \mu \cdot \vec{M}_{\text{rotor}}$$

$$\vec{M}_{\text{rotor}} = -\vec{M}_{\text{vissage}} / (R \cdot \mu)$$

avec :

- **R** : ratio de réduction de la réduction épicycloïdale ;
- μ : rendement de la réduction épicycloïdale ;
- **M_{vissage}** : couple résistant de la vis durant le vissage en N.m. ;
- **M_{rotor}** : couple dynamique exercé par le rotor sur l'entrée de la réduction en N.m..

[0051] En appliquant le principe fondamental de la dynamique au rotor, celui-ci est soumis au couple résistant de la réduction **M_{réduction}**. Il en résulte donc que :

$$\vec{M}_{réduction} = J_{rotor} \cdot \vec{W}_{rotor}$$

avec

- **J_{rotor}** : inertie rotorique du rotor
- **W_{rotor}** : accélération angulaire du rotor

[0052] Sachant que :

$$\vec{M}_{réduction} = -\vec{M}_{rotor}$$

[0053] Il en est déduit que :

$$\vec{W}_{rotor} = \vec{M}_{vissage} / (R \cdot \mu \cdot J_{rotor})$$

[0054] Par conséquent, pour un couple de vissage donné, plus le ratio de réduction est faible, plus la décélération du rotor va être forte et donc la durée durant laquelle le rotor transmet son énergie cinétique à l'assemblage courte.

[0055] Les inventeurs en ont déduit que la durée de la période de montée en couple pendant la phase de vissage est d'autant plus courte que le ratio de la réduction est faible.

[0056] Le corps de la visseuse est soumis à deux actions extérieures durant la phase de montée en couple :

- le couple résistant de la vis, et
- l'action de maintien de l'opérateur.

[0057] En supposant que l'action de maintien de l'outil par l'opérateur est nulle, ce qui traduit un objectif d'amélioration de l'ergonomie de l'outil, le corps de la visseuse tourne dans l'espace autour de l'axe de rotation de la vis sous l'action du couple résistant de la vis, ceci avec une accélération **W_{corps}** telle que :

$$\vec{W}_{corps} = \vec{M}_{vissage} / J_{corps}$$

l'objectif de couple de vissage **M_{vissage}** et l'inertie rotorique **J_{corps}** du corps de la visseuse autour de l'axe de la vis étant donnés par ailleurs.

[0058] Plus la durée durant laquelle le corps d'outil est soumis à cette accélération est courte, moins l'angle de rotation du corps de l'outil dans l'espace autour de l'axe de la vis est important et moins l'effort appliqué par l'opérateur pour maintenir la visseuse est important.

[0059] Par conséquent, l'angle de rotation du corps d'outil autour de l'axe de la vis est d'autant plus faible que le ratio de réduction est faible. L'effort appliqué par l'opérateur pour maintenir la visseuse est donc d'autant plus faible que le ratio de réduction est faible. Par conséquent, le choix d'un ratio de réduction de faible valeur participe à améliorer l'ergonomie de l'outil.

[0060] Il peut être noté au passage que plus l'inertie rotorique du corps de l'outil est forte, plus l'accélération en rotation du corps d'outil, et par conséquent son angle de rotation autour de l'axe de vis, sont faibles. L'augmentation de l'inertie rotorique du corps de l'outil permet ainsi, tout comme le choix d'un faible ratio de réduction, de réduire la durée de

montée en couple, et donc de réduire la valeur de l'angle de rotation de l'outil et d'améliorer en conséquence l'ergonomie de l'outil.

MISE EN OEUVRE DE LA SOLUTION

[0061] Forts de ce constat, les inventeurs ont conçu une visseuse électrique à serrage asservi dont la réduction est configurée de telle sorte que :

$$R. \mu. C_{\max} \leq B. 100 \quad \text{et} \quad B. 100 \leq C_{\text{obj}}/2$$

[0062] L'inéquation $R. \mu. C_{\max} \leq B. 100$ traduit le fait que la transmission est conçue de telle sorte que le couple de sortie délivré par la visseuse en continu est toujours inférieur à l'effort maximal qu'un opérateur est susceptible de pouvoir fournir pour maintenir celle-ci au cours d'une opération de vissage, c'est-à-dire environ 100 N.

[0063] L'inéquation $B. 100 \leq C_{\text{obj}}/2$ exprime le fait que la transmission est conçue de telle sorte que le couple objectif C_{obj} auquel on souhaite réaliser le serrage est très largement supérieur au couple de sortie délivrable par la visseuse en utilisant le couple électromagnétique du moteur seul, c'est-à-dire dans un serrage prolongé à basse vitesse de rotation. Le couple objectif C_{obj} est donc atteint en exploitant l'énergie cinétique accumulée par la transmission, laquelle est transmise à l'assemblage pour réaliser le vissage.

[0064] Ceci permet donc de réduire l'angle de rotation du corps de la visseuse dans la main de l'opérateur pendant la période de montée en couple.

[0065] La mise en oeuvre de la technique selon l'invention permet ainsi de réduire considérablement la perception de la réaction de l'outil par l'opérateur, ou à tout le moins la limiter à un niveau qui n'entraîne aucun désagrément. De cette façon, la visseuse engendre un retour d'effort dans la main de l'opérateur qui reste en deçà du seuil moyen de tolérance à partir duquel l'opérateur peut ressentir un inconfort, voire un désagrément. L'apparition de troubles musculo-squelettiques chez l'opérateur est ainsi évitée et le confort d'utilisation de la visseuse augmenté.

EFFET DE LA RAIDEUR DE LA REDUCTION SUR LA DUREE DE MONTEE EN COUPLE

[0066] Par ailleurs, durant la période de montée en couple de la phase de vissage pour atteindre le couple de serrage objectif, l'énergie cinétique transmise par le rotor à la vis provoque une déformation de la réduction jusqu'à atteindre le couple nécessaire pour commencer à faire tourner la vis et la serrer.

[0067] Une phase de vissage est donc composée successivement d'une période de déformation de la transmission, d'une période rotation de la vis, et d'une période de détente de la transmission.

[0068] Plus la raideur de la transmission est élevée, plus la durée des périodes de déformation et de détente sont courtes, et en conséquence plus la durée de la période de montée en couple est courte pour un travail de rotation donné de la vis.

[0069] Par conséquent, plus la raideur de la transmission est élevée, plus la rotation de l'outil dans la main de l'opérateur au cours d'une opération de vissage est faible, ce qui participe à améliorer l'ergonomie de l'outil.

[0070] Les inventeurs ont donc constaté que l'angle de rotation de l'outil dans l'espace autour de l'axe de la vis au cours d'une opération de vissage et l'effort que doit développer l'opérateur pour maintenir l'outil sont d'autant plus faibles, et par conséquent l'outil d'autant plus ergonomique :

- que la valeur du ratio de réduction est faible, comme cela a déjà été expliqué, et
- que la raideur de la transmission est élevée.

[0071] Fort de ces deux constats, les inventeurs ont tenté de définir quelle devrait être la valeur de la raideur R_d de la transmission pour obtenir de bons résultats en terme d'ergonomie.

[0072] Cette raideur R_d peut être mesurée sur l'arbre d'entrée de la réduction lorsque l'arbre de sortie de l'outil est immobilisé en rotation par rapport au corps de l'outil.

[0073] Pratiquement la valeur de cette raideur doit être au-dessus d'une valeur seuil minimale en N.m/rd.

[0074] La déformation de la réduction tend à absorber une partie de l'énergie cinétique accumulée par le rotor et la transmission et transmise à l'assemblage pour assurer le serrage.

[0075] D'un point de vue conception, il est logique de dimensionner les pièces de la transmission de telle sorte que cette énergie potentielle de déformation ne dépasse pas un certain pourcentage de l'énergie potentielle de serrage sans quoi une part trop importante de cette énergie potentielle de serrage serait employée à déformer la transmission et non à assurer le serrage

[0076] Si nous considérons la conception d'outils de capacités de serrage maximum différentes, un même niveau de pourcentage sera retenu, celui-ci étant évalué au niveau de couple maximum de la visseuse pour un même angle de serrage type de l'assemblage. En d'autres termes, il est souhaité que ce pourcentage soit le même pour des outils différents ayant des capacités de couple de serrage différentes et pour le serrage d'assemblage avec un même angle de serrage.

[0077] Le calcul de ce pourcentage, rapport de l'énergie potentielle de déformation de la réduction (ou transmission) sur l'énergie potentielle de serrage conduit à la formule suivante :

$$E_{pdf}/E_{ps} = C_{vmax}/(R^2 \cdot Rd \cdot \mu \cdot \gamma)$$

[0078] Avec :

C_{vmax} : couple maximum de la visseuse en N.m.

E_{pdf} : énergie potentielle de déformation de la réduction au couple maximum de la visseuse en Joules.

E_{ps} : énergie potentielle de serrage au couple maxi de la visseuse avec un angle de serrage donné en Joules.

R : ratio de réduction de la réduction

Rd : raideur de la réduction telle que définie plus haut

μ : rendement de la réduction

γ : angle de serrage de l'assemblage type en radian

[0079] Si maintenant nous considérons que le rapport E_{pdf}/E_{ps} doit être inférieur à 5% pour un angle de 30° soit 0,52 rd et un rendement de réduction de 0,97, cela conduit à l'expression de la règle suivante :

$$Rd \geq 40 \cdot C_{vmax}/R^2$$

[0080] Ainsi, selon une caractéristique préférentielle de l'invention, la résistance à la déformation Rd de la transmission est supérieure ou égale à $(40 \cdot C_{vmax})/R^2$.

[0081] Dans le but d'augmenter la résistance à la déformation de la transmission, les inventeurs ont en outre imaginé de remplacer la réduction d'une visseuse standard formée de plusieurs étages de trains épicycloïdaux par un seul étage.

[0082] Ainsi, selon une autre caractéristique préférentielle de l'invention, ladite réduction contient au plus un étage de réduction de type épicycloïdal.

[0083] Ce faisant, les inventeurs ont répondu à la double contrainte de réduire le ratio de transmission de la réduction et d'augmenter la rigidité de la transmission en réduisant le nombre de pièces dans la chaîne de transmission.

[0084] En effet, plus le nombre d'étage est réduit, moins le nombre de pièces composant la transmission est important, moins l'angle de déformation torsionnelle de la transmission est important.

[0085] Ceci participe également à améliorer l'ergonomie d'une visseuse.

EFFET DE LA REDUCTION DE RATIO SUR LE COUPLE MAXIMUM AUQUEL L'OPERATEUR PEUT ETRE SOUMIS DE FAÇON PROLONGEE.

[0086] Par ailleurs, la capacité de serrage en mode continu d'un outil selon l'invention, compte tenu de son faible ratio de réduction, est plafonnée à un niveau de couple inférieur à celui qu'un opérateur ne peut plus supporter.

[0087] Comme il a été expliqué précédemment, la réduction à faible ratio est conçue de manière telle que le couple objectif C_{obj} soit atteint du fait de la transmission de l'énergie cinétique accumulée par le rotor restituée ultérieurement à l'assemblage et non du fait de la force électromotrice du rotor. En d'autres termes, le couple électromagnétique du rotor multiplié par le ratio de réduction et le rendement est très inférieur au couple objectif C_{obj} . Ainsi, lorsque la transmission d'énergie cinétique du rotor sous forme d'énergie potentielle de vissage dans la vis est achevée, la visseuse ne peut soumettre l'opérateur, de façon prolongée dans le temps, qu'à un couple de niveau modéré.

[0088] De manière générale, le ratio de réduction sera choisi de telle sorte que le couple maximum A délivrable en continu par la visseuse ne dépasse pas la capacité de tenue de la visseuse par l'opérateur.

[0089] La valeur A dépend du type de poignée de l'outil pris en considération et est sensiblement proportionnelle à la distance entre la poignée de la visseuse et l'axe de rotation de la vis, c'est-à-dire du bras de levier B et de la force F qu'un opérateur peut délivrer sans effort pour maintenir la visseuse au cours d'un vissage : $A = F \cdot B$

[0090] La valeur du ratio R sera choisie de telle sorte que $R \cdot \mu \cdot C_{max} < B \cdot F$

[0091] Si l'on considère que la force F qu'un opérateur peut délivrer sans fatigue est de l'ordre de 100 N, alors :
 $A = 100 \cdot B$

[0092] Avec A en N.m et B en mètres

[0093] Par exemple, pour un outil à poignée pistolet dont la valeur de B est environ de 0,1 m, le ratio de réduction sera choisi de telle sorte que A ne dépasse pas 10 N.m., ce qui est compatible avec les capacités d'encaissement de couple par l'opérateur pour ce type de poignée.

[0094] Ainsi, si le couple moteur Cmax est égal à 2,5 N.m. et le rendement de la transmission proche de 1 alors, et sachant que $A = R \cdot \mu \cdot C_{\max}$ soit $R = A / (\mu \cdot C_{\max})$, le ratio idéale sera $A / (\mu \cdot C_{\max}) = 10 / (1 \times 2.5) = 4$.

[0095] Pour une visseuse d'angle, compte tenu que le bras de levier B est plus important que pour une poignée de type pistolet, la valeur du couple A pourra être plus forte.

[0096] On peut selon cette approche proposer un outil pour lequel le couple objectif Cobj est susceptible de présenter un niveau relativement élevé, ceci en limitant toutefois les effets non désirés au niveau de la main de l'opérateur.

EFFET DE LA REDUCTION DE RATIO SUR LA PRODUCTIVITE

[0097] La technique selon l'invention permet de garantir l'atteinte d'un bon niveau de productivité.

[0098] Pour une fréquence de rotation donnée du rotor de moteur, la réduction du ratio de réduction permet d'augmenter en proportion la vitesse de pré-vissage de la visseuse et donc d'écourter la phase de pré-vissage ce qui améliore la productivité.

[0099] A titre d'exemple, pour une visseuse à poignée pistolet et en considérant un ratio inférieur ou égale à $A / (\mu \cdot C_{\max}) = (B \cdot F) / (\mu \cdot C_{\max}) = 10 / (\mu \cdot C_{\max})$ avec $B = 0,1$ et $F = 100$, si le couple moteur est égale à 2,5 N.m. et le rendement de la réduction proche de 1, le ratio sera environ égal à 4, et si la vitesse de sortie du moteur est égale à 20 000 tr/mn, la vitesse de sortie de l'outil de l'ordre de 5 000 tr/mn. La technique selon l'invention permet ainsi de garantir une bonne productivité.

AUTRES ASPECTS DE L'INVENTION

[0100] Selon une autre caractéristique préférentielle de l'invention, la valeur de Cobj est supérieure à 20 N.m..

[0101] Une visseuse selon l'invention offre ainsi la possibilité de réaliser des vissages selon des couples de serrage de valeur importante tout en offrant une bonne ergonomie préservant l'opérateur.

[0102] Selon une autre caractéristique préférentielle de l'invention, ladite visseuse comprend au moins un capteur de couple destiné à mesurer une information représentative du couple de serrage dudit assemblage, ladite réduction épicycloïdale comprend une couronne liée en rotation au carter de la visseuse par l'intermédiaire dudit capteur de couple.

PILOTAGE D'UNE VISSEUSE SELON L'INVENTION

[0103] La technique discutée concerne également le pilotage d'une visseuse selon l'invention, c'est-à-dire les moyens et le procédé mis en oeuvre pour assurer le pilotage de la visseuse.

[0104] Ainsi, selon une autre caractéristique préférentielle, une visseuse selon l'invention comprend des moyens de paramétrage, par exemple en fonction de la raideur nominale dudit assemblage, de la vitesse initiale desdits moyens moteurs avant montée en couple dudit couple de serrage au cours d'une opération de vissage, de façon à ce que l'énergie cinétique Ec contenue dans lesdits moyens moteurs soit telle que ledit couple objectif Cobj soit atteint alors que la vitesse desdits moyens moteurs devient nulle sans alimentation électrique des moyens moteurs durant la montée en couple, c'est-à-dire que ledit couple objectif Cobj soit atteint pendant la montée en couple lorsque la vitesse du moteur devient nulle à l'issue d'une période de non alimentation de celui-ci.

[0105] La vitesse de rotation du moteur est ainsi paramétrée en début de vissage en fonction des propriétés théoriques de l'assemblage, comme par exemple sa raideur théorique, de façon que l'atteinte du couple objectif Cobj résulte de la seule transmission à l'assemblage de l'énergie cinétique accumulée par le rotor avant la phase de montée en couple de l'opération de vissage. En d'autres termes, la vitesse initiale de rotation du moteur, ou vitesse de pré-vissage, est paramétrée de façon à ce que le couple objectif soit atteint pendant la phase de montée en couple au moment où le moteur s'arrête, le couple objectif étant atteint sous l'effet de l'élan du moteur alors que le moteur n'est plus alimenté pendant la montée en couple. Ainsi, le couple de serrage objectif Cobj est atteint à l'instant où le moteur s'arrête au cours de la phase de montée en couple sans alimenter le moteur. La détermination de la valeur de cette vitesse peut être réalisée par calcul ou par des essais permettant d'attribuer une vitesse de rotation initiale du moteur en fonction des propriétés théoriques de l'assemblage, comme par exemple sa raideur nominale, c'est-à-dire de la raideur théorique de l'assemblage, afin d'obtenir le résultat souhaité.

[0106] Selon un mode de réalisation préférentiel, lesdits moyens de paramétrage comprennent des moyens de sélection, en fonction du type dudit assemblage à serrer, de la valeur de ladite vitesse initiale desdits moyens moteurs

parmi un groupe de vitesses types prédéfinies chacune associée à un assemblage type, l'association entre chaque vitesse type et chaque assemblage type étant réalisée de façon à ce que l'énergie cinétique E_c contenue dans lesdits moyens moteurs soit telle que ledit couple objectif C_{obj} soit atteint alors que la vitesse desdits moyens moteurs devient nulle sans alimentation électrique des moyens moteurs durant la montée en couple.

[0107] L'opérateur en charge du vissage d'un assemblage pourra donc sélectionner la vitesse de rotation initiale du moteur en début de vissage en choisissant parmi un groupe de vitesses prédéfinies chacune associée à un assemblage type par exemple présentées sous la forme d'un tableau, d'abaques ou autres, celle qui correspond à l'assemblage qu'il s'apprête à visser. Cette solution permet de faciliter le choix de la vitesse initiale du moteur par l'opérateur.

[0108] La vitesse initiale de rotation du moteur en début de vissage est définie en fonction des caractéristiques théoriques de l'assemblage à visser, par exemple sa raideur théorique. Il se peut toutefois qu'en pratique, les caractéristiques réelles de l'assemblage soient différentes des caractéristiques qu'il était supposé présenter ou bien que d'autres paramètres tels que la manière dont l'opérateur tient la visseuse au cours du vissage, la température d'utilisation de la visseuse, son niveau de lubrification... impliquent que l'opération de vissage ne se réalise pas comme elle devait se réaliser sur un plan théorique. De ce fait, la vitesse de rotation initiale paramétrée en début de vissage peut ne pas permettre au couple objectif C_{obj} d'être atteint du seul fait de la transmission de l'énergie cinétique du rotor à l'assemblage, ou au contraire conduise à dépasser la valeur du couple objectif C_{obj} en fin de vissage. En effet, si l'assemblage à serrer est plus souple que prévu, le couple objectif ne sera pas atteint à moins d'augmenter la vitesse du moteur. Si l'assemblage à serrer est plus franc que prévu, le couple de serrage objectif sera dépassé à moins de réduire la vitesse du moteur. Dans ces cas, il est nécessaire de corriger en temps réel la vitesse de rotation du moteur, soit en accélérant celui-ci soit en le freinant au cours de la phase de montée en couple afin d'être certain que le couple objectif C_{obj} sera atteint à l'issue de la phase de montée en couple lorsque le moteur s'arrête à l'issue d'une période de non alimentation de celui-ci.

[0109] Ainsi, une visseuse selon l'invention comprend préférentiellement des moyens de correction en temps réel de la valeur de la vitesse desdits moyens moteurs de façon à ce que l'énergie cinétique E_c contenue dans lesdits moyens moteurs soit telle que ledit couple objectif C_{obj} soit atteint alors que la vitesse desdits moyens moteurs devient nulle sans alimentation électrique des moyens moteurs durant le reste de la montée en couple.

[0110] Dans ce cas, un visseuse selon l'invention comprend préférentiellement des moyens d'évaluation de la raideur réelle dudit assemblage, lesdits moyens de correction corrigeant la valeur de ladite vitesse en fonction de la différence entre la raideur réelle dudit assemblage à serrer et sa raideur nominale (ou théorique) afin de garantir que ledit couple objectif C_{obj} soit atteint alors que la vitesse desdits moyens moteurs devient nulle sans alimentation électrique des moyens moteurs durant le reste de la montée en couple.

[0111] La correction de la vitesse de rotation du moteur est ainsi réalisée en fonction de la valeur réelle de la raideur de l'assemblage, ce qui permet d'obtenir de bons résultats.

[0112] Lesdits moyens de correction comprennent préférentiellement des moyens de calcul en temps réel de l'énergie potentielle restant à fournir à l'assemblage pour atteindre le couple objectif C_{obj} .

[0113] On détermine ainsi en temps réel l'énergie potentielle que le rotor doit fournir à l'assemblage pour que le couple objectif C_{obj} soit atteint à l'instant où le moteur s'arrête à l'issue d'une phase de non alimentation pendant la montée en couple et on corrige la valeur de cette vitesse dans ce but soit en accélérant le moteur soit en freinant selon la valeur de l'énergie potentielle restant à fournir.

[0114] Lesdits moyens de correction comprennent préférentiellement des moyens de calcul en temps réel du rendement de transfert audit assemblage de l'énergie produite par la visseuse.

[0115] La correction de la vitesse de rotation du moteur tient dans ce cas compte du rendement selon lequel l'énergie potentielle produite par la visseuse, en d'autres termes l'énergie cinétique du rotor, est transmise à l'assemblage, ce qui permet d'améliorer la précision du vissage.

[0116] Lesdits moyens de correction comprennent des moyens de mesure en temps réel de paramètres nécessaires au pilotage de l'outil, tels que de la raideur réelle dudit assemblage à visser, le couple appliqué audit assemblage à visser, la position angulaire, la fréquence de rotation du rotor desdits moyens moteurs, durant la montée en couple du couple de serrage, suivant une période de temps de l'ordre de $50 \mu s$.

[0117] Les différentes mesures pouvant être nécessaires à la correction de la vitesse du moteur sont ainsi relevées selon une fréquence rapide pour améliorer la précision de la correction en temps réelle.

[0118] La présente invention concerne également un dispositif de pilotage pour visseuse selon l'une quelconque des variantes décrites ci-avant.

[0119] Selon l'invention, un tel dispositif comprend préférentiellement des moyens de paramétrage de la vitesse initiale desdits moyens moteurs avant montée en couple dudit couple de serrage au cours d'une opération de vissage, de façon à ce que l'énergie cinétique E_c contenue dans lesdits moyens moteurs soit telle que ledit couple objectif C_{obj} soit atteint alors que la vitesse desdits moyens moteurs devient nulle sans alimentation électrique des moyens moteurs durant la montée en couple.

[0120] Lesdits moyens de paramétrage comprennent préférentiellement des moyens de sélection, en fonction du type

dudit assemblage à serrer, de la valeur de ladite vitesse initiale desdits moyens moteurs parmi un groupe de vitesses types prédéfinies chacune associée à un assemblage type, l'association entre chaque vitesse type et chaque assemblage type étant réalisée de façon à ce que l'énergie cinétique E_c contenue dans lesdits moyens moteurs soit telle que ledit couple objectif C_{obj} soit atteint alors que la vitesse desdits moyens moteurs devient nulle sans alimentation électrique des moyens moteurs durant la montée en couple.

[0121] Un tel dispositif comprend préférentiellement des moyens de correction en temps réel de la valeur de la vitesse desdits moyens moteurs de façon à ce que l'énergie cinétique E_c contenue dans lesdits moyens moteurs soit telle que ledit couple objectif C_{obj} soit atteint alors que la vitesse desdits moyens moteurs devient nulle sans alimentation électrique des moyens moteurs durant le reste de la montée en couple.

[0122] Un tel dispositif comprend préférentiellement des moyens d'évaluation de la raideur réelle dudit assemblage, lesdits moyens de correction corrigeant la valeur de ladite vitesse en fonction de la différence entre la raideur réelle dudit assemblage à serrer et sa raideur nominale afin de garantir que ledit couple objectif C_{obj} soit atteint alors que la vitesse desdits moyens moteurs devient nulle sans alimentation électrique des moyens moteurs durant le reste de la montée en couple.

[0123] Lesdits moyens de correction comprennent préférentiellement des moyens de calcul en temps réel de l'énergie potentielle restant à fournir à l'assemblage pour atteindre couple objectif C_{obj} , lesdits moyens de correction corrigeant la valeur de ladite vitesse en fonction de l'énergie potentielle restant à fournir.

[0124] Lesdits moyens de correction comprennent préférentiellement des moyens de calcul en temps réel du rendement de transfert audit assemblage de l'énergie produite par la visseuse, lesdits moyens de correction corrigeant la valeur de ladite vitesse en fonction du rendement de transfert.

[0125] La présente invention concerne également un procédé de pilotage d'une visseuse selon l'une quelconque des variante décrites ci-avant.

[0126] Selon l'invention, un tel procédé comprend préférentiellement une étape de paramétrage de la vitesse initiale desdits moyens moteurs avant montée en couple dudit couple de serrage au cours d'une opération de vissage, de façon à ce que l'énergie cinétique E_c contenue dans lesdits moyens moteurs soit telle que ledit couple objectif C_{obj} soit atteint alors que la vitesse desdits moyens moteurs devient nulle sans alimentation électrique des moyens moteurs durant la montée en couple.

[0127] Ladite étape de paramétrage comprend préférentiellement une étape de sélection, en fonction du type dudit assemblage à serrer, de la valeur de ladite vitesse initiale desdits moyens moteurs parmi un groupe de vitesses types prédéfinies chacune associée à un assemblage type, l'association entre chaque vitesse type et chaque assemblage type étant réalisée de façon à ce que l'énergie cinétique E_c contenue dans lesdits moyens moteurs soit telle que ledit couple objectif C_{obj} soit atteint alors que la vitesse desdits moyens moteurs devient nulle sans alimentation électrique des moyens moteurs durant la montée en couple.

[0128] Un tel procédé comprend préférentiellement une étape de correction en temps réel de la valeur de la vitesse desdits moyens moteurs de façon à ce que l'énergie cinétique E_c contenue dans lesdits moyens moteurs soit telle que ledit couple objectif C_{obj} soit atteint alors que la vitesse desdits moyens moteurs devient nulle sans alimentation électrique des moyens moteurs durant le reste de la montée en couple.

[0129] Un tel procédé comprend préférentiellement une étape d'évaluation de la raideur réelle dudit assemblage, ladite étape de correction corrigeant la valeur de ladite vitesse en fonction de la différence entre la raideur réelle dudit assemblage à serrer et sa raideur nominale afin de garantir que ledit couple objectif C_{obj} soit atteint alors que la vitesse desdits moyens moteurs devient nulle sans alimentation électrique des moyens moteurs durant le reste de la montée en couple.

[0130] Ladite étape de correction comprend préférentiellement une étape de calcul en temps réel de l'énergie potentielle restant à fournir à l'assemblage pour atteindre couple objectif C_{obj} , la valeur de ladite vitesse étant corrigée en fonction de l'énergie potentielle restant à fournir.

[0131] Ladite étape de correction comprend préférentiellement une étape de calcul en temps réel du rendement de transfert audit assemblage de l'énergie produite par la visseuse, la valeur de ladite vitesse étant corrigée en fonction du rendement de transfert.

6. Liste des figures

[0132] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description suivante de modes de réalisation préférentiels, donnés à titre de simples exemples illustratifs et non limitatifs, et des dessins annexés, parmi lesquels :

- la figure 1 illustre une représentation d'une visseuse de type pistolet selon l'invention ;
- la figure 2 illustre une représentation des étapes d'un exemple de procédé de pilotage d'une visseuse selon l'invention.

7. Description d'un mode de réalisation de l'invention

7.1. Architecture

7.1.1. Premier mode de réalisation : visseuse de type pistolet

[0133] On présente, en relation avec la figure 1, un mode de réalisation d'une visseuse électrique à serrage asservi de type pistolet selon l'invention.

[0134] Ainsi que cela est représenté sur cette figure, une telle visseuse comprend un corps ou carter 10 présentant une poignée 11 avec une zone de préhension 12 destinée à être empoignée par un opérateur. Cette zone de préhension 12 est distante de l'axe de l'organe terminal d'une distance B suivant une direction perpendiculaire à celui-ci. Cette distance B correspond en d'autres termes au bras de levier de la force appliquée par l'opérateur sur la poignée pour maintenir la visseuse en position par rapport à l'axe de rotation de l'organe terminal (ou arbre de sortie) de la visseuse.

[0135] Cette visseuse comprend des moyens moteurs 13. Ces moyens moteurs 13 comprennent dans ce mode de réalisation un moteur électrique synchrone à aimant permanent. Ce moteur comprend d'une part un rotor et d'autre part un stator qui est lié au corps 10. Ils sont capables de délivrer un couple de sortie à vitesse constante Cmax.

[0136] La visseuse comprend un organe terminal rotatif 14, ou arbre de sortie, qui est destiné à coopérer avec un assemblage à serrer comme par exemple une vis, un écrou ou autre. L'arbre de sortie 14 s'étend selon un axe qui est coaxial à l'axe du rotor du moteur.

[0137] Des moyens de transmission 15 relient le rotor du moteur à l'organe terminal 14. Ces moyens de transmission comprennent une réduction 17 qui dans ce mode de réalisation comprend au plus un étage de réduction de type épicycloïdale dont le solaire d'entrée est lié au rotor du moteur et le porte satellite est lié à l'arbre de sortie de l'outil.

[0138] La visseuse comprend un capteur de mesure d'une information représentative du couple de serrage. La couronne du train épicycloïdal de la réduction est liée en rotation avec le carter par l'intermédiaire de ce capteur de couple 18. Ce capteur de couple mesure le couple de réaction de la couronne par rapport au corps de l'outil dont la valeur est proportionnelle au couple de serrage.

[0139] Cette réduction a un ratio R et un rendement μ . Les moyens de transmission sont aptes à permettre une accumulation d'une énergie cinétique Ec lorsque les moyens moteurs sont alimentés puis une restitution de cette énergie cinétique Ec à l'organe terminal 14.

[0140] La réduction est configurée de telle sorte que :

$$R \cdot \mu \cdot C_{\max} \leq B \cdot 100 \quad \text{et} \quad B \cdot 100 \leq C_{\text{obj}}/2$$

[0141] Cobj étant le couple de objectif auquel ledit assemblage doit être serré.

[0142] La visseuse comprend ici un capteur d'angle mesurant l'angle de rotation du rotor du moteur par rapport au stator et un capteur de mesure de l'intensité électrique consommée par le moteur.

[0143] La visseuse comprend des moyens de pilotage 16 des moyens moteurs.

[0144] Les moyens de pilotage comprennent des moyens de paramétrage de la vitesse initiale des moyens moteurs, c'est-à-dire de leur vitesse de pré-vissage en début de cycle de vissage (phase de pré-vissage) avant le début de la période de montée en couple (phase de vissage), en d'autres termes avant que la tête de la vis ne vienne au contact des pièces à assembler. Comme il sera expliqué plus en détail par la suite, la valeur de cette vitesse sera choisie de façon que l'énergie cinétique Ec contenue dans lesdits moyens moteurs soit telle que ledit couple objectif Cobj soit atteint alors que la vitesse des moyens moteurs devient nulle sans alimentation électrique des moyens moteurs durant la montée en couple.

[0145] Les moyens de pilotage comprennent également des moyens de correction en temps réel de la vitesse de rotation des moyens moteurs. Comme il sera expliqué plus en détail par la suite, ces moyens de correction permettent de corriger, si nécessaire, la valeur de la vitesse des moyens moteurs (accélération ou freinage) afin de s'assurer que l'énergie cinétique Ec contenue dans lesdits moyens moteurs soit telle que ledit couple objectif Cobj soit atteint alors que la vitesse des moyens moteurs devient nulle sans alimentation électrique des moyens moteurs durant la montée en couple par exemple en tenant compte du rendement de transfert d'énergie et de la raideur réelle de l'assemblage qui sont supposés être constants durant le reste de la montée en couple.

[0146] Ces moyens de correction corrigent de manière itérative selon une fréquence prédéterminée par exemple de l'ordre de 20 kHz la vitesse de rotation du moteur sur la base de paramètres mesurés en temps réel sur des intervalles de temps entre un temps de début td et un temps de fin tf.

[0147] Dans ce mode de réalisation, ces moyens de correction comprennent des moyens de calcul d'une information représentative de la raideur réelle de l'assemblage à serrer. Cette information est ici la raideur apparente Ra de l'ensemble

constitué par l'assemblage et la transmission. Ces moyens calculent la raideur apparente Ra selon la formule suivante :

$$Ra = (Cvistf - Cvistd) / (\alpha_{tf} - \alpha_{td})$$

- Cvistd : couple appliqué sur la vis au début de la période de mesure td en N.m.
- Cvistf : couple appliqué sur la vis à la fin de la période de mesure tf en N.m.

[0148] Avec $Cvis = Ccapteur / (1 - 1/(R \cdot \mu))$

et Ccapteur : couple vu par le capteur de couple monté en réaction entre la couronne du train épicycloïdal et le carter d'outil

- α_{td} : angle somme de la rotation de la vis et de la déformation de la transmission à td en radians

- α_{tf} : angle somme de la rotation de la vis et de la déformation de la transmission à tf en radians

[0149] Ils comprennent des moyens de calcul de l'énergie potentielle ΔEp transmise par la visseuse, en l'occurrence son rotor, à la transmission et à l'assemblage. Ces moyens calculent l'énergie potentielle ΔEp selon la formule suivante :

$$\Delta Ep = (Cvistf^2 - Cvistd^2) / (2 \cdot Ra)$$

[0150] Cvistd : couple appliqué à la vis à td en N.m.

[0151] Cvistf : couple appliqué à la vis à tf en N.m.

[0152] Ces moyens de correction comprennent des moyens de calcul de l'énergie potentielle Epobj restant à fournir à la transmission et à l'assemblage pour que le couple de serrage objectif Cobj soit atteint pendant le reste de la montée en couple à l'issue d'une période au cours de laquelle le moteur n'est pas alimenté et s'arrête. Ces moyens calculent l'énergie potentielle Epobj restant à fournir selon la formule suivante :

$$Epobj = (Cobj^2 - Ctf^2) / (2 \cdot Ra)$$

[0153] Cobj : couple de serrage objectif en N.m.

[0154] Ctf : couple de vissage à tf en N.m.

[0155] Ces moyens de correction comprennent des moyens de calcul du rendement de transfert μ_t à l'assemblage de l'énergie produite par la visseuse, somme de l'énergie électromagnétique produite et de la variation d'énergie cinétique. Ces moyens de calcul du rendement de transfert μ_t comprennent des moyens de calcul de la fréquence de rotation du moteur Wtf, des moyen de calcul de la variation d'énergie cinétique du rotor ΔEc entre le début et la fin de la période de mesure, des moyens de calcul de l'énergie électromagnétique Ee fournie au moteur entre le début et la fin de la période de mesure et des moyens de calcul de l'énergie potentielle produite Ep entre le début et la fin de la période de mesure.

[0156] Les moyens de calcul de la fréquence de rotation du moteur Wtf calculent celle-ci selon la formule suivante :

$$Wtf = (\beta_{tf} - \beta_{td}) / (tf - td)$$

[0157] β_{td} : angle en radians du rotor du moteur par rapport au stator du moteur à td, assimilable à l'angle du rotor par rapport à un référentiel extérieur compte tenu que l'hypothèse est faite que le corps de l'outil ne tourne pas.

[0158] β_{tf} : angle en radians du rotor du moteur par rapport au stator du moteur à tf, assimilable à l'angle du rotor par rapport à un référentiel extérieur compte tenu que l'hypothèse est faite que le corps de l'outil ne tourne pas.

[0159] td : début de la phase de mesure

[0160] tf : fin de la phase de mesure

[0161] Les moyens de calcul de la variation d'énergie cinétique du rotor ΔEc calculent celle-ci selon la formule suivante :

$$\Delta E_c = E_{ctf} - E_{ctd} = 0,5.J.(W_{tf}^2 - W_{td}^2)$$

- 5 **[0162]** Ectd : énergie cinétique du rotor à td en Joules
[0163] Ectf : énergie cinétique du rotor à tf en Joules
[0164] J : inertie rotorique du rotor de moteur
[0165] Wtd : fréquence de rotation du moteur à td en radians par seconde. Wtd correspond à la valeur de Wtf de l'itération précédente. Lors de la première itération Wtd correspond à la fréquence de rotation en fin de prévissage, c'est-à-dire à VP.
10 **[0166]** Wtf : fréquence de rotation du moteur à tf en radians par seconde
[0167] Les moyens de calcul de l'énergie électromagnétique Ee fournie au moteur calculent celle-ci selon la formule suivante :

15

$$E_e = K_t.(I_{tf} + I_{td}).(\beta_{tf} - \beta_{td})/2$$

- [0168]** Kt : constante de couple du moteur (Kt est une caractéristique intrinsèque de chaque moteur)
20 **[0169]** Itd : intensité électrique consommée par le moteur à td en Ampères
[0170] Itf : intensité électrique consommée par le moteur à tf en Ampères
[0171] βtd : angle du rotor du moteur par rapport au stator du moteur à td en radians
[0172] βtf : angle du rotor du moteur par rapport au stator du moteur à tf en radian
[0173] Les moyens de calcul de l'énergie produite par la visseuse Epr calculent celle-ci selon la formule suivante :

25

$$E_{pr} = \Delta E_c + E_e$$

- 30 **[0174]** Les moyens de calcul du rendement de transfert μt calculent celui-ci selon la formule :

$$\mu_t = \Delta E_p / (\Delta E_c + E_e)$$

35

- [0175]** Les moyens de correction comprennent des moyens de calcul de l'énergie cinétique Ecobj nécessaire au rotor pour permettre l'atteinte du couple objectif Cobj. Ces moyens calculent l'énergie cinétique Ecobj selon la formule suivante :

40

$$E_{cobj} = \mu_t . E_{pobj}$$

- [0176]** Les moyens de correction comprennent des moyens de calcul de la valeur V que doit avoir la fréquence de rotation du moteur pour que le rotor emmagasine l'énergie cinétique Ecobj nécessaire au rotor pour permettre l'atteinte du couple objectif Cobj. Ces moyens calculent la valeur V de cette fréquence selon la formule suivante :

45

50

$$V = \left(2 \cdot \frac{E_{cobj}}{J} \right)^{0,5}$$

- [0177]** Les moyens de correction comprennent des moyens de communication avec les moyens de commande pour leur transférer la valeur V de la fréquence de rotation corrigée afin que les moyens de commande envoient cette instruction au moteur.
55

7.1.2. Deuxième mode de réalisation : visseuse d'angle

[0178] Selon un deuxième mode de réalisation, la visseuse selon l'invention est du type à renvoi d'angle.

[0179] La visseuse selon ce deuxième mode de réalisation est identique à la visseuse selon le premier mode de réalisation à ceci près qu'elle comprend à l'extrémité de son corps un renvoi d'angle intégrant un couple d'engrenages coniques dont les axes forment un angle proche de 90°. L'entrée de ce renvoi d'angle est liée à la transmission dans le prolongement de l'axe du moteur alors que sa sortie est liée à l'arbre de sortie ou organe terminal de la visseuse.

7.2. Fonctionnement

[0180] Le fonctionnement d'une visseuse selon l'invention va à présent être décrit en référence à la figure 2 illustrant les étapes d'un procédé de pilotage selon l'invention.

7.2.1. Calibration de la visseuse

[0181] La visseuse est en premier lieu calibrée pour un assemblage ayant une raideur nominale donnée (étape E₁).

[0182] La calibration consiste à évaluer, soit par essai soit par calcul, la vitesse de pré-vissage, encore appelée vitesse initiale, à laquelle le moteur doit tourner en début de vissage de manière telle que l'énergie cinétique accumulée par le moteur et les pièces en mouvement de la visseuse pendant la phase de pré-vissage permette, lorsqu'elle est transférée à l'assemblage sous la forme d'énergie potentielle de serrage, d'atteindre le couple de serrage objectif Cobj au cours de la phase de montée en couple (phase de vissage) de l'opération de vissage lorsque le moteur s'arrête à l'issue d'une période de non alimentation du moteur. En d'autres termes, la vitesse de rotation initiale du moteur est définie en sorte que, lorsqu'elle est atteinte par le moteur, l'alimentation de celui-ci est stoppée et le couple de serrage objectif Cobj auquel il est souhaité de serrer l'assemblage à visser soit atteint sous le seul effet de l'élan du moteur au moment où le moteur s'arrête. Le couple objectif est donc atteint sous le seul effet du transfert sous forme d'énergie potentielle de vissage de l'énergie cinétique accumulée par le moteur et la transmission et non sous l'effet du couple électromagnétique délivré par le moteur.

[0183] Lorsque la valeur de la vitesse initiale du moteur est déterminée par essai, on réalise le vissage d'un assemblage donné avec la visseuse en faisant varier progressivement la vitesse initiale du moteur jusqu'à déterminer celle qui permet d'atteindre le résultat souhaité. De multiples essais sont ainsi réalisés pour différents assemblages donnés. L'opérateur dispose alors d'une multitude de vitesses initiales, présentées par exemple sous forme de tableaux, d'abaques ou autre, correspondant chacune à un assemblage type donné qu'il est par la suite susceptible de visser au moyen de la visseuse. Il pourra alors, à chaque vissage, paramétrer la vitesse initiale en choisissant celle correspondant à l'assemblage qu'il visse.

[0184] Lorsque la valeur de la vitesse initiale du moteur est déterminée par calcul, l'énergie cinétique Ec que le rotor doit accumuler pour permettre d'atteindre le but souhaité est dans un premier temps déterminée en fonction des caractéristiques théoriques de l'assemblage à visser (par exemple raideur, taille, matériau...).

[0185] L'énergie cinétique du rotor et la vitesse du moteur sont liées par la relation suivante :

$$E_c = 0,5.J.V^2$$

[0186] La fréquence de rotation initiale V du rotor de moteur peut ensuite être déterminée.

[0187] De multiples calculs sont ainsi réalisés pour différents assemblages donnés. L'opérateur dispose alors d'une multitude de vitesses initiales, présentées par exemple sous forme de tableaux, d'abaques ou autre, correspondant chacune à un assemblage type donné qu'il est par la suite susceptible de visser au moyen de la visseuse. Il pourra alors paramétrer la vitesse initiale en choisissant celle correspondant à l'assemblage qu'il visse.

[0188] Bien évidemment, la situation réelle correspond rarement à la situation idéale dans laquelle l'assemblage à visser se comporte exactement comme l'assemblage type pris en tant que référence pour déterminer la vitesse de rotation initiale du moteur. Il peut alors s'avérer nécessaire de corriger en temps réel la valeur de la vitesse du moteur, soit en l'accélérant, soit en le freinant, pour garantir que le couple de serrage objectif Cobj auquel il est souhaité de serrer l'assemblage à visser soit atteint sous le seul effet du transfert sous forme d'énergie potentielle de vissage de l'énergie cinétique accumulée par le moteur et la transmission pendant le pré-vissage et non sous l'effet du couple électromagnétique délivré par le moteur.

7.2.2. Correction de la vitesse de rotation du moteur

A- Principe général

- 5 **[0189]** Le contrôle de la visseuse et plus particulièrement celui de la vitesse de rotation du moteur durant le vissage s'appuie sur le principe de conservation de l'énergie.
- [0190]** Plusieurs types d'énergie sont apportés au système constitué de la visseuse et de l'assemblage à visser, à savoir :
- 10 - l'énergie cinétique accumulée dans le rotor du moteur à l'issue de la phase d'accélération du moteur succédant à l'appui sur la gâchette, et
- l'énergie électromagnétique motrice ou de freinage développée par le moteur durant la phase de montée en couple.
- [0191]** Plusieurs types d'énergie sont au contraire absorbés par le système constitué de la visseuse et de l'assemblage à visser, à savoir :
- 15 - l'énergie potentielle de serrage : énergie absorbée par la rotation de la vis contribuant d'une part à établir une tension mécanique dans le corps de vis nécessaire au maintien serré de l'assemblage et d'autre part à vaincre les frottements dans les filets et sous tête.
- 20 - l'énergie potentielle de déformation de la visseuse : énergie absorbée du fait que les différentes pièces constitutives de la transmission se déforment sous l'effort de transmission du couple de vissage.
- les pertes dans le transfert d'énergie dues au rendement représenté par le coefficient de transfert μ . Ces pertes couvrent les pertes par frottement de contact entre pièces et/ou les amortissements
- 25 - l'énergie cinétique communiquée au corps de l'outil : lors de la montée en couple, le corps de l'outil soumis au couple de réaction de la vis tend à tourner dans le sens contraire de la rotation de la vis et absorbe ainsi de l'énergie cinétique.
- l'énergie de maintien du corps d'outil absorbée par l'opérateur : lorsque l'opérateur oppose un couple de maintien sur le corps de l'outil et que sa main tourne dans le sens inverse de la vis, il absorbe de l'énergie. On note que si au contraire, la main de l'opérateur tourne dans le sens de la vis, alors il produit de l'énergie.
- 30 **[0192]** L'énergie cinétique transmise au corps d'outil et l'énergie de maintien absorbée ou fournie par l'opérateur sont d'autant plus faibles que le déplacement du corps de l'outil est faible, ce qui est le but recherché par l'invention. Il est donc fait l'hypothèse que ces énergies sont négligeables.
- [0193]** S'agissant de la déformation de la transmission, elle est dans la suite regroupée avec l'énergie potentielle de serrage transmise à la vis. Un angle fictif, correspondant à la somme de la rotation de la vis et de la déformation de la transmission est alors pris en considération pour l'évaluation de la somme de ces énergies.
- 35 **[0194]** Le principe général de la correction de la vitesse de rotation du moteur consiste essentiellement à réaliser les étapes suivantes en temps réel :
- 40 - mesurer les énergies fournies au système (énergie cinétique du rotor et énergie électromagnétique)
- mesurer les énergies consommées par le système (énergie potentielle de la vis et énergie potentielle de la transmission)
- calculer le rendement de transfert couvrant les pertes par frottement
- 45 - calculer l'énergie potentielle (vis et transmission) restant à fournir au système pour atteindre le couple de vissage objectif C_{obj} .
- calculer l'énergie cinétique nécessaire et suffisante à avoir dans le rotor pour permettre le vissage au couple objectif en supposant que le rendement de transfert et la raideur apparente de l'assemblage restent constants jusqu'à la fin du vissage
- 50 - calculer une nouvelle consigne de fréquence de rotation pour avoir le niveau d'énergie cinétique requis dans le rotor pour atteindre le but escompté.
- [0195]** C'est alors le couple électromagnétique moteur ou de freinage du moteur qui sont utilisés pour corriger en temps réel la vitesse du moteur à chaque instant, par exemple en fonction de la raideur d'assemblage et du rendement de transfert d'énergie dans l'assemblage, de telle sorte à ce que l'énergie cinétique du rotor soit juste suffisante à elle seule pour terminer la montée en couple. Si c'est le frein moteur qui est mis en oeuvre l'énergie est non produite mais absorbée par le moteur.
- 55

B- Exemple de mise en oeuvre d'une correction en temps réel de la vitesse du moteur

[0196] Le déroulement d'une phase de vissage d'un assemblage s'effectue de la façon suivante :

- 5 - l'opérateur paramètre, en fonction du type de l'assemblage dont il doit réaliser le serrage, la vitesse initiale de rotation du moteur de la visseuse (étape E₁) ;
- l'opérateur engage la vis dans le filetage de la pièce à assembler ;
- l'opérateur positionne la douille située à l'extrémité de la visseuse sur la vis ;
- l'opérateur appuie sur la gâchette de la visseuse ;
- 10 - le moteur accélère jusqu'à atteindre sa fréquence de rotation initiale ou de pré-vissage VP durant une phase d'accélération du moteur ;
- une mesure en temps réel de la fréquence de rotation du moteur par les moyens de commande de la visseuse permet de détecter l'instant auquel la fréquence de rotation du moteur atteint sa valeur initiale VP ;
- dès que ce niveau de fréquence de rotation est atteint (étape E₂), une correction de la valeur de la fréquence de rotation est lancée sous la forme d'un calcul algorithmique lancé de façon répétitive sur la base d'une fréquence
- 15 choisie en rapport avec les moyens de calculs disponibles, soit de l'ordre de 20 kHz.

[0197] Ce calcul algorithmique utilise, entre autre, des données fixes telles que :

- 20 - les caractéristiques de la visseuse
- J : inertie rotorique du rotor de moteur
- R : ratio de réduction de la transmission
- Cobj : valeur de l'objectif de couple
- Cpv : valeur de couple de fin de prévisage
- 25 - VP : la consigne de fréquence de rotation initiale du moteur pour la phase de pré-vissage correspondant au niveau d'énergie cinétique nécessaire pour assurer le vissage et déterminée après calibration de l'outil

[0198] La boucle de l'algorithme enchaîne une succession d'étape mises en oeuvre entre deux instants td (début) et tf (fin), td et tf encadrant une période de temps dont la durée est en rapport avec les moyens de calcul, soit de l'ordre de 0,05 ms. Ainsi, cette succession d'étapes est mise en oeuvre de manière répétitive environ toutes les 0,05 ms.

[0199] Dès lors que la fréquence de rotation du moteur atteint sa valeur initiale VP (étape E₂), un certain nombre de données physiques du vissage sont mesurées en temps réel (étape E₃), à savoir :

- Cvistf : couple appliqué sur la vis à tf en N.m.
- 35 - Cvistd : couple appliqué sur la vis à td en N.m.

[0200] Avec $C_{vis} = C_{capteur} / (1 - 1/(R \cdot \mu))$

et Ccapteur : couple vu par le capteur de couple monté en réaction entre la couronne du train épicycloïdal et le carter d'outil en N.m.

40

- α_{td} : angle somme de la rotation de la vis et de la déformation de la transmission à td en radian
- α_{tf} : angle somme de la rotation de la vis et de la déformation de la transmission à tf en radian

45 **[0201]** Avec $\alpha_{td} = \beta_{td}/R$ ou $\alpha_{tf} = \beta_{tf}/R$

et β_{td} ou β_{tf} : angles en radians du rotor du moteur par rapport au stator du moteur, assimilable à l'angle du rotor par rapport à un référentiel extérieur compte tenu que l'hypothèse est faite que le corps de l'outil ne tourne pas respectivement à td ou tf

- 50 - I_{td} : Intensité consommée par le moteur à td en Ampères
- I_{tf} : Intensité consommée par le moteur à tf en Ampères
- K_t : Constante de couple du moteur

[0202] La valeur du couple de vissage est ensuite comparée par les moyens de correction à celle du couple objectif (étape E₄).

[0203] Si la valeur du couple de serrage est supérieure à la celle du couple objectif (condition C₁), alors les moyens de pilotage de la visseuse envoient au moteur une consigne de vitesse nulle (étape E₆).

[0204] Si au contraire, la valeur du couple de serrage est inférieure à celle du couple objectif (condition C₂), ce qui

traduit le fait que l'opération de vissage n'est pas achevée, alors le couple de serrage est comparé au couple de fin de pré vissage Cpv (étape E₇).

[0205] Si le couple de serrage est inférieur à Cpv (condition C₃) alors la consigne de vitesse reste au niveau de VP (étape E₈).

[0206] Si le couple de serrage est supérieur à Cpv (condition C₄) alors les moyens de correction calculent la raideur apparente Ra de l'ensemble constitué par l'assemblage et la transmission (étape E₉) selon la formule :

$$Ra = (Cvistf - Cvistd) / (\alpha_{tf} - \alpha_{td})$$

[0207] Ensuite, les moyens de correction calculent l'énergie potentielle ΔEp transmise par la visseuse (étape E₁₀), en l'occurrence son rotor, à la transmission et à l'assemblage selon la formule suivante :

$$\Delta Ep = (Cvistf^2 - Cvistd^2) / (2.Ra)$$

[0208] Cvistd : couple appliqué à la vis à td en N.m.

[0209] Cvistf : couple appliqué à la vis à tf en N.m.

[0210] Les moyens de correction calculent ensuite l'énergie potentielle Epobj restant à fournir (étape E₁₁) selon la formule suivante :

$$Epobj = (Cobj^2 - Ctf^2) / (2.Ra)$$

[0211] Cobj : couple de serrage objectif en N.m.

[0212] Ctf : couple de vissage à tf en N.m.

[0213] Les moyens de calcul de la fréquence de rotation du moteur Wtf calculent celle-ci (étape E₁₂) selon la formule suivante :

$$Wtf = (\beta_{tf} - \beta_{td}) / (tf - td)$$

[0214] β_{td} : angle en radians du rotor du moteur par rapport au stator du moteur à td, assimilable à l'angle du rotor par rapport à un référentiel extérieur compte tenu que l'hypothèse est faite que le corps de l'outil ne tourne pas.

[0215] β_{tf} : angle en radians du rotor du moteur par rapport au stator du moteur à tf, assimilable à l'angle du rotor par rapport à un référentiel extérieur compte tenu que l'hypothèse est faite que le corps de l'outil ne tourne pas.

[0216] td : début de la phase de mesure

[0217] tf : fin de la phase de mesure

[0218] Les moyens de calcul de la variation d'énergie cinétique du rotor ΔEc calculent celle-ci (étape E₁₃) selon la formule suivante :

$$\Delta Ec = Ectf - Ectd = 0,5.J.(Wtf^2 - Wtd^2)$$

[0219] Ectd : énergie cinétique du rotor à td en Joules

[0220] Ectf : énergie cinétique du rotor à tf en Joules

[0221] J : inertie rotorique du rotor de moteur

[0222] Wtd : fréquence de rotation du moteur à td en radians par seconde

[0223] Wtf : fréquence de rotation du moteur à tf en radians par seconde

[0224] Les moyens de calcul de l'énergie électromagnétique Ee fournie au moteur calculent (étape E₁₄) celle-ci selon la formule suivante :

$$E_e = K_t \cdot (I_{tf} + I_{td}) \cdot (\beta_{tf} - \beta_{td}) / 2$$

- 5 [0225] K_t : constante de couple
 [0226] I_{td} : intensité électrique consommée par le moteur à t_d en Ampères
 [0227] I_{tf} : intensité électrique consommée par le moteur à t_f en Ampères
 [0228] β_{td} : angle en radians du rotor du moteur par rapport au stator du moteur à t_d
 [0229] β_{tf} : angle en radians du rotor du moteur par rapport au stator du moteur à t_f
 10 [0230] Les moyens de calcul de l'énergie produite par la visseuse E_{pr} calculent celle-ci (étape intermédiaire non représentée sur la figure 2) selon la formule suivante :

$$E_{pr} = \Delta E_c + E_e$$

- 15 [0231] Les moyens de calcul du rendement de transfert μ_t calculent celui-ci (étape E_{15}) selon la formule :

$$\mu_t = \Delta E_p / (\Delta E_c + E_e)$$

- 20 [0232] Les moyens de calcul de l'énergie cinétique E_{cobj} nécessaire au rotor pour permettre l'atteinte du couple objectif C_{obj} la calculent (étape E_{16}) selon la formule suivante :

$$E_{cobj} = \mu_t \cdot E_{pobj}$$

- 25 [0233] Les moyens de calcul de la valeur V que doit avoir la fréquence de rotation du moteur pour que le rotor emmagasine l'énergie cinétique E_{cobj} nécessaire au rotor pour permettre l'atteinte du couple objectif C_{obj} calculent la valeur V de cette fréquence (étape E_{17}) selon la formule suivante :

$$V = \left(2 \cdot \frac{E_{cobj}}{J} \right)^{0,5}$$

- 30 [0234] Les moyens de correction transmettent cette valeur V aux moyens de commande (étape E_{18}) qui régulent en conséquence l'alimentation du moteur en le freinant ou en l'accéléralant de manière telle que sa vitesse devienne égale à V .
 [0235] Le couple de serrage délivré par la visseuse est de nouveau comparé avec le couple objectif (étape E_4) et l'algorithme est réitéré jusqu'à ce que le couple objectif soit atteint autant que faire se peut sous le seul effet de la transmission par le rotor de son énergie cinétique à l'assemblage.

45 Revendications

1. Visseuse électrique à serrage asservi comprenant :

- 50 - un carter (10) ;
 - un organe terminal (14) susceptible d'être entraîné en rotation et destiné à coopérer avec un assemblage à serrer ;
 - des moyens moteurs (13) ayant un couple maximal à vitesse constante C_{max} , lesdits moyens moteurs comprenant un rotor ;
 55 - des moyens de pilotage (16) desdits moyens moteurs (13) ;
 - des moyens de transmission (15) incluant une réduction (17) ayant ratio R et un rendement μ , couplée auxdits moyens moteurs (1) et audit organe terminal (2), lesdits moyens de transmission étant aptes à permettre une

accumulation d'une énergie cinétique E_c lorsque lesdits moyens moteurs sont alimentés puis une restitution de ladite énergie cinétique E_c à l'organe terminal (14) ;

- un organe de préhension (11) comprenant une zone de préhension (12) distante de l'axe de rotation dudit organe terminal d'une distance B ; **caractérisée en ce que** ladite réduction (3) est configurée de telle sorte que :

R. μ . $C_{max} \leq B.100$ et $B.100 \leq C_{obj}/2$

C_{obj} étant le couple objectif auquel ledit assemblage doit être serré.

2. Visseuse selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** la résistance à la déformation R_d de ladite transmission (15) est telle que :

$$R_d \geq 40.C_{max}/R^2$$

3. Visseuse selon la revendication 1 ou 2, **caractérisée en ce que** ladite réduction contient au plus un étage de réduction de type épicycloïdal.

4. Visseuse selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisée en ce que** :
 $C_{obj} > 20 \text{ N.m.}$

5. Visseuse selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisée en ce qu'elle** comprend au moins un capteur de couple (18) destiné à mesurer une information représentative du couple de serrage dudit assemblage, ladite réduction épicycloïdale comprenant une couronne liée en rotation au carter (10) de la visseuse par l'intermédiaire dudit capteur de couple (18).

6. Visseuse selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisée en ce qu'elle** comprend des moyens de paramétrage de la vitesse initiale desdits moyens moteurs avant montée en couple dudit couple de serrage au cours d'une opération de vissage, de façon à ce que l'énergie cinétique E_c contenue dans lesdits moyens moteurs soit telle que ledit couple objectif C_{obj} soit atteint alors que la vitesse desdits moyens moteurs devient nulle sans alimentation électrique des moyens moteurs durant la montée en couple.

7. Visseuse selon la revendication 6, **caractérisée en ce que** lesdits moyens de paramétrage comprennent des moyens de sélection, en fonction du type dudit assemblage à serrer, de la valeur de ladite vitesse initiale desdits moyens moteurs parmi un groupe de vitesses types prédéfinies chacune associée à un assemblage type, l'association entre chaque vitesse type et chaque assemblage type étant réalisée de façon à ce que l'énergie cinétique E_c contenue dans lesdits moyens moteurs soit telle que ledit couple objectif C_{obj} soit atteint alors que la vitesse desdits moyens moteurs devient nulle sans alimentation électrique des moyens moteurs durant la montée en couple.

8. Visseuse selon l'une quelconque des revendications 6 ou 7, **caractérisée en ce qu'elle** comprend des moyens de correction en temps réel de la valeur de la vitesse desdits moyens moteurs de façon à ce que l'énergie cinétique E_c contenue dans lesdits moyens moteurs soit telle que ledit couple objectif C_{obj} soit atteint alors que la vitesse desdits moyens moteurs devient nulle sans alimentation électrique des moyens moteurs durant le reste de la montée en couple.

9. Visseuse selon la revendication 8, **caractérisée en ce qu'elle** comprend des moyens d'évaluation de la raideur réelle dudit assemblage, lesdits moyens de correction corrigeant la valeur de ladite vitesse en fonction de la différence entre la raideur réelle dudit assemblage à serrer et sa raideur nominale afin de garantir que ledit couple objectif C_{obj} soit atteint alors que la vitesse desdits moyens moteurs devient nulle sans alimentation électrique des moyens moteurs durant le reste de la montée en couple.

10. Visseuse selon la revendication 8 ou 9, **caractérisée en ce que** lesdits moyens de correction comprennent des moyens de calcul en temps réel de l'énergie potentielle restant à fournir à l'assemblage pour atteindre couple objectif C_{obj} , lesdits moyens de correction corrigeant la valeur de ladite vitesse en fonction de l'énergie potentielle restant.

11. Procédé de pilotage d'une visseuse selon l'une quelconque des revendication 1 à 10, **caractérisé en ce qu'il** comprend une étape de paramétrage de la vitesse initiale desdits moyens moteurs avant montée en couple dudit couple de serrage au cours d'une opération de vissage, de façon à ce que l'énergie cinétique E_c contenue dans lesdits moyens moteurs soit telle que ledit couple objectif C_{obj} soit atteint alors que la vitesse desdits moyens

moteurs devient nulle sans alimentation électrique des moyens moteurs durant la montée en couple.

- 5 12. Procédé de pilotage selon la revendication 11, **caractérisé en ce que** ladite étape de paramétrage comprend une étape de sélection, en fonction du type dudit assemblage à serrer, de la valeur de ladite vitesse initiale desdits moyens moteurs parmi un groupe de vitesses types prédéfinies chacune associée à un assemblage type, l'association entre chaque vitesse type et chaque assemblage type étant réalisée de façon à ce que l'énergie cinétique E_c contenue dans lesdits moyens moteurs soit telle que ledit couple objectif C_{obj} soit atteint alors que la vitesse desdits moyens moteurs devient nulle sans alimentation électrique des moyens moteurs durant la montée en couple.
- 10 13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 11 ou 12, **caractérisé en ce qu'il** comprend une étape de correction en temps réel de la valeur de la vitesse desdits moyens moteurs de façon à ce que l'énergie cinétique E_c contenue dans lesdits moyens moteurs soit telle que ledit couple objectif C_{obj} soit atteint alors que la vitesse desdits moyens moteurs devient nulle sans alimentation électrique des moyens moteurs durant le reste de la montée en couple.
- 15 14. Procédé selon la revendication 13, **caractérisé en ce qu'il** comprend une étape d'évaluation de la raideur réelle dudit assemblage, ladite étape de correction corrigeant la valeur de ladite vitesse en fonction de la différence entre la raideur réelle dudit assemblage à serrer et sa raideur nominale afin de garantir que ledit couple objectif C_{obj} soit atteint alors que la vitesse desdits moyens moteurs devient nulle sans alimentation électrique des moyens moteurs durant le reste de la montée en couple.
- 20 15. Procédé selon la revendication 13 ou 14, **caractérisé en ce que** ladite étape de correction comprend une étape de calcul en temps réel de l'énergie potentielle restant à fournir à l'assemblage pour atteindre couple objectif C_{obj} , la valeur de ladite vitesse étant corrigée en fonction de l'énergie potentielle restant à fournir.

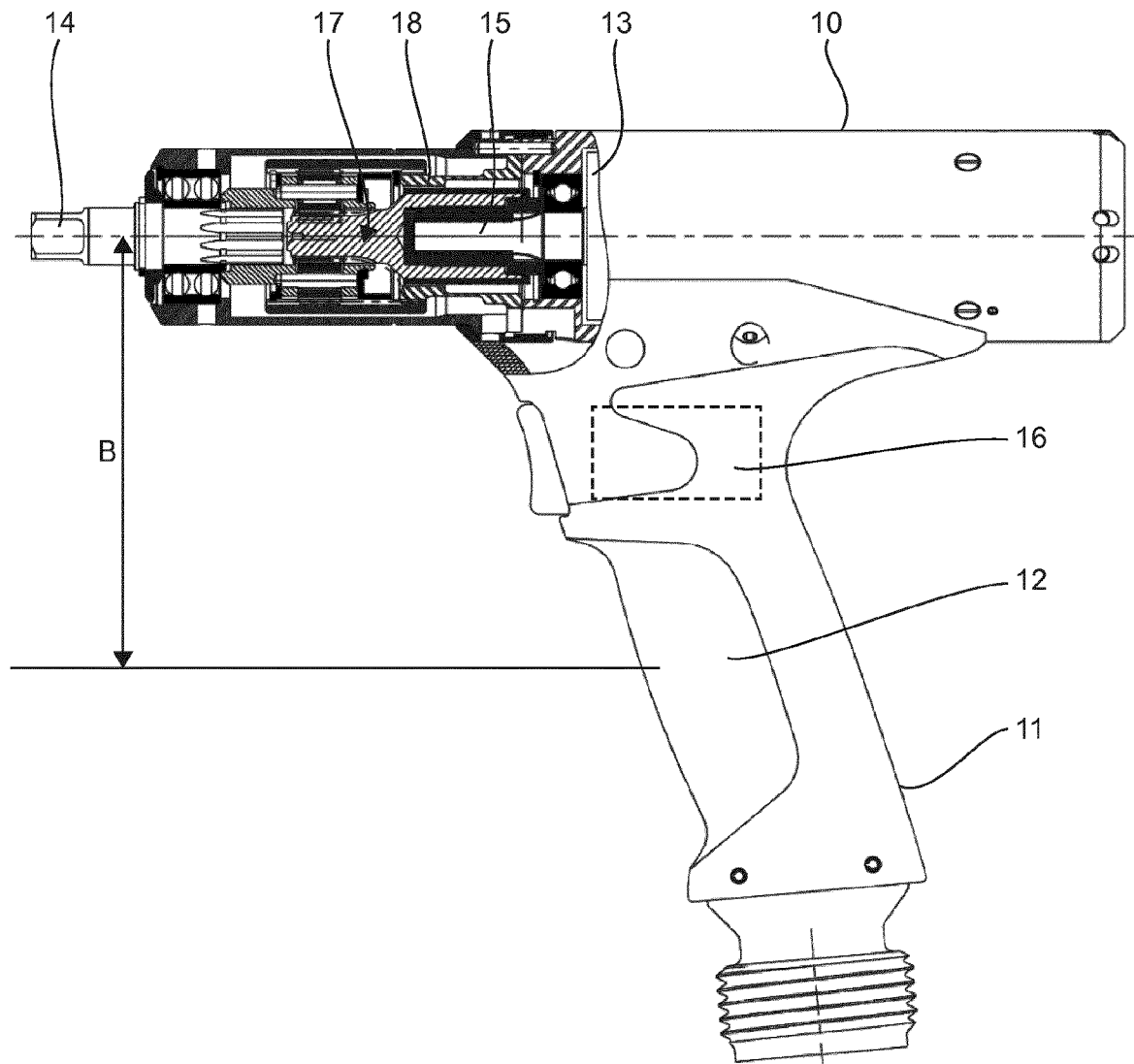


Fig. 1

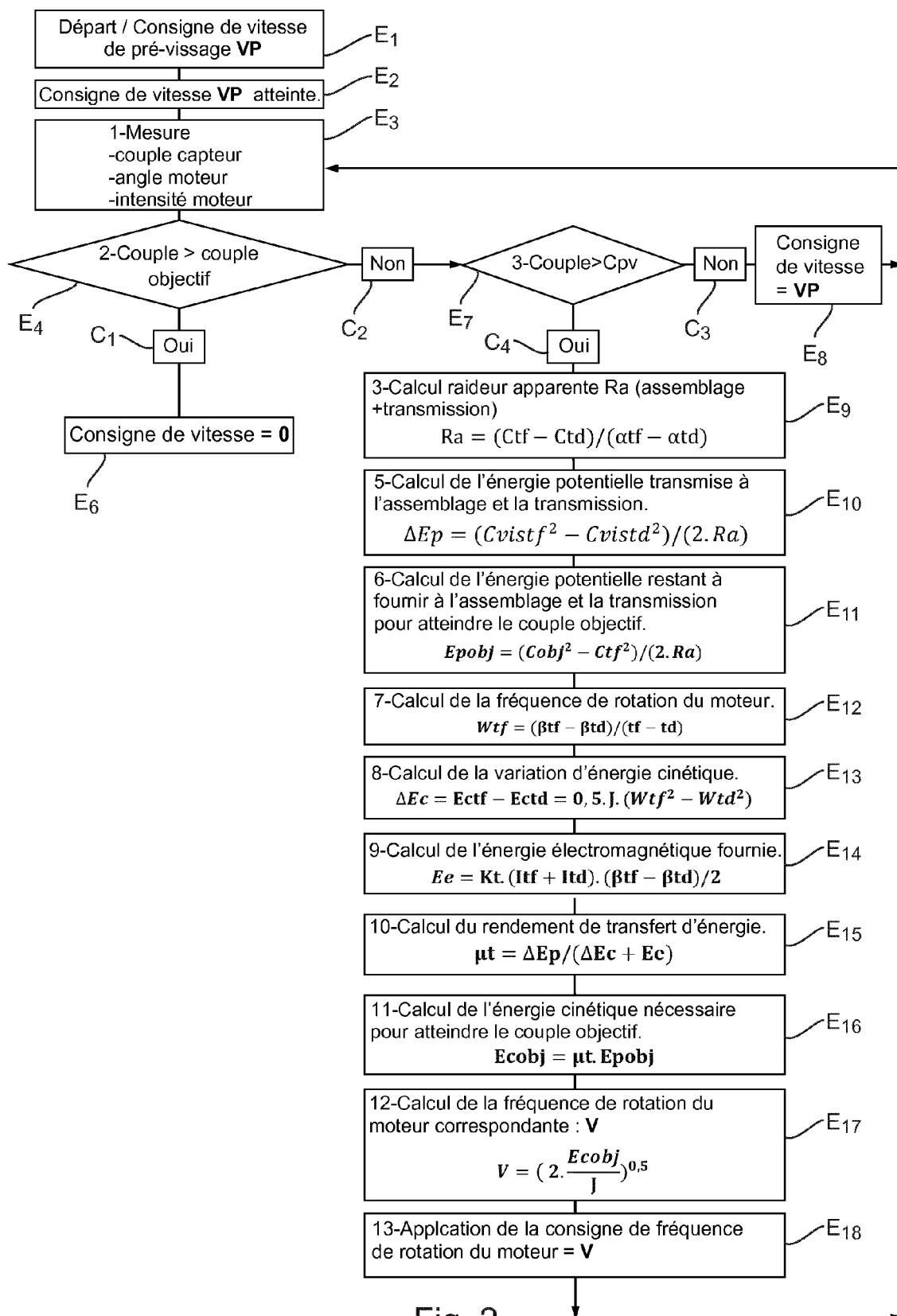


Fig. 2



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 14 18 1967

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
A	WO 2009/011633 A1 (ATLAS COPCO TOOLS AB [SE]; ELSMARK KARL JOHAN LARS [SE]; JOENGREN HENR) 22 janvier 2009 (2009-01-22) * page 3, ligne 4 - ligne 30; revendications; figures * -----	1,11	INV. B25B21/00 B25B23/14
A	FR 2 777 216 A1 (ASS LEONARD DE VINCI [FR]) 15 octobre 1999 (1999-10-15) * page 4, ligne 16 - page 6, ligne 12; figure 2 * -----	1,3,11	
A	WO 96/41701 A1 (ERGONOMI DESIGN GRUPPEN AB [SE]; CRAFOORD DAVID [SE]; GRIEVES JOHN [SE]) 27 décembre 1996 (1996-12-27) * revendications 1,2; figure * -----	1	
A	US 2005/247459 A1 (VOIGT MIKE [DE] ET AL) 10 novembre 2005 (2005-11-10) * revendications * -----	11	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			B25B
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
La Haye		13 janvier 2015	Majerus, Hubert
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 14 18 1967

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

13-01-2015

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication		Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2009011633	A1	22-01-2009	CN	101730839 A	09-06-2010
			EP	2167929 A1	31-03-2010
			JP	5396385 B2	22-01-2014
			JP	2010533075 A	21-10-2010
			JP	2013151061 A	08-08-2013
			US	2010206598 A1	19-08-2010
			WO	2009011633 A1	22-01-2009

FR 2777216	A1	15-10-1999	CA	2328311 A1	21-10-1999
			EP	1071544 A1	31-01-2001
			FR	2777216 A1	15-10-1999
			JP	2002511348 A	16-04-2002
			WO	9952684 A1	21-10-1999

WO 9641701	A1	27-12-1996	AUCUN		

US 2005247459	A1	10-11-2005	CN	1693033 A	09-11-2005
			DE	102004021930 A1	01-12-2005
			US	2005247459 A1	10-11-2005

EPO FORM P0480

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- WO 2009011633 A1 [0014] [0024] [0029]